



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ÁVILA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CARTOGRÁFICA Y DEL TERRENO

TESIS DOCTORAL

**DESARROLLO
DE UN MODELO NUMÉRICO Y EXPERIMENTAL
PARA EL ANÁLISIS TÉRMICO Y ECONÓMICO
DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN
BASADO EN UNA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA
Y SUELO RADIANTE**

José Ignacio Villarino Otero

2017

Resumen

En la actualidad, el interés por las energías renovables y en especial por la energía geotérmica, ha experimentado un notable aumento debido a factores relacionados con la dependencia energética, los costes de producción y la imperiosa necesidad de búsqueda de energías alternativas que limiten la utilización de combustibles fósiles y por consiguiente la reducción de emisiones a la atmósfera.

Una de las medidas reglamentarias dentro de la edificación, tomada dentro de la Unión Europea para conseguir este reto medioambiental, es la redacción de la Directiva 2012/27/UE, relativa al fomento de la eficiencia energética en los edificios, responsables estos del 40% del consumo de energía total en Europa. Esta Directiva declara unos procedimientos y exigencias mínimas que deben cumplir los edificios existentes y de nueva construcción, y sus instalaciones para conseguirlo.

Es por ello, que la energía geotérmica se convierte en uno de los mecanismos estratégicos que puede dar respuesta parcialmente a la problemática energética en España, permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, una sensibilización medioambiental y en definitiva reducir la dependencia energética del exterior, todo ello soportado por la madurez de la tecnología utilizada, la simplicidad de la instalación, así como sus costes discretos de generación.

El objetivo de esta Tesis Doctoral es analizar la viabilidad técnico económica de un sistema de climatización basado en una bomba de calor geotérmica, mediante el desarrollo de un modelo numérico y experimental, utilizando un programa de simulación energética en edificios conocido como *EnergyPlus*, el cual es validado mediante los resultados obtenidos de la instalación experimental en funcionamiento. Este estudio se desarrolla en varias fases:

La primera consistió en la construcción de la instalación experimental bajo las premisas de ser un sistema sostenible, desde el punto de vista energético y medioambiental, y monitorizable, con el objetivo de disponer de datos reales de funcionamiento que permitan validar el modelo de simulación desarrollado.

En la segunda fase, se realiza una investigación exhaustiva acerca de la utilización de la energía geotérmica como fuente primaria en sistemas de

climatización, analizando cada uno de los elementos que la componen desde el punto de vista térmico, económico y medioambiental. Adicionalmente se realiza una descripción detallada de la instalación experimental describiendo cada uno de los sistemas y equipos que la componen.

La tercera fase corresponde al sistema de simulación propiamente dicho, donde se selecciona *EnergyPlus* como motor de cálculo. En él se implementa la caracterización y el comportamiento de nuestro sistema, mediante la programación del modelo en *EnergyPlus*. Al mismo tiempo se desarrolló una metodología que permite simular este tipo de instalaciones de forma global, es decir, considerando la influencia de factores relacionados con la envolvente del edificio, el comportamiento de los equipos instalados y las condiciones ambientales tanto interiores como exteriores. En esta misma fase, se realiza la validación del modelo desarrollado, tomando los datos registrados en nuestra instalación como valores de referencia frente a los resultados obtenidos en el proceso de simulación y analizando el grado de aproximación del modelo frente a la realidad.

Finalmente, se realiza el análisis térmico y económico de la instalación objeto, desde el punto de vista térmico, medioambiental y económico, el cual nos permitirá analizar el comportamiento global de la instalación y su posicionamiento frente a la comparativa realizada con otras fuentes de energía disponibles en el mercado.

Adicionalmente, se establecen las conclusiones finales y trabajos futuros para esta tipología de instalaciones.

Abstract

The interest in renewable energy and in particular geothermal energy has increased considerably due to factors related to energy dependence, production costs and the urgent need to search for alternative energies that limit the use of fossil fuels and therefore reduce the emissions to the atmosphere.

One of the Building regulations in the European Union about this is the publication of the Directive 2012/21/UE to encourage energy efficiency in buildings, which are responsible for 40% of the energy consumption in Europe.

This Directive maintains a procedure and minimum demands that building must achieved, existing and new buildings, and the facilities to get it.

That is why geothermal energy becomes one of the strategic mechanisms that can respond partially to the energy problem in Spain, allowing better use of available resources, an environmental awareness and ultimately reduce dependence on foreign energy all supported by the maturity of the technology used, the simplicity of installation and discrete generation costs.

The main objective of this thesis is to analyze the technical and economic viability of an air-conditioning System based in a ground coupled heat pump and radiant floor through the development of a numerical and experimental model in Energyplus being validated through the results obtained from the experimental installation in operation. This study take place in several phases:

The first phase consisted on the construction of the experimental facility under the premise of being a sustainable energy system and environmentally, and monitorable, with the aim of providing actual performance data to validate the simulation model developed.

In the second phase, a thorough investigation on the use of geothermal energy as the primary source in air-conditioning systems is performed by analyzing each of the constituent elements from the point of heat, economically and environmental. In addition, a detailed description of the experimental installation is describing each of the systems and equipment that compose it.

The third phase corresponds to the simulation system itself, where energy plus is selected as calculation engine. It describes the characterization and behavior of our system by programming model is implemented energy plus. At the same time a new methodology was developed allowing simulating such facilities globally, that is, considering the influence of factors related to the building envelope, the behavior of installed equipment and indoor and outdoor environmental conditions.

In this period, developed model validation is performed by taking the data recorded in our facility as reference values against the results of the simulation process and analyzing the accuracy of the model against reality. Finally, the thermoeconomic analysis of premises is performed, from the point of thermal, environmental and economic terms, which will allow us to analyze the overall performance of the system and its positioning in the comparison made with other sources of energy available in the market.

In addition, the final conclusions and future work for this type of facilities will be established.

Agradecimientos

Quiero agradecer a D. Fernando Varela, profesor del departamento de Ingeniería Energética de la U.N.E.D, la información y los contactos facilitados para poder desarrollar esta Tesis Doctoral. Sin él, no hubiera sido posible conocer a D. Adrián Talpenau, ingeniero que apostó por esta energía y lo plasmó en una instalación real propia, la cual se usó como elemento experimental para el desarrollo del presente trabajo.

Agradecer a D. Adrián, su dedicación y facilidad en el acceso a los datos para poder iniciar esta Tesis, así como a su innegable apoyo en la interpretación de los datos obtenidos y el porqué de lo instalado. Agradecerle que me permitiera realizar cuantos ajustes fueron necesarios en su instalación, para representar de la forma más realista posible esta instalación geotérmica.

Quiero agradecer también a mi Director de Tesis, D. Francisco Fernández, investigador de la Universidad de Málaga, su innegable disposición para cualquier necesidad, su conocimiento técnico en la materia y su sencillez en el trato. Todo ello me ha permitido ampliar mis conocimientos en este campo y adentrarme en el mundo de la investigación, el cual me ha aportado otra visión sobre las cosas y la orientación a conclusiones y resultados.

Agradecer también a D. Arturo Farfán Martín, Director de la E.U.P. de Ávila y Codirector de esta Tesis Doctoral, el apoyo fundamental al desarrollo de estas tecnologías y su apuesta por la investigación en el campo de la geotermia.

Igualmente, quiero agradecer a diferentes profesores de la U.N.E.D., la ayuda prestada en el desarrollo del máster en tecnologías industriales, necesario para el acceso a programas de doctorado y que me permitió conocer diferentes ramas de la ingeniería que me han permitido desarrollar este trabajo de acuerdo a los criterios básicos utilizados en el desarrollo de este tipo de investigaciones y sobre todo el haber valorado siempre de forma positiva mis ideas y permitir desarrollarlas.

Quiero agradecer a D. Daniel Pascual Sánchez, Arquitecto experto en sistemas de climatización, la ayuda prestada en el conocimiento del sistema de simulación utilizado. Ha sido la persona con quien he podido adentrarme en el mundo de los sistemas de simulación y creación de modelos. Él me recomendó el sistema *EnergyPlus*, aun advirtiéndome de la dificultad de programación en el mismo. Merecía la pena gastar energía en ello por la alta calidad y precisión de los resultados obtenidos.

Finalmente, agradecer a Ana y Svetlana el apoyo incondicional que me han brindado, y a todos aquellos que confían en su esfuerzo como pilar en el desarrollo personal y profesional.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Revisión bibliográfica	1
1.2. Objetivos	10
1.3. Justificación de la Tesis Doctoral	11
1.4. Materiales y Métodos	12
BIBLIOGRAFÍA	16
2. SISTEMAS GEOTÉRMICOS DE BAJA ENTALPÍA	22
2.1. Introducción	22
2.2. Descripción de los Sistemas Geotérmicos de Baja Entalpía	23
2.2.1. <i>Test de Respuesta Térmica (TRT)</i>	23
2.2.2. <i>Esquema General</i>	25
2.2.3. <i>Intercambiador Geotérmico</i>	27
2.2.4. <i>Bomba de Calor Geotérmica</i>	32
2.2.5. <i>Suelo Radiante</i>	37
2.2.6. <i>Ventilación Mecánica Controlada</i>	39
2.3. Economía de los Sistemas Geotérmicos	42
2.3.1. <i>Introducción</i>	42
2.3.2. <i>Costes de producción</i>	49
2.3.3. <i>Posicionamiento de la Geotermia frente a otras Fuentes de Energía</i>	51
BIBLIOGRAFÍA	53

3.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN EXPERIMENTAL	57
3.1.	Introducción	57
3.2.	Test de respuesta térmica (TRT)	57
3.2.1.	<i>Características del Sondeo Piloto</i>	57
3.2.2.	<i>Ensayo de Caracterización Térmica</i>	59
3.2.3.	<i>Desarrollo de los Trabajos</i>	60
3.2.4.	<i>Resultados</i>	62
3.2.5.	<i>Conclusiones</i>	64
3.3.	Descripción de la Instalación Experimental	65
3.3.1.	<i>Introducción</i>	65
3.3.2.	<i>Intercambiador Geotérmico Vertical</i>	68
3.3.3.	<i>Sistema Hidráulico Instalación</i>	68
3.3.4.	<i>Bomba de Calor Geotérmica</i>	69
3.3.5.	<i>Suelo Radiante</i>	71
3.3.6.	<i>Sistema de Agua Caliente Sanitaria (ACS)</i>	73
3.3.7.	<i>Ventilación Mecánica Controlada (VMC)</i>	73
3.3.8.	<i>Sistema de Monitorización Instalación</i>	75
4.	ENTORNO DE SIMULACIÓN TÉRMICA Y ECONÓMICA EN <i>ENERGYPLUS</i>	77
4.1.	Introducción	77
4.2.	Entorno de simulación <i>EnergyPlus</i>	78
4.2.1.	<i>Introducción</i>	78
4.2.2.	<i>Objetivo</i>	78
4.2.3.	<i>Entorno EnergyPlus</i>	79
4.2.4.	<i>Modelo de Simulación del Intercambiador Geotérmico</i>	81
4.3.	Modelado del Sistema en <i>EnergyPlus</i>	82
4.3.1.	<i>Localización, Datos Climáticos e Información del edificio</i>	82
4.3.2.	<i>Datos Constructivos y Descripción Geotérmica</i>	83
4.3.3.	<i>Planos en Sketch Up</i>	85
	BIBLIOGRAFÍA	87

5. DESARROLLO DEL MODELO NUMÉRICO EN <i>ENERGYPLUS</i>	89
5.1. Introducción	90
5.2. Parametrización del modelo de simulación	92
5.2.1. <i>Grupo Simulación de Parámetros</i>	92
5.2.2. <i>Grupo Archivos Climáticos</i>	96
5.2.3. <i>Grupo Horarios</i>	96
5.2.4. <i>Grupo Materiales</i>	101
5.2.5. <i>Grupo Zonas Térmicas y Geometría</i>	105
5.2.6. <i>Grupo Ganancias Cargas Internas</i>	121
5.2.7. <i>Grupo Infiltraciones</i>	123
5.2.8. <i>Grupo HVAC</i>	125
5.2.9. <i>Grupo Bombeo</i>	127
5.2.10. <i>Grupo Bomba de Calor Geotérmica</i>	129
5.2.11. <i>Grupo Intercambiador Geotérmico Vertical</i>	132
5.2.12. <i>Grupo Variables de Control</i>	134
5.2.13. <i>Grupo Variables de Salida</i>	135
5.3. Validación del Modelo de Simulación	136
5.3.1. <i>Introducción</i>	136
5.3.2. <i>Variables del Proceso de Validación</i>	137
5.3.3. <i>Equipos de medida</i>	138
5.3.4. <i>Resultados del Proceso Validación</i>	139
6. RESULTADOS	148
6.1. Resultados Térmicos Globales de la Instalación en Periodos Críticos de Calefacción y Refrigeración	151
6.2. Resultados Térmicos Globales de la Instalación en Periodo Anual	157
6.3. Resultados Rendimiento Instalación Geotérmica Global	159
6.3.1. <i>Rendimiento Estacional Instalación Global</i>	160
6.3.2. <i>Resultados Emisiones CO₂ instalación Global / Tipología</i>	164
6.3.3. <i>Resultados Costes de Producción por Energía</i>	167
6.3.4. <i>Análisis de Costes y Amortización</i>	170

7. COCLUSIONES	175
7.1. Introducción a las Conclusiones	175
7.2. Conclusiones sobre los Resultados	180
7.3. Futuras Líneas de Investigación	182
ANEXOS	185
Anexo I. Planos Detalle Instalación Geotérmica	186
Anexo II. Calificación Energética Instalación Geotérmica	198
Anexo III. Datos Técnicos Sistema Geotérmico	221
Anexo IV. Datos Climáticos AEMED	224
Anexo V. Reportes <i>EnergyPlus</i> Ideal Loads & Simulaciones Energéticas	228
Anexo VI. Listado de Variables Monitorizadas	330
Anexo VII. Listado de Figuras e Imágenes	332

1

INTRODUCCIÓN

1.1. Revisión Bibliográfica

El contexto energético actual, con una imperiosa necesidad de reducir la dependencia exterior y de mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles y junto a la creciente sensibilización ambiental de la sociedad, convierte a la energía geotérmica en una de las tecnologías con mayores posibilidades de uso en un futuro cercano.

Existe un compromiso mundial para reducir las emisiones de dióxido de carbono (las cuales son el principal agente responsable del efecto invernadero), y por lo tanto se pretende evitar el aumento de la temperatura global del planeta.

Para conseguir esto se deben reducir los consumos de productos que utilicen como fuente energética los combustibles fósiles, bien de forma directa (automóviles, calderas, etc.) o de forma indirecta a través de la generación de energía eléctrica (en el caso del mix de generación español, se obtiene en gran medida a partir del consumo de combustibles fósiles en las centrales térmicas, ciclos combinados o centrales de cogeneración).

La reducción de estos consumos debe realizarse de forma eficiente, es decir, se debe ahorrar energía pero manteniendo la misma calidad en los servicios prestados.

También se pueden reducir estos consumos, disminuyendo así la gran dependencia que España tiene con los combustibles fósiles, a partir del consumo de energías renovables (inagotables y de origen no fósil).

La presente Tesis Doctoral se enmarca dentro de la Eficiencia Energética de los Edificios (uno de los tres sectores más consumidores en nuestro planeta, por detrás de la industria y el transporte) y la integración de energías renovables dentro del consumo final de los mismos.

Dentro del paraguas europeo, es la Directiva 2002/91/CE [1.1] y su refundición (Directiva 2010/31/UE [1.2] y posterior modificación en la Directiva 2012/27/UE [1.3]), la que dictamina a los Estados Miembros las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para fomentar la Eficiencia Energética en los Edificios.

Debido a ello todos los edificios deben poseer un Certificado de Eficiencia Energética (RD 235/2013 [1.4]) que evalúa las emisiones estimadas de dióxido de carbono fósil emitido por el consumo de energía final de las instalaciones de climatización, agua caliente sanitaria e iluminación (este último consumo sólo propuesto en edificios terciarios si así lo considera el Estado Miembro).

El sector transporte es el mayor consumidor energético del país, con el 40 % del consumo final total, basado fundamentalmente en productos petrolíferos (lo que determina la elevada dependencia energética nacional). El siguiente consumidor es la industria, con un 31 %, a la que siguen el sector edificios, el residencial (19 %) y el terciario (10 %).

Tomando como referencia el año 2010, los datos proporcionados por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en cuanto a la distribución del consumo en el sector edificios en nuestro país, más del 42,5% del consumo de energía dentro de los edificios está destinado al servicio de calefacción, seguido por un 19,6% al agua caliente sanitaria (ACS), un 19,4% es empleado en el equipamiento, un 9,6% en iluminación y un 8,9% en refrigeración.

Por tanto, dentro del sector de los edificios, es el servicio de calefacción el responsable del mayor consumo, seguido del ACS. Se justifica por tanto la elección de estos servicios como sistemas energéticos (mayoritariamente consumidores de energía fósil) a analizar dentro de esta Tesis Doctoral.

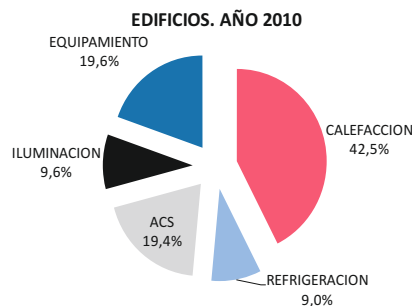


Imagen 1.1 - Distribución del consumo en el sector Edificios (2010).
Fuente: IDAE.

En el caso particular de los Edificios de Viviendas el 47,1 % del consumo se debe a la calefacción, el 27,1 % al agua caliente sanitaria y el 20,9 % al equipamiento, siendo insignificantes los consumos de iluminación y refrigeración.

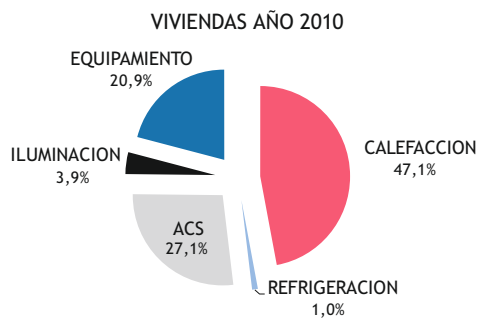


Imagen 1.2 - Distribución del consumo de energía final Edificios de Viviendas (2010).
Fuente: IDAE.

Dentro de los Edificios Terciarios, la distribución porcentual es diferente: La calefacción 33,3%, el aire acondicionado 25,1%, la iluminación 21,1%, el equipamiento 16,9% y el agua caliente sanitaria 3,6%.

La diferencia con el consumo en las viviendas radica en valores más altos para iluminación y refrigeración, mientras que baja considerablemente el agua caliente sanitaria.

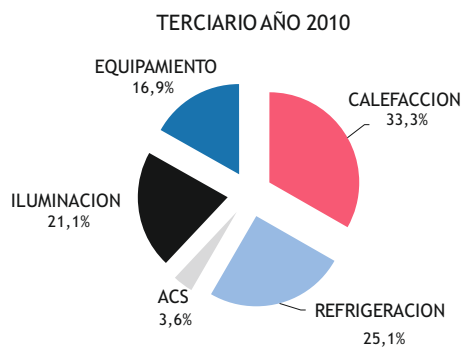


Imagen 1.3 - Distribución del consumo de energía final Edificios Terciario (2010).
Fuente: IDAE.

Por todo lo anteriormente expuesto, podemos determinar que el uso de la energía geotérmica, puede satisfacer dichas necesidades.

Por todas estas razones expuestas se desarrolla la presente Tesis Doctoral, cuyo objetivo fundamental consiste en el análisis térmico y económico de una instalación geotérmica,

mediante el desarrollo de un modelo de simulación validado mediante una instalación experimental en funcionamiento. Este modelo, permitirá analizar la viabilidad de este tipo de instalaciones desde el punto de vista económico, térmico y medioambiental.

Dado el carácter innovador de este tipo de instalaciones, es necesario realizar una breve y clara descripción de los elementos que la componen, con el objetivo de que cualquier lector pueda comprender su funcionamiento, así como establecer un estudio más técnico de esta tecnología.

Un sistema geotérmico de baja entalpía, está compuesto por un elemento de captación (intercambiador de calor), una bomba de calor geotérmica como elemento transformador y un sistema de distribución (suelo radiante), los cuales permiten satisfacer las necesidades de climatización y ACS.

La clave de la eficiencia reside en el aprovechamiento de la energía acumulada en el subsuelo de manera constante y estable, de forma que la energía eléctrica consumida, resulte inferior que un sistema de bomba de calor convencional.

De entre todos los posibles sistemas, los más extendidos son los de uso de bomba de calor geotérmica, con disposición de captación de tipo horizontal o vertical, en función de las limitaciones del terreno. La implantación de este tipo de instalaciones se ha visto favorecida por el fácil suministro de la energía y las bajas emisiones de dióxido de carbono que presentan, frente a las instalaciones tradicionales con combustibles fósiles e incluso de origen renovable.

A la hora de analizar una instalación geotérmica, es de suma importancia tener en cuenta una serie de parámetros que determinan la eficiencia de la conversión de la energía (como pueden ser la tipología del intercambiador, la conductividad térmica del terreno, el coste de perforación, la temperatura del terreno, la velocidad del fluido circulante, los parámetros de presión y temperatura de la bomba de calor geotérmica, las unidades condensadora y evaporadora, así como las diferentes temperaturas que afectan al ciclo completo). A la hora de diseñar la instalación, es necesario saber cómo influye cada uno de estos parámetros para que el ciclo sea eficiente, desde el punto de vista térmico, económico y medioambiental.

Evidentemente, algunos de ellos, podrán variarse hasta alcanzar rendimientos

máximos, mientras que otros presentarán la misma tendencia, bien por imposibilidad de cambio o por limitaciones físicas.

En España, el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad se conoce como Código Técnico de la Edificación (CTE), el cual en su documento básico DB-HE Ahorro de Energía [1.5] establece reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía.

También encontramos bibliografía, en cuanto a aspectos técnicos relativos a este tipo de instalaciones y que utilizan las Norma UNE 100715 (2015) [1.6] y la Norma Alemana 4640, VDI Manual Energy Technology Parte 1, 2, 3 y 4. (2001) [1.7] y en cuanto a la parte de descripción de equipos, en la documentación de ASHRAE (2007)[1.8], se puede obtener información sobre el diseño de la instalación y de la elección de los equipos que la componen, desde un punto de vista técnico.

Podemos encontrar trabajos que han conducido durante años a elaborar una sólida base de diseño y evaluación del rendimiento de los sistemas de captación, tanto vertical como horizontal. Knoblich y otros. (1993 [1.9]), Rybach y Hopkirk (1995 [1.10]) y Rybach y Eugster (1997 [1.11]).

Durante los años 80, los análisis térmicos desde el punto de vista teórico, dominaron este tipo de investigaciones en Suecia: Claesson y Eskilson (1988 [1.11]) y Eskilson y Claesson (1988 [1.12]), mientras que los sistemas de monitorización y simulación se pusieron en marcha en Suiza: Gilby y Hopkirk (1985 [1.13]) y Hopkirk y otros (1988 [1.14]), las medidas sobre el transporte de energía térmica en el subsuelo se desarrollaron en una instalación de pruebas en Alemania: Sanner (1986 [1.15]).

Existen trabajos, en los que la investigación se centra más en componentes o características específicas y no en términos tan generales como los anteriores.

Sanner y otros (2000 [1.16]), describen la realización de diferentes test de respuesta térmica (TRT), mediante los cuales una carga térmica controlada se introduce en la perforación y se obtienen los resultados correspondientes a los cambios térmicos en el fluido circulante.

Desde el año 2000, esta tecnología ha sido utilizada en Europa, para el diseño de estas instalaciones. El test de respuesta térmica, fue desarrollado por primera vez en Suecia y EEUU en 1995, Eklöf y Gehlin (1996 [1.17]), Austin (1988 [1.18]) y en la actualidad se usa en diferentes países, incluido Turquía. Mediante la utilización de un software adecuado Hellström y Sanner (1994 [1.19]) y Hellström y otros (1997 [1.20]), las instalaciones geotérmicas pueden ser caracterizadas y analizadas para permitir conocer los parámetros fundamentales del comportamiento.

Los mecanismos de obtención de la conductividad térmica del terreno, y en definitiva, de la capacidad térmica factible, son estudiados, entre otros por Huajun Wang, Chengying Qi, Hongpu Du y JihaoGu (2009 [1.21]), los cuales apuntan la importancia del TRT (Thermal Response Test), para la obtención de la capacidad térmica del suelo y el rendimiento térmico de los intercambiadores. Aportan un desarrollo novedoso en cuanto al test de respuesta térmica, comparando la técnica tradicional de medición CHFM (Constant Heat Flux-Method) frente a la técnica CHTM (Constant Heat Temperature Method), pudiendo realizar mediciones en modo inyección y extracción y permitiendo obtener las propiedades térmicas del terreno, así como el rendimiento térmico del intercambiador geotérmico bajo diferentes condiciones de operación y de la forma más eficiente posible.

También existen numerosos estudios, que permiten simular y analizar el comportamiento térmico de la instalación, en función de los datos térmicos obtenidos mediante el TRT, así como de las necesidades a satisfacer. Desde el punto de vista puramente térmico, Eskilson P (1987 [1.22]), desarrolla un análisis acerca de la extracción térmica en pozos verticales. Georgios F (2007 [1.23]), Derman JD (1991 [1.24]) y Kavanaugh SP (1985 [1.25]), analizan el flujo térmico en este tipo de pozos, y realizan diversas simulaciones en cuanto al comportamiento térmico de la instalación.

Los modelos de análisis térmico para los intercambiadores de tipo vertical, son sintetizados por H. Yang, P. Cui, Z. Fang (2009 [1.26]), los cuales realizan una comparativa entre modelos analíticos y numéricos del flujo térmico, desde el subsuelo hacia el intercambiador geotérmico y viceversa. Proponen la mejora de dichos modelos, por no considerar en muchos casos, la influencia térmica del agua del subsuelo sobre los intercambiadores distribuidos en los pozos, y determinan la alta sensibilidad térmica del sistema por efecto de estas aguas. También dan vital importancia, a la necesidad de tener un

sistema óptimo de recogida de datos, para que el modelo pueda satisfacer las necesidades.

Un punto importante a resaltar, es la necesidad de mejorar los sistemas de perforación, por su elevado coste en la inversión inicial, aunque debido a la situación económica actual y las innovaciones en los sistemas de perforación, estos han disminuido considerablemente. Xinguo Li, Zhihao Chen y Jun Zhao (2005 [1.27]), desarrollan una simulación en 3D, analizando la influencia de los parámetros básicos de la instalación, para determinar las características del intercambiador geotérmico, desde el punto de vista de profundidad, número de sondeos y distancia entre ellos. Dan vital importancia a las variaciones de la temperatura del subsuelo, en función del tiempo de funcionamiento del intercambiador, así como del modo (Calor/Frío, Continuo/Parcial). Determinan los límites técnicos de explotación, para no agotar la fuente térmica y remarcan la necesidad de hacer un balance de explotación inicial para comprobar la viabilidad de la misma.

La distribución de temperaturas dentro de los intercambiadores geotérmicos es estudiada entre otros, por Hikmet y Yuksel (2008 [1.28]), los cuales analizan la variación de la temperatura dentro del pozo en función de su profundidad y del tiempo de exposición. Proponen dicho modelo, como sistema para análisis del comportamiento de las temperaturas en intercambiadores verticales, y resaltan la importancia del factor exposición (tiempo) en el rendimiento de la instalación. Proponen mejorar el mismo, mediante análisis numérico en 3D e incluso posibles análisis económicos y energéticos de la instalación.

En cuanto al análisis de la influencia de los parámetros sobre el rendimiento de la instalación, Vahid, Ghassm y Jelena (2011 [1.29]), analizan la influencia de los parámetros definibles de diseño, sobre las variables de entrada y salida del intercambiador geotérmico. Determinan, cómo afectan la profundidad, temperatura, diámetro de tubo y número de Reynolds, sobre el rendimiento y la eficiencia de la instalación, poniendo de manifiesto, que la temperatura de entrada y diámetro de tubería afectan de forma significativa al rendimiento, siendo la profundidad un factor de menor influencia.

Otros estudios, se centran en el análisis de la conductividad térmica para diferentes configuraciones de pozo. Chulho Lee y Moonseo Park (2011 [1.30]), analizan la eficiencia térmica mediante la comparativa sobre diferentes pozos construidos en diferentes

condiciones. Analizan la diferencia en el material de relleno (cemento vs bentonita), diferente tipología de tubería (U-Loop vs 3pipe Type), y diferentes aditivos (arena de sílice vs grafito). En su estudio, se puede observar como el relleno con cemento, tiene una mayor efectividad en la conductividad térmica, así como el uso de grafito como aditivo, en vez de arena de sílice. También se describe, como el uso del intercambiador de tres tubos, con paso de agua por su interior, repercute en una mayor conductividad térmica, debido fundamentalmente a la reducción de las pérdidas térmicas entre el flujo entrante y saliente, lo cual mejora la eficiencia térmica del intercambiador.

Otros trabajos de investigación, se centran en el modo de funcionamiento del sistema geotérmico, Cai Ying Ling, Zhang Hua y Chen Shuai (2011 [1.31]), determinan las ventajas de la bomba geotérmica frente a bombas de calor tradicionales, así como los modos de funcionamiento continuo o intermitente, relativos a la capacidad térmica de extracción. También analizan, como el aumento en la velocidad del fluido circulante puede mejorar la capacidad térmica a transferir, aunque reseñan que cada instalación necesita de un análisis específico, que no puede generalizarse.

Existen diversos estudios, en los que se analizan las características de las tuberías utilizadas. Ahmet Koyun, Hakyemir y Zakir Torum (2009 [1.32]), comparan el uso de tuberías tradicionales a base de polietileno frente al uso de tuberías de aluminio aleteadas. En su estudio, se concluye que el uso de tuberías de aluminio con aletas, tiene mayor transferencia que las de polipropileno. Esta mayor capacidad de transferencia, se plasma en una menor longitud de tubería para igualdad de suministro, una menor superficie de captación necesaria y un mayor rendimiento de la instalación.

Son numerosos los estudios y artículos comparativos, entre las bombas de calor tradicionales y las bombas de calor geotérmicas. Romero y Urchueguía (2005 [1.33]), consideran que para tener una visión global, además de conocer la capacidad térmica extraíble a través del intercambiador geotérmico, es necesario conocer las condiciones en las que opera. Es decir, factores de carga y utilización (como función de las condiciones climáticas y aplicación), eficiencia (relacionada con la bomba de calor), y otros parámetros adicionales (necesidades de bombeo y agotamiento térmico del suelo). Para ello realizan un estudio completo, en el que ponen en práctica diferentes configuraciones de pozos, con diferentes materiales de relleno y someten a la instalación a un funcionamiento en

condiciones de verano e invierno. En dicho estudio, se pone de manifiesto tras el análisis de los datos, que las bombas de calor geotérmicas se presentan como un mecanismo de ahorro energético. Manifiestan que la mejora teórica en el COP en modo calor, se encuentra entre un 32 y 36 % sobre los valores habituales y en modo frío, está entre el 50% y 60% para un análisis de la instalación a un periodo de 25 años.

De Swardt y Meyer (2001 [1.34]), realizan un estudio similar, aprovechando la recirculación de las aguas municipales como fluido circulante, obteniendo resultados viables para este tipo de instalaciones.

Otros trabajos de investigación, se centran en el análisis térmico y económico de la instalación, basado en los resultados medidos sobre instalaciones existentes. El objetivo fundamental, es modelar y analizar los resultados obtenidos, para garantizar la viabilidad técnico y económica de este tipo de aplicación geotérmica y a su vez poner de manifiesto la importancia del ahorro energético en la producción de energía.

Existen diversos trabajos de investigación que tratan de realizar un análisis de optimización de este tipo de instalaciones en función de diferentes parámetros. Sepehr y Behzad (2008 [1.35]), describen el proceso de optimización, considerando el modelado térmico y la elección óptima de los parámetros de diseño que afecten al rendimiento del sistema, así como incluyen la variable coste, tanto inicial como operativa.

El modelo desarrollado, permite calcular las variables de salida, teniendo en cuenta, varias publicaciones relativas a este tipo de instalaciones para realizar la comparativa. Introducen una nueva variable, conocida como función objetiva, que es el resultado de la suma de los costes de inversión y operación del sistema, relacionado con las limitaciones técnicas de la instalación por máximos, para poder estimar el valor óptimo de las variables del sistema.

Determinan para las cargas térmicas y condiciones climáticas, los valores óptimos de las variables del sistema geotérmico (presión de saturación del condensador y evaporador), así como parámetros de diseño (temperaturas de entrada y salida al intercambiador, diámetro de tuberías, profundidad y número de pozos). La sensibilidad al cambio de dicho análisis, también se ve influenciada por la función coste, por las condiciones climáticas, capacidad de frío y calor, tipo de suelo y número de sondeos. Es por ello, que este modelo, será

utilizado como base para el análisis térmico y económico de nuestra instalación, pero con algunas puntualizaciones.

En todos los trabajos de investigación, son considerados detalles relativos a la propia instalación en cuanto a suministro de necesidades confort, pero no se analiza la envolvente térmica del edificio, que constituye la parte inicial del ahorro energético, como concepto global, y que deben ser definidos en la fase inicial de cualquier proyecto.

Por último, existen otros trabajos de investigación, que se centran en el análisis económico, en función de generalidades desde el punto de vista técnico. Blum, Campillo y Kölbl (2011 [1.36]), desarrollan un análisis económico comparativo, de más de mil instalaciones situadas en Alemania, y con diversidad geográfica, concluyendo que las condiciones específicas de cada lugar (subsuelo), no tienen un elevado impacto en la distribución de costes y factores tales como, economía de mercado y el precio de instalación de la zona, son variables que definen los costes de capital en este tipo de instalaciones.

1.2. Objetivos

El objetivo fundamental de esta Tesis Doctoral, es el análisis térmico y económico de un sistema de climatización de un edificio destinado a uso como oficina, mediante un sistema compuesto por un intercambiador geotérmico vertical, una bomba de calor geotérmica y suelo radiante, mediante el desarrollo de un modelo de simulación y su posterior validación a través de la instalación piloto desarrollada, que permitirá analizar la viabilidad de este tipo de instalaciones bajo diferentes premisas de cálculo.

Esta Tesis Doctoral presenta un análisis térmico y económico de la instalación objeto, considerando la influencia de todos los parámetros que afectan al rendimiento de la misma, es decir, desde su fase de diseño hasta su fase de explotación, sino que en la mayoría de los casos utilizan la energía geotérmica como elemento climatizador, obteniendo resultados favorables pero sin alcanzar el valor óptimo de eficiencia energética de la instalación.

Adicionalmente, la validación del modelo desarrollado a través de los resultados reales obtenidos en la instalación experimental, permite garantizar que los análisis y conclusiones desarrollados en esta Tesis Doctoral, gocen del rigor científico necesario.

Con esta premisa de partida, podemos garantizar que nuestra instalación cumple con la normativa definida en el Código Técnico de la Edificación, en cuanto a criterios térmicos, lo cual queda plasmado a través de la obtención del Certificado de Calificación Energética “A”.

Esta Tesis Doctoral no sólo analiza las instalaciones de nueva creación bajo estos criterios, sino que además este tipo de tecnología puede ser utilizada en edificios ya construidos, que si bien tendrán menores rendimientos térmicos por las características de la envolvente, permitirán mejorar la eficiencia energética y medioambiental.

De la revisión bibliográfica efectuada se desprende que durante los últimos años, han evolucionado y se han desarrollado nuevas tecnologías en cuanto a los intercambiadores de calor, bombas geotérmicas y sistemas de transporte de energía. De ese modo, el primer objetivo será el estudio de esas tecnologías, los componentes de la misma, así como la realización de los cálculos térmicos de cada componente y el global de la instalación.

Una vez cubierto lo anterior, el siguiente objetivo es el desarrollo del modelo de simulación y su posterior validación, que permitirá analizar el comportamiento térmico y económico de la instalación objeto, para que con los diferentes resultados obtenidos, podamos determinar la viabilidad de la misma. Finalmente, se plasmarán las conclusiones de esta investigación en función de los resultados obtenidos, así como las posibles mejoras a realizar en el futuro y que permitirán alcanzar un grado de eficiencia superior al actual.

1.3. Justificación de la Tesis Doctoral

A lo largo del desarrollo de esta Tesis Doctoral, muchos han sido los puntos que justifican la realización de la misma, pero fundamentalmente se centran en tres líneas de actuación, la económica, la térmica y la medioambiental, las cuales se encuentran apoyadas en la herramienta de simulación desarrollada, que permite analizar los datos obtenidos.

Desde el punto de vista económico, en la época de crisis actual en la que nos encontramos con el aumento de los costes de la materia prima, se hace necesario investigar en la explotación de nuevas tecnologías, que reduzcan estos costes y que medioambientalmente sean sostenibles.

Es por ello, que la utilización de esta tecnología, permite utilizar una energía disponible en cualquier lugar, fácilmente explotable e inagotable, lo que hace muy atractivo el desarrollar sistemas que permitan su explotación.

Las fuentes de origen renovable, pueden ser un alternativa para satisfacer estas necesidades, pero siempre partiendo de la premisa, de ser una fuente auxiliar a una fuente principal, ya que en el análisis técnico y económico, ninguna de estas energías es capaz de proporcionar resultados similares en el mismo escenario, bien por imposibilidad térmica, bien por mayor inversión necesaria, rendimientos inferiores, problemas de impacto visual y ambiental, disponibilidad de la fuente energética o incluso dificultad de suministro por ubicación de la instalación.

Es por todo ello, que podemos comprobar en el desarrollo de esta tesis, cómo el primer nivel económico, es superado frente a otro tipo de energías, lo que hace que se pueda considerar como factible.

Desde el punto de vista técnico, cabe recordar que hablamos de una tecnología muy experimentada a lo largo de mucho tiempo y que simplemente se adapta a la fuente energética a explotar, es decir, utilizamos intercambiadores tubulares, bombas de calor y suelo radiante, que son elementos perfectamente conocidos, que han sido utilizados a lo largo del tiempo y en diferentes tipos de instalaciones y que por lo tanto, disminuyen la incertidumbre en el uso de esta nueva tecnología.

Es importante señalar, que el uso de esta tecnología está disponible para cualquier tipo de instalación, de construcción nueva o antigua, aunque evidentemente los ahorros serán menores en aquellas instalaciones que no hayan sido diseñadas acordes al Código Técnico de la Edificación y bajo la calificación de vivienda eficiente desde el punto de vista energético o bien presenten mayores dificultades e incluso imposibilidad en la realización del sistema de captación.

1.4. Materiales y Métodos

El estudio de cualquier proceso de ingeniería requiere del conocimiento de los fenómenos que ocurren y del comportamiento de cada uno de los elementos que lo forman,

así como del conjunto de ecuaciones que lo describen. En el campo de los sistemas térmicos dichos conocimientos son necesarios, para desarrollar modelos de simulación y con ellos efectuar cualquier clase de estudio, análisis u optimización y comprender mejor el sistema analizado.

España está desarrollando en la actualidad un modelo energético sostenible para la edificación y se basa para ello en dos aspectos: la eficiencia energética y las energías renovables. Los programas de eficiencia energética se orientan entre otros a la mejora de las condiciones térmicas de los edificios y de sus instalaciones de calefacción, refrigeración, ventilación y agua caliente sanitaria, motivando la utilización de energías renovables.

Para el desarrollo de esta Tesis Doctoral, los materiales de los que hemos dispuesto, han sido una instalación experimental situada en Becerril de la Sierra (Madrid) que cuenta con un sistema geotérmico, para satisfacer las necesidades de climatización, ventilación y agua caliente sanitaria de un edificio para uso oficina, mediante un sistema formado por un intercambiador geotérmico vertical, una bomba de calor geotérmica, un suelo radiante y un sistema de ventilación mecánica controlada. Lleva en funcionamiento desde el año 2009.

La instalación fue diseñada y construida por la empresa *Isbsol* y puesta en explotación en colaboración con *Saunier Duval*, *Testo* y *Siber*. Es por ello, que el apartado constructivo junto con factores de diseño relativos al aprovechamiento de la incidencia solar, utilización de lucernarios y otras disposiciones naturales, permiten que la construcción / rehabilitación del edificio, constituya el punto de partida de cualquier mejora energética, en caso de que sea factible.

La instalación objeto de estudio, abastece a un edificio de uso oficina, que cuenta con recepción, despacho, sala de reuniones, archivo, sala de descanso y aseo, cuyo detalle constructivo se puede comprobar en el *Anexo I*.

La oficina se encuentra situada en Becerril de la Sierra (Madrid) y a una altura de 1.075 msnm. La instalación cuenta con un intercambiador geotérmico vertical a doble tubo y con una profundidad de sondeo de 125 metros para la captación. Para el aprovechamiento térmico, dispone de una bomba de calor geotérmica *Magna-Geo* de *Saunier Duval* con doble intercambiador de placa y suelo radiante refrescante como sistema de distribución de energía. Además, cuenta con una instalación auxiliar de ventilación inteligente para

renovación del aire interior, así como del sistema de control *Saveris* de *Testo*, para el registro y la monitorización de todos los parámetros a controlar.

La instalación objeto de estudio, se ha diseñado siguiendo los conceptos técnicos en base a arquitectura bioclimática, para minimizar la demanda energética, mediante aislamiento térmico, según código técnico de la edificación en las superficies exteriores (paredes, suelo, techo, puertas y ventanas), minimizando la influencia de las condiciones climáticas exteriores sobre el interior del edificio y sombreado exterior de las zonas acristaladas, en la fachada sur y en la cubierta del edificio, para aprovechar la radiación solar en invierno y evitar la radiación solar en verano, y un sistema integral de climatización y agua caliente sanitaria, para aprovechar la energía con máxima eficacia, con los siguientes componentes.

La bomba de calor, es el generador que permite transferir energía en forma de calor, mediante el aporte de trabajo de un ambiente menos caliente a otro ambiente más caliente, en contra del flujo de calor. Con estos equipos, se producirá de forma alternada y controlada agua caliente o agua fría para climatizar el edificio, aprovechando en mayor o menor medida, la energía gratuita del aire exterior o del terreno.

El Suelo radiante, en modo calefacción y refrigeración, que permite aprovechar la estructura del edificio como acumulador de energía (inercia térmica), lo que permite precalentar o pre-enfriar el edificio, en invierno o en verano, reduciendo las cargas térmicas máximas en horas de mínimas y máximas temperaturas en cada periodo.

La Ventilación mecánica controlada, que permite asegurar la calidad del aire (renovación y filtración) en el interior de la vivienda según código técnico de la Edificación (CTE/HS3). Además, permite recuperar energía del aire residual para precalentar en invierno o preenfriar en verano aire fresco con un intercambiador térmico. La regulación de temperatura de confort, que mantiene la temperatura de confort en cada habitación, definida en 22°C/25°C para calefacción y aire acondicionado respectivamente, durante el día o la noche, en invierno o en verano y que mediante la medición de datos en continuo permite monitorizar la vivienda.

En el apartado de desarrollo del modelo de simulación, contamos con el programa *EnergyPlus*, desarrollado por DOE (Department of Energy, E.E.U.U.), que permite la

simulación térmica y energética de edificio, considerando todas las premisas anteriormente expuestas.

Esta decisión ha sido bastante compleja, debido fundamentalmente a que existen dos premisas muy claras en esta Tesis Doctoral, la primera de ellas parte de considerar la instalación de forma global, para lo cual es necesario un motor de cálculo con amplia posibilidad en cuanto al número de variables a modelar y simular y la segunda hace referencia a la capacidad de implementar comparativas frente a otras fuentes energéticas. Es por ello que *EnergyPlus*, es capaz de satisfacer estas necesidades de una forma óptima y es por ello que fue elegido como motor de cálculo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1.1] Parlamento Europeo. (2003, 4 de enero). Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de Diciembre de 2002 relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios. Diario Oficial de la Unión Europea, (1): 65-71.
- [1.2] Parlamento Europeo. (2010, 18 de junio). Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios. Diario Oficial de la Unión Europea, (153): 13-35.
- [1.3] Parlamento Europeo. (2012, 25 de octubre). Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. Diario Oficial de la Unión Europea, (141): 48-55.
- [1.4] Ministerio de la Presidencia. (2013, 13 de abril). Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Boletín Oficial del Estado, (89): 27548-27562. España.
- [1.5] Ministerio de Vivienda. (2006, 28 de marzo). Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE), Documentos DB-HE:Ahorro de Energía. Boletín Oficial del Estado. (74): 11816-11831. España.
- [1.6] Norma UNE 100715-1: Diseño, ejecución y seguimiento de una instalación geotérmica somera. 2015. AENOR
- [1.7] VDI manual Energy Technology. <http://www.vdi.es> VDI 4640 Part I (2010) hermal use of the underground- fundamentals, approvals, environment aspects.

2010VDI 4640 Part II (2001) Thermal use of the underground- Ground source heat pumps systems. VDI 4640 Part III (2001). Utilization Part IV (2006). Thermal use of the underground - Direct uses. Departamento de Energía Estratégica y Medioambiente. Alemania.

- [1.8] ASHRAE (2007). Handbook. Heating, Ventilation and Air-Conditioning. Application American Society of heating, refrigerating and air conditioning Engineers. (404): 636-8400
- [1.9] Knoblich K., Sanner, B., Klugescheid, M., 1993. Energetische, hydrologische undgeologisch Untersuchungenzun Entzugvon armeausdem Erdreich. Giessener Geologische Schriften 49, Giessen, p. 192.
- [1.10] Rybach, L., Eugster, W.J., 1997. Borehole Heat Exchangers to tap shallow geothermal resources. The swiss success story. S.F. Simmons, O.E. Morgan, M.G. Dunstall (Eds), Proceedings of the 19th New Zealand Geothermal Workshop, Auckland, pp. 63-69.
- [1.11] Rybach, L. and Hopkirk, R.J., 1995. Shallow and deep borehole heat exchangers - achievements and prospects. Proceedings World Geothermal Congress, Florence, pp. 2133-2139.
- [1.12] Claesson, J., Eskilson, P., 1988. Conductive heat extraction from a borehole. Thermal Analysis and dimensioning rules. Energy 13/6, 509-527.
- [1.13] Gilby, D.J., Hopkirk, R.J., 1985. The coaxial vertical heat probe with solar recharge, numerical simulation and performance evaluation. Proceedings 2nd WX on SAHPGCS, Vienna, pp. 443-456.
- [1.14] Eskilson, P., Claesson, J., 1988. Simulation model for thermally interacting heat extraction boreholes. Numerical Heat Transfer 13, pp. 149-165.
- [1.15] Hopkirk, R.J., Eugster, W.J., Rybach, L., 1988. Vertical earth heat probes: measurements and prospects in Switzerland. Proceedings of the fourth International Conference Energy Storage JIGASTOCK 88, pp. 361-367.

- [1.16] Sanner, B., 1986. Schwalbach Ground-Coupled Heat Pump (GCHP) Research Station Newsletter IEA Heat Pump Center 4/4, Karlsruhe, pp 8-10.
- [1.17] Sanner, B., Reuss, M., Mands, E., Müller, J., 2000. Thermal response test. Experiences in Germany. Proceedings Terrastock 2000, Stuttgart, pp. 177-182.
- [1.18] Eklöf, C., and Gehlin, S., 1996. TED. A mobile Equipment for Thermal Response Test. Master's Thesis, 1996, 198E, Luleå University of technology.
- [1.19] Austin, W., 1998. Development of an In-situ System for measuring Ground Thermal Properties. Master's Thesis, 1998. Faculty of the Graduate College of the Oklahoma State University.
- [1.20] Hellström, G., Sanner, B., 1994, Software for dimensioning of boreholes for heat extraction. Proceedings CALORSTOCK 94, Espoo/Helsinki, pp. 195-202.
- [1.21] Hellström, G., Sanner, B., Klugescheid, M., Gonka, T., Mårtensson, S., 1997. Experiences with the borehole heat exchanger software EDD. Proceedings MEGASTOCK 97, Sapporo, pp. 247-252.
- [1.22] Huajun Wang, Chengying Qi, Hongpu Du y Jihao Gu. Improved method case study of thermal response test for borehole heat exchangers of ground heat pump system. *Renew Energy*, 2010 El Sevier Ltd; 35 (3): pp.727-733.
- [1.23] Eskilson P. Thermal analysis of heat extraction boreholes. Ph. D. thesis. Sweden: University of Lund; 1987.
- [1.24] Georgios Floridesa, Soteri sKalogirou. Ground heat exchangers - A review of systems, models and applications. *Renew Energy* 2007; 32 (15): pp. 2461-78.
- [1.25] Deerman JD, Kavanaugh SP. Simulation of vertical U-Tube ground coupled heat pumps systems using the cylindrical heat source solution. *ASHRAE Trans* 1991; 97(1): pp 287-95.
- [1.26] Kavanaugh SP. Simulation and experimental verification of vertical ground coupled heat pump systems. Ph. D dissertation. Still water, Oklahoma: Oklahoma State University; 1985.

- [1.27] H. Yang., P.Cui., Z. Fang., Vertical Borehole ground-coupled heat pumps: A review of models and systems. *Applied Energy*. 2009 Elsevier Ltd; 87 (1): pp 16-27
- [1.28] Xinguo Li, Zhihao Chen y Jun Zhao. Simulation and experiment on the thermal performance of U- Vertical ground coupled heat exchanger. *Applied Thermal Engineering* 2005. Elsevier Ltd; 26 (14-15): pp 1564-1571.
- [1.29] Hikmet Esen, Mustafa Inalli, Yuksel Eses, 2008 Temperature distributions in boreholes of a vertical ground –coupled heat pump system. *Renew Energy* 2009 - Elsevier Ltd; 34 (12); pp (2672-2679).
- [1.30] Vahid Khalajzadeh, Ghassem Heidarinejad, Jelena Srebric. Parameters optimization of a vertical ground heat exchanger based on response surface methodology. *Energy and Buildings* 2011 - Elsevier Ltd; 43 (6); pp 1288-1294.
- [1.31] Chulho Lee, Moonseo Park, Sunhong Min. Comparison of effective thermal conductivity in closed - loop vertical ground heat exchangers. *Applied Thermal Engineering* 2011 Elsevier; 31 (17-18); pp 3669-3676.
- [1.32] Cai Ying Ling, Zhang Hua, ZHU Shu Yi, Chen Shuai. Test and analysis of U-Tube Heat Exchangers Ground - Source Heat Pump Systems. *Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring, International Conference* 2011.
- [1.33] Ahmet Koyun, Hakan Demir y Zakir Torum. Experimental Study of heat transfer of buried finned pipe for ground source heat pump applications. *International communications in heat and mass transfer* 2009 Elsevier Ltd; 36 (7); pp 739-743.
- [1.34] G. Romero, J.F. Urchueguía, H. Witte, W. Cambien, T. Magraner. Comparative Study Between a Geothermal Heat Pump System and an Air-to-Water Heat Pump System for Heating and Cooling in Typical Conditions of the European Mediterranean Coast. *Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 April 2005*.
- [1.35] C. A. De Swardt, J. P. Meyer. A performance comparison between an air-source and a ground-source reversible heat pump. *International Journal Energy Research*. Vol 25. pp 899-910.

- [1.36] Sepehr Sanaye, Behzad Niroomand. Thermal economic modeling and optimization of vertical ground-coupled heat pump. *Energy Conversion and management* 2008. Elsevier Ltd ; 50 (4); pp 1136-1147.
- [1.37] Techno-economic and spatial analysis of vertical ground source heat pump systems in Germany. Philipp Blum, Gisela Campillo, Thomas Kölbl. *Energy* 2011 - Elsevier Ltd; 36 (5); pp 3002 -3011.

2

SISTEMAS GEOTÉRMICOS DE BAJA ENTALPÍA

2.1. Introducción

ATECYR y el IDAE (2010, [2.1]), en su guía de diseño de sistema geotérmicos, detallan que cuando se habla de aprovechamiento geotérmico, es necesario diferenciar los diferentes rangos de temperatura (o más técnicamente, potencial entálpico) de los diferentes yacimientos, que van desde las aplicaciones ya mencionadas de muy alta entalpía, pasando por las de alta y media temperatura (asociadas al termalismo) y a los sistemas de calefacción de distrito y finalmente el aprovechamiento de la geotermia de muy baja entalpía, que requiere de la intervención de bombas de calor. En el rango de temperaturas más bajas, el aprovechamiento geotérmico mediante bomba de calor no requiere de condiciones extraordinarias del terreno, siendo amplia su disponibilidad como fuente de energía renovable y sostenible para un sinfín de aplicaciones térmicas.

Las ventajas de las bombas de calor geotérmicas son múltiples, ya que conjugan el concepto de ahorro y eficiencia (entre el 40% y el 60% de la energía primaria que se utiliza en climatización, según el sistema con el que se compare), el hecho de ser una fuente de energía renovable y múltiples ventajas en cuanto a integración arquitectónica, facilidad de mantenimiento y escasez de ruido.

Adicionalmente son sistemas basados en tecnologías bien conocidas, y por consiguiente, su introducción puede basarse en gran medida en elementos ya disponibles en el mercado.

Por su principio de funcionamiento, la bomba de calor geotérmica es simplemente una bomba que transfiere calor a/o desde la aplicación (edificio o proceso) al terreno. Ello posibilita una menor demanda de energía primaria por parte del compresor, debido a que en muchos momentos, el suelo posee condiciones de temperatura más favorables que el aire.

Se denomina sistema geotérmico de baja entalpía a la integración de uno o más ciclos termodinámicos de modo que interactúen para obtener una mejora del rendimiento y satisfacer las necesidades objeto. En la práctica, la denominación queda coloquialmente restringida al ciclo compuesto por un intercambiador y una bomba de calor geotérmica.

Hepbasli (2004, [2.2]), realiza un análisis profundo de cuál es el potencial existente en el uso de la geotermia, las aplicaciones prácticas en las que se puede explotar y qué ventajas tiene frente a otro tipo de sistemas energéticos.

En su estudio pone de manifiesto que la energía geotérmica debe ser considerada como una posibilidad para el suministro de las necesidades energéticas de determinado tipo de instalaciones, por ser una energía limpia, de origen renovable, con elevados rendimientos y costes discretos de producción.

A lo largo de este capítulo, se describen los aspectos principales de los sistemas geotérmicos, así como las configuraciones más comunes, los parámetros más importantes, las tecnologías empleadas y las tendencias para el futuro. Igualmente se hace una introducción a los factores económicos que influyen en el diseño de las instalaciones geotérmicas.

Con el objeto de homogeneizar el contenido del capítulo se describen con la misma profundidad tanto los conceptos básicos y configuraciones clásicas, a pesar de estar ya estudiadas así como las tendencias actuales y menos documentadas, ya que son fuente importante de datos para el desarrollo del trabajo.

2.2. Descripción de los Sistemas Geotérmicos de Baja Entalpía

2.2.1. Test de Respuesta Térmica (TRT)

El ensayo de caracterización Térmica (TRT) constituye una herramienta esencial, ya que reproduce el comportamiento geotérmico de los diferentes horizontes litológicos frente a las extracciones o inyecciones de calor en el terreno.

Este estudio se realiza para proyectos de cierta envergadura, en sistemas con potencias superiores a 30kW, ya que el coste adicional de este análisis influye de forma importante en

la inversión a realizar. Dado el carácter experimental de la instalación analizada, se tomó la decisión de incurrir en estos costes adicionales, con el objetivo de tener datos que permitieran un óptimo dimensionamiento de la instalación.

Estos parámetros presentan una elevada variabilidad, dependiendo principalmente de la composición mineralógica, del grado de compactación, de la fracturación, de la posición de nivel piezométrico y de la transmisividad hidráulica de la formación. Se trata de un ensayo *in-situ* que proporciona información sobre el terreno en volúmenes representativos y condiciones no influenciadas, similares a las de la futura explotación. La correcta determinación de estos parámetros se considera fundamental para el correcto diseño de instalaciones.

De acuerdo con el método lineal, que considera el terreno como un medio homogéneo, isótropo e infinito, la conductividad térmica se puede calcular a partir de la expresión:

$$T_f(t) - T_0 = \frac{q_c}{4\pi\lambda} \ln(t) + q_c \left[R_b + \frac{1}{4\pi\lambda} \left(\ln \left(\frac{4\alpha}{r_b^2} \right) - \gamma \right) \right] \quad [2.1]$$

- q_c : Potencia unitaria disipada durante el ensayo (W/m).
- T_0 : Temperatura del terreno sin influenciar.
- t : Tiempo de inyección de calor.
- r_b : Radio perforación.
- R_b : Resistividad térmica del sondeo.
- λ : Conductividad térmica
- α : Difusividad térmica (m²/s).
- γ : Constante de Euler.

Para un periodo de tiempo suficientemente prolongado $t > 20 r_b^2 / \alpha$, se puede calcular la conductividad térmica con suficiente precisión: +2,5 % mediante la expresión:

$$\lambda = \frac{qc}{4\pi k} \quad [2.2]$$

Donde k es la pendiente de la curva de temperatura media vs Ln (t).

2.2.2. Esquema General

Un sistema geotérmico está constituido muy simplificado, por un sistema de captación de energía térmica (intercambiador), un generador (bomba de calor) y un emisor térmico (suelo radiante), (Urchueguía, ATECYR 2010, [2.1]) y en general se puede observar en la *Figura 2.1*.

El sistema de captación es la parte del ciclo que se encarga de extraer o entregar la energía necesaria, en función de las condiciones marcadas en el interior de la instalación. Se comporta como la fuente que aporta la energía primaria.

El generador de energía, en nuestro caso la bomba de calor geotérmica, es la máquina térmica cuyo principio de funcionamiento está basado en el Ciclo de Carnot, donde el fluido transportador, absorbe calor desde una fuente a baja temperatura y lo entrega a otra que se encuentra a temperatura superior. El sistema generador, se comporta de forma reversible, bien como sistema de aporte de calor o de enfriamiento y en definitiva es el nexo de unión entre el circuito primario y secundario.

Finalmente, el ciclo transfiere el calor obtenido a través de la red de distribución de energía, suelo radiante, por el cual se distribuye el fluido del circuito secundario, en las condiciones finales de trabajo y realiza la transferencia térmica a través del paramento horizontal, manteniendo las condiciones térmicas establecidas para cada zona y suministrando el ACS demandada mediante un depósito de inercia.

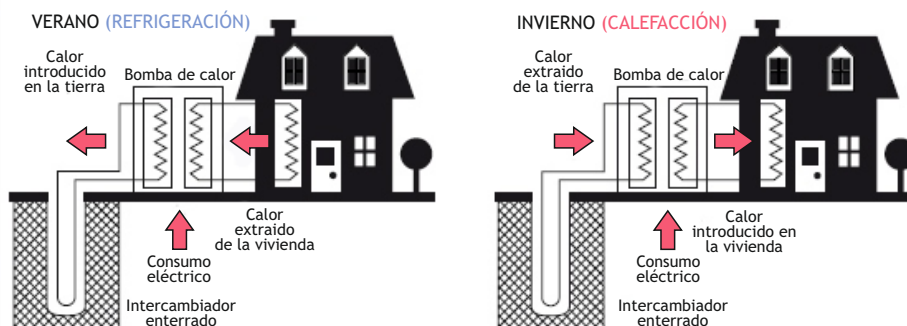


Figura 2.1 - Esquema general instalación geotérmica.

Fuente: IDAE.

El intercambiador geotérmico es uno de los elementos más importantes de la instalación, ya que de su buen dimensionamiento dependerá la capacidad extractiva para satisfacer la demanda térmica y por el contrario un buen diseño del sistema permitirá reducir los costes de instalación en cuanto a la perforación a realizar.

El rendimiento del intercambiador geotérmico y en definitiva sus dimensiones necesarias para satisfacer la demanda, vendrá determinado por la siguiente ecuación.

$$L_{\text{int}} = Q_c * \left(\frac{COP - 1}{COP} \right) * (R_p + R_s * F_c) / (T_l - T_{\text{min}}) \quad [2.3]$$

De la ecuación se desprende que sobre las variables relativas a las características del terreno dónde se hace la perforación, resistencia térmica del terreno (R_s), Temperatura media del terreno (T_l), Temperatura mínima de entrada a la BCG (T_{min}) y factor de utilización (F_c), el rango de mejora es mínimo por ser inherente a las características térmicas del mismo. Las únicas variables dónde podemos actuar son la resistencia térmica de los tubos al paso de flujo térmico (R_p) y el COP de la bomba, que en el actual desarrollo de la tecnología presentan mínimas variaciones entre eficiencia térmica / coste.

Es por ello, que el parámetro fundamental para la eficiencia energética del sistema, es conseguir la menor demanda térmica y por lo tanto actuar sobre el aislamiento del mismo y que sea energéticamente eficiente. En aquellos sistemas ya construidos, se deberá actuar sobre la mejora en el aislamiento térmico y sobre todo aplicar la energía geotérmica como fuente de suministro térmico en vez de otro tipo de tecnologías menos eficientes.

Las especificaciones de la bomba de calor fijan varios parámetros de diseño del intercambiador de calor enterrado, ya que nos determinan el calor intercambiado con el suelo y el caudal circulante por el intercambiador de calor, además de fijar el rendimiento del sistema en modo calefacción (*Coefficient of Performance COP*) y en modo refrigeración (*Efficiency Energy Ratio ERR*) de acuerdo con sus curvas características de potencia-temperatura.

El COP/ERR de una bomba de calor representa la relación entre la capacidad térmica de la misma (Q) y la potencia eléctrica consumida para suministrarla (W). Su definición para los modos de calefacción y refrigeración es la siguiente, así como la relación entre el calor absorbido o inyectado al terreno:

$$COP = \frac{P_{calefacción}}{W_{calefacción}} \quad Q_{\text{absorbido}} = Q_{\text{calefacción}} - W_{\text{calefacción}} \quad [2.4]$$

$$ERR = \frac{P_{refrigeración}}{W_{refrigeración}} \quad Q_{\text{inyectado}} = Q_{\text{refrigeración}} - W_{\text{refrigeración}} \quad [2.5]$$

De la ecuación se desprende que para aumentar el rendimiento de la bomba de calor, sólo podemos hacerlo o bien disminuyendo la demanda térmica, que va ligada al grado de aislamiento de la envolvente o disminuyendo el trabajo realizado, el cual dependerá del diseño de la instalación y del rendimiento energético del equipo utilizado.

En cuanto al sistema emisor, en este caso considerado como suelo radiante refrescante, (Aroca y Varela, 2011 [2.3]) realizan en el I Congreso de Climatización CLIMA +, un análisis comparativo entre el suelo radiante y diferentes tipologías de radiadores, llegando a la conclusión de que el suelo radiante refrescante es más rentable que el resto de emisores y tiene menores consumos energéticos y menores emisiones de CO₂, pudiendo ahorrar en un periodo de 25 años, 475 Mwh. y evitar emitir 97,5 toneladas de Co₂ para la instalación analizada.

Después de analizar los rendimientos de cada una de las partes del sistema, las mejoras en la eficiencia van orientadas claramente a la mejora del aislamiento térmico de la instalación, al aumento del rendimiento de la bomba de calor geotérmica y a la mejora en cuanto a los sistemas de relleno en los intercambiadores geotérmicos, para aumentar la capacidad térmica extractiva del mismo.

2.2.3. Intercambiador Geotérmico

En el diseño de los intercambiadores de calor enterrados intervienen múltiples factores que hacen factibles distintas variantes de diseño para un mismo sistema. La metodología utilizada es la de la Internacional Ground Source Heat Pump Association (IGSHPA), metodología válida para una primera aproximación al diseño de sistemas geotérmicos. El método IGSHPA para el diseño de intercambiadores enterrados está basado en la teoría de la fuente de calor en forma de una línea infinita (Kelvin Line Source Theory). IDAE [2.1].

Según esta teoría un intercambiador de calor que cede calor al suelo se comporta como una fuente de calor con un espesor pequeño y una longitud infinita, y por tanto sólo cede calor en el sentido radial. Es un método de cálculo estático que asume que el sistema funciona durante un tiempo determinado a una carga constante y con el suelo a la temperatura más desfavorable, es decir, el mes de enero para calefacción y el mes de julio para refrigeración, y con una temperatura de agua fija. Durante los restantes meses, la temperatura del agua será más moderada, y por lo tanto la carga calorífica o frigorífica será menor. Además el suelo no estará tan frío (en invierno) o tan caliente (en verano), lo que hará que la temperatura del agua sea más moderada y el sistema funcionará con un mayor rendimiento.

El intercambiador geotérmico es uno de los elementos más importantes en la instalación, dado que va a ser el sistema que absorba o entregue energía térmica al terreno según las necesidades térmicas del sistema. El punto de partida para la elección del sistema es siempre la potencia del evaporador, es decir, el calor a captar del subsuelo o en caso de refrescamiento, el calor a aportar al mismo.

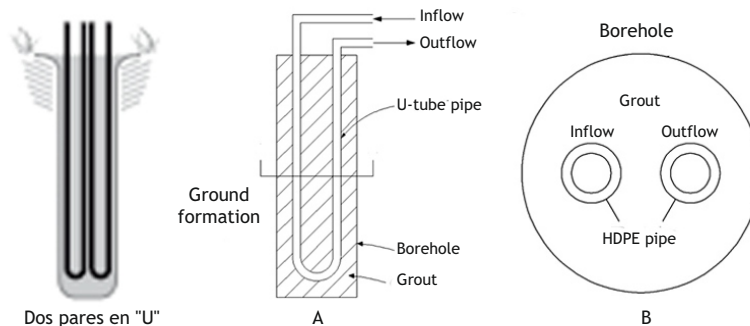


Figura 2.2 - Esquema del Intercambiador Geotérmico. Fuente: Applied Energy.

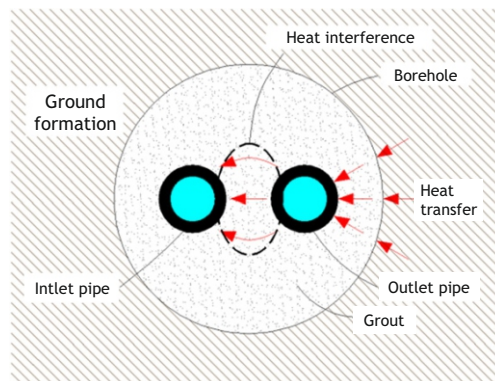


Figura 2.3 - Esquema de Transferencia Térmica Intercambiado Geotérmico. Fuente: Applied Energy.

La elección de la tipología de intercambiador, dependerá de la superficie del terreno disponible, la potencia necesaria, así como los costes de instalación.

Generalmente los sistemas horizontales se emplean para instalaciones de baja potencia con grandes superficies disponibles mientras que los sistemas verticales permiten la ejecución de grandes instalaciones con una perfecta integración en la edificación y sin hipotecar grandes superficies de terreno. Adicionalmente se han tenido en cuenta factores relativos a la profundidad de la perforación, el número de perforaciones así como la distancia entre ellos.

El polietileno (PE) y polibutileno (PB), son los materiales más comunes en los intercambiadores de calor enterrados. Ambos son flexibles a la vez que resistentes y pueden unirse mediante fusión por calor para formar empalmes más fuertes.

En la elección del diámetro de las tuberías, se debe llegar a un compromiso entre la caída de presión y el funcionamiento térmico, el cual debe ser lo suficientemente grande para producir una pérdida de carga pequeña y así necesitar menor potencia de bombeo y deberá ser lo suficientemente pequeño para asegurar altas velocidades y garantizar la turbulencia del fluido dentro del tubo, de manera que se favorezca el traspaso térmico entre el fluido que circula y la pared interior. Cuanto mayor sea la turbulencia mayor será el intercambio térmico. La condición que asegura esta turbulencia es:

$$Re = \frac{4 * Q}{\pi * \vartheta * D} < 2300 \quad [2.6]$$

Donde Re es el número de Reynolds que caracteriza si un flujo es turbulento o laminar, Q es el caudal (m³/s), D el diámetro del tubo (m) y ϑ la viscosidad cinemática.

Tanto el PE como el PB se comportan adecuadamente a las temperaturas de trabajo del intercambiador de calor fijadas por la bomba de calor y dependen del punto de trabajo de la bomba de calor seleccionada.

Cuando la bomba de calor está en modo calefacción (produciendo en el condensador agua caliente para suministrar al edificio entre 35-45°C, en el evaporador se produce agua fría a unos 5-15°C, que es la que circula por las tuberías del intercambiador de calor enterrado. En refrigeración, cuando la bomba de calor produce frío en el evaporador a una

temperatura comprendida entre 7-12°C, por las tuberías del intercambiador enterrado circulará el agua de intercambio de calor con el condensador a unos 25-35°C.

El intercambiador de calor vendrá fijado por la diferencia de temperaturas entre el suelo y el fluido que circule por él, por lo tanto para dimensionarlo, en primer lugar hay que determinar esas temperaturas.

Suponiendo un suelo homogéneo con propiedades térmicas constantes, la temperatura a cualquier profundidad z , puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$T(z,t) = T_m - A_s * e^{-z \sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}} * \cos \left[\frac{2\pi}{365} \left(t - t_0 - \frac{z}{2} \sqrt{\frac{365}{\pi\alpha}} \right) \right] \quad [2.7]$$

Donde $T(z,t)$ es la temperatura en °C del suelo en el tiempo t a una profundidad z , T_m es la temperatura media anual del suelo en °C (a una profundidad en donde no son perceptibles las variaciones de temperatura), A_s es la oscilación de la temperatura superficial en °C, t es el tiempo en días, t_0 el desfase en días y α es la difusividad térmica del suelo en $m^2/día$.

A partir de la ecuación se calculan las temperaturas máximas (T_h) y mínimas de la tierra (T_l) que ocurren durante el ciclo anual para cualquier profundidad (X_s), mediante las siguientes ecuaciones analíticas.

$$T_l(X_s) = T_m - A_s * e^{-X_s \sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}} \quad [2.8]$$

$$T_h(X_s) = T_m + A_s * e^{-X_s \sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}} \quad [2.9]$$

La temperatura media de la tierra T_m se puede asumir como la temperatura seca media anual del lugar, la amplitud anual de la media diaria (A_s), se puede determinar a partir de los datos tabulares para localizaciones geográficas específicas, en los sistemas verticales se puede considerar igual a 0, y los valores de la difusividad térmica del suelo (α) dependen del tipo de suelo y del contenido en agua.

Un parámetro clave es la elección de la temperatura del fluido que circula por el intercambiador enterrado, con la premisa de que cuanto más baja sea la temperatura en invierno, mayor será la diferencia con la temperatura del suelo y menor tendrá que ser el intercambiador enterrado para el mismo intercambio de calor por lo que los costes serán menores, aunque cuanto más alta sea la temperatura en invierno (más baja en verano),

mayor será el COP del sistema, por lo que el ahorro energético será mayor.

Con estas premisas y las curvas de temperatura de la bomba de calor, se fijarán las temperaturas máximas y mínimas de trabajo (T_{MAX} , T_{MIN}).

Las temperaturas de salida del agua en modo frío y calor se pueden determinar a partir de las siguientes expresiones:

$$T_{salida,c} = T_{entrada,c} - \frac{P_c * \frac{COP_c - 1}{COP_c}}{C_p * (Q / 3600)} \quad [2.10]$$

$$T_{salida,f} = T_{entrada,f} - \frac{P_f * \frac{COP_f - 1}{COP_f}}{C_p * (Q / 3600)} \quad [2.11]$$

Con lo que las temperaturas máximas y mínimas de entrada son:

$$T_{MIN} = 1/2 * (T_{e,c} + T_{s,c}) \quad [2.12]$$

$$T_{MAX} = 1/2 * (T_{e,c} + T_{s,c}) \quad [2.13]$$

Hay que calcular la diferencia de temperatura entre el mínimo de la temperatura de la tierra (T_i) y la temperatura mínima del agua de la bomba de calor (T_{MIN}) para los ciclos de calefacción. En el caso de la refrigeración, hay que calcular la diferencia en la temperatura del agua máxima de la bomba de calor que entra (T_{MAX}) y la temperatura máxima de la tierra (T_h).

La siguiente expresión determina la resistencia térmica de las tuberías del intercambiador enterrado:

$$R_p = \frac{1}{2\pi * K_p} * \ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right) \quad [2.14]$$

Donde, D_o es el diámetro exterior del tubo (m), D_i el diámetro interior del tubo (m), K_p la conductividad térmica del material del tubo (W/mK) y \ln el logaritmo neperiano.

La resistencia de la tierra (R_s) es la inversa de la conductividad térmica del terreno.

En el diseño de una instalación de bomba de calor geotérmica hay que tener en cuenta tanto la potencia pico como la demanda a satisfacer, se pueden distinguir entre cargas de diseño, usadas para dimensionar y seleccionar la bomba de calor.

Las cargas de diseño están basadas en estándares o condiciones aceptadas para una localización dada en el día más desfavorable de funcionamiento, demanda de energía, que determina la energía necesaria que debe proporcionar el sistema al edificio durante un periodo determinado (diario, mensual, anual, etc.) o demanda del terreno que representa el calor captado por la tierra (en modo calefacción) o disipado por la tierra (en modo refrigeración).

A partir de todos los parámetros determinados anteriormente, la longitud del intercambiador de calor enterrado se puede determinar para calefacción y refrigeración mediante la siguiente expresión:

$$L_{calefacción} = \frac{Q_{calefacción} * \frac{COP_c - 1}{COP_c} (R_p + R_s * F_{calefacción})}{T_l - T_{min}} \quad [2.15]$$

Estas expresiones son válidas tanto para intercambiadores enterrados verticales como horizontales.

2.2.4. Bomba de Calor Geotérmica

En general, una bomba de calor es una máquina que transfiere el calor desde un foco frío a otro caliente utilizando una cantidad de trabajo relativamente pequeña. Por tanto, la ventaja que poseen las bombas de calor frente a otros sistemas, reside en su capacidad para aprovechar la energía existente en el ambiente (foco frío), tanto en el aire como en el agua o la tierra, y que le permite calefactar las dependencias interiores (foco caliente) con una aportación relativamente pequeña de energía eléctrica.

Tanto la potencia calorífica o frigorífica de la bomba de calor como la eficiencia energética (COP), pueden variar según la temperatura de trabajo, independiente de las eficiencias mecánicas y térmicas de los distintos componentes de la máquina.

La bomba de calor geotérmica extrae energía térmica del suelo en invierno transfiriéndola al interior, mientras que en verano extrae el calor del interior y lo devuelve al subsuelo. Las partes constituyentes del sistema en modo reversible son: unidad interior, unidad exterior, sistema expensor y compresor.

En la *Figura 2.4* vemos el esquema de funcionamiento de la bomba de calor geotérmica reversible. El sistema se compone de dos unidades, una en el interior y otra en el exterior, que se comportarán como evaporadora o condensadora en función del modo en el que funcionen. Adicionalmente existe un compresor, un sistema expensor y una válvula de cuatro vías para controlar el funcionamiento reversible.

El funcionamiento del sistema consiste en absorber energía térmica del exterior para transferirla a un fluido, que alimentará al compresor en fase gaseosa. Ese gas a alta temperatura y baja presión, al pasar por el compresor, aumenta su entalpía para cederla en el condensador a la zona a climatizar. Una vez cedida esa energía en el condensador, el fluido pasa a estado líquido ya que disminuye su temperatura y en la unidad expansora recupera los valores iniciales de presión y temperatura, para poder volver a convertirse en sistema captador de energía.

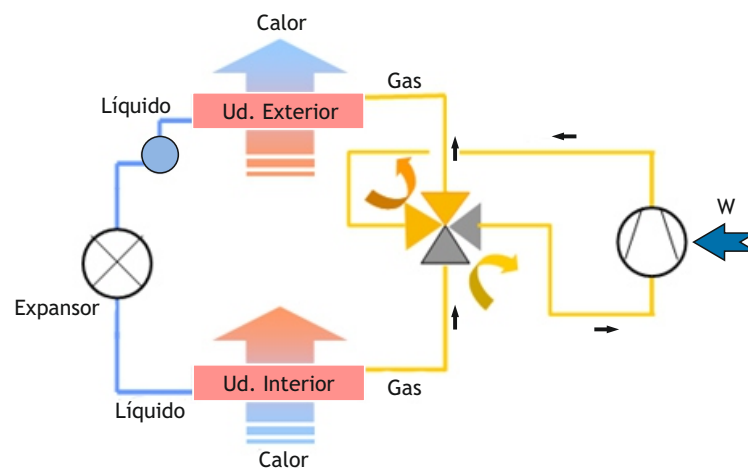


Figura 2.4 - Esquema de funcionamiento del sistema bomba de calor.
Fuente: IDAE.

En modo refrigeración el sistema funciona de forma reversible, captando energía del interior, para devolverla al exterior y poder garantizar la refrigeración en la zona objeto.

La norma europea (UNE-EN 14511-1, 2014 [2.4]) especifica las condiciones de prueba para la determinación de las características de eficiencia de las bombas de calor aire/aire, agua/aire, aire/agua y agua/agua, con compresor accionado por motor eléctrico cuando se utilizan para calefacción de locales.

Para cada uno de estos sistemas se definen puntos de ensayo nominales y de aplicaciones. Para los sistemas aire/aire y aire/agua, el ensayo se realiza para una temperatura exterior nominal de 7°C. Para los sistemas agua/agua, el ensayo se realiza para una temperatura de agua nominal de 10°C; para los sistemas agua glicolada /agua, el ensayo se realiza para una temperatura de agua nominal de 0°C.

Para el sistema de tipo suelo/suelo o suelo/agua no existe ninguna norma de ensayo, sólo protocolos admitidos por la mayoría de industriales. Para estos productos, la temperatura nominal del fluido en la entrada del evaporador es de -5°C.

Las ecuaciones que gobiernan la bomba de calor, vienen determinadas por el COP (Coefficient of Performance) y ERR (Efficiency Energy Ratio), que determinan el rendimiento del sistema en sus dos posible modos de funcionamiento, calefacción y refrigeración. En definitiva, representan el cociente entre la potencia climatizadora entregada y la potencia eléctrica para realizar esa acción, en modo instantáneo.

$$COP = \frac{P_{calefacción}}{W_{calefacción}} \quad [2.16]$$

$$ERR = \frac{P_{refrigeración}}{W_{refrigeración}} \quad [2.17]$$

Existen otros ratios, que determinan el comportamiento del sistema en modo estacional. Para ello tenemos el SCOP (Seasonal COP) y el SEER (Seasonal EER), que vienen determinados por las siguientes ecuaciones. El SCOP, representa el cociente entre la energía calorífica aportada y la energía eléctrica absorbida útil durante un determinado periodo de tiempo. El SEER, representa el cociente entre la energía calorífica extraída y la energía eléctrica absorbida útil durante un determinado periodo de tiempo.

$$SCOP = \frac{Ec}{Eec} \quad [2.18]$$

$$SEER = \frac{Er}{Eec} \quad [2.19]$$

La eficiencia de la bomba de calor geotérmica, vendrá determinada por el comportamiento termodinámico capaz de desarrollar, para disminuir sus pérdidas, y en consecuencia aumentar su eficiencia.

La eficiencia máxima o eficiencia de Carnot, viene determinada por el valor máximo de los coeficientes antes descritos.

$$COP_{carnot} = \frac{T_{fc}}{T_{fc} - T_{ff}} \quad [2.20]$$

$$EER_{carnot} = \frac{T_{ff}}{T_{fc} - T_{ff}} \quad [2.21]$$

Es importante, determinar cuál es la curva termodinámica que responde al proceso descrito, para poder analizar cuáles son los puntos críticos a la hora de utilizar esta tecnología. En la *Figura 2.5*, observamos como la bomba de calor geotérmica extrae energía térmica del suelo en invierno transfiriéndola al interior, mientras que en verano extrae el calor del interior y lo devuelve al subsuelo. La línea entre los puntos [1-2], corresponde al trabajo del compresor.

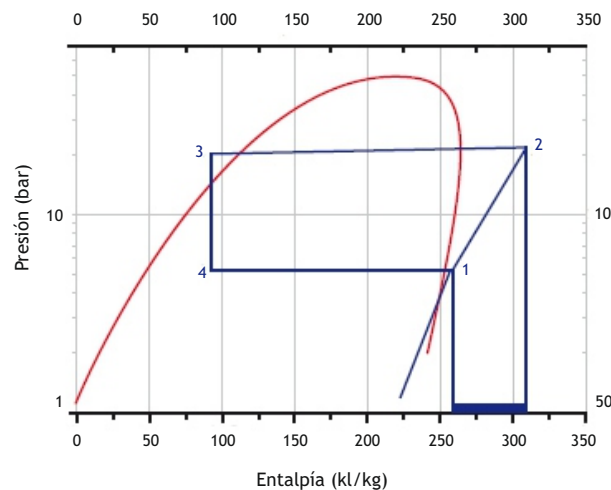


Figura 2.5 - Gráfico presión entalpía del ciclo termodinámico.
Fuente: M.J. Moran / H.N. Shapiro.

En la *Figura 2.6* apreciamos que si logramos aumentar la temperatura de evaporación, y por lo tanto la presión, el compresor tiene que trabajar menos para llegar a la misma presión (y por lo tanto temperatura) en el condensador y el gasto de electricidad disminuye, aumentando el rendimiento del ciclo.

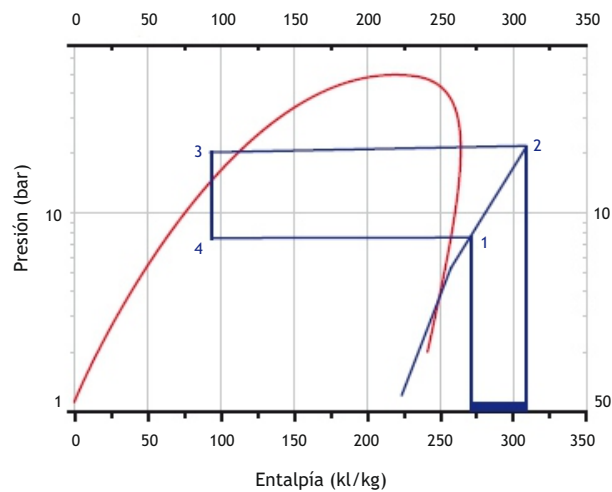


Figura 2.6 - Gráfico presión entalpía del ciclo termodinámico.
Fuente: M.J. Moran / H.N. Shapiro.

En refrigeración también se puede ahorrar energía bajando la temperatura del condensador.

El suelo, comparado con el aire, ofrece una fuente de calor a mayor temperatura en invierno cuando esté conectado al evaporador; en verano, cuando intercambia calor con el condensador, forma un sumidero de calor a menor temperatura.

Cuando la bomba de calor opera en modo calefacción, una buena parte del calor que se utiliza en la aplicación es calor extraído indirectamente del sol que previamente ha sido almacenado por el subsuelo.

La parte de calor que proviene del gradiente geotérmico del subsuelo, es decir, del interior de la tierra, es relativamente pequeña o incluso nula. Por tanto, un aumento del COP de la bomba implica automáticamente que se está utilizando una mayor proporción de energía renovable térmica, según la tipología y profundidad del circuito.

En este sentido, la capacidad de producción de calor de origen renovable de una bomba de calor es muy grande en comparación con otras tecnologías, aunque usualmente se requiera para posibilitar tal flujo, de la introducción de una cierta cantidad de energía ya sea eléctrica o térmica.

En refrigeración el énfasis debe ponerse en que el uso del suelo como sumidero de calor puede mejorar sustancialmente el COP en comparación con enfriadoras basadas en el aire como foco.

Al no haber muchas alternativas tecnológicas (una vez se ha hecho lo recomendable, es decir, recortar en lo posible las cargas térmicas del edificio), la bomba de calor geotérmica es una de las pocas opciones reales para producir un ahorro sustancial en climatización.

Por otro lado, y al menos en parte, el calor aportado en el suelo durante el proceso aumenta la temperatura del mismo y contribuye a mejorar la eficiencia del proceso inverso, el de calefacción.

Por tanto, una bomba de calor con intercambiador de calor enterrado en modo frío supone una opción real de mejora energética y ahorro y produce almacenamiento de calor de origen renovable.

2.2.5. *Suelo Radiante*

El suelo radiante es el elemento formado por una serie de circuitos hidráulicos por el que circula el fluido encargado de transportar toda la energía térmica producida al ambiente de la zona a climatizar, mediante intercambio térmico a través del suelo, y en definitiva es el elemento en contacto con las personas que mediante su sensación de confort van a determinar que grado de satisfacción ofrece el sistema. En este apartado no sólo estamos hablando de aspectos técnicos, sino que se introduce otro factor subjetivo, que representa la sensación térmica de una persona, frente a las condiciones térmicas del ambiente que le rodea.

La sensación térmica representa la temperatura que siente nuestro cuerpo ante un determinado ambiente caracterizado por la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire y la radiación solar. La caracterización de un ambiente térmico viene determinado por la (UNE-ISO 7730, 2006 [2.5]), que considera la vestimenta, actividad física, temperatura del aire, temperatura media de radiación, velocidad del aire y humedad relativa, aspectos a considerar en el diseño.

El suelo radiante es un sistema de climatización a baja temperatura para el modo calor y a alta temperatura en modo frío. El sistema de suelo radiante refrescante transporta energía a través del agua como fluido, sistema que es mucho más eficiente en comparación con otros medios transportadores como el aire. El sistema de suelo radiante intercambia calor

con la envolvente por radiación, mientras que el intercambio con el ambiente interior es mediante convección. En el diseño de estos sistemas tres son los parámetros fundamentales a controlar; capacidad de climatización del suelo radiante, uniformidad en la distribución térmica del área y menor temperatura sobre la superficie.

Durante los últimos años, se han desarrollado muchas investigaciones en la tecnología del suelo radiante refrescante y sus aplicaciones en sistemas HVAC (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*). Estas investigaciones han ido dirigidas a resolver de forma analítica el problema de la transferencia térmica con matriz incrustada en tubos, desarrollado por (Koschenz y Lehmann. 2007 [2.6]) que estudia la respuesta transitoria del compuesto de múltiples capas en losa sobre las variaciones repentinas de la temperatura del fluido que lo rodea.

(Lu y Tervola. 2005, [2.7]), dan un enfoque analítico novedoso para la conducción del calor en una losa mixta sujeta a cambios periódicos de temperatura.

(Lun Zhang, Xiao-Hua Liu, Yi Jiang.2012 [2.8]), en su artículo de análisis del suelo radiante, establecen un análisis exhaustivo del comportamiento de estos sistemas, cuales son los parámetros a considerar en el desarrollo del mismo y cuál es el mecanismo de transferencia térmica entre las distintas partes que lo conforman.

En cuanto a la transferencia térmica, parten de la base de que el intercambio entre el fluido y el interior de la sala, se realiza por convección y con los elementos de la envolvente por radiación.

El proceso de transferencia entre la superficie del suelo y el interior vendrá determinado por las condiciones interiores, tales como temperatura del suelo y temperatura interior. El proceso térmico entre el fluido caloportador y el suelo radiante, puede ser considerado como un conjunto de resistencias en serie, basadas en el principio de superposición de resistencias térmicas.

El valor de la resistencia de los elementos que componen el suelo radiante, se puede considerar como fija, es decir se mantiene fija como propiedad física, por ser la misma tanto en modo frío como en modo calor. Sin embargo, el valor del coeficiente de intercambio térmico entre la superficie del suelo y el ambiente es variable, ya que depende del modo en

que estemos funcionando. Es por ello, que se deben utilizar coeficientes de intercambio predeterminados, que contemplan esta variación y que están recogidos en literaturas varias.

Adicionalmente, en su estudio, analizan el comportamiento de cuatro tipologías diferentes de configuración de suelo radiante, variando ciertos parámetros y analizando cuál de ellos es el que mejora las condiciones de funcionamiento.

En su estudio, las conclusiones principales hacen referencia al método de cálculo utilizado para la obtención de los tres parámetros fundamentales a considerar en el diseño de un suelo radiante refrescante, capacidad de climatización, distribución de temperaturas sobre el suelo y menor temperatura en la superficie.

Además verifican que su modelo matemático desarrollado, presenta diferencias cercanas al 8% sobre valores medidos experimentalmente y afirman que la limitación más importante en la capacidad climatizadora del sistema es la transferencia térmica entre el suelo y el ambiente interior. El espesor y la conductividad térmica de cada una de las capas que forman el suelo radiante tienen una importancia crucial sobre el rendimiento de la instalación.

2.2.6. *Ventilación Mecánica Controlada*

El concepto de ventilación mecánica controlada, es relativamente nuevo y se encuentra en fase de implantación en Europa.

En definitiva, la ventilación mecánica controlada, no es más que un sistema que inyecta aire limpio del exterior en la vivienda y extrae el aire viciado, utilizando un intercambiador térmico para aprovechar la energía interior y trasladarla al nuevo aire limpio, aumentando la eficiencia térmica y en definitiva reduciendo el consumo energético.

La renovación del aire en los locales habitados es una necesidad fisiológica. La respiración de los ocupantes, se traduce en un consumo de oxígeno y una expulsión de gas carbónico. Esta respiración produce a su vez una emisión de CO₂ y vapor de agua en cantidades variables según su actividad. A esta producción de gases y vapor de agua se le deben sumar las aportaciones relacionadas con las actividades propias a la vida dentro de una vivienda como preparación de comidas, uso de baños, limpieza del suelo, uso de

aerosoles y aportaciones emitidas por los propios integrantes de la construcción como pintura o pegamento. Un nivel de humedad relativa mal controlado producirá una sensación de falta de confort. Por encima del 75% de humedad relativa, la transpiración no puede ser absorbida por el aire ambiente provocando una sensación de sudación facilitando además el desarrollo de gérmenes y microbios en paredes, muebles, textiles y el propio ambiente. Por debajo del 35%, el aire resulta demasiado seco, ocasionando irritaciones de las mucosas.

La producción de vapor de agua dentro de una vivienda es constante y elevada. Una mala ventilación se puede traducir en una renovación demasiado importante del aire interior de la vivienda, teniendo los peores efectos en cuanto a ahorro energético y confort (sensaciones de corrientes) o una ventilación insuficiente con riesgos de enrarecimiento del aire y un incremento progresivo de la tasa de humedad del aire.

En este último caso los riesgos más directos cara a la construcción son los de condensaciones en los puntos más fríos de la vivienda (puentes térmicos, paredes, muebles, textiles). Para evitar todos estos problemas es indispensable ventilar. Una buena ventilación ha de permitir aportar aire nuevo necesario para la respiración, evitar la acumulación de olores y/o de gases tóxicos, garantizar la alimentación en aire de los aparatos de combustión, y de esta manera contribuir a la seguridad de las personas, proteger la vivienda de la aparición de mohos y de las degradaciones debidas al vapor de agua, principalmente en los puentes térmicos.

Durante mucho tiempo, la vivienda era poco estanca al aire y las numerosas fugas por infiltraciones en fachadas y la apertura de las ventanas eran suficientes para garantizar la ventilación de las viviendas. Esta falta de control de ventilación se traducía por la evacuación intempestiva de aire caliente sustituido por aire frío del exterior, produciéndose gastos energéticos importantes y falta de confort.

Pero el deseo legítimo de vivir en mejores condiciones de confort y conseguir el mayor ahorro energético ha condicionado la evolución del sistema constructivo convirtiendo las viviendas modernas en lugares cada vez más estancos al aire.

En estas viviendas tan bien aisladas, ya no es posible contar solamente con las fugas de aire por infiltraciones para obtener una ventilación satisfactoria. La instalación de un sistema que permita lograr una mejora de la calidad del aire se hace pues indispensable.

Las viviendas han de beneficiarse de una renovación de aire y de una evacuación de las emanaciones, de tal manera que la tasa de polución del aire interior del local no constituya ningún peligro para la salud, y que se puedan evitar condensaciones. La ventilación ha de integrar requisitos reglamentarios (de incendio, de acústica, térmica...), requisitos técnicos (tolerancias de fabricación, posibilidades de instalación) y requisitos de tipo ambiental (transparencia de las viviendas al aire, modo de vida de los ocupantes).

Para garantizar un nivel de bienestar, la ventilación en viviendas ha de ser general y permanente por lo menos en la época del año durante la cual la temperatura exterior obligue a mantener las ventanas cerradas o durante todo el año en el caso de edificios sometidos a un aislamiento acústico cara al exterior.

La admisión de aire ha de realizarse a nivel de las habitaciones principales o locales secos, de forma natural a través de huecos exteriores o alimentadas por una caja de ventilación conectada a una red de conductos.

El paso del aire dentro de la vivienda se efectúa por un recorte inferior de la puerta o a través de rejillas situadas en puertas o paredes que permitan la circulación del aire desde los locales secos hacia los locales húmedos (cuartos de baño, aseos, cocina).

La extracción del aire en estos locales húmedos se realiza a través de rejillas o bocas de extracción conectadas a una red de conductos de extracción. La vivienda dispondrá de una ventilación mecánica específica adicional para la cocina mediante rejillas de impulsión.

En la *Figura 2.7* se puede observar el funcionamiento del sistema:

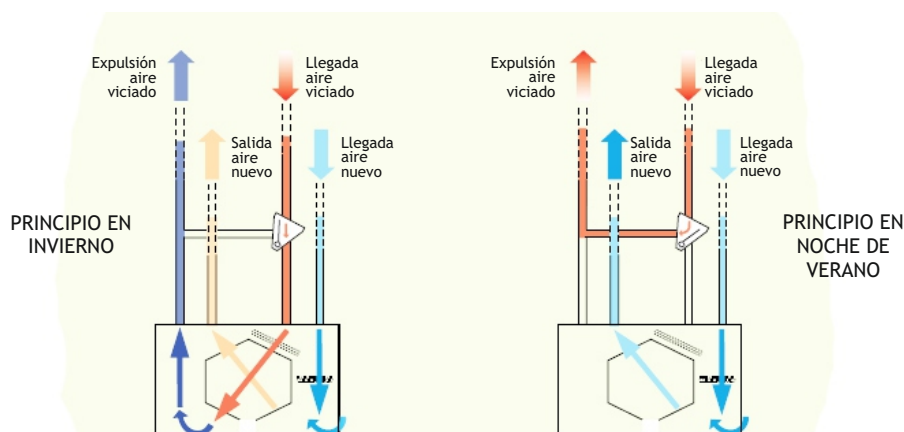


Figura 2.7 - Esquema de funcionamiento sistema ventilación controlada.

Fuente: SIBERZONE.

En invierno, el aire nuevo recupera las calorías del aire viciado que extraemos de la vivienda, gracias a la presencia de un intercambiador térmico (92% de recuperación), ayudando a mantener la temperatura en esta. Cuando hay 5°C en el exterior y 20°C en el interior, el aire nuevo entra a 19°C.

En verano, el aire nuevo que entra en la vivienda se enfría gracias al aire viciado que extraemos de ella, gracias a la presencia de un intercambiador térmico (92% de recuperación), evitando el recalentamiento. Cuando hay 30°C fuera y 21°C en el interior, el aire nuevo entra a 22°C solamente, refrescamiento en verano.

2.3. Economía de los Sistemas Geotérmicos

2.3.1. Introducción

En todo análisis económico de cualquier hecho, el punto de partida se constituye a partir de una necesidad para la realización del estudio, con el objetivo de comprender las variables que influyen en el mismo, junto con sus costes asociados, para poder tomar decisiones finales que permitan determinar si el coste es asumible o puede optimizarse. Es por ello, que debido a la importancia del coste energético, se hace necesario constatar cual es la realidad actual de nuestro país y su evolución en los últimos años, para poder establecer la importancia extrema para el país de sus costes energéticos, y en particular en el sector terciario; objeto de esta Tesis Doctoral. A continuación, detallaremos cual ha sido la evolución y dependencia energética de España por tipología de fuente de energía, para poder sentar las bases de prioridad en cuanto a nuestros costes energéticos sobre los cuales, la energía geotérmica, puede ser un elemento que permita reducirlos y optimizarlos desde factores, técnicos, económicos y medioambientales.

El consumo energético ha experimentado un crecimiento en los últimos 30 años a lo largo de los cuales han tenido lugar cuatro crisis económicas (1973, 1979, 1993 y 2008) a nivel mundial, con un impacto negativo en dicho consumo energético en la mayoría de los países desarrollados.

Por causa de la crisis de principios de los 70, se han desarrollado políticas energéticas orientadas a la reducción de la dependencia energética y la mejora de la eficiencia. En

España, esta reacción se manifestó con casi una década de retraso (hacia finales de los 70), lo que repercutió en la reconversión industrial de mediados de los 80. La posterior expansión económica de nuestro país, desde su incorporación a la UE (1982), trajo como consecuencia un incremento en el poder adquisitivo, que ocasionó un mayor equipamiento automovilístico y doméstico, así como un fuerte desarrollo del sector inmobiliario, factores que han sido determinantes en el aumento del consumo energético. Al inicio de la década de los 90, una nueva crisis tuvo eco en una leve atenuación de la demanda energética.

La evolución posterior mantuvo una tendencia ascendente hasta el año 2004, iniciándose, a partir de entonces, una nueva etapa en el consumo energético, propiciada por la puesta en marcha de actuaciones al amparo de las estrategias de eficiencia energética e incorporación de las energías renovables.

Hoy el consumo de energía final de nuestro país (2010) proviene mayoritariamente de productos petrolíferos importados que junto a una reducida aportación de recursos propios, ha contribuido a una elevada dependencia energética, próxima al 75%, superior a la media europea (UE12-27 55%).

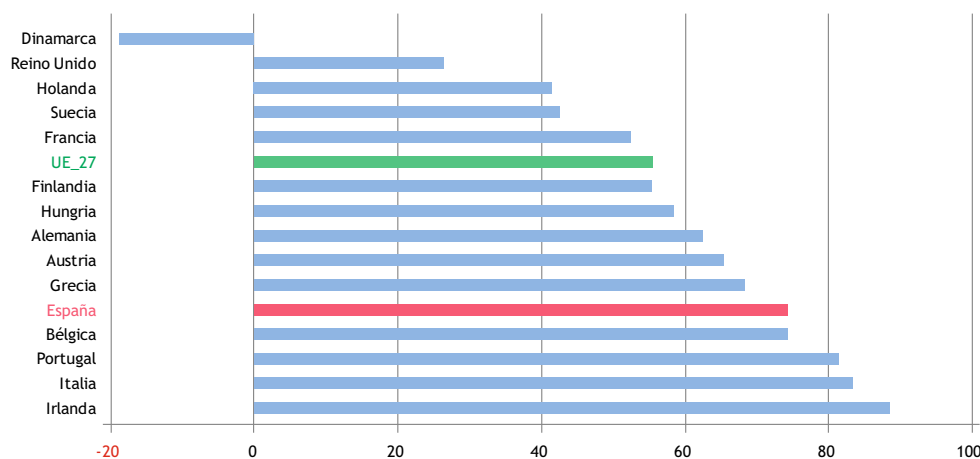


Figura 2.8 - Dependencia Energética.

Fuente: Eurostat (2009) / MITyC (2010).

Esta situación estimula un cambio en nuestro modelo energético, a partir del año 2005, en el marco de las políticas actuales en materia de energías renovables y de eficiencia energética. (García Lastra. 2014, [2.23]), en su Tesis Doctoral de la legislación europea y española sobre la eficiencia energética en edificios, realiza un estudio exhaustivo de la situación energética en España, el cual se aporta a continuación con elevado grado de detalle y que se encuentra basado en las siguientes normas:

- Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4) [2.9].
- Planes de Acción 2005-2007 (mecanismo de cooperación diseñado entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas) [2.10].
- Plan de Energías Renovables 2005-2010 [2.11].
- Aprobación del Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006 y modificación del Documento Básico de Ahorro de Energía (FOM/1635/2013 [2.12])
- Plan Acción 2008-2012 Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España [2.13].
- Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 13 2008-2011. Iniciativa del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través de la Secretaría de Estado de Energía [2.14].
- Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009-2012 [2.15].
- Plan de Intensificación del Ahorro y la Eficiencia Energética [2.16].
- Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible [2.17].
- Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 [2.18].
- Plan de Energías Renovables 2011-2020 [2.19].
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RD 1027/2007) y su modificación RD 238/2013[2.20]
- Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016 [2.21].
- Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas [2.22].

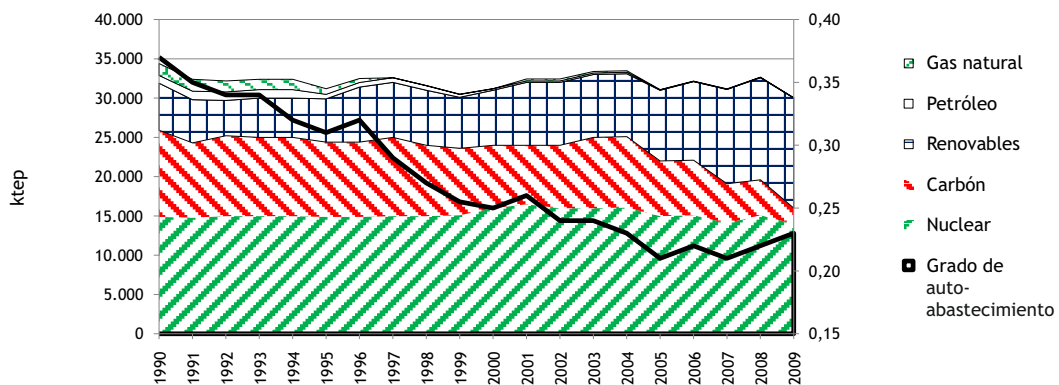


Figura 2.9 - Consumo de energía primaria por fuentes propias y grado de autoabastecimiento.

Fuente: MIEyT/IDAE. $1tep = 11,628 MWh = 1 \cdot 10^7 kcal$.

El grado de autoabastecimiento proviene fundamentalmente de una mayor contribución en el consumo energético de los recursos renovables a lo largo de los últimos años.

El cuadro siguiente refleja el consumo energético total de España por fuentes energéticas y el porcentaje de consumo por sector de actividad:

1990			2004			2010		
Fuente	ktep	%	Fuente	ktep	%	Fuente	ktep	%
Petróleo	35.264	60,7	Petróleo	54.121	56,2	Petróleo	48.393	51,8
Gas	4.183	7,2	Gas	16.275	16,9	Gas	16.536	17,7
Electricidad	10.980	18,9	Electricidad	19.838	20,6	Electricidad	21.394	22,9
Biomasa	3.370	5,8	Biomasa	3.371	3,5	Biomasa	3.737	4
Resto renovables	0	0,04	Resto renovables	0	0,3	Biocarburantes	1.401	1,5
						Solar Térmica	187	0,2
						Geotérmica	19	0,02
Carbón	4.299	7,4	Carbón	2.408	2,5	Carbón	1.682	1,8
TOTAL	58.095	100	TOTAL	96.011	100	TOTAL	93.348	100

Tabla 2.10 - Consumo de energía final en España por fuentes energéticas excluidos usos no energéticos.
Fuente: MIEyT/IDAE.

De él se deduce la gran dependencia de fuentes energéticas derivadas del petróleo en el año 1990 que desciende durante los siguientes años a favor de un mayor consumo de gas natural. También se observa la incorporación de los planes de acción de eficiencia energética y energías renovables mostrándose un descenso del consumo de energía y una tendencia ascendente del consumo de energías renovables en el periodo 2004-2010.

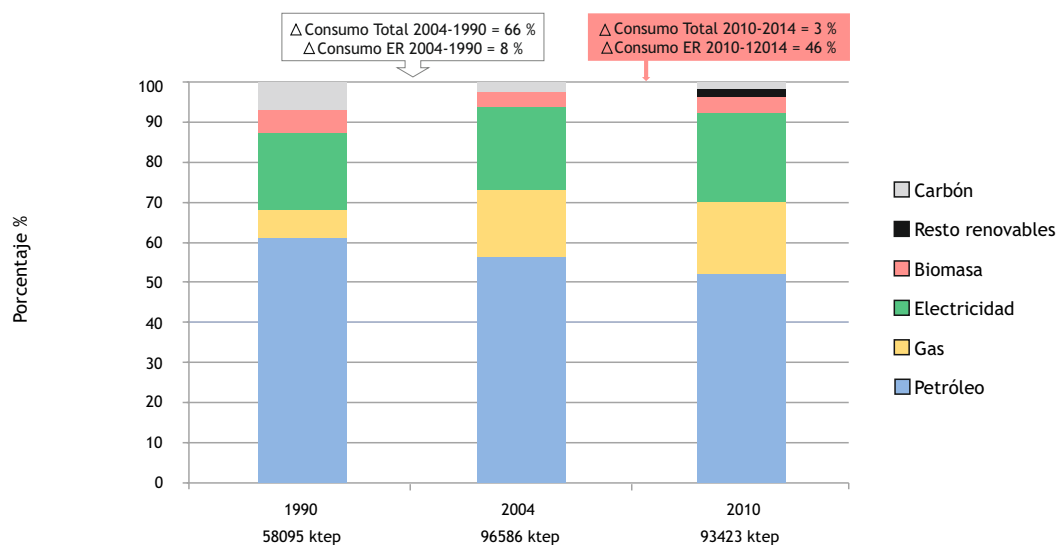


Figura 2.11 - Evolución de la estructura de consumo de energía final por fuentes energéticas.
Fuente: MIEyT/IDAE.

En la *Tabla 2.12* se muestra el consumo energético de energía final por sectores de actividad desde al año 1990, donde se observa el efecto de la crisis financiera internacional, iniciada hacia el segundo semestre del año 2008 que se evidencia a través de la desaceleración experimentada en el sector de la construcción, que tradicionalmente ha constituido uno de los motores de la economía nacional. Esto ha provocado un descenso aún más acusado de la demanda energética no promovido por medidas de eficiencia energética.

Sector	1990	2004	2007	2008	2009	2010
Industria	22.500	29.855	29.878	30.241	26.468	28.209
Transporte	22.500	40.804	40.804	39.313	36.464	36.744
Residencial	7.095	13.700	15.000	15.000	15.754	16.377
Terciario	4.000	7.352	8.000	8.000	9.150	8.015
Agricultura	2.000	4.300	7.448	5.886	3.155	4.003
TOTAL	58.095	96.011	101.130	98.440	90.906	93.348

Tabla 2.12 - Consumo de energía final en España por sectores.
Fuente: MIEyT/IDAE.

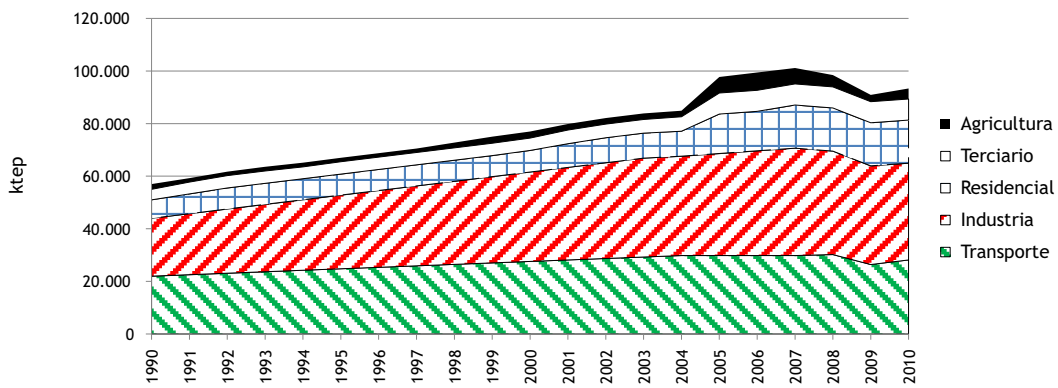


Figura 2.13 - Evolución del consumo final de energía por sectores.
Fuente: MITyC / IDAE.

Analizando estos consumos por sectores se observa que el sector transporte es el mayor consumidor, con el 40 % del consumo final total basado fundamentalmente en productos petrolíferos, lo que determina la elevada dependencia energética nacional expuesta anteriormente. El siguiente consumidor es la industria, con un 31 % del consumo, a la que siguen el sector edificios, el residencial (19 %) y terciario (10 %).

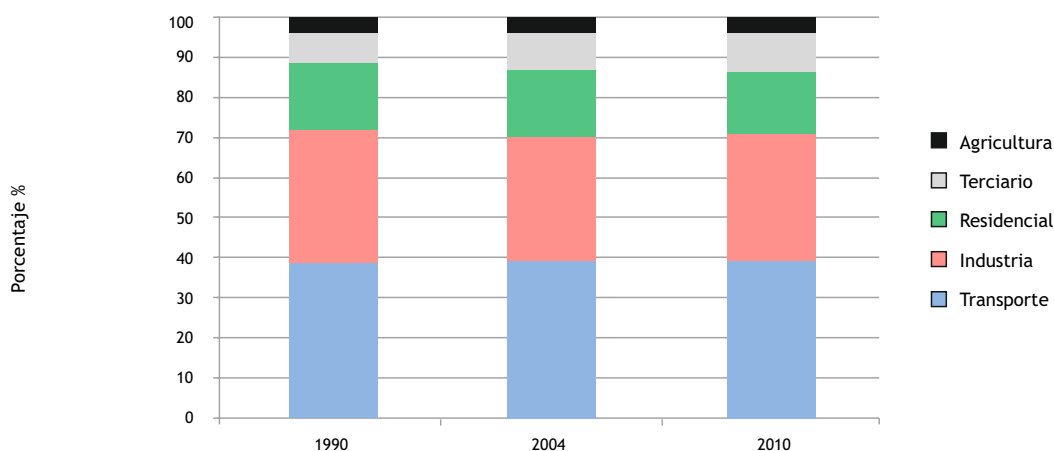


Figura 2.14 - Evolución de la estructura sectorial del consumo de energía final.

Fuente: MITyC / IDAE.

Un análisis detallado del consumo permite destacar la industria como el sector que mayor sensibilidad muestra al efecto de la crisis del 2008. En el año 2009, en un contexto generalizado de moderación del consumo energético, este sector es el que mayor contracción ha experimentado, disminuyendo su consumo en 2009 un 12,5%, muy por encima de lo observado en el resto de los sectores.

Sector	% de Consumo por fuentes y Sectores 2009					TOTAL (Ktep)	Incremento 2009 / 2008 (%)					
	Carbón	Petróleo	Gases	Renovables	Eléctrica		TOTAL	Carbón	Petróleo	Gases	Renovables	Eléctrica
Industria	5,5	15,2	40,2	6,0	33,0	26.468	-12,5	-30,5	-11,5	-14,5	-4,5	-9,3
Transporte		95,9		2,8	1,3	37.464	-4,7		-6,0		73,1	-0,8
Residencial	0,1	21,7	22,1	14,2	34,0	15.754	-4,2	2,7	-10,9	-6,1	2,0	-2,9
Terciario	0,04	76,1	7,3	1,4	69,6	9.150	-2,9	17,1	-7,8	-6,2	1,9	-2,9
Agricultura		-3,0	8,5	1,4	14,0	3.155	-8,2		-11,3	-6,1	19,3	-3,0
TOTAL (ktep)	1.427	49.032	14.639	4.828	20.980	90.906	-7,7	-31,04	-7,3	-13,2	10,04	-5,7

Tabla 2.15 - Consumo por fuentes y sectores en el primer año después de la última crisis mundial.

Fuente: MIEyT/IDAE.

En cuanto a las fuentes de energía renovable en el sector de edificación, la más importante es la energía solar térmica, que consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para la obtención de energía térmica a través del calentamiento de un fluido fundamentalmente para:

- Aplicaciones para agua caliente sanitaria (ACS), calefacción y piscinas.
- Sistemas de climatización solar (máquinas de absorción).

Las aplicaciones de ACS constituyen el uso más extendido de la energía solar térmica, y desde la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación (2006) su instalación es obligatoria en los edificios de nueva construcción o rehabilitaciones, por lo que son instalaciones cada vez más habituales que contribuyen, desde el año 2000, a un crecimiento constante del mercado solar térmico en España.

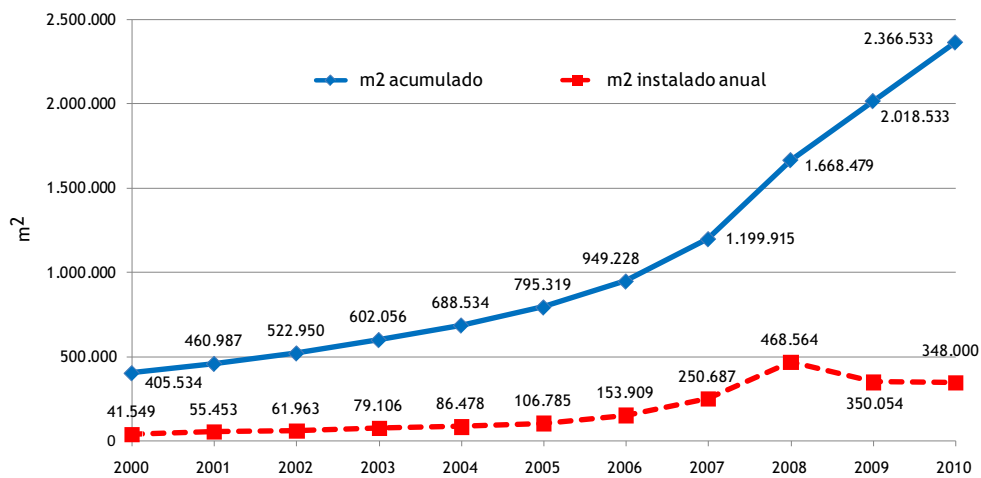


Figura 2.16 - Evolución de la energía solar térmica en España.
Fuente IDAE.

En el gráfico anterior se observa que en 2008 se instalaron 468.564 m² (328 MWt es decir 0,7 kW/m²). Esta superficie instalada se enmarca en un escenario de intensa actividad del sector de la edificación ya que corresponde a las obras iniciadas en 2005 y 2006.

En 2009 se instalaron 350.054 m² (245 MWt es decir 0,7 kW/m²) y en 2010 348.000 m² (244 MWt es decir 0,7 kW/m²), alcanzándose una capacidad total acumulada de 2,367 millones de m² (1.657 MWt es decir 0,7 kW/m²).

Otra de las energías renovables que está cobrando un papel importante como fuente energética para la edificación es la biomasa. La inclusión de las instalaciones de biomasa en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y su aparición como combustible que posibilita alcanzar la Calificación Energética “A” en edificio, ha beneficiado y beneficiará el consumo de este tipo de fuente de energía.

Energía final (ktep)	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Sólida	3.441	3.445	3.460	3.482	3.504	3.550
Biogás	36	35	35	34	33	33
Biolíquidos	0	0	0	0	0	0
Biomasa para Calefacción y Refrigeración	3.477	3.480	3.495	3.516	3.537	3.583

Tabla 2.17 - Distribución del consumo de biomasa en el consumo de los edificios.
Fuente: IDAE.

Mediante la descripción que se ha realizado, podemos ver la evolución energética de España y cuales han sido los mecanismos utilizados para tratar de solventar los problemas energéticos, pero no debemos olvidar que la principal diferencia entre la producción de energía y la de otros bienes es que la electricidad no puede ser almacenada en grandes cantidades.

Esta característica es fundamental en el funcionamiento del mercado eléctrico, ya que la oferta tiene que ser igual a la demanda, salvo que la instalación sea para autoconsumo, la cual se verá afectada por la normativa actual a asumir costes generales de instalaciones de suministro.

En la actualidad el sistema eléctrico se ha descentralizado y liberalizado en muchos países, de ese modo el coste ha pasado a ser un factor fundamental en la producción de energía, la regulación se ha convertido en un sistema muy complejo y los precios del mercado se rigen por la oferta y la demanda siguiendo un proceso de subasta.

La liberalización del sector y la aparición de competencia conduce a los productores a tener en cuenta no solamente el coste sino también a valorar los riesgos de inversiones, los plazos o la fiabilidad de tecnologías, y considerar igualmente los factores medioambientales, no sólo por legislación, sino por imagen de cara al consumidor.

Por todos estos motivos es fundamental conocer las ventajas e inconvenientes que presentan cada una de las diferentes tecnologías de producción de energía y de ese modo poder tomar decisiones sobre cuáles deben ser empleadas para un funcionamiento de base o de punta y cuáles y de qué tipo se deben construir o reconvertir.

2.3.2. Costes de Producción

El coste de producción de energía es un factor fundamental en el estudio de viabilidad de las instalaciones geotérmicas de baja entalpía y su conocimiento es crucial. Se suele

expresar en €/kWh y, como se ve en la ecuación adjunta, tiene tres componentes, que son el coste de amortización, el gasto de combustible y el coste de operación y mantenimiento.

$$C_{kWh} = \frac{C_a + C_{comb} + C_{o-m}}{W * h} \quad [2.22]$$

El coste de amortización es un coste fijo que depende del coste total de la instalación, del periodo de amortización y de la tasa de descuento anual o interés.

$$C_a = C_f * \beta \quad [2.23]$$

Donde β es el “factor de carga de capital”, y se define como:

$$\beta = \frac{i * (1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad [2.24]$$

Que, como se ve, depende del interés simple o tasa de descuento y del número de años de amortización. Si el interés fuera cero, β tomaría el valor de $1/N$ y el coste de amortización sería el capital total invertido dividido por el número de años de amortización.

El gasto anual de combustible depende de la cantidad de energía generada y por tanto es un coste variable:

$$C_{comb} = F * m_f * PCI * h \quad [2.25]$$

Los factores que le afectan son el precio del combustible (F) y el rendimiento medio de la instalación, además de la energía producida ($W * h$). Finalmente, el coste de operación y mantenimiento se compone de una parte fija (como pueden ser los costes administrativos, seguros o mantenimiento) y otra variable (derivada de la operación, el mantenimiento, reparaciones o revisiones, que dependen de la producción).

A la hora de valorar el coste de producción, es importante conocer o estimar el número de horas medio que la instalación va a estar funcionando. Se puede definir el factor de disponibilidad como el cociente entre el número de horas operativas y el total posible. La diferencia entre ambas sería el número de horas de paradas planeadas e imprevistas.

$$Disponibilidad = \frac{h}{h_{año}} = \frac{h}{8760} \quad [2.26]$$

2.3.3. Posicionamiento de la Geotermia frente a otras Fuentes de Energía

El potencial existente en el campo de la energía geotérmica de baja entalpía tiene un enorme alcance. Se trata de una energía renovable disponible, a priori, en cualquier emplazamiento en el que esté previsto construir un edificio. Las limitaciones de esta tecnología son principalmente de índole económica y están relacionadas con el coste de ejecución del sistema de intercambio geotérmico, la demanda energética del edificio y los precios de la energía.

La energía térmica que las bombas de calor transfieren entre el edificio y el terreno multiplica la energía eléctrica consumida por un factor entre 3 y 5. Técnicamente resulta posible mediante mejora tecnológica de elementos e integración de los componentes más avanzados disponibles en el mercado, incrementar este efecto multiplicador hasta un rango de 6 y 8, hasta el límite teórico próximo a 14.

Siguiendo la filosofía de la directiva europea de energías renovables, la diferencia entre el flujo de energía térmica útil generada por el sistema geotérmico y la energía primaria consumida se considera como energía térmica renovable a efectos de la consecución de los objetivos de la directiva.

Por todo ello, queda patente que el elevado potencial de ahorro energético y de generación de energía renovable de los sistemas geotérmicos. Se han empleado diferentes metodologías para obtener estimaciones sobre el impacto en el ahorro de energía primaria que podría derivarse de la utilización de esta tecnología. Aunque dichas metodologías no se han empleado de manera sistemática en España, ni en Europa, existen estimaciones de *U.S. Department of Energy – DOE* [2.24], que por similitud climática y condiciones de mercado, bien podrían permitir un dimensionamiento y contextualización del potencial nacional de la geotermia. Las referidas estimaciones consideran como punto de partida el ahorro anual que podría derivarse si en un momento se sustituyese equipamiento convencional típico por equipamiento geotérmico de tecnología actual en casos y aplicaciones dónde ello fuese técnica y económicamente razonable.

El U.S. DOE estima un potencial de ahorro de entre 65 y 80 Mtep anuales. Esto supone entre un 6,5 % a 8% del consumo de energía primaria en edificación, algo superior al contabilizado en E.E.U.U. en el año 2005.

La extrapolación del análisis de U.S. DOE a nuestro caso fija el límite teórico del ahorro energético alcanzable por implantación de la geotermia de baja entalpía en condiciones actuales en un rango de entre 1,4 y 1,7 Mtep.

Otro aspecto muy importante a considerar en el caso de la geotermia de baja entalpía, es la laminación de la carga de punta de suministro de la red eléctrica, en especial en los consumos ligados a la refrigeración. El US DOE estima esta reducción a partir del análisis del proyecto de 4.000 viviendas unifamiliares en Fort Polk (Luisiana) de entre 91 a 105 GW de potencia instalada. Ello supone una reducción de entre el 42% y el 48 % de la capacidad adicional que requeriría la red eléctrica de EEUU en el año 2030.

Sobre el escenario previsto por IDAE para el año 2012, una demanda energética del sector edificación de aproximadamente 23,6 Mtep y un consumo térmico (calefacción + agua caliente sanitaria + aire acondicionado) de 15,6 Mtep (66% del total), los impactos sobre el sistema energético nacional de una capacidad instalada de 1.000MWt implicarían un ahorro energético y una producción renovable térmica de aproximadamente 100Ktep y un ahorro de emisiones de unas 300Kt CO₂.

Cabe destacar que las aplicaciones potenciales de la energía geotérmica de baja entalpía, exceden del ámbito de la edificación. Existen importantes usos en industria y agricultura (desalación, invernaderos, cámaras de refrigeración, etc).

BIBLIOGRAFÍA

- [2.1] Guía técnica de diseño de instalaciones geotérmicas, Urchueguía, ATECYR. La presente guía ha sido redactada por la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), con el objetivo de promocionar la eficiencia en el uso final de la energía en los edificios. (2010). IDAE; pp 6-35.
- [2.2] Hepbasli. ; Energy and exergy analysis of geothermal district heating systems: an application. *Building and Environment* 2015 - Elsevier Ltd; 40 (10); pp 1309-1322.
- [2.3] Santiago Aroca y Fernando Varela: Estudio comparativo del suelo radiante con radiadores de aluminio a media y baja temperatura. Congreso climatización eficiente.
- [2.4] UNE-EN 14511-1:2014, Acondicionadores de aire, enfriadoras de líquido y bombas de calor con compresor accionado eléctricamente para la calefacción y la refrigeración de locales. Parte 1: Términos y definiciones.
- [2.5] UNE-EN ISO 7730:2006, Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005).
- [2.6] Lehmann, B., Dorer, V., Koschenz, M., Application range of thermally activated building systems tabs, *Energy and Buildings*, 39: 593-598, 2007.
- [2.7] Lu X. and, Tervola P. 2005. Transient heat conduction in the composite slab-analytical method, *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 38(1): 81-96.
- [2.8] Lun Zhang, Xiao-Hua Liu, Yi Jiang (2012). Simplified Calculation for cooling/Heating capacity, surface temperature Distribution of radiant floor,

Department of Building Science, Tsinghua University, Beijing 100084, PR China

Energy and Buildings 12/2012; 55: pp 397-404.

- [2.9] Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4).
- [2.10] Planes de Acción 2005-2007 (mecanismo de cooperación diseñado entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas).
- [2.11] Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Plan de Energías Renovables 2005-2010.
- [2.12] Aprobación del Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006 y modificación del Documento Básico de Ahorro de Energía (FOM/1635/2013).
- [2.13] Plan Acción 2008-2012 Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España.
- [2.14] Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011. Iniciativa del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través de la Secretaría de Estado de Energía.
- [2.15] Ministerio de Vivienda. Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009-2012.
- [2.16] Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Plan de Intensificación del Ahorro y la Eficiencia Energética.
- [2.17] Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible.
- [2.18] Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020.
- [2.19] Plan de Energías Renovables 2011-2020.
- [2.20] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RD 1027/2007) y su modificación RD 238/2013.
- [2.21] Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016.

- [2.22] Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.
- [2.23] García Lastra, A. Análisis de la legislación española y europea sobre la eficiencia energética en edificios. Estudio mediante simulación computacional y medidas reales. Tesis 2014.
- [2.24] Us.Department of Energy - DOE. Departamento de política energética y seguridad nuclear de EEUU.

3

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN EXPERIMENTAL

3.1. Introducción

En los capítulos anteriores hemos podido establecer el hilo conductor de esta Tesis Doctoral determinando cuales son sus objetivos, su justificación y el estado actual de la tecnología propuesta.

Una vez realizada la descripción general de este tipo de instalaciones, que permite comprender el funcionamiento de las mismas, es necesario abordar la descripción exhaustiva de la instalación experimental desarrollada, con el objetivo de comprender su diseño y funcionamiento así como el análisis de los datos obtenidos, los cuales servirán como mecanismo de validación del modelo de simulación desarrollado.

Para ello, analizaremos como se han desarrollado cada una de las partes constituyentes del proceso, que se agrupan fundamentalmente en: ensayo de respuesta térmica, construcción de la instalación experimental, sistema de climatización, suelo radiante, ventilación mecánica controlada y sistema de monitorización.

3.2. Test de respuesta térmica (TRT)

3.2.1. Características del Sondeo Piloto

El primero de los apartados corresponde al ensayo TRT (*Thermal Response Test*), que permitirá analizar las capacidades térmicas del terreno, y por lo tanto la capacidad térmica extractiva disponible.

La perforación se ha realizado a roto percusión con martillo de fondo con un equipo de perforación de la empresa EDASU, modelo Nemek 407 RT sobre orugas de goma y varillaje de perforación de 3m y compresor Atlas Copco XRVS 476 de 25bar de presión y 28 m³/min de caudal de aire. Se ha realizado un seguimiento continuo de los trabajos de perforación procediendo al levantamiento de la columna litológica atravesada y al registro de las incidencias. Se han tomado muestras de la formación atravesada cada 3 metros.



Imagen 3.1 - Perforación del sondeo piloto.

Profundidad (m)	Diámetro de perforación (mm)
0-5	180
5-102	140
Entubación	
0-5	Emboquille de \varnothing 180 mm. retirado al final de la construcción del sondeo
0-100	Tubería de PE100 SDR11 PN16 4 x \varnothing 32 mm para intercambio geotérmico
0-20	Tubería de PVC \varnothing 40 mm ciega para control piezométrico
20-100	Tubería de PVC \varnothing 40 mm ranurada para control piezométrico
Relleno anular	
0-15	Mortero de cemento en proporción 1:3
15-100	Arena silíceo calibrada 3-5 mm.

Tabla 3.2 - Características técnicas del sondeo geotérmico.

El avance no se ha reducido con la profundidad; al contrario, se incrementa la velocidad de perforación partir de los 70 metros de profundidad hasta de 0,8-1m/min. El avance medio del sondeo ha sido de 0,7m/min.

Los trabajos de perforación han requerido la inyección de agua/aire a partir de los 9 metros de profundidad. El primer aporte de agua se detecta aproximadamente a 40 metros de profundidad con un caudal inferior a 1.000 l/h. A unos 80 metros de profundidad se observa una pequeña ganancia finalizando la perforación con un caudal de unos 1.000 l/h.

La entubación se ha realizado sin dificultades reseñables; no se han producido caídas de material que dificulten el proceso. Las tuberías de PEAD y PVC han alcanzado los 100 metros de profundidad.

La recuperación del nivel piezométrico no llega a estabilizarse durante la maniobra de extracción del varillaje de perforación. Por lo tanto, se han cementado 15 metros superiores de sondeo con el fin de asegurar el sellado ambiental del sondeo y la correcta transmisión de calor. Las mediciones realizadas con sonda de nivel eléctrica durante el ensayo TRT sitúan el nivel estático a 5,5 metros de profundidad. En el resto de los sondeos que se construyan sería necesario cementar entre 8 y 10 metros. Los ramales de la tubería de intercambio geotérmico se obturan con tapones plásticos de color naranja; permiten la detección fácil y preservan el sondeo para su incorporación al circuito de intercambio geotérmico del edificio.

3.2.2. *Ensayo de Caracterización Térmica*

El equipo utilizado es un equipo de ensayo de 6.000W de potencia eléctrica nominal. Consta de dos resistencias eléctricas calentadoras de 3.000W cada una y una bomba circuladora de 1.000W de potencia. El accionamiento mediante un variador de frecuencia y dos reguladores de potencia permite ajustar el caudal de ensayo entre 0 y 2,5m³/h. y la carga térmica disipada entre 0 y 6.500W. El equipo registra de manera continua las temperaturas de entrada y salida del circuito, el caudal circulante, la intensidad de corriente absorbida y la presión del sistema, así como la temperatura ambiente. El equipo va alimentado a 3 x 400V; cuenta con una bomba auxiliar de cebado y un depósito de 200 litros para los trabajos de llenado, circulación y purga del circuito que se realizan de forma previa al ensayo.

3.2.3. Desarrollo de los Trabajos

Los trabajos se inician el 1 de febrero de 2011. En primer lugar se realiza una diagrafa de temperatura en el sondeo, obteniendo el perfil de temperatura del terreno en condiciones estáticas, no influenciadas. De este modo se determina la temperatura base del terreno con mayor precisión que la obtenida con las mediciones en el exterior con el circuito en funcionamiento. El registro termométrico se realizó descendiendo la sonda por el piezómetro de PVC \varnothing 40mm instalado junto con la sonda de intercambio geotérmico.

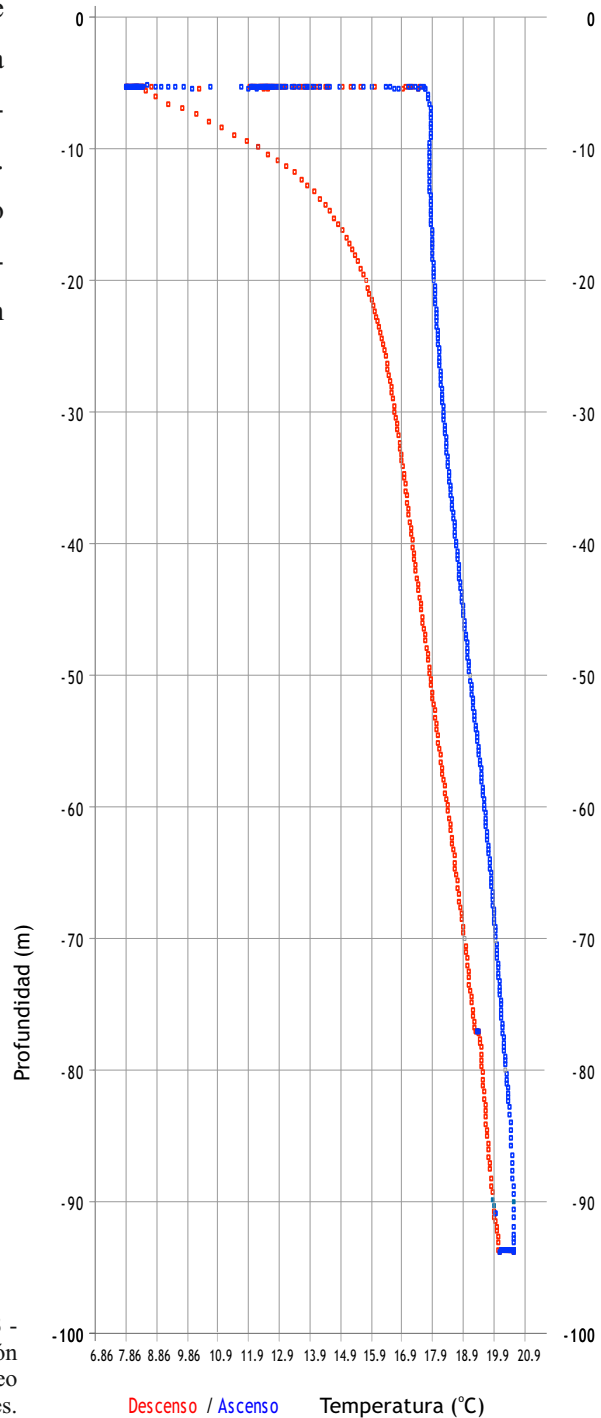


Figura 3.3 -
Datos de evolución
de la temperatura interior del sondeo
a diferentes profundidades.

En la *Figura 3.3* se muestra el registro obtenido en la diagrafía realizada antes del ensayo TRT. Se han plasmado las temperaturas durante las maniobras de descenso (en rojo) y ascenso (en azul) de la sonda, tras un período de parada a 93,5m de 5 minutos. Se observa una diferencia importante entre los dos registros. El registro de bajada se halla afectado, debido a la inercia térmica de la sonda de registro automático, por el efecto de la temperatura ambiente exterior.

La zona superficial, afectada por la temperatura ambiente, se extiende hasta los 20m de profundidad. A continuación desde los 20m hasta el fondo del sondeo se observa un incremento gradual de la temperatura hasta los 20,5°C, reflejo del flujo geotérmico.

La temperatura base del terreno obtenida a partir de esta diagrafía es 19°C, correspondiente a la temperatura media registrada durante la recuperación del sensor entre los metros 0 y 93,5.

El ensayo comenzó el día 1 de febrero a las 13:10 h. La prueba TRT concluyó el día 4 a las 11:05 horas. La duración total de la prueba fué de 67,6 h.



Imagen 3.4 - Equipo TRT funcionando durante el ensayo.

Durante la prueba se instalaron en el interior del sondeo, aparte de los sensores que el propio equipo lleva incorporados en impulsión y retorno, sendos sensores de temperatura de registro automático (cada 5 minutos), a 1m de profundidad dentro de las tuberías de

polietileno. De esta forma se garantiza la redundancia de las mediciones y se obtiene una medición menos influenciada por las condiciones atmosféricas.

La *Figura 3.5* muestra el registro con la evolución del ensayo. El registro de temperaturas obtenido en los sensores del propio equipo, así como en los instalados en el sondeo, revelan cierta influencia de la oscilación térmica exterior. La temperatura ambiente durante la prueba ha variado entre 16°C. y -2°C. Los datos utilizados para los cálculos son los medidos en el propio sondeo, ya que la distorsión en las curvas provocado por las condiciones ambientales externas es algo inferior.

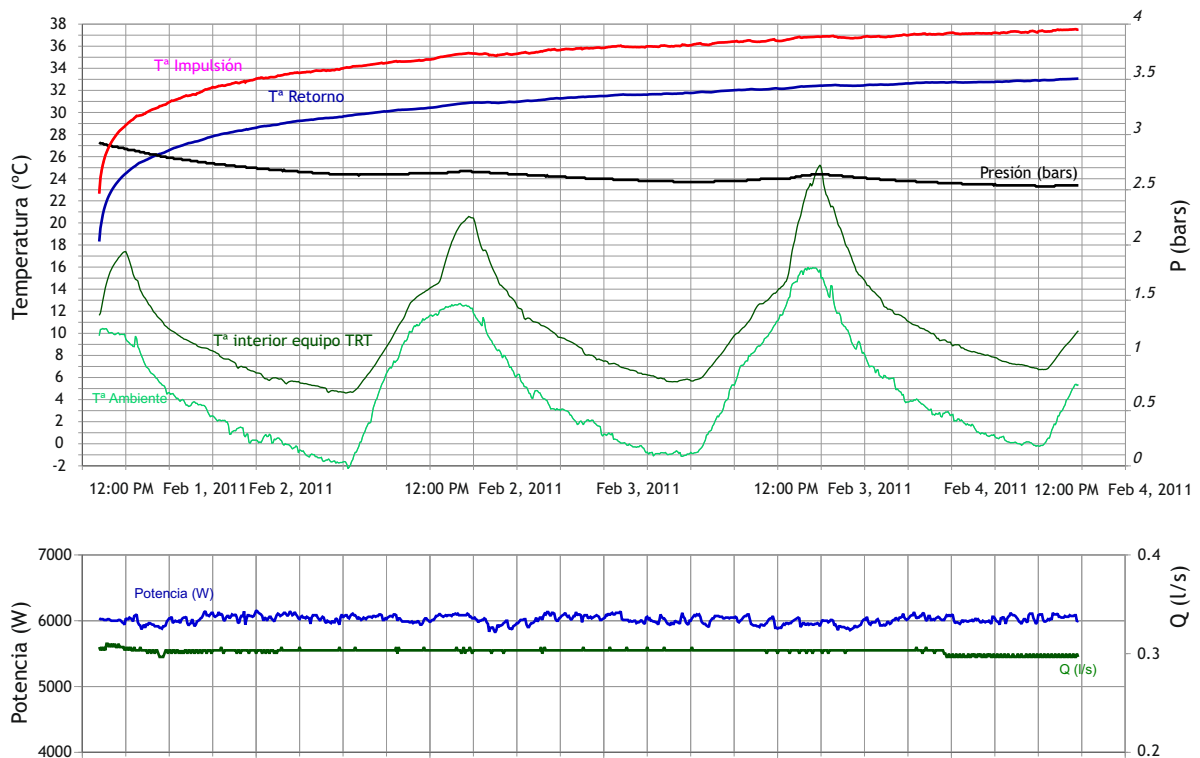


Figura 3.5 - Datos de medición del equipo TRT durante el ensayo.

3.2.4. Resultados

El cálculo mediante el modelo de foco lineal desarrollado en el *Capítulo 2*, se muestra en el gráfico de la *Figura 3.5*. En ella se han plasmado las temperaturas medias entre la impulsión y el retorno medidas tanto en el equipo de pruebas como en el propio sondeo. Se puede observar que las líneas de tendencia que cada una de las curvas dibujadas son

prácticamente paralelas, y por tanto, de pendiente similar. El valor de pendiente tomado con representativo de este sistema ha sido 2,42. Esto se traduce en una conductividad térmica de 1,8 W/mK.

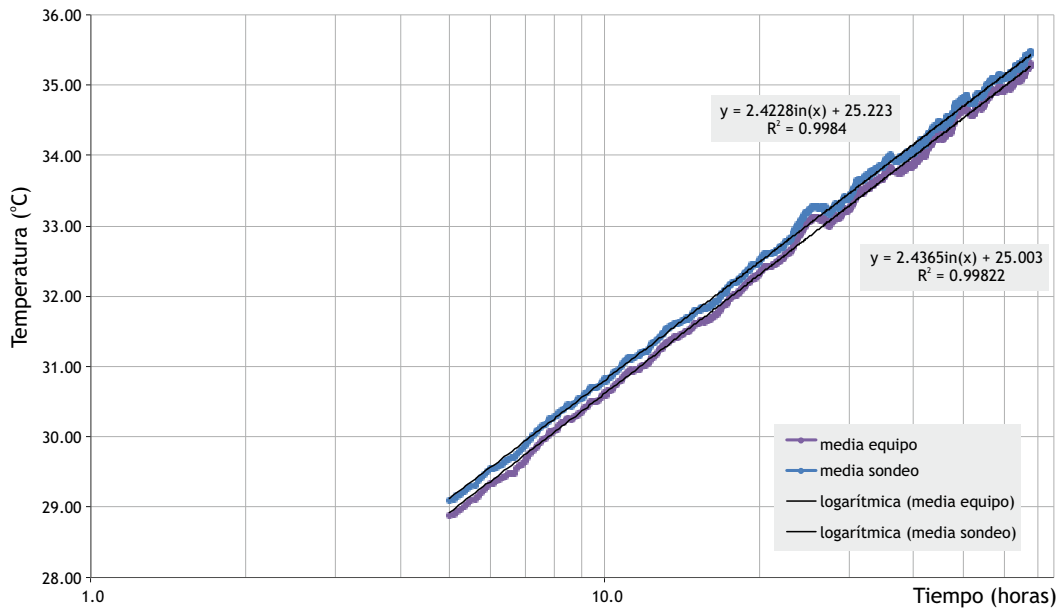


Figura 3.6 - Datos T^a . media / Log Tiempo.

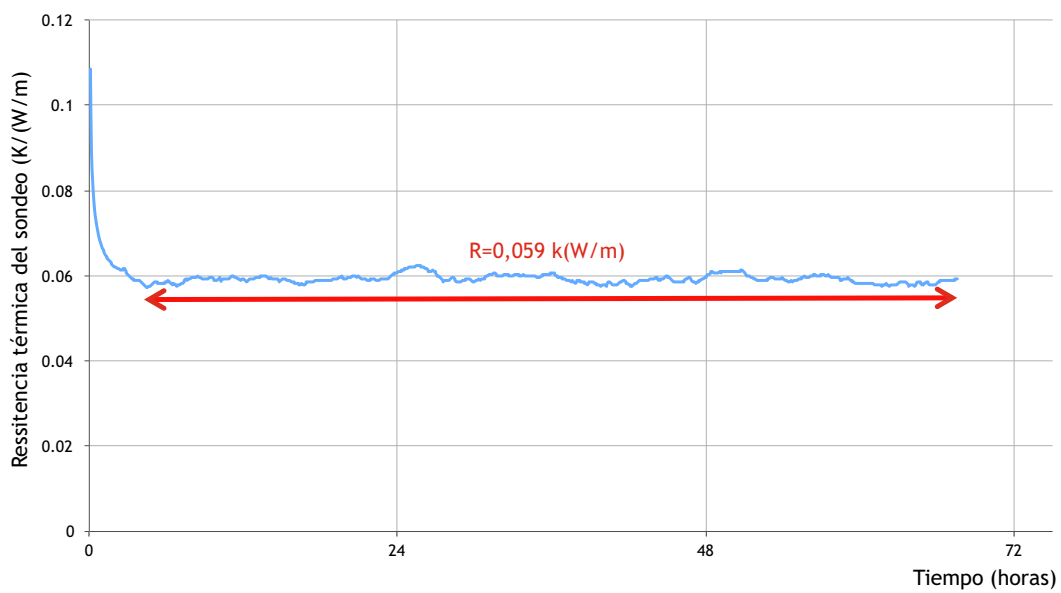


Figura 3.7 - Gráfica Resistividad / Tiempo.

La *Figura 3.6* muestra la evolución de la resistividad térmica durante el TRT. En ella se observa la diferencia entre las primeras horas de ensayo y los valores posteriores. El valor representativo para esta prueba se ha calculado eliminando las primeras 4 horas de prueba, cuando el valor se estabiliza en el tiempo, dando un valor medio de 0,059 K/(W/m).

En la *Tabla 3.8* se resumen los valores de los parámetros principales obtenidos a partir de la prueba efectuada.

PARÁMETROS DEL ENSAYO	
Profundidad sondeo (m)	125
Densidad terreno (kg/m ³)	2.300
Radio sondeo (rb) (m)	0,070
Cte. Euler	0.58
q (W/m)	55,51
Pendiente	2,42
Potencia ensayo (W)	5.551
Caudal ensayo (m ³ /h)	1,1
Calor específico (J/kgK)	889
Capacidad volumétrica MJ/m ³ K	2,4
PARÁMETROS TÉRMICOS CALCULADOS	
Conductividad térmica (W/m K)	1,8
Difusividad térmica (m ² /d)	0,065
Resistividad térmica del sondeo (K/(W/m))	0,059
Temperatura base del terreno (°C)	19,0

Tabla 3.8 - Resumen de datos obtenidos del ensayo TRT.

3.2.5. Conclusiones

La perforación del sondeo piloto ha permitido comprobar las buenas condiciones mecánicas e hidrogeológicas para la construcción de un intercambiador geotérmico en circuito cerrado en el emplazamiento estudiado. El diámetro de perforación ha sido de 140 mm y el sondeo se ha completado sin observar caídas ni inestabilidades de la formación.

Se han revestido 5m de perforación hasta atravesar el material aluvial. Otras perforaciones en el emplazamiento precisarán profundidades de emboquille similares o algo menores. El sellado sanitario del sondeo se realiza mediante la cementación de los 15 m superiores del sondeo. El nivel estático a los 5 días de la finalización del sondeo se halla a 5,5m de profundidad. Por lo tanto, las perforaciones del futuro intercambiador deberán extender el sellado al menos a los 10m superiores.

El ensayo de respuesta térmica (TRT) realizado, de 67,6 h de duración, proporciona los siguientes resultados:

- i. Conductividad térmica del terreno: 1,8 W/mK.
- ii. Difusividad térmica del terreno: 0,065 m²/d.
- iii. Resistividad térmica del sondeo: 0,059 K/(W/m).
- iv. Temperatura base del terreno: 19,0°C.

Con los datos de demanda del edificio objeto de estudio, establecidos en el Certificado de Calificación Energética “A”, y la potencia disponible en modo calefacción de nuestra bomba de calor geotérmica, el cálculo de nuestro evaporador, conocido como pozo geotérmico, determina que con esos resultados térmicos del terreno, sería necesario la realización de una perforación de 125 metros en las condiciones establecidas, es por ello que en principio apoyándonos en esos datos anteriores, podemos concluir que la fuente energética primaria disponible, sería capaz de satisfacer las necesidades establecidas en las premisas iniciales.

A continuación, se procede a desarrollar como se ha elaborado el sistema experimental, desde el apartado envolvente, instalaciones y control del sistema.

3.3. Descripción de la Instalación Experimental

3.3.1. Introducción

La instalación objeto de estudio, se encuentra situada en la localidad de Becerril de la Sierra (Madrid), con Latitud +40,7° y Longitud -3.99°, y a una altura de 1.075msnm. Consta de una superficie construida de 209m², distribuidos en una sola planta y con usos de oficina, despacho, sala de reuniones, recepción, archivo, sala de descanso y aseos.

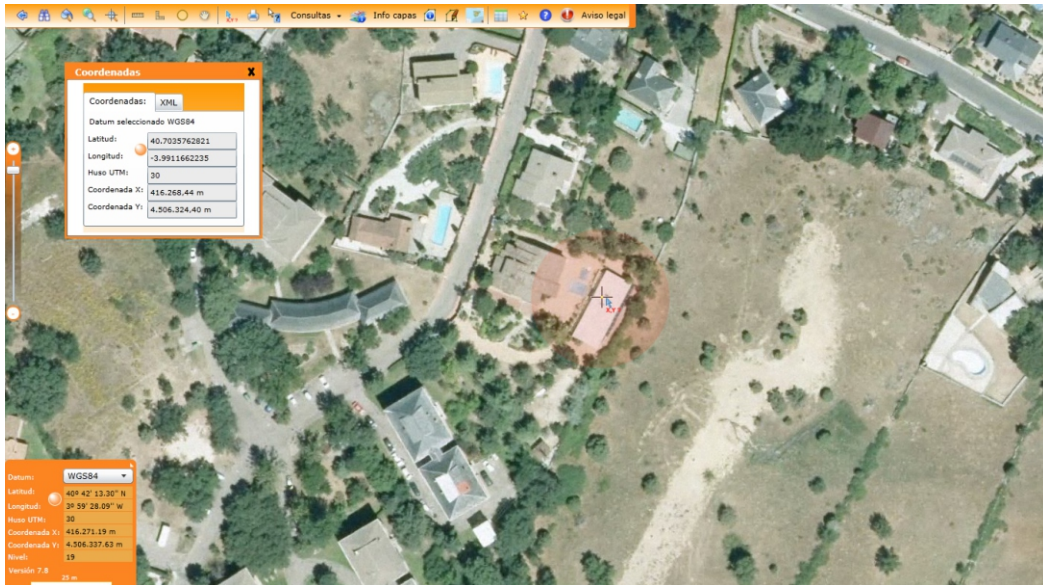


Imagen 3.9 - Imagen aérea de situación instalación experimental.
Fuente: SIGPAC.

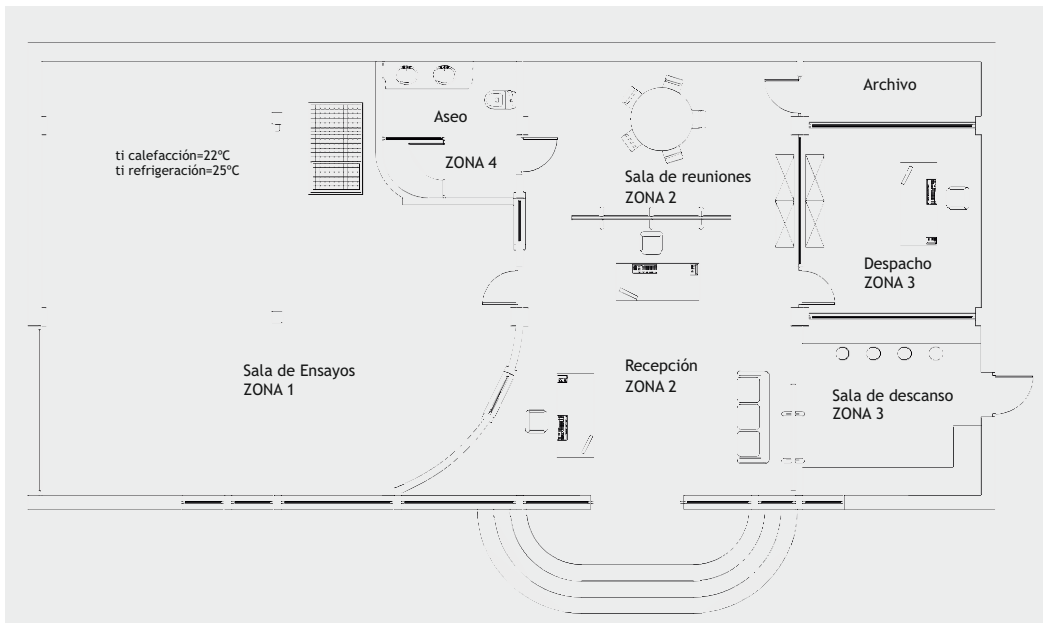


Imagen 3.10 - Plano de distribución de la instalación.



Imagen 3.11 - Imagen interior de estancias de la instalación.



Imagen 3.12 - Imagen exterior de la instalación.

La caracterización energética del edificio, viene determinada por el grado de eficiencia energética establecido en el certificado energético de la misma, el cual según se puede observar alcanzó una clase “A”, lo cual representa la importancia en el diseño inicial de la instalación y el objetivo de minimizar las pérdidas desde esta fase. (Anexo II).

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<16,9 A	11,0 A			42,9 D		
16,9-25,9 B						
25,9-38,7 C						
38,7-57,9 D						
>57,9 E						
	Clase	KWh/m ²	KWh/año	Clase	KWh/m ²	KWh/año
Demanda calefacción	B	65,6	13746,0	D	118,2	24767,9
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	KgCO ₂ /m ²	KgCO ₂ /año	Clase	KgCO ₂ /m ²	KgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	A	10,9	2284,0	D	37,8	7920,7
Emisiones CO ₂ refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO ₂ ACS	A	0,0	0,0	D	5,1	1068,7
Emisiones CO ₂ totales			2305,0			8989,4

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por m ²	anual	por m ²	anual
Consumo energía final (KWh)	17,1	3579,7	181,8	38089,4
Consumo energía primaria (KWh)	44,5	9318,0	192,3	40285,8
Emisiones CO ₂ (KgCO ₂)	11,0	2305,0	42,9	8989,4

Tabla 3.13 - Certificado de Calificación Energética.

3.3.2. *Intercambiador Geotérmico Vertical*

En el apartado del intercambiador geotérmico se realizó una perforación de 125 metros con doble tubo, con un doble objetivo: Permitir la ampliación de la instalación en un futuro si surgieran necesidades adicionales, tales como piscina climatizada y disponer de un tubo de reserva en caso de cualquier incidencia. La repercusión en el coste era mínima y los posibles beneficios superaban con creces esta inversión.

Para este intercambiador geotérmico, el material seleccionado para la sonda geotérmica fue polietileno PE100, con un diámetro de 40mm y espesor de 4mm, conductividad térmica 0.45Kcal/m°C. Se ubicaron distanciadores pead negro de dimensiones 20*122*122 mm, para evitar vibraciones y deformaciones de la sonda y se procedió a relleno del sistema con material aislante para dejarlo completamente estanco. Adicionalmente la sonda geotérmica consta de tres sensores de temperatura de fluido, colocados a 25, 50 y 90 metros de profundidad.

Una vez detallado el sistema que proporciona la energía primaria, es importante establecer el esquema hidráulico de la instalación global, el cual nos permitirá entender los flujos térmicos entre las diferentes zonas, así como los sistemas de transmisión óptima.

3.3.3. *Sistema Hidráulico Instalación*

En la *Figura 4.5* podemos ver el esquema hidráulico de la instalación, que está compuesto por los siguientes circuitos:

- a) Circuito primario (*Condensation Loop*): Define el flujo hidráulico entre el intercambiador geotérmico en el subsuelo y el intercambiador primario de la bomba de calor geotérmica. Está compuesto por el intercambiador enterrado y su bomba de recirculación.
- b) Circuito Secundario (*Supply / Demand Side*): Este circuito, una vez realizado el intercambio térmico entre el intercambiador enterrado y la bomba geotérmica, permite transmitir esa energía al intercambiador del circuito de *supply/demand*, que mediante sus bombas correspondientes envía fluido a todo el suelo radiante para cada una de las estancias a climatizar.

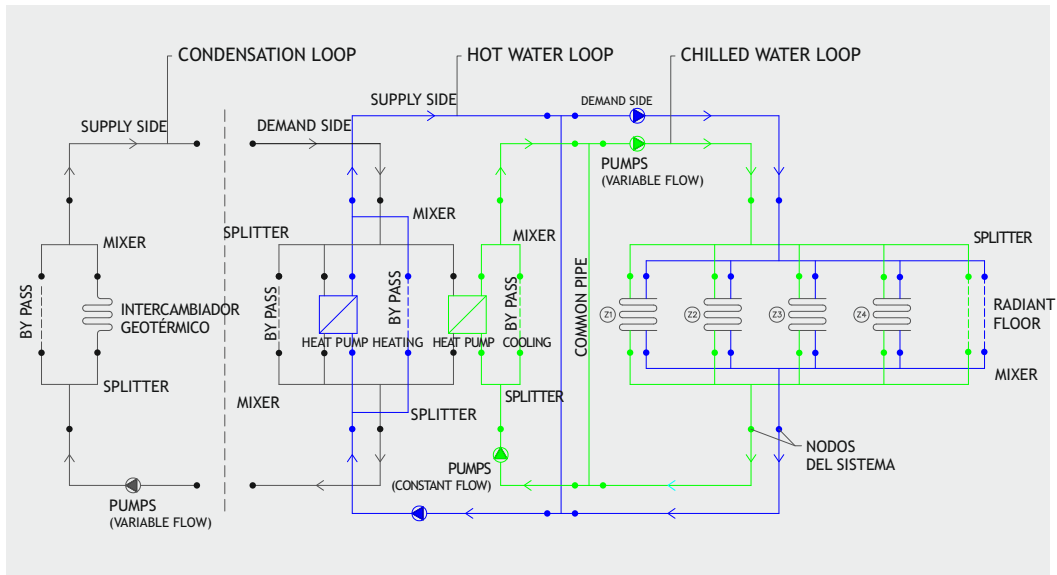


Figura 3.14 - Esquema hidráulico instalación.

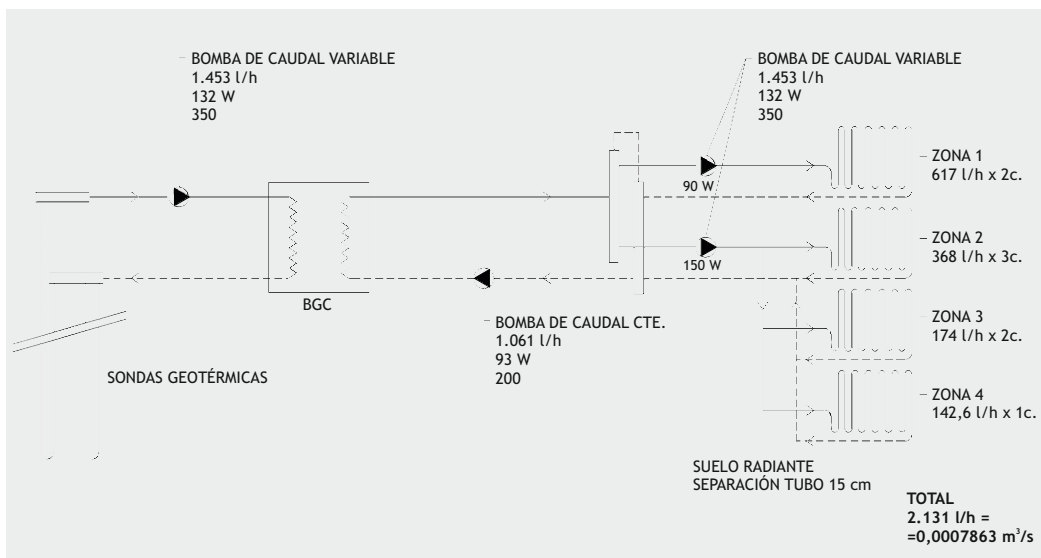


Figura 3.15 - Esquema circuitos hidráulicos de la instalación.

3.3.4. Bomba de Calor Geotérmica

La bomba seleccionada, es una bomba, *MAGNAGEO SD06M*, con doble intercambiador de placa, de 6 kW de potencia, y cuyas características figuran en el *Anexo III*.

Para facilitar la instalación y evitar el uso de una cantidad excesiva de fluido frigorígeno, la bomba geotérmica *MAGNA GEO* está equipada con dos intercambiadores de placas que permiten aislar totalmente la parte frigorífica del resto de la instalación. Por lo tanto, el instalador no interviene en el circuito frigorífico, de modo que se evitan las manipulaciones delicadas.

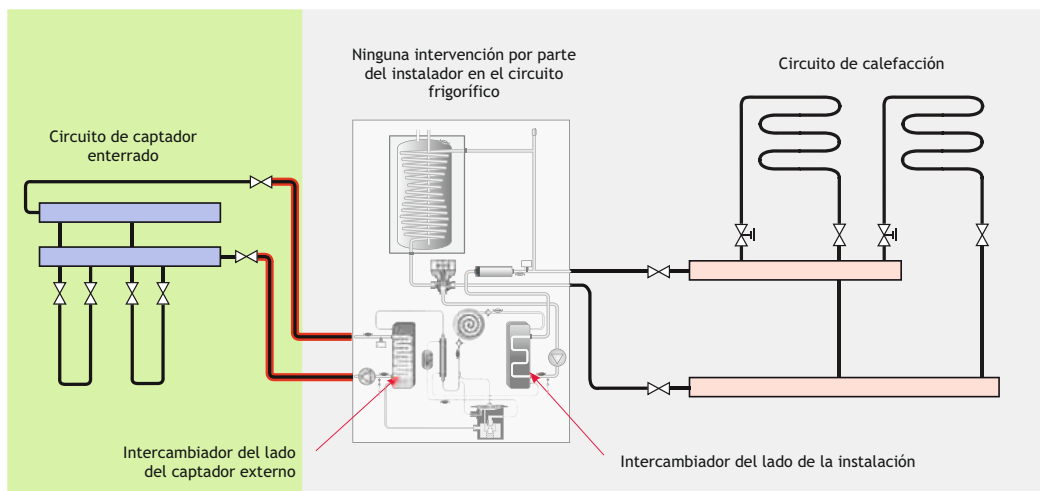


Figura 3.16 - Esquema hidráulico bomba de calor.

El máximo rendimiento de una bomba de calor geotérmica se obtiene en combinación con un sistema de climatización por suelo radiante. Una de las razones es que la diferencia de la temperatura del agua entre el circuito primario (terreno / bomba de calor) y el circuito secundario (bomba de calor / suelo radiante) es mínima.

En invierno, el salto térmico del agua es de sólo 20°C si consideramos que el agua en el circuito primario trabajará con una temperatura media de 15°C y el circuito secundario o terciario a 35°C. (suelo radiante). En cambio en verano, en modo de refrigeración, el salto térmico es de 2°C considerando que la temperatura del circuito primario se mantiene también en aproximadamente 15°C y el circuito secundario a 17°C.

Tanto en invierno como en verano, los valores se mantienen prácticamente constantes si consideramos que tanto el circuito primario como el circuito secundario trabajan de forma estable aprovechando la “inercia térmica”, a pesar de que la temperatura del aire exterior varíe según las condiciones climatológicas de forma extrema durante el día o la noche. En verano, la bomba de calor geotérmica trabajará en dos fases:

Frío Pasivo: A inicios y finales del periodo de verano, cuando la demanda de refrigeración en el edificio es baja, el circuito frigorífico de la máquina no se pondrá en funcionamiento. En estos periodos será suficiente la transferencia de calor a través de un intercambiador entre el circuito secundario (bomba de calor geotérmica a colector de suelo radiante) y el circuito primario del sistema (bomba de calor geotérmica a terreno).

Frío Activo: Durante el verano, cuando la demanda de refrigeración del edificio es alta, la bomba de calor geotérmica trabaja de forma normal, con el circuito frigorífico en marcha para generar agua fría a 15°C para el sistema de suelo radiante.

Los parámetros principales de este tipo de equipos, corresponden al coeficiente de rendimiento (COP/EER), que es la relación entre la energía útil (calor suministrado por la BCG) y la energía consumida. La Bomba selecciona con una potencia de 6,0 kW. y un COP de 4.2 es la seleccionada para satisfacer la demanda del edificio

El COP de una bomba de calor aumenta a medida que la temperatura de agua hacia el evaporador aumenta y cuando la temperatura de salida de agua hacia el condensador disminuye. En el siguiente aparatado, abordaremos la descripción del suelo radiante.

3.3.5. Suelo Radiante

La climatización por suelo radiante consiste básicamente en la emisión térmica por parte del agua que circula por tubos embebidos en la losa de hormigón que constituye el suelo. De esta forma conseguimos una gran superficie como elemento emisor.

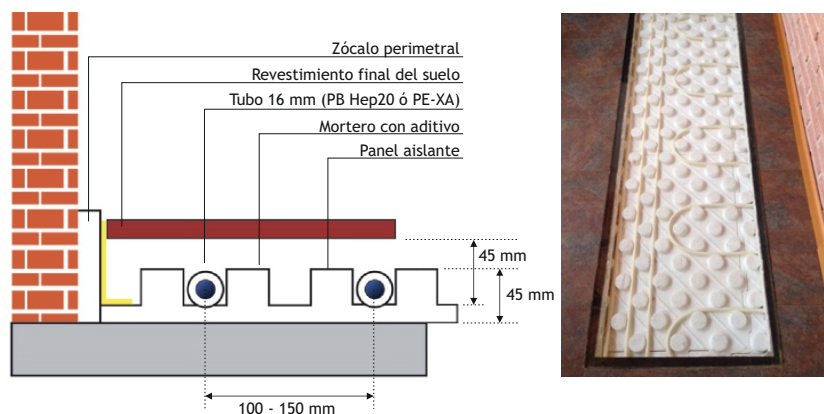


Figura 3.17 - Detalle constructivo e imagen suelo radiante.

En los meses fríos, a una temperatura en torno a los 35- 40°C, el agua recorre los tubos que cubren el suelo y aporta el calor necesario para calefactar la vivienda. En esta instalación experimental, se ha desarrollado la posibilidad de climatizar el área tanto en verano como invierno a través del suelo radiante.

De este modo en los meses cálidos haremos circular agua en torno a 15°C por la instalación, que absorberá el exceso de calor del local y proporcionará una agradable sensación de frescor. Su aplicación es óptima en locales de altura importante ya que proporciona climatización en el volumen ocupado por el cuerpo humano, consiguiendo importantes ahorros.

La utilización del suelo radiante como emisor térmico, permite una distribución uniforme de temperaturas con lo que se eliminan las zonas excesivamente frías o calientes y se genera una emisión o absorción de calor muy uniforme en todo el local, se eliminan las desagradables corrientes de aire por convección (radiadores) o por sistemas de aire (aire acondicionado, conductos). Se dispone de un ambiente muy saludable al eliminarse las corrientes de aire que remueven el polvo y causan problemas entre las personas alérgicas y asmáticas. Además, la superficie del suelo pasa a ser el elemento emisor, con lo que se evitan los problemas que suelen originar otro tipo de elementos emisores en lo que a decoración se refiere y es la instalación ideal en locales con techos elevados, puesto que se mantienen las condiciones de confort en la zona de ocupación. Es una instalación silenciosa, al no existir aparatos mecánicos dentro de la zona habitable de la vivienda y en caso de fallo del sistema (por ejemplo por corte de suministro de energía eléctrica), gracias a su inercia térmica, la vivienda puede permanecer caliente o fría durante un prolongado período de tiempo en función de las características de la misma.

Desde el punto de vista energético, existen ahorros importantes ya que se puede trabajar con temperaturas inferiores de aire en calefacción y superiores en refrigeración con un grado de confort equivalente. Esto permite reducir también el efecto de “shock térmico” cuando las personas entran o salen de la casa. Se requiere agua para calefacción a baja temperatura (35-45°C.) y a alta temperatura para refrigeración (15-17°C.). Durante las horas de mínimas y máximas temperaturas exteriores en invierno y verano, respectivamente, en condiciones normales de funcionamiento, la máxima potencia del sistema es muy inferior a la requerida por sistemas sólo aire, ya que en estos momentos la casa siempre se encontrará pre-calentada o pre-enfriada con anterioridad.

Otro elemento importante de un sistema de suelo radiante es el colector. La distribución del agua (caliente o fría) se efectúa mediante los colectores de ida y retorno a los que se conectan los circuitos de climatización. Aquí se realiza el equilibrado hidráulico de los circuitos y el control automático de circulación del agua por medio de los actuadores electrotérmicos y las válvulas.

3.3.6. *Sistema de Agua Caliente Sanitaria (ACS)*

Para el suministro del ACS de la instalación, disponemos de un control automático mediante válvulas de tres vías, que prioriza las necesidades de agua caliente, mediante un depósito de inercia, con intercambiador de placas interior.

El sistema, mediante sonda de temperatura, detecta si el sistema geotérmico debe enviar agua al sistema de climatización o al depósito de inercia de 50 litros de capacidad para satisfacer la demanda fundamentalmente de los lavabos.

Una vez alcanzada la temperatura necesaria, en nuestro caso de 45°C, la válvula cierra y el sistema vuelve a modo climatización.

En verano, aprovechamos el calor residual de la instalación, para alimentar dicho intercambiador de placas colocado en el interior del tanque acumulador.

3.3.7. *Ventilación Mecánica Controlada (VMC)*

La VMC de doble flujo instalada, es un sistema de ventilación que asegura la calidad del aire a través de la extracción del aire viciado en las estancias húmedas y que simultáneamente asegura la insuflación de aire nuevo filtrado en las estancias secas.

En invierno, el aire nuevo recupera las calorías del aire viciado que extraemos de la vivienda, gracias a la presencia de un intercambiador térmico, ayudando a mantenerla temperatura.

En verano, el aire nuevo que entra en la vivienda se enfría gracias al aire viciado que extraemos de la misma, gracias a la presencia de un intercambiador térmico, evitando el recalentamiento.



Imagen 3.18 - Imagen distribución sistema de ventilación mecánica controlada en periodo invierno.



Imagen 3.19 - Imagen distribución sistema de ventilación mecánica controlada en periodo verano.

El aire exterior contiene numerosas partículas nocivas para la salud. Más del 90% de las partículas que contiene este tienen unas dimensiones $< 1\mu\text{m}$, partículas finas emitidas por los vehículos y sistemas de calefacción por combustión, virus y bacterias. La VMC doble flujo filtra el aire nuevo introducido en la vivienda con el fin de preservar la salud de los ocupantes.

Tal y como se ha visto en los párrafos anteriores, el ahorro energético es una de las mejoras del porqué ventilar una vivienda. El simple hecho de controlar el caudal de aire extraído nos permite realizar ahorros en el consumo de calefacción y/o climatización.

Una de las mejoras introducidas en esta instalación, ha sido el precalentamiento del aire de entrada: una toma de aspiración en el exterior de la instalación enterrada en el suelo, para que el aire que alimenta el sistema se precaliente a través del intercambio térmico con el terreno y minimizar las pérdidas térmicas.

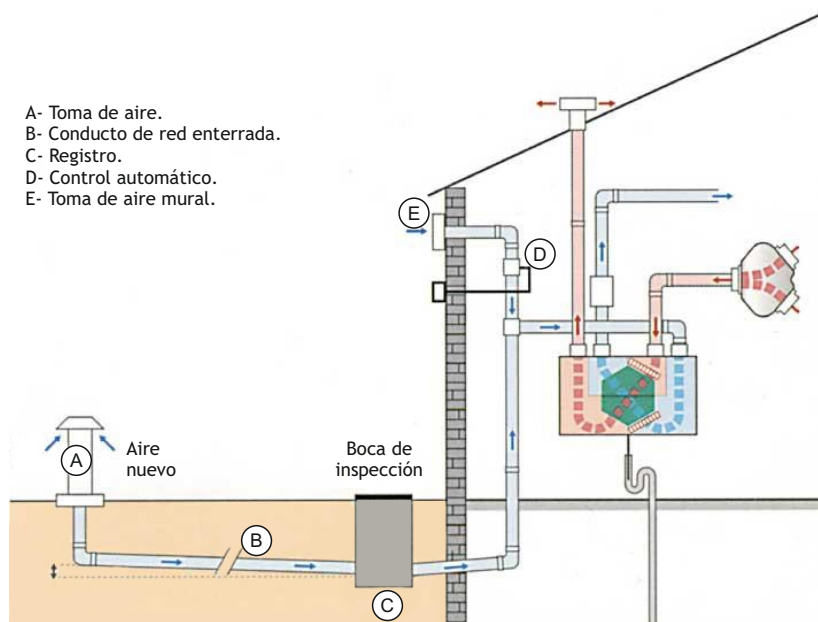


Figura 3.20 - Sistema de precalentamiento de aire exterior a intercambiador sistema de ventilación mecánica controlada.

3.3.8. Sistema de Monitorización Instalación

Para poder monitorizar la instalación, y disponer de los elementos medibles necesarios para validar nuestro modelo, se han colocado en la misma 55 sensores que registran diferentes variables agrupadas en las siguientes áreas:

- Temperatura y humedad del aire tanto interior como exterior, con estratificación en altura y orientación.
- Temperatura de impulsión y retorno de fluido en el intercambiador geotérmico.
- Temperatura y humedad del aire en retorno e impulsión de la ventilación mecánica controlada.
- Temperatura del agua en el circuito de impulsión y retorno del elemento difusor.

4

ENTORNO DE SIMULACIÓN TÉRMICA Y ECONÓMICA EN *ENERGYPLUS*

4.1. Introducción

En este capítulo se abordará la descripción del sistema de simulación elegido para el desarrollo de esta Tesis Doctoral.

El motor de cálculo elegido es *EnergyPlus*. Sobre esta plataforma se desarrollarán todos los procesos de simulación, contemplando la influencia de todos y cada uno de los factores que afectan a la eficiencia energética del edificio objeto.

La eficiencia energética de los edificios se puede definir como la reducción del consumo de energía, manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir el confort y la calidad de vida, protegiendo el medio ambiente y asegurando el abastecimiento y el consumo sostenible.

Según estudios realizados por el IDAE, el consumo energético de los edificios y viviendas supone más del 25% del consumo total de energía en España, por ello la administración pública y sobre todo los propios usuarios deben adquirir conciencia para evitar el uso indiscriminado de esta y así lograr un consumo responsable que se trasladará en un ahorro energético y una protección del medioambiente.

Tres han sido las grandes *fases* para el desarrollo del proceso de simulación:

La *primera fase* consiste en la parametrización global del sistema de simulación acorde a la instalación experimental. Se programa el simulador de forma que el sistema se puede alimentar con el conjunto de variables principales en cualquier tipo de instalación de estas características, permitiendo con la introducción de estos valores el desarrollo del análisis térmico y económico de la instalación objeto. Para ello, se parametriza la envolvente del

edificio con las características relativas a dimensiones, calidad de materiales, equipos utilizados, sistemas de control, etc.

Una vez parametrizado el sistema, se inicia la *segunda fase*, que comprende la validación del modelo desarrollado mediante la comparativa entre los resultados obtenidos dentro del proceso de simulación y los valores reales de la instalación experimental. Se selecciona la temperatura de confort y humedad relativa alcanzada, como variable representativa en este proceso de validación.

La *tercera fase* comprende la simulación de la instalación a través del modelo validado, pero cambiando la fuente energética por otros sistemas propuestos, pudiendo mediante este hecho realizar comparativas entre diferentes sistemas y así poder determinar la viabilidad de este tipo de sistemas desde un punto de vista global.

Se podrá determinar si la instalación se comporta de manera eficiente y cual es su posicionamiento frente al resto de energías, manteniendo en todo momento el mismo grado de confort.

4.2. Entorno de Simulación *EnergyPlus*

4.2.1. Introducción

Dentro de la situación actual, la optimización de costes energéticos es un factor de extrema importancia en la rentabilidad de cualquier tipo de instalación y es por ello que han surgido nuevos sistemas de baja necesidad energética para satisfacer las necesidades de climatización de los edificios. Uno de ellos, es el que se desarrolla en esta Tesis Doctoral y hace referencia a la simulación de un sistema geotérmico de baja entalpía.

4.2.2. Objetivo

El modelo de simulación *EnergyPlus*, es un nuevo programa de simulación desarrollado por la *US Department of Energy* [2.24]. La implementación de estos modelos en *EnergyPlus*, permitirá la evaluación del sistema geotérmico dentro de la simulación completa del edificio.

El sistema de energía geotérmica se implementará en *EnergyPlus* mediante dos componentes diferenciados: El modelo de la bomba de calor, desarrollado por Jin y Spitler (2002, [4.1]) y el modelo del intercambiador geotérmico, desarrollado por Yavuzturk y Spitler (1999, [4.2]). Todo ello soportado por el desarrollo del manual de simulación realizado por (Drury B. Crawley, Linda K. Lawrie, Curtis O. Pedersen, Ph.D. Frederick C. Winkelmann, Ph.D, 2000 [4.3])

4.2.3. Entorno *EnergyPlus*

EnergyPlus es un programa de simulación energética de edificios, creado mediante la fusión de DOE2 (LBNL, 1980) y BLAST (BSO 1991) [4.4]. El sistema utiliza una técnica de solución integral (cargas simultáneas y sistemas), que permite resolver las deficiencias de BLAST and DOE -2, Crawley et al. (1997, [4.5]).

Las simulaciones secuenciales en la zona y los modelos del sistema, conducen a una imprecisión elevada en la predicción de la temperatura en la zona, debido a la falta de retroalimentación del modulo HVAC para los cálculos de carga del área de simulación.

Ser capaces de predecir la temperatura del área, es crucial para el desarrollo de sistemas de alta eficiencia energética, dado que la temperatura de confort, la salubridad de los ocupantes así como las condiciones en la zona, dependen de la garantía de predecir la temperatura en la estancia objeto de estudio.

La técnica de solución integral es un importante requerimiento para el sistema de simulación de la bomba de calor. Tanto el intercambiador geotérmico, como la bomba de calor deben estar perfectamente dimensionados para satisfacer las necesidades y ser una alternativa a los sistemas convencionales. *EnergyPlus*, permite considerar todas esas interacciones entre modelos y considerarse como el único sistema capaz de satisfacer esas necesidades.

El funcionamiento de *EnergyPlus* se desarrolla de forma modular, debido a que tiene mayor facilidad para implementar nuevos módulos, para acceder a la base de datos de los diferentes modelos y para su mantenimiento. Los cambios en nuevos módulos no afectan al resto de información. El motor de cálculo está formado por diferentes módulos, llamados

managers. El nivel superior corresponde a la simulación maestra, que controla toda la simulación así como las interacciones entre sistemas durante todo el periodo.

En el siguiente nivel, se encuentra el *manager* para el balance térmico y HVAC *manager*. Estos módulos son independientes, funcionan en su sistema e interactúan con el resto de elementos en función de las interfaces definidas por programa. El *manager* de balance de masas, simula el área de la zona en cuestión y pasa sus datos al HVAC *manager*, el cual realiza una simulación utilizando el input de la zona. Cualquier carga no satisfecha en el tiempo, es considerada como aumento/disminución de temperatura en el siguiente escalón de simulación.

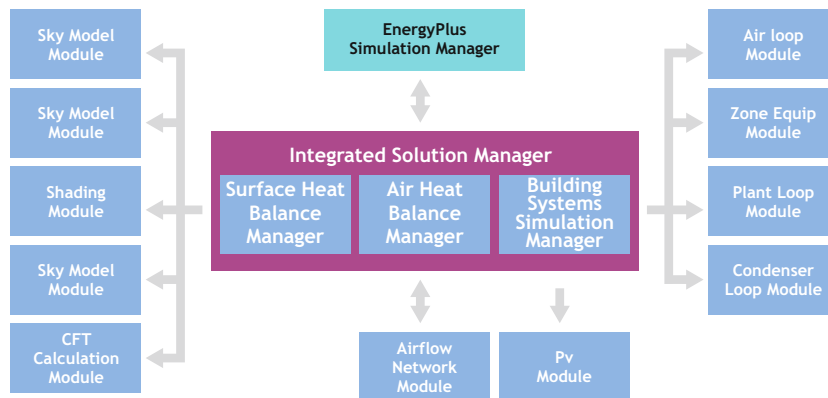


Figura 4.1 - Diagrama de simulación *EnergyPlus*.

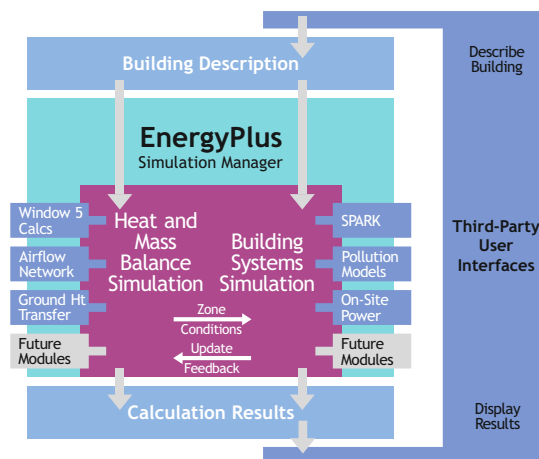


Figura 4.2 - Flujo de procesos simulación *EnergyPlus*.

Dado que *EnergyPlus* es un programa de análisis energético de edificios, en forma modular, permite la implementación de diferentes modelos para los componentes de la

instalación. Hamilton y Miller (1990, [4.6]) clasificaron dichos modelos como modelos de ajuste de ecuaciones *curve fit* y *determinísticos*. El modelo de ajuste de ecuaciones, considera el sistema como una caja negra y realiza el ajuste de una o más ecuaciones para representar el sistema.

Los modelos determinísticos considerados como de primer principio y modelados por Hamilton y Miller, representan el sistema como un conjunto de elementos ensamblados, en el que cada uno de ellos es modelado en función de los balances térmicos y de masa para cada ecuación.

En el desarrollo de este trabajo utilizaremos el modelo de estimación de parámetros, que es un modelo híbrido entre el sistema de ajuste de ecuación y determinístico, que viene a resolver ciertos problemas encontrados en los otros dos modelos. La estimación de parámetros está basada en la extrapolación de los datos de funcionamiento del equipo.

La estimación en *EnergyPlus* de los parámetros de la bomba de calor geotérmica se basan en el modelo desarrollado por Jin y Spitler (2002, [4.1]). Ellos modelaron la bomba de calor como cuatro componentes: compresor, evaporador, condensador y válvula de expansión. Cada componente es modelado mediante ecuaciones termodinámicas que determinan su comportamiento e incluye parámetros desconocidos, que deben estimarse mediante los datos de funcionamiento de la bomba. La estimación se realiza mediante un sistema multivariable para minimizar errores entre la estimación y el valor de funcionamiento.

4.2.4. Modelo de Simulación del Intercambiador Geotérmico

El intercambiador geotérmico regulariza la extracción o disipación térmica, en función de la temperatura de confort establecida en el edificio objeto.

Para el modelado de este sistema, Eskilson (1987, [4.7]) desarrolló un modelo adimensional de factores de respuesta térmica, llamado *g-functions*, para estimar la temperatura en el intercambiador geotérmico. Estos valores, fueron estimados de forma numérica y analítica. El modelo numérico consiste en dos modelos en diferencias finitas para el intercambiador en dirección axial y radial.

El intercambiador tienen una longitud y diámetro finito, la tubería y resistencias térmicas no se consideran en el modelo. Este modelo se simula para determinar la respuesta obtenida frente a una variación escalón en la función.

Tomando la respuesta de un intercambiador simple como una superposición espacial de intercambiadores predefinidos, se determina la respuesta de este para la configuración del escalón de la función.

Finalmente cuando se obtienen las respuestas externas en la pared del intercambiador, frente a esa variación temporal, los resultados obtenidos de temperatura frente a tiempo configuran la curva *g-function*.

Cuando la respuesta a un escalón de la función es conocida, la respuesta para cualquier extracción térmica se puede determinar como descomposición en series de esa función. Entonces utilizando los factores de respuesta *g-functions* para cada paso escalón, podemos superponerlos para conseguir la respuesta global.

Yavuzturk y Spitler (1999, [4.2]) modelaron el intercambiador geotérmico para tener en cuenta pequeñas variaciones en el escalón temporal, usando factores de respuesta. Desarrollaron estos factores para los escalones temporales usando un modelo en diferencias finitas, transitorio y bidimensional sobre cuadrícula, mediante la cual ajustaron las *g-functions* para el escalón temporal reducido para que coincidieran con las *g-functions* de escalón temporal amplio, desarrolladas por Eskilson (1987, [4.7]). Su modelo de *g-function* es la base modelada en *EnergyPlus*.

4.3. Modelado del sistema en *EnergyPlus*

4.3.1. Localización, Datos Climáticos e Información del edificio.

La instalación experimental se encuentra situada en la Comunidad de Madrid, en la localidad de Becerril de la Sierra, a una altura de 1.075 msnm y con coordenadas Latitud +40,70 ° y Longitud -3,99°. Se encuentra situado en la parte norte de la localidad, sobre parcela independiente de 1.500 m², y sin vecindario colindante.

Es necesario disponer de los datos climáticos de la localidad de Becerril de la Sierra,

para poder obtener como mínimo las condiciones de verano e invierno y de manera adicional incluir los valores para condiciones extremas durante el año, en modo calefacción y refrigeración.

En este apartado, se solicitan a la Agencia Española de Meteorología (AEMED) los datos correspondientes a temperatura, humedad relativa y radiación solar para los años 2009 y 2010. Al no disponer de estación meteorológica en la zona objeto de estudio, la AEMED nos suministra los datos de la instalación más cercana, situada en Navacerrada y Alpedrete. (*Anexo IV*).

Para la implementación del archivo meteorológico en *EnergyPlus*, conocido como *weather data*, se utilizara el acceso web a través de <http://www.energy.gov/>, que contiene los datos necesarios para la simulación del área en cuestión así como el formato de lectura necesario para ser interpretado por el programa.

Una vez definidas las condiciones climáticas del entorno, es importante determinar la información relativa al uso y funcionamiento del mismo para considerar las cargas internas y externas a las que se encontrará sometido y que estarán contempladas en *EnergyPlus*.

4.3.2. Datos Constructivos y Descripción Geométrica.

El edificio objeto está destinado como uso oficina. Consta de 200m² de superficie repartidos en cuatro zonas diferenciadas, que corresponden a dos áreas de trabajo diáfanas, una zona de reuniones y la parte de aseos. El volumen a climatizar, con la diferente arquitectura de paramentos verticales es de 780m³.

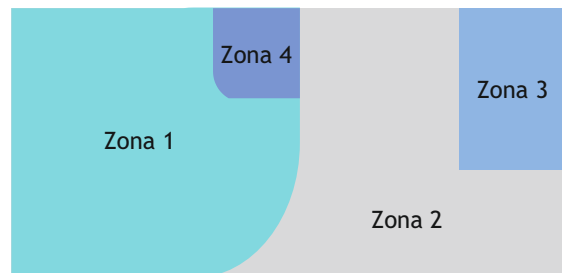


Figura 4.3 - Esquema de compartimentación edificio.

La instalación se ha diseñado siguiendo los conceptos técnicos en base a arquitectura bioclimática para minimizar la demanda energética, mediante aislamiento térmico en las superficies exteriores (paredes, suelo, techo, puertas y ventanas) según Código Técnico de la Edificación [1.5], minimizando así la influencia de las condiciones climáticas sobre el interior del edificio y sombreado exterior de las zonas acristaladas, en la fachada sur y en la cubierta del edificio, para aprovechar la radiación solar en invierno y evitar la radiación solar en verano.

El sistema integral de climatización y agua caliente sanitaria se ha desarrollado con los siguientes elementos instalados para aprovechar la energía con máxima eficacia:

Con la bomba de calor geotérmica, se producirá de forma alternada y controlada agua caliente o agua fría para climatizar el edificio, aprovechando, en mayor o menor medida, la energía gratuita del aire o terreno exterior.

El suelo radiante, en modo calefacción y refrigeración, permite aprovechar la estructura del edificio como acumulador de energía (inercia térmica), lo que permite pre-calentar o pre-enfriar el edificio, en invierno o en verano, reduciendo las cargas térmicas máximas en horas de mínimas y máximas temperaturas en cada periodo.

La ventilación mecánica controlada permite asegurar la calidad del aire (renovación y filtración) en el interior de la construcción. Además, permite recuperar energía del aire residual para pre-calentar en invierno o pre-enfriar en verano aire fresco. La regulación de la temperatura de confort mantiene la temperatura en cada habitación, durante el día o la noche, en invierno o en verano; y mediante medición de datos en continuo permite monitorizar la vivienda.

Todo ello queda contemplado en la obtención de la Calificación Energética del Edificio, a través del programa *Calener VIP*, que determina que la vivienda posee una Calificación Energética tipo “A”, con un valor inferior en un 35% sobre el valor máximo en KgCO_2/m^2 para esta clasificación ($<16.9 \text{ KgCO}_2/\text{m}^2$). Todos los datos relativos a la calificación energética del edificio experimental, pueden ser consultados en el *Anexo II*.

Es importante recordar que toda la instalación se encuentra monitorizada y registrando el valor de las diferentes variables definidas (*Anexo V*), las cuales permitirán establecer una

comparativa real, con respecto a los resultados obtenidos en el proceso de simulación y por lo tanto permitir la validación del sistema diseñado.

4.3.3. Planos en Sketch Up

Como se ha comentado, en el apartado anterior se ha descrito el proceso de creación de un recinto para ver la dinámica del sistema. Mediante la herramienta de dibujo *AutoCad* se realizan los planos detalle de toda la instalación analizada, para realizar con posterioridad una conversión al programa *Google Sketchup*, que nos permitirá transferir la geometría de forma directa al simulador para que interprete de forma correcta la envolvente del edificio.

A continuación se muestran diferentes vistas de dicha envolvente del edificio que nos permiten apreciar las características geométricas del mismo.

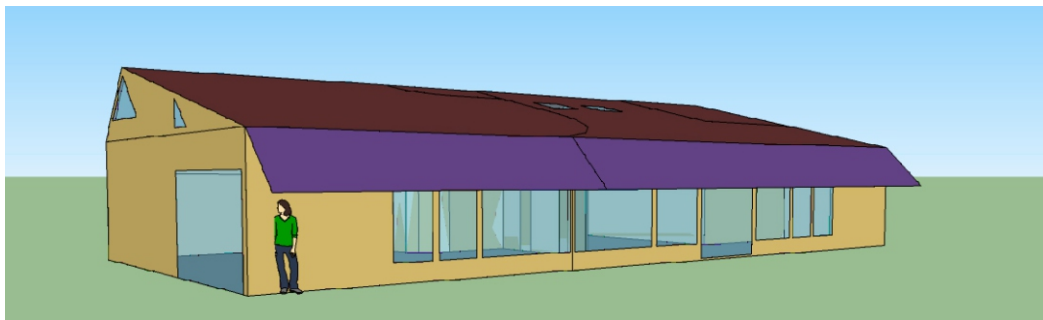


Figura 4.4 - Vista Alzado.

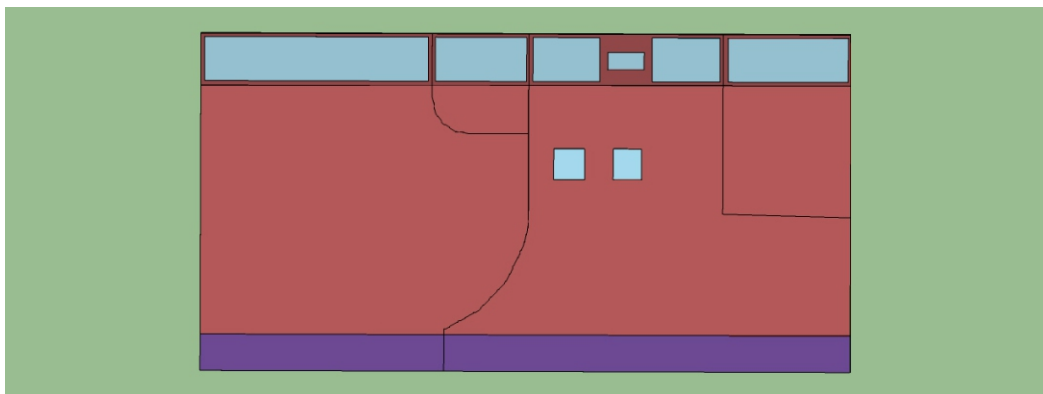


Figura 4.5 - Vista Planta.

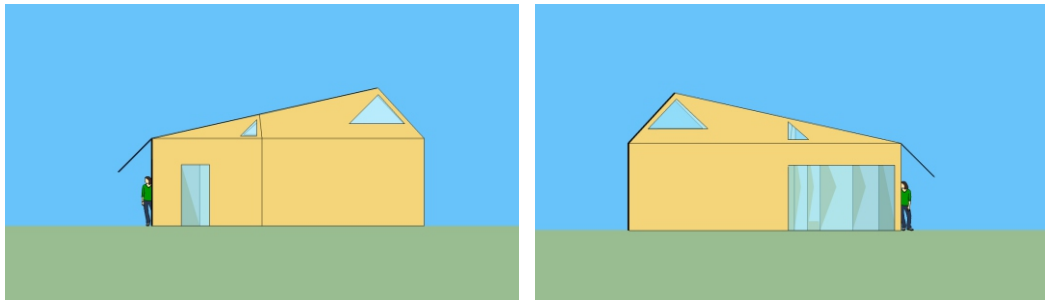


Figura 4.6 - Alzados laterales.

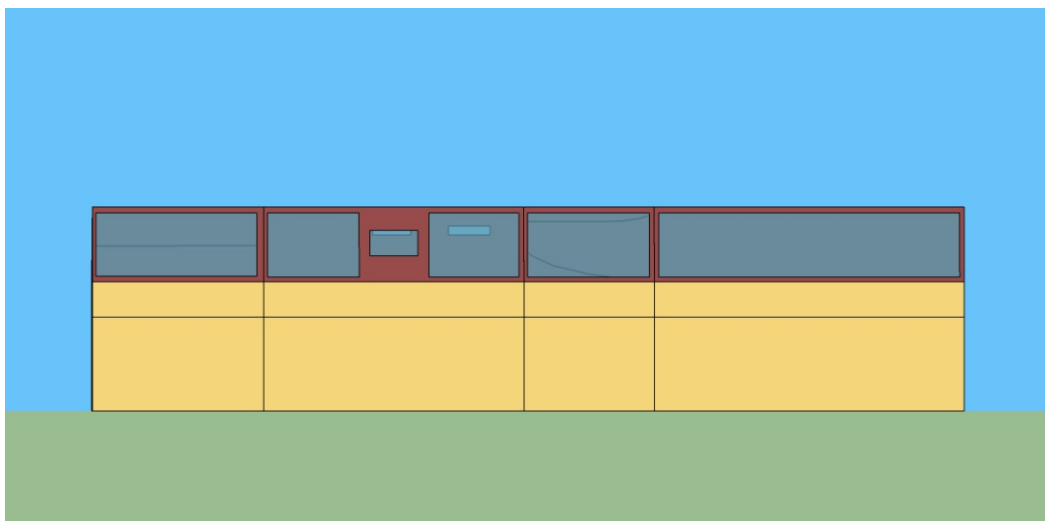


Figura 4.7 - Alzado Posterior.

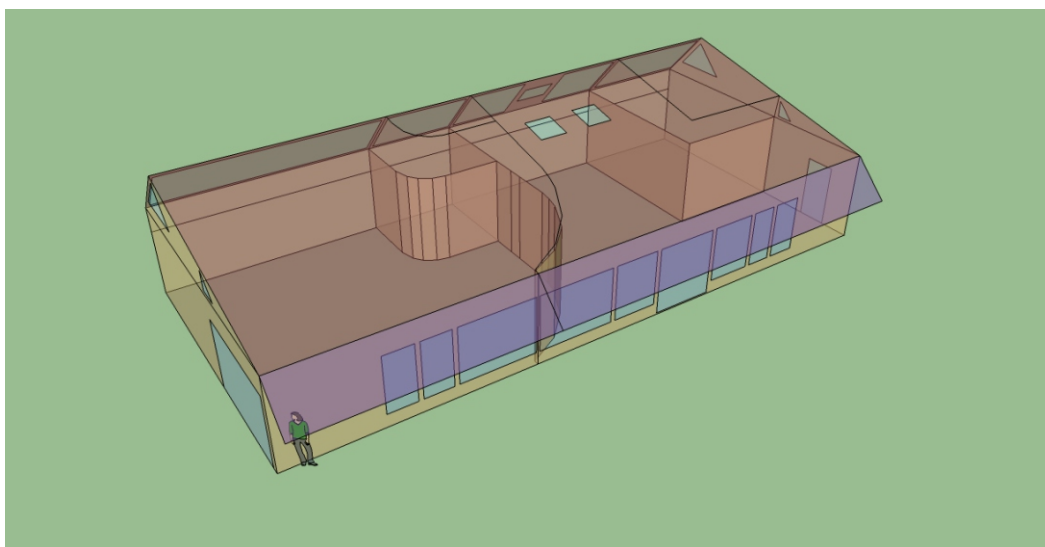


Figura 4.8 - Vista Isométrica.

BIBLIOGRAFÍA

- [4.1] Jin, H. and J.D. Spitler. 2002. A Parameter Estimation Based Model of Water-To-Water Heat Pumps for use in Energy Calculation Programs. ASHRAE Transactions. 108 (1): 3-17.
- [4.2] Yavuzturk, C., J.D. Spitler.1999. A Short Time Step Response Factor Model for Vertical Ground Loop Heat Exchangers. ASHRAE Transactions. 105(2): 475-485.
- [4.3] Drury B. Crawley, Linda K. Lawrie, Curtis O. Pedersen, Ph.D. Frederick C. Winkelmann, Ph.D, Manual of Energy Plus. 2000. ASHRAE Journal; pp 15-49.
- [4.4] BLAST Support Office. 1992. BLAST 3.0 Users Manual. Urbana- Champaign, Illinois: BLAST Support Office, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Illinois. ASHRAE Journal; pp 49.
- [4.5] Crawley, D. B., L. K. Lawrie, F. C. Winkelmann, W. F. Buhl, A. E. Erdem, C. O. Pedersen, R. J. Liesen, and D. E. Fisher. 1997. "The Next-Generation in Building Energy Simulation--A Glimpse of the Future," in Proceedings of Building Simulation '97, Volume II, pp. 395-402, September 1997, Prague, Czech Republic, IBPSA. Crawley, D.B., J.W. Hand, and L.K. Lawrie. 1999. "Improving the weather information available to simulation programs," in Proceedings of Building Simulation '99, September 1999, Kyoto, Japan, IBPSA.
- [4.6] Hamilton, J.F., and J.L. Miller. 1990. A simulation program for modeling an air-conditioning system. ASHRAE Transactions 96(1): pp 213-221.
- [4.7] Eskilson P. (1986). Superposition Borehole Model. Manual for Computer Code. Department of Mathematical Physics, Lund Institute of technology, Lund, Sweden (1986) Eskilson P. (1987). Thermal Analyses of Heat Extraction Boreholes. Department of Mathematical Physics, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden.

5

DESARROLLO DEL MODELO NUMÉRICO EN *ENERGYPLUS*

En este capítulo se describirá en detalle el proceso de parametrización del modelo desarrollado, indicando la función de cada una de las variables que afectan al comportamiento térmico del sistema y por lo tanto definiendo el modelo numérico.

Es importante destacar, que el desarrollo del modelo térmico y económico ha necesitado de un gran trabajo debido a la complejidad de nuestra instalación, la cual no sólo hace referencia a un sistema *HVAC* mediante fuente geotérmica, sino en la que adicionalmente se ha utilizado un elemento transmisor mediante suelo radiante y apoyo de ventilación mecánica controlada para aumentar el rendimiento de la misma y mantener la salubridad del aire interior, cuya tipología de instalación no está implementada como un estándar en *EnergyPlus*.

Una de las mayores dificultades ha sido la de interpretar el funcionamiento del modelo en *EnergyPlus* para que pudiera dar respuesta a nuestras necesidades y adicionalmente que el sistema interpretara de forma correcta que variable objeto queríamos introducir y con referencia a que parte de la instalación.

Debido a que el software utilizado es el más completo del mercado y adicionalmente el que mayores datos permite obtener, era de extrema importancia analizar los cambios que

suponían esa introducción de variables de forma no estándar en el mismo, pero que en todo momento pudiera dar respuesta al funcionamiento de nuestra instalación.

En el desarrollo de esta fase, han sido necesarios más de dos años de trabajo y más de mil procesos de simulación hasta que se ha conseguido que el sistema funcionara de forma correcta, permitiendo modelar la instalación objeto bajo las premisas de cálculo y sin errores de compilación.

5.1. Introducción

EnergyPlus tiene sus raíces en dos programas, *BLAST* y *DOE-2*. *BLAST* (*building loads analysis and system thermodynamics*) y *DOE-2*. Fueron desarrollados por el Departamento de Energía de EEUU y liberados en la década de 1970 y principios de 1980 como herramientas de simulación de carga energética.

Este sistema es utilizado tanto por ingenieros como arquitectos que desean dimensionar de manera óptima instalaciones *HVAC* (*Heating, Ventilating and Air Conditioning System*), estudios de adaptación, optimizar el rendimiento de la energía, etc. Nacido de las preocupaciones por la crisis energética de la década de 1970 y el reconocimiento de que la energía en la construcción y en el consumo es un componente importante en América, los dos programas intentaron resolver el mismo problema desde dos perspectivas ligeramente diferentes. Ambas aplicaciones tienen ventajas y deficiencias, partidarios y detractores, y las bases sólidas de usuarios tanto a nivel nacional e internacional.

Al igual que sus programas padres, *EnergyPlus* es un programa de análisis de la energía térmica y de simulación de carga basado en la descripción de un edificio definido por el usuario desde la perspectiva de la constitución física, sistemas mecánicos, etc.

EnergyPlus calcula la calefacción y la refrigeración de cargas necesarias para mantener puntos de ajuste de control térmico, condiciones en un sistema *HVAC* y el consumo energético de los equipos de la planta primaria, así como muchos detalles de simulación de otro tipo que son necesarios para comprobar que la simulación está funcionando como se desea.

Muchas de las características de simulación han sido heredadas de los programas *BLAST* y *DOE-2*. A continuación se listan algunas de las características de *EnergyPlus*. Si bien esta lista no es exhaustiva, se pretende dar la idea y la aplicabilidad de *EnergyPlus* a la simulación.

Solución integrada y simultánea, donde la respuesta del edificio y los sistemas primario y secundario están fuertemente acoplados (lleva a cabo iteraciones cuando es necesario).

Muestras temporales. El usuario puede definir intervalos de tiempo para la interacción entre las zonas térmicas, temperatura ambiente y de los sistemas.

Texto ASCII. Tanto el archivo de tiempo meteorológico, entradas, y archivos de salida, que incluyen las condiciones, la norma y los informes definibles por el usuario, respectivamente.

Balance térmico, técnica de solución de base para la construcción de cargas térmicas que permite el cálculo simultáneo de los efectos de radiación y convección, tanto en la superficie interior y exterior.

Conducción de calor transitoria a través de elementos de construcción tales como paredes, techos, pisos, etc. Utilizando funciones de conducción.

Mejora de la transferencia de calor de modelado a través del enlace al modelo tridimensional y la simplificación de las técnicas analíticas.

Modelos de confort térmico basado en la actividad, humedad, etc.

Cálculos de acristalamientos avanzado, incluyendo persianas controlables, cristales múltiples capa por capa, balances térmicos que permiten la asignación adecuada de la energía solar absorbida por los cristales de las ventanas, y una biblioteca (*data sheet*) de numerosas ventanas disponibles en el mercado.

Control del Daylighting, cálculos de la iluminación interior, simulación y control de luminarias y el efecto de la iluminación artificial en la reducción de la calefacción y la refrigeración.

Lazos configurables. Basado en los sistemas de *HVAC* (convencional y radiante) que permite un modelo de sistemas típicos y los sistemas ligeramente modificados sin tener que recompilar el código fuente del programa.

Cálculos de la contaminación atmosférica (partículas de CO_2 , SO_x , NO_x , CO).

5.2. Parametrización del modelo de simulación

Debido a la gran complejidad de *EnergyPlus* y las enormes posibilidades de introducción de diferentes variables y métodos de cálculo, es importante conocer al detalle que función realiza cada objeto o grupo de parámetros, para poder introducir los valores conocidos.

Lo importante en el proceso de simulación es determinar que metodología de cálculo se va a utilizar. Esta vendrá determinada por la disponibilidad de datos de las variables de cada modelo utilizado, con el doble objetivo de garantizar la máxima caracterización de cada modelo y obtener los resultados que permitan compararnos con las mediciones reales obtenidas en la instalación experimental.

Una vez que el edificio está caracterizado mediante el programa *Sketchup*, se caracteriza cada una de las variables que lo componen bajo las premisas anteriores.

5.2.1. Grupo Simulación de Parámetros

Este grupo de objetos influye a la simulación en varios aspectos, y está relacionado con parámetros generales de diseño que se detallan a continuación.

Building

Este objeto permite parametrizar valores relativos a: nombre del proyecto, orientación del edificio respecto al norte verdadero, tipología de terreno para determinar influencia del viento, parametrización de factores de convergencia de cargas y temperaturas en el proceso de simulación y contribución solar.

En nuestro caso, la contribución solar elegida es *Full Exterior*. El sistema calcula patrones de sombra sobre las superficies exteriores originadas por el efecto de voladizos, cornisas o cualquier otra superficie exterior. También calcula el efecto de sombreado por ventanas y puertas, tomando la base del *MinimalShadowing*.

El sistema considera que toda la radiación solar exterior cae sobre la superficie horizontal y el grado de absorción depende del índice de absorción del suelo construido. Cualquier reflexión del suelo se considera como aporte a la radiación difusa transmitida al ambiente, la cual supone que se distribuye de forma uniforme en todas las superficies interiores.

Si no existe superficie horizontal el criterio del sistema es considerar una absorción solar de acuerdo a los factores de absorción de los elementos interiores. Con este criterio se aplica el balance térmico en cada superficie y en el ambiente, en función de la radiación absorbida por cada elemento, considerándolo como un flujo térmico.

Field	Units	Obj1
Name		Oficina
North Axis	deg	315
Terrain		Country
Loads Convergence Tolerance Value		0,04
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	0,4
Solar Distribution		FullExterior
Maximum Number of Warmup Days		25
Minimum Number of Warmup Days		6

Figura 5.1 - Parámetros objeto *building idf e+*.

Shadow Calculation

Este objeto se utiliza para controlar algunos detalles relacionados con los modelos de contribución solar, sombreado e iluminación natural de *EnergyPlus*.

El modelo considerado como *Average Over Days in Frequency* permite que los cálculos de sombreado se realicen durante un periodo fijo de tiempo, que corresponde con el de la instalación.

Este valor puede ser muy importante para determinar la cantidad de sol que entra en el edificio y por lo tanto la demanda térmica a satisfacer. La importancia de este objeto radica en que aplica los valores de radiación solar no de forma constante, sino que según la posición del sol, conocida a través de la variable hora y archivo climático, permite saber la incidencia real horaria sobre cada una de las superficies del sistema y por lo tanto simular esta variable de una forma real.

El sistema permite incluso, parametrizar el control de sistemas internos de protección solar (cortinas dinámicas) mediante otro algoritmo, que en nuestro caso no ha sido necesario implementar.

Field	Units	Obj1
Calculation Method		AverageOverDayslr
Calculation Frequency		20
Maximum Figures in Shadow Overlap Calculations		15000
Polygon Clipping Algorithm		
Sky Diffuse Modeling Algorithm		

Figura 5.2 - Parámetros objeto *shadow calculation idf e+*.

Surface Convection Algorithm: Inside/Outside

Este objeto permite seleccionar el modelo de convección superficial para las caras internas de todas las superficies con transmisión térmica. Establece la selección de las correlaciones de convección de una manera global, permitiendo definir cada una de las superficies de forma individual, elaborando una zona tipo y extrapolando sus valores característicos a cada una de las zonas, permitiendo simular el sistema de forma global.

Existen diferentes opciones de algoritmos, en nuestro caso hemos seleccionado el llamado como *Simple*, que establece coeficientes constantes de transferencia térmica, influenciados por la variable orientación.

En el caso de la transferencia hacia el exterior, el algoritmo elegido es *Simple convection model*, que aplica coeficientes de transferencia de calor dependiendo de la rugosidad y la velocidad del viento. Este es un tipo de coeficiente de transferencia de calor combinado que incluye radiación en cielo, tierra y aire. Esto permite considerar variables externas sobre la transferencia interna y dotar al modelo de mayor precisión.

Field	Units	Obj1
Algorithm		Simple

Simple	current
TARP	default
Simple	choice
CeilingDiffuser	choice
AdaptiveConvectionAlgorithm	choice
<BLANK>	

Field	Units	Obj1
Algorithm		SimpleCombined

SimpleCombined	current
DOE-2	default
SimpleCombined	choice
TARP	choice
McWTT	choice
AdaptiveConvectionAlgorithm	choice
<BLANK>	

Figura 5.3 - Parámetros objeto *surface convection algorithm idf e+*

Heat Balance Algorithm

Este objeto selecciona qué tipo de algoritmo de calor y humedad se utiliza para el cálculo del rendimiento de los diferentes componentes del edificio.

La función seleccionada es *Conduction Transfer Function*, la cual es una solución a calor sensible, sin considerar factores de humedad acumulada por área o difusión en los elementos constructivos.

Field	Units	Obj1
Algorithm		ConductionTransferFunction
Surface Temperature Upper Limit	C	200
Minimum Surface Convection Heat Transfer Coefficient	W/m2-K	
Maximum Surface Convection Heat Transfer Coefficient	W/m2-K	

Figura 5.4 - Parámetros objeto *heat balance algorithm idf e+*.

Zone Air Heat Balance Algorithm

Este objeto establece que tipo de solución algorítmica será usada para calcular los ratios de temperatura y humedad en cada zona analizada. La función utilizada es *Analytical Solution*, que utiliza el mecanismo de aproximación por integración, en las ecuaciones de balance de energía para el aire y humedad de cada área.

Field	Units	Obj1
Algorithm		AnalyticalSolution

AnalyticalSolution	current
ThirdOrderBackwardDifference	default
AnalyticalSolution	choice
EulerMethod	choice
<BLANK>	

Figura 5.5 - Parámetros objeto *zone air heat balance algorithm idf e+*.

5.2.2. Grupo Archivos Climáticos

Este grupo permite describir las condiciones ambientales para la simulación. En él se describirán las coordenadas de localización del edificio, el periodo de simulación, fechas de cambio horario y temperatura del terreno.

El archivo climático es el proporcionado por la *Agencia Española de Meteorología*, el cual se carga de forma vinculante, para que en cada proceso de simulación sea la referencia climática a tomar.

5.2.3. Grupo Horarios

Este objeto, conocido como *Group Schedules*, permite parametrizar los horarios de diversas variables, tales como ocupación, iluminación, controles termostáticos, actividad, etc.

Para poder parametrizarlo es necesario establecer el uso diario, semanal y anual, para dotar al sistema de la mayor similitud a la realidad. En nuestro caso se ha parametrizado de la siguiente forma, basada en los resultados de las simulaciones desde el punto de vista de confort alcanzado y eficiencia energética:

Schedule Day Interval

En este objeto parametrizamos el sistema atendiendo a las siguientes variables: Época del año, invierno o verano, y tipo de día, laborable o festivo. Esto nos permite caracterizar cada una de las variables a considerar en este horario que serán, iluminación, ventilación, ocupación e infiltraciones. Los horarios para cada variable vienen representados por:

Iluminación festivo:	OFF durante 24hs
Iluminación día invierno:	ON de 08:00hs a 18:00hs, resto horas OFF
Iluminación día verano :	ON de 08:00hs a 18:00hs, con un factor de 0,25 sobre horario invierno, resto horas OFF
Infiltraciones día:	ON durante todo el día

El sistema de ventilación mecánica controlada se diseña para que en invierno realice la función de recuperador de calor, para minimizar las necesidades térmicas y seguir

manteniendo la salubridad del aire. En modo verano, usaremos el *by pass* del sistema, para que durante la noche realice la operación de *free-cooling*.

- Ventilación mecánica día invierno: ON de 08:00hs a 18:00hs, resto OFF
- Vent. mecánica festivo invierno: OFF durante 24hs
- Ventilación mecánica día verano: ON de 24:00hs a 18:00hs, Factor 0,14, resto OFF
- Ventilación mecánica festivo verano: ON de 24:00hs a 07:00 hs, resto OFF

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		Lighting fest	Lighting dia inv	Infiltraciones dia	Vent dia invierno	Vent fest invierno
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Interpolate to Timestep		No	No	No	No	No
Time 1		24:00	08:00	24:00	08:00	24:00
Value Until Time 1	varies	0	0	1	0	0
Time 2			18:00		18:00	
Value Until Time 2	varies		1		0,14	
Time 3			24:00		24:00	
Value Until Time 3	varies		0		0	

1/2

Field	Units	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		Ocupacion dia	Ocupacion Fest	Vent dia verano	Vent fest verano	Lighting dia ver
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Interpolate to Timestep		No	No	No	No	No
Time 1		08:00	24:00	07:00	07:00	08:00
Value Until Time 1	varies	0	0	1	1	0
Time 2		18:00		18:00	24:00	18:00
Value Until Time 2	varies	1		0,14	0	0,25
Time 3		24:00		24:00		24:00
Value Until Time 3	varies	0		0		0

2/2

Figura 5.6 - Parámetros objeto *schedule day interval idf e+*.

Schedule Week Daily

En este objeto, simplemente parametrizamos para cada día de una semana estándar las variables a considerar. Realmente es una traslación del sistema diario, pero parametrizado en forma de semana como unidad global.

Field	Un	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Iluminacion inv WK	Infiltraciones WK	Ocupacion WK	Ventilacion inv WK	Ventilacion ver WK	Iluminacion ver WK
Sunday Schedule:Day Name		Lighting Fest	Infiltraciones dia	Ocupacion Fest	Vent fest invierno	Vent fest verano	Lighting Fest
Monday Schedule:Day Name		Lighting dia inv	Infiltraciones dia	Ocupacion dia	Vent dia invierno	Vent dia verano	Lighting dia ver
Tuesday Schedule:Day Name		Lighting dia inv	Infiltraciones dia	Ocupacion dia	Vent dia invierno	Vent dia verano	Lighting dia ver
Wednesday Schedule:Day Name		Lighting dia inv	Infiltraciones dia	Ocupacion dia	Vent dia invierno	Vent dia verano	Lighting dia ver
Thursday Schedule:Day Name		Lighting dia inv	Infiltraciones dia	Ocupacion dia	Vent dia invierno	Vent dia verano	Lighting dia ver
Friday Schedule:Day Name		Lighting dia inv	Infiltraciones dia	Ocupacion dia	Vent dia invierno	Vent dia verano	Lighting dia ver
Saturday Schedule:Day Name		Lighting Fest	Infiltraciones dia	Ocupacion Fest	Vent fest invierno	Vent fest verano	Lighting fest
Holiday Schedule:Day Name		Lighting Fest	Infiltraciones dia	Ocupacion Fest	Vent fest invierno	Vent fest verano	Lighting Fest
SummerDesignDay Schedule:Day Name		Lighting dia inv	Infiltraciones dia	Ocupacion dia	Vent dia invierno	Vent dia verano	Lighting dia ver
WinterDesignDay Schedule:Day Name		Lighting dia inv	Infiltraciones dia	Ocupacion dia	Vent dia invierno	Vent dia verano	Lighting dia ver
CustomDay1 Schedule:Day Name		Lighting dia inv	Infiltraciones dia	Ocupacion dia	Vent dia invierno	Vent dia verano	Lighting dia ver
CustomDay2 Schedule:Day Name		Lighting dia inv	Infiltraciones dia	Ocupacion dia	Vent dia invierno	Vent dia verano	Lighting dia ver

Figura 5.7 - Parámetros objeto *schedule week daily idf e+*.

Schedule Year

Este objeto permite configurar un año base, en función de la semana definida y por lo tanto del día estándar. En él se parametrizan las variables ocupación, infiltraciones, ventilación mecánica e iluminación, dotándolas de periodo anual, es decir, en que parte del año funcionan y en cuál no.

Una vez que hemos definido las variables a considerar y su configuración diaria, semanal y anual, estamos en disposición de establecer cuáles son las variables que van a hacer que el sistema empiece a funcionar.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		OCUPACION	ILUMINACION	INFILTRACION	VENTILACION
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Schedule:Week Name 1		Ocupacion WK	Iluminacion inv WK	Infiltraciones WK	Ventilacion inv WK
Start Month 1		1	1	1	1
Start Day 1		1	1	1	1
End Month 1		12	5	12	5
End Day 1		31	20	31	20
Schedule:Week Name 2			Iluminacion ver WK		Ventilacion ver WK
Start Month 2			5		5
Start Day 2			21		21
End Month 2			9		9
End Day 2			30		30
Schedule:Week Name 3			Iluminacion inv WK		Ventilacion inv WK
Start Month 3			10		10
Start Day 3			1		1
End Month 3			12		12
End Day 3			31		31

Figura 5.8 - Parámetros objeto *schedule year idf e+*.

Schedule Compact

A la hora de parametrizar el sistema, es necesario conocer cuáles son los valores de confort establecidos según el reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE), y en la ITE 02.2, condiciones interiores, e ITE 02.2.1 bienestar térmico [5.1].

El ambiente térmico se define por aquellas características que condicionan los intercambios térmicos del cuerpo humano con el ambiente, en función de la actividad de la persona y del aislamiento térmico de su vestimenta, y que afectan a la sensación de bienestar de los ocupantes. Estas características son la temperatura del aire, la temperatura radiante media del recinto, la velocidad media del aire en la zona ocupada y por último, la presión parcial del vapor de agua o la humedad relativa.

Para más detalles sobre estos conceptos y su expresión, influencia o variabilidad, se

podrá consultar la norma UNE-EN ISO 7730 [5.2].

Las condiciones interiores de diseño se fijarán en función de la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta, y en general estarán comprendidas entre los siguientes límites:

Estación	Temperatura Operativa °C	Vel. media del aire m/s	Humedad Relativa %
Verano	23 a 25	0,18 a 0,24	40 a 60
Invierno	20 a 23	0,15 a 0,20	40 a 60

Figura 5.9 - Temperaturas de confort establecidas en Reglamento Instalaciones Térmicas Edificios (RITE).

En nuestro caso, tomaremos como referencias de temperatura de confort, 22°C y 25°C, para invierno y verano respectivamente.

Para mayor flexibilidad del sistema, un horario puede ser modelado en un solo paso. La utilización del *schedule compact* permite establecer los horarios de todo el sistema de forma anual hora a hora, una vez definidos los horarios anteriores.

Act Schd

Este objeto, permite configurar la carga térmica que aportan las personas dentro de la instalación. Se considera que el aporte del calor latente y sensible de una persona es de 117 W/persona.

Siempre ON

Este objeto define un horario que determina que la variable a controlar está disponible en ese intervalo.

Set Point Cooling Equipment

Establece el horario relativo al funcionamiento del sistema en modo refrigeración, fijando el *set point* en un valor de 12°C en la impulsión al suelo radiante como punto de consigna.

On condenser Equipment

Define un horario que determina que la variable a controlar, en este caso el equipo de condensación, está disponible en ese horario.

Set Point Cooling Temperature

Este objeto determina el horario de funcionamiento del sistema en *modo refrigeración*, a través de la variable temperatura interior, según las siguientes premisas:

Modo Invierno: todos los días, durante 24h el sistema funcionará cuando la T^a interior sea de 30°C. Este valor ha sido forzado para no permitir que el sistema de frío entre en *modo invierno*, y así evitar que pudiera existir alguna distorsión en la simulación.

Modo Verano: Todos los días, hasta las 05:00h el sistema funcionará cuando la temperatura sea de 27°C entre las 05:00h y las 19:00h funcionará cuando esa temperatura sea de 25°C, y hasta las 05:00h funcionará cuando la temperatura sea de 27°C, es decir mantendremos un *set point* de 25°C.

Sombra Lucernarios

Determina el horario de los lucernarios, que en nuestro caso estarán abiertos en invierno y cerrados en verano.

Set Point Heating Temperature

Este objeto establece el horario de funcionamiento del sistema en modo calefacción, según las siguientes premisas:

Modo Invierno: Para todos los días de uso, la consigna entre las 03:00 y las 06:00h será de 20°C. Entre las 06:00h y las 19:00h será de 21°C y hasta las 24:00h de 18°C.

Modo Verano: Todos los días, cuando la temperatura esté por debajo de 15°C, condición que obliga al sistema a mantenerse parado y así evitar distorsiones en los resultados obtenidos en la simulación.

Es decir mantendremos un *set point* de 21°C en el área de trabajo.

Con este apartado, queda perfectamente definido el horario de los objetos necesarios

para el proceso de simulación. A continuación, se inicia el proceso de caracterización de elementos constructivos.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Name		ActSchd	Siempre On	Valla vegetacion	Setpoint cooling equip	On condenser equip	Setpoint cooling temp	Sombra lucernarios	Setpoint heating temp
Schedule Type Limits Name	Any Number	Fraction	Fraction	Fraction	Temperature	On/Off	Temperature	On/Off	Temperature
Field 1	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 5/20	Through: 5/20	Through: 5/20
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: Weekdays
Field 3	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 3:00
Field 4	varies	117.24	1	.99	12	1	30	0	20
Field 5	varies						Through: 9/30	Through: 9/30	Until: 6:00
Field 6	varies						For: Weekdays	For: AllDays	20
Field 7	varies						Until: 5:00	Until: 24:00	Until: 19:00
Field 8	varies						27	1	21
Field 9	varies						Until: 19:00	Through: 12/31	Until: 24:00
Field 10	varies						25	For: AllDays	18
Field 11	varies						Until: 24:00	Until: 24:00	For: AllOtherdays
Field 12	varies						27	0	Until: 24:00
Field 13	varies						For: AllOtherdays		18
Field 14	varies						Until: 24:00	Through: 9/30	
Field 15	varies						30		For: AllDays
Field 16	varies						Through: 12/31		Until: 24:00
Field 17	varies						For: alldays		15
Field 18	varies						Until: 24:00		Through: 12/31
Field 19	varies						30		For: Weekdays
Field 20	varies								Until: 3:00
Field 21	varies								19
Field 22	varies								Until: 6:00
Field 23	varies								20
Field 24	varies								Until: 19:00
Field 25	varies								21
Field 26	varies								Until: 24:00
Field 27	varies								18
Field 28	varies								For: AllOtherdays
Field 29	varies								Until: 24:00
Field 30	varies								18

Figura 5.10 - Parámetros objeto *schedule year idf e+*.

5.2.4. Grupo Materiales

Este grupo de objetos describe las propiedades físicas y la configuración del edificio tanto interior como exterior (paredes, suelos, tejados, ventanas, etc).

Material

Dado que disponemos del Certificado Energético del Edificio y por lo tanto conocemos las propiedades térmicas del mismo, tales como espesor, conductividad térmica, densidad y calor específico, en este apartado se procede a cumplimentar todos estos datos.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Tabicon de LH	Tablero de contract	Mortero de Cement	Teja de arcilla	FU Entrevigado de l	XPS Expandido HF
Roughness		Rough	MediumSmooth	Rough	Rough	Rough	MediumRough
Thickness	m	0,07	0,02	0,03	0,01	0,25	0,06
Conductivity	W/m-K	0.432	0,11	1,8	1	1,323	0,034
Density	kg/m3	930	300	2100	2000	1330	37,5
Specific Heat	J/kg-K	1000	1600	1000	8000	1000	1000
Thermal Absorptance		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Solar Absorptance		0,36	0,7	0,36	0,7	0,7	0,7
Visible Absorptance		0,7	0,7	0,36	0,7	0,7	0,7

Field	Units	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12
Name		1/2 Pie LM	Conifera Ligera	Enlucido de yeso ai	Betun fieltro	M04_Panel_SR	XPS Expandido Cor
Roughness		Rough	Rough	MediumRough	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumRough
Thickness	m	0,065	0,03	0,02	0,005	0,05	0,06
Conductivity	W/m-K	0,991	13	0,18	0,23	0,038	0,034
Density	kg/m3	2170	430	550	1100	50	37,5
Specific Heat	J/kg-K	1000	1600	1000	1000	1000	1000
Thermal Absorptance		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Solar Absorptance		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Visible Absorptance		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

2/3

Field	Units	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18
Name		M03_Cemento_del	Hormigon de aridos	1 pie LP	Plaqueta o baldosa	Hormigon con arcilla	M02_Barrera_SR
Roughness		Rough	Rough	Rough	MediumRough	Rough	Smooth
Thickness	m	0,025	0,1	0,24	0,01	0,02	0,001
Conductivity	W/m-K	1,2	0,3	0,567	1	0,35	0,5
Density	kg/m3	1900	1000	1150	2000	1000	980
Specific Heat	J/kg-K	1000	1000	1000	800	1000	1800
Thermal Absorptance		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Solar Absorptance		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Visible Absorptance		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Figura 5.11 - Parámetros objeto *material idf e+*.

3/3

Material Air Gap

Con este objeto caracterizamos la cámara de aire existente en la construcción, considerándolo como elemento opaco de la misma.

Field	Units	Obj1
Name		Camara de aire verti
Thermal Resistance	m2-K/W	0,09

Figura 5.12 - Parámetros objeto *material air gap idf e+*.

Window Material Simple Glazing System

Nos permite caracterizar la tipología de los cristales que componen cada una de las ventanas, mediante su transmitancia térmica y su coeficiente de ganancia solar.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		H04_Puerta	H09_Ventana	H011_Ventana	H08_Ventana	H07_Ventana
U-Factor	W/m2-K	0,2	2,54	2,33	2,59	2,46
Solar Heat Gain Coefficient		0,0001	0,51	0,38	0,55	0,46
Visible Transmittance						

1/3

Field	Units	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		H013_Ventana	H06_Ventana	H012_Ventana	H10_Ventana	H05_Ventana
U-Factor	W/m2-K	2,34	2,58	2,32	2,61	2,7
Solar Heat Gain Coefficient		0,38	0,54	0,37	0,56	0,6
Visible Transmittance						

2/3

Field	Units	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	
Name		H02_Lucernario	H03_Puerta	H01_Lucernario	WindowMaterial:Sim	
U-Factor	W/m2-K	2,72	0,3	2,7	2,55	
Solar Heat Gain Coefficient		0,74	0,0001	0,68	0,52	
Visible Transmittance						

Figura 5.13 - Parámetros objeto *material simple glazing idf e+*.

3/3

Window Material Shade

En este objeto se supone que las propiedades de reflectancia y emisividad son las mismas por ambos lados del lucernario. Las persianas de los lucernarios se consideran difusores perfectos (toda la transmitancia y radiación reflejada es difusa hemisféricamente), con valores independientes en función del ángulo de incidencia.

El objeto viene caracterizado por los valores de transmitancia y reflectancia solar visible y transmitancia infrarroja y emisividad hemisférica, así como el espesor y su conductividad térmica.

Field	Units	Obj1
Name		HIGH REFLECT - L
Solar Transmittance	dimensionless	0,1
Solar Reflectance	dimensionless	0,8
Visible Transmittance	dimensionless	0,1
Visible Reflectance	dimensionless	0,8
Infrared Hemispherical Emissivity	dimensionless	0,9
Infrared Transmittance	dimensionless	0
Thickness	m	0,005
Conductivity	W/m-K	0,1
Shade to Glass Distance	m	0,05
Top Opening Multiplier		0,5
Bottom Opening Multiplier		0,5
Left-Side Opening Multiplier		0,5
Right-Side Opening Multiplier		0,5
Airflow Permeability	dimensionless	0

Figura 5.14 - Parámetros objeto *material shade idf e+*.

Construction

Permite caracterizar paredes, suelos, techados, ventanas y puertas en función de la tipología de materiales introducidos anteriormente. Cada capa de construcción se define como un material independiente, considerándolo desde la capa exterior a la interior.

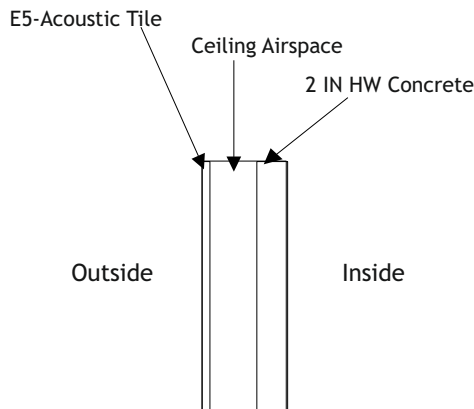


Figura 5.15 - Esquema de capas en elemento muro *idf e+*.

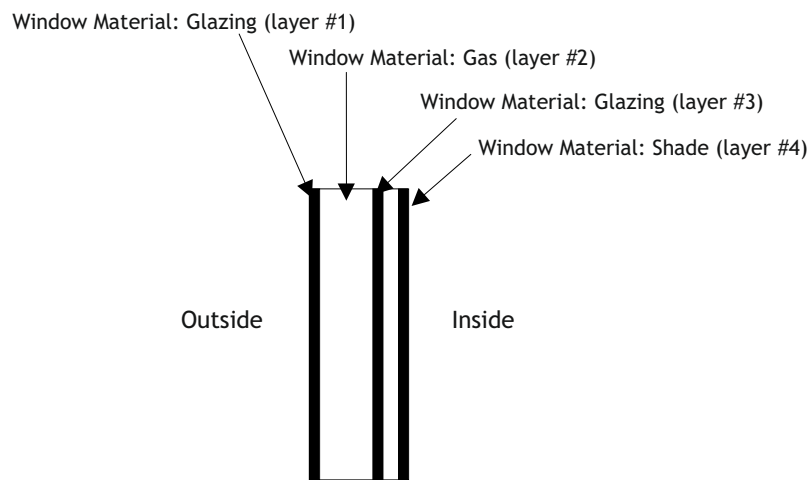


Figura 5.16 - Esquema de capas en elemento ventana idf e+

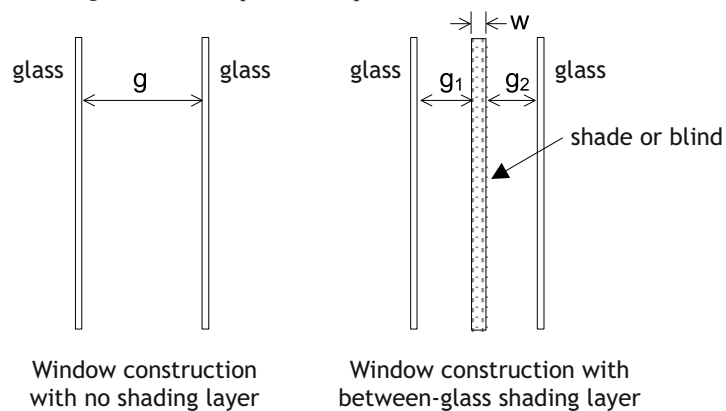


Figura 5.17 - Esquema de capas en elemento ventana con y sin vidrio idf e+.

Construction Internal Source

En el caso de suelos radiantes, es necesario configurar el modelo de una forma diferente a la anterior, fundamentalmente porque existen tubos embebidos en su interior que necesitan de una caracterización específica para la simulación térmica. En nuestro caso el suelo radiante queda compuesto por ocho capas que son hormigón con arcilla expandida, betún fieltro, XPS expandido con CO₂, hormigón de áridos ligeros, barrera SR, panel SR, cemento del SR y plaqueta baldosa.

El método de cálculo usado es el *CTF*, que se define como *conduction transfer function*, que permite simular considerando desplazamiento térmico bidimensional en las tuberías del suelo radiante.

Field	Units	Obj1
Name		Suelo Radiante
Source Present After Layer Number		7
Temperature Calculation Requested After Layer Number		8
Dimensions for the CTF Calculation		2
Tube Spacing	m	0,15
Outside Layer		Hormigon con arcilla
Layer 2		Betun fieltro
Layer 3		XPS Expandido Cor
Layer 4		Hormigon de aridos
Layer 5		M02_Barrera_SR
Layer 6		M04_Panel_SR
Layer 7		M03_Cemento_del_
Layer 8		M03_Cemento_del_
Layer 9		Plaqueta o baldosa
Layer 10		

Figura 5.18 - Parámetros objeto *material suelo radiante idf e+*.

5.2.5. Grupo Zonas Térmicas y Geometría

Este grupo de objetos describe las propiedades físicas y la configuración del edificio tanto interior como exterior (paredes, suelos, tejados, ventanas, etc).

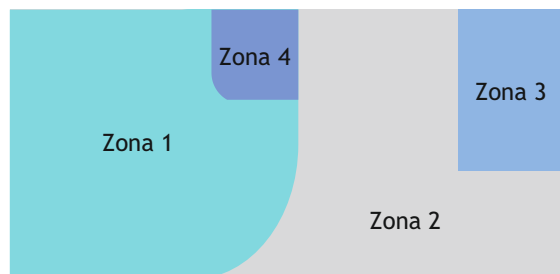


Figura 5.19 - Esquema de sectorización de áreas *idf e+*.

Building Surface Detailed

Con este objeto y una vez definidas las características de cada elemento constituyente de la envolvente, definiremos cada una de las superficies que componen el edificio, caracterizándolas en función de su tipología, coordenadas del área con respecto al origen y configurando su modelación en función de si tienen contacto con el exterior (*outdoor conditions*), sólo contacto interior (*surface*) o contacto con el suelo (*ground*).

Adicionalmente cada una de las superficies contará con otras dos variables, relacionadas con la exposición solar y el viento.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		OS:Surface 50	OS:Surface 43	OS:Surface 45	OS:Surface 51	OS:Surface 65
Surface Type		Wall	Floor	Wall	Roof	Wall
Construction Name		C02_MURO_EXTEI	Suelo Radiante	C02_MURO_EXTEI	C05_Tejado	C02_MURO_EXTEI
Zone Name		Zone 3	Zone 3	Zone 3	Zone 3	Zone 3
Outside Boundary Condition		Outdoors	Ground	Outdoors	Outdoors	Ground
Outside Boundary Condition Object						
Sun Exposure		SunExposed	NoSun	SunExposed	SunExposed	NoSun
Wind Exposure		WindExposed	NoWind	WindExposed	WindExposed	NoWind
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	-5,26834475E-01	-5,26834475E-01	-5,26834475E-01	-4,50683448E+00	-5,26834475E-01
Vertex 1 Y-coordinate	m	-4,64054199E+00	1,029559830782	1,029559830782	-0,56044267211	1,029559830782
Vertex 1 Z-coordinate	m	3,819298086285	0	3	4,72769755596	2,18
Vertex 2 X-coordinate	m	-5,26834475E-01	-5,26834475E-01	-5,26834475E-01	-4,50683448E+00	-5,26834475E-01
Vertex 2 Y-coordinate	m	-4,55044017E+00	-4,55044017E+00	1,029559830782	-4,55044017E+00	1,029559830782
Vertex 2 Z-coordinate	m	3	0	2,18	3,839358490566	0
Vertex 3 X-coordinate	m	-5,26834475E-01	-4,50683448E+00	-4,50683448E+00	-5,26834475E-01	-4,50683448E+00
Vertex 3 Y-coordinate	m	1,029559830782	-4,55044017E+00	1,029559830782	-4,64054199E+00	1,029559830782
Vertex 3 Z-coordinate	m	3	0	2,18	3,819298086285	0
Vertex 4 X-coordinate	m	-5,26834475E-01	-4,50683448E+00	-4,50683448E+00	-5,26834475E-01	-4,50683448E+00
Vertex 4 Y-coordinate	m	-0,56044267211	1,029559830782	1,029559830782	-0,56044267211	1,029559830782
Vertex 4 Z-coordinate	m	4,72769755596	0	3	4,72769755596	2,18
Vertex 5 X-coordinate	m					
Vertex 5 Y-coordinate	m					
Vertex 5 Z-coordinate	m					
Vertex 6 X-coordinate	m					
Vertex 6 Y-coordinate	m					
Vertex 6 Z-coordinate	m					
Vertex 7 X-coordinate	m					
Vertex 7 Y-coordinate	m					
Vertex 7 Z-coordinate	m					
Vertex 8 X-coordinate	m					
Vertex 8 Y-coordinate	m					
Vertex 8 Z-coordinate	m					
Vertex 9 X-coordinate	m					
Vertex 9 Y-coordinate	m					
Vertex 9 Z-coordinate	m					
Vertex 10 X-coordinate	m					
Vertex 10 Y-coordinate	m					
Vertex 10 Z-coordinate	m					
Vertex 11 X-coordinate	m					
Vertex 11 Y-coordinate	m					
Vertex 11 Z-coordinate	m					
Vertex 12 X-coordinate	m					
Vertex 12 Y-coordinate	m					
Vertex 12 Z-coordinate	m					
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Figura 5.20 - Parámetros térmicos en objeto *building surface idf e+*.

Field	Units	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		OS:Surface 48	OS:Surface 46	OS:Surface 52	OS:Surface 44	OS:Surface 33
Surface Type		Wall	Wall	Roof	Wall	Wall
Construction Name		C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C05_Tejado	C02_MURO_EXTEI	C04_Tabique_interi
Zone Name		Zone 3	Zone 3	Zone 3	Zone 3	Zone 2
Outside Boundary Condition		Surface	Surface	Outdoors	Outdoors	Surface
Outside Boundary Condition Object		OS:Surface 37	OS:Surface 40			OS:Surface 11
Sun Exposure		NoSun	NoSun	SunExposed	SunExposed	NoSun
Wind Exposure		NoWind	NoWind	WindExposed	WindExposed	NoWind
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	-4,50683448E+00	-4,50683448E+00	-5,26834475E-01	-5,26834475E-01	-8,99202188E-01
Vertex 1 Y-coordinate	m	-4,55044017E+00	1,029559830782	-0,56044267211	-4,55044017E+00	6,253390160659
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	3	4,72769755596	3	3
Vertex 2 X-coordinate	m	-4,50683448E+00	-4,50683448E+00	-5,26834475E-01	-5,26834475E-01	-8,99202188E-01
Vertex 2 Y-coordinate	m	-4,55044017E+00	1,029559830782	1,029559830782	-4,55044017E+00	6,253390160659
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	3	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	-5,26834475E-01	-4,50683448E+00	-4,50683448E+00	-5,26834475E-01	-8,99202188E-01
Vertex 3 Y-coordinate	m	-4,55044017E+00	-4,55044017E+00	1,029559830782	1,029559830782	5,758390160659
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	3	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	-5,26834475E-01	-4,50683448E+00	-4,50683448E+00	-5,26834475E-01	-8,99202188E-01
Vertex 4 Y-coordinate	m	-4,55044017E+00	-4,55044017E+00	-0,56044267211	1,029559830782	5,758390160659
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	3	4,72769755596	3	3
Vertex 5 X-coordinate	m					
Vertex 5 Y-coordinate	m					
Vertex 5 Z-coordinate	m					
Vertex 6 X-coordinate	m					
Vertex 6 Y-coordinate	m					
Vertex 6 Z-coordinate	m					
Vertex 7 X-coordinate	m					
Vertex 7 Y-coordinate	m					
Vertex 7 Z-coordinate	m					
Vertex 8 X-coordinate	m					
Vertex 8 Y-coordinate	m					
Vertex 8 Z-coordinate	m					
Vertex 9 X-coordinate	m					
Vertex 9 Y-coordinate	m					
Vertex 9 Z-coordinate	m					
Vertex 10 X-coordinate	m					
Vertex 10 Y-coordinate	m					
Vertex 10 Z-coordinate	m					
Vertex 11 X-coordinate	m					
Vertex 11 Y-coordinate	m					
Vertex 11 Z-coordinate	m					
Vertex 12 X-coordinate	m					
Vertex 12 Y-coordinate	m					
Vertex 12 Z-coordinate	m					
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15
Name		OS:Surface 30	OS:Surface 28	OS:Surface 39	OS:Surface 64	OS:Surface 31
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C02_MURO_EXTEI	C02_MURO_EXTEI	C04_Tabique_interi
Zone Name		Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2
Outside Boundary Condition		Surface	Surface	Outdoors	Outdoors	Surface
Outside Boundary Condition Object		OS:Surface 16	OS:Surface 18			OS:Surface 14
Sun Exposure		NoSun	NoSun	SunExposed	SunExposed	NoSun
Wind Exposure		NoWind	NoWind	WindExposed	WindExposed	NoWind
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	4	3	4
Vertex 1 X-coordinate	m	-1,60389339E+00	-3,52920219E+00	-3,52920219E+00	9,120797811846	-9,57272155E-01
Vertex 1 Y-coordinate	m	2,494495060639	1,003532509126	0,84839016066	0,84839016066	4,050198671871
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3
Vertex 2 X-coordinate	m	-1,60389339E+00	-3,52920219E+00	-3,52920219E+00	9,120797811846	-9,57272155E-01
Vertex 2 Y-coordinate	m	2,494495060639	1,003532509126	0,84839016066	4,61839016066	4,050198671871
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	3	0
Vertex 3 X-coordinate	m	-2,45225316E+00	-3,52920219E+00	9,120797811846	9,120797811846	-1,06349575E+00
Vertex 3 Y-coordinate	m	1,600988761745	0,84839016066	0,84839016066	4,528288344823	3,610546311755
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	3,819298086285	0
Vertex 4 X-coordinate	m	-2,45225316E+00	-3,52920219E+00	9,120797811846		-1,06349575E+00
Vertex 4 Y-coordinate	m	1,600988761745	0,84839016066	0,84839016066		3,610546311755
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	3	3		3
Vertex 5 X-coordinate	m					
Vertex 5 Y-coordinate	m					
Vertex 5 Z-coordinate	m					
Vertex 6 X-coordinate	m					
Vertex 6 Y-coordinate	m					
Vertex 6 Z-coordinate	m					
Vertex 7 X-coordinate	m					
Vertex 7 Y-coordinate	m					
Vertex 7 Z-coordinate	m					
Vertex 8 X-coordinate	m					
Vertex 8 Y-coordinate	m					
Vertex 8 Z-coordinate	m					
Vertex 9 X-coordinate	m					
Vertex 9 Y-coordinate	m					
Vertex 9 Z-coordinate	m					
Vertex 10 X-coordinate	m					
Vertex 10 Y-coordinate	m					
Vertex 10 Z-coordinate	m					
Vertex 11 X-coordinate	m					
Vertex 11 Y-coordinate	m					
Vertex 11 Z-coordinate	m					
Vertex 12 X-coordinate	m					
Vertex 12 Y-coordinate	m					
Vertex 12 Z-coordinate	m					
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj16	Obj17	Obj18	Obj19	Obj20
Name		OS:Surface 35	OS:Surface 66	OS:Surface 40	OS:Surface 24	OS:Surface 42
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Floor	Roof
Construction Name		C04_Tabique_interi	C02_MURO_EXTEI	C04_Tabique_interi	Suelo Radiante	C05_Tejado
Zone Name		Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2
Outside Boundary Condition		Surface	Ground	Surface	Ground	Outdoors
Outside Boundary Condition Object		OS:Surface 7		OS:Surface 46		
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	SunExposed
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	WindExposed
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	4	12	4
Vertex 1 X-coordinate	m	-8.99202188E-01	5.140797811846	5.140797811846	9.120797811846	5.140797811846
Vertex 1 Y-coordinate	m	4.498390160659	10.19839016066	4.61839016066	4.61839016066	8.608387657768
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	2.18	3	0	4.72769755596
Vertex 2 X-coordinate	m	-8.99202188E-01	5.140797811846	5.140797811846	9.120797811846	5.140797811846
Vertex 2 Y-coordinate	m	4.498390160659	10.19839016066	4.61839016066	0.84839016066	10.19839016066
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	3
Vertex 3 X-coordinate	m	-9.57272155E-01	-8.99202188E-01	5.140797811846	-3.52920219E+00	-8.99202188E-01
Vertex 3 Y-coordinate	m	4.050198671871	10.19839016066	10.19839016066	0.84839016066	10.19839016066
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	0	3
Vertex 4 X-coordinate	m	-9.57272155E-01	-8.99202188E-01	5.140797811846	-3.52920219E+00	-8.99202188E-01
Vertex 4 Y-coordinate	m	4.050198671871	10.19839016066	10.19839016066	1.003532509126	8.608387657768
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	2.18	3	0	4.72769755596
Vertex 5 X-coordinate	m				-2.45225316E+00	
Vertex 5 Y-coordinate	m				1.600988761745	
Vertex 5 Z-coordinate	m				0	
Vertex 6 X-coordinate	m				-1.60389339E+00	
Vertex 6 Y-coordinate	m				2.494495060639	
Vertex 6 Z-coordinate	m				0	
Vertex 7 X-coordinate	m				-1.06349575E+00	
Vertex 7 Y-coordinate	m				3.610546311755	
Vertex 7 Z-coordinate	m				0	
Vertex 8 X-coordinate	m				-9.57272155E-01	
Vertex 8 Y-coordinate	m				4.050198671871	
Vertex 8 Z-coordinate	m				0	
Vertex 9 X-coordinate	m				-8.99202188E-01	
Vertex 9 Y-coordinate	m				4.498390160659	
Vertex 9 Z-coordinate	m				0	
Vertex 10 X-coordinate	m				-8.99202188E-01	
Vertex 10 Y-coordinate	m				10.19839016066	
Vertex 10 Z-coordinate	m				0	
Vertex 11 X-coordinate	m				5.140797811846	
Vertex 11 Y-coordinate	m				10.19839016066	
Vertex 11 Z-coordinate	m				0	
Vertex 12 X-coordinate	m				5.140797811846	
Vertex 12 Y-coordinate	m				4.61839016066	
Vertex 12 Z-coordinate	m				0	
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj21	Obj22	Obj23	Obj24	Obj25
Name		OS:Surface 38	OS:Surface 25	OS:Surface 27	OS:Surface 36	OS:Surface 29
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		C02_MURO_EXTEI	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C02_MURO_EXTEI	C04_Tabique_interi
Zone Name		Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2
Outside Boundary Condition		Outdoors	Surface	Surface	Outdoors	Surface
Outside Boundary Condition Object			OS:Surface 9	OS:Surface 3		OS:Surface 56
Sun Exposure		SunExposed	NoSun	NoSun	SunExposed	NoSun
Wind Exposure		WindExposed	NoWind	NoWind	WindExposed	NoWind
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	9,120797811846	-8,99202188E-01	-8,99202188E-01	5,140797811846	-8,99202188E-01
Vertex 1 Y-coordinate	m	0,84839016066	5,758390160659	7,09839016066	10,19839016066	10,19839016066
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3
Vertex 2 X-coordinate	m	9,120797811846	-8,99202188E-01	-8,99202188E-01	5,140797811846	-8,99202188E-01
Vertex 2 Y-coordinate	m	0,84839016066	5,758390160659	7,09839016066	10,19839016066	10,19839016066
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	2,18	0
Vertex 3 X-coordinate	m	9,120797811846	-8,99202188E-01	-8,99202188E-01	-8,99202188E-01	-8,99202188E-01
Vertex 3 Y-coordinate	m	4,61839016066	4,498390160659	6,253390160659	10,19839016066	7,09839016066
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	2,18	0
Vertex 4 X-coordinate	m	9,120797811846	-8,99202188E-01	-8,99202188E-01	-8,99202188E-01	-8,99202188E-01
Vertex 4 Y-coordinate	m	4,61839016066	4,498390160659	6,253390160659	10,19839016066	7,09839016066
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3
Vertex 5 X-coordinate	m					
Vertex 5 Y-coordinate	m					
Vertex 5 Z-coordinate	m					
Vertex 6 X-coordinate	m					
Vertex 6 Y-coordinate	m					
Vertex 6 Z-coordinate	m					
Vertex 7 X-coordinate	m					
Vertex 7 Y-coordinate	m					
Vertex 7 Z-coordinate	m					
Vertex 8 X-coordinate	m					
Vertex 8 Y-coordinate	m					
Vertex 8 Z-coordinate	m					
Vertex 9 X-coordinate	m					
Vertex 9 Y-coordinate	m					
Vertex 9 Z-coordinate	m					
Vertex 10 X-coordinate	m					
Vertex 10 Y-coordinate	m					
Vertex 10 Z-coordinate	m					
Vertex 11 X-coordinate	m					
Vertex 11 Y-coordinate	m					
Vertex 11 Z-coordinate	m					
Vertex 12 X-coordinate	m					
Vertex 12 Y-coordinate	m					
Vertex 12 Z-coordinate	m					
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj26	Obj27	Obj28	Obj29	Obj30
Name		OS:Surface 37	OS:Surface 32	OS:Surface 34	OS:Surface 54	OS:Surface 58
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi
Zone Name		Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 4	Zone 4
Outside Boundary Condition		Surface	Surface	Surface	Surface	Surface
Outside Boundary Condition Object		OS:Surface 48	OS:Surface 15	OS:Surface 17	OS:Surface 12	OS:Surface 5
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	9,120797811846	-1,06349575E+00	-2,45225316E+00	-2,02257305E+00	-2,74507323359
Vertex 1 Y-coordinate	m	4,61839016066	3,610546311755	1,600988761745	-3,65501288E+00	-2,58742499E+00
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3
Vertex 2 X-coordinate	m	9,120797811846	-1,06349575E+00	-2,45225316E+00	-2,02257305E+00	-2,74507323359
Vertex 2 Y-coordinate	m	4,61839016066	3,610546311755	1,600988761745	-3,65501288E+00	-2,58742499E+00
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	5,140797811846	-1,60389339E+00	-3,52920219E+00	-1,59507323359	-2,61874852E+00
Vertex 3 Y-coordinate	m	4,61839016066	2,494495060639	1,003532509126	-3,73742499E+00	-3,11143731E+00
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	5,140797811846	-1,60389339E+00	-3,52920219E+00	-1,59507323359	-2,61874852E+00
Vertex 4 Y-coordinate	m	4,61839016066	2,494495060639	1,003532509126	-3,73742499E+00	-3,11143731E+00
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3
Vertex 5 X-coordinate	m					
Vertex 5 Y-coordinate	m					
Vertex 5 Z-coordinate	m					
Vertex 6 X-coordinate	m					
Vertex 6 Y-coordinate	m					
Vertex 6 Z-coordinate	m					
Vertex 7 X-coordinate	m					
Vertex 7 Y-coordinate	m					
Vertex 7 Z-coordinate	m					
Vertex 8 X-coordinate	m					
Vertex 8 Y-coordinate	m					
Vertex 8 Z-coordinate	m					
Vertex 9 X-coordinate	m					
Vertex 9 Y-coordinate	m					
Vertex 9 Z-coordinate	m					
Vertex 10 X-coordinate	m					
Vertex 10 Y-coordinate	m					
Vertex 10 Z-coordinate	m					
Vertex 11 X-coordinate	m					
Vertex 11 Y-coordinate	m					
Vertex 11 Z-coordinate	m					
Vertex 12 X-coordinate	m					
Vertex 12 Y-coordinate	m					
Vertex 12 Z-coordinate	m					
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj31	Obj32	Obj33	Obj34	Obj35
Name		OS:Surface 60	OS:Surface 53	OS:Surface 59	OS:Surface 61	OS:Surface 62
Surface Type		Wall	Floor	Wall	Wall	Roof
Construction Name		C04_Tabique_interi	Suelo Radiante	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C05_Tejado
Zone Name		Zone 4	Zone 4	Zone 4	Zone 4	Zone 4
Outside Boundary Condition		Surface	Ground	Surface	Surface	Outdoors
Outside Boundary Condition Object		OS:Surface 13		OS:Surface 2	OS:Surface 8	
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	SunExposed
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	WindExposed
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	8	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	-2.39874852E+00	0.284926766411	-2.74507323359	-2.61874852E+00	0.28492676641
Vertex 1 Y-coordinate	m	-3.40998565E+00	-3.73742499E+00	-6.37424991E-01	-3.11143731E+00	-2.22742749E+00
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	0	3	3	4.72769755596
Vertex 2 X-coordinate	m	-2.39874852E+00	-1.59507323359	-2.74507323359	-2.61874852E+00	0.28492676641
Vertex 2 Y-coordinate	m	-3.40998565E+00	-3.73742499E+00	-6.37424991E-01	-3.11143731E+00	-6.37424991E-01
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	3
Vertex 3 X-coordinate	m	-2.02257305E+00	-2.02257305E+00	-2.74507323359	-2.39874852E+00	-2.74507323359
Vertex 3 Y-coordinate	m	-3.65501288E+00	-3.65501288E+00	-2.58742499E+00	-3.40998565E+00	-6.37424991E-01
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	0	3
Vertex 4 X-coordinate	m	-2.02257305E+00	-2.39874852E+00	-2.74507323359	-2.39874852E+00	-2.74507323359
Vertex 4 Y-coordinate	m	-3.65501288E+00	-3.40998565E+00	-2.58742499E+00	-3.40998565E+00	-2.22742749E+00
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	0	3	3	4.72769755596
Vertex 5 X-coordinate	m		-2.61874852E+00			
Vertex 5 Y-coordinate	m		-3.11143731E+00			
Vertex 5 Z-coordinate	m		0			
Vertex 6 X-coordinate	m		-2.74507323359			
Vertex 6 Y-coordinate	m		-2.58742499E+00			
Vertex 6 Z-coordinate	m		0			
Vertex 7 X-coordinate	m		-2.74507323359			
Vertex 7 Y-coordinate	m		-6.37424991E-01			
Vertex 7 Z-coordinate	m		0			
Vertex 8 X-coordinate	m		0.28492676641			
Vertex 8 Y-coordinate	m		-6.37424991E-01			
Vertex 8 Z-coordinate	m		0			
Vertex 9 X-coordinate	m					
Vertex 9 Y-coordinate	m					
Vertex 9 Z-coordinate	m					
Vertex 10 X-coordinate	m					
Vertex 10 Y-coordinate	m					
Vertex 10 Z-coordinate	m					
Vertex 11 X-coordinate	m					
Vertex 11 Y-coordinate	m					
Vertex 11 Z-coordinate	m					
Vertex 12 X-coordinate	m					
Vertex 12 Y-coordinate	m					
Vertex 12 Z-coordinate	m					
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj36	Obj37	Obj38	Obj39	Obj40
Name		OS:Surface 63	OS:Surface 57	OS:Surface 56	OS:Surface 55	OS:Surface 67
Surface Type		Roof	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		C05_Tejado	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C02_MURO_EXTEI	C02_MURO_EXTEI
Zone Name		Zone 4	Zone 4	Zone 4	Zone 4	Zone 4
Outside Boundary Condition		Outdoors	Surface	Surface	Outdoors	Ground
Outside Boundary Condition Object			OS:Surface 10	OS:Surface 29		
Sun Exposure		SunExposed	NoSun	NoSun	SunExposed	NoSun
Wind Exposure		WindExposed	NoWind	NoWind	WindExposed	NoWind
View Factor to Ground						
Number of Vertices		8	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	-2,74507323359	-1,59507323359	0,284926766411	0,28492676641	0,28492676641
Vertex 1 Y-coordinate	m	-2,22742749E+00	-3,73742499E+00	-3,73742499E+00	-6,37424991E-01	-6,37424991E-01
Vertex 1 Z-coordinate	m	4,72769755596	3	3	3	2,18
Vertex 2 X-coordinate	m	-2,74507323359	-1,59507323359	0,284926766411	0,28492676641	0,28492676641
Vertex 2 Y-coordinate	m	-2,58742499E+00	-3,73742499E+00	-3,73742499E+00	-6,37424991E-01	-6,37424991E-01
Vertex 2 Z-coordinate	m	4,647547169811	0	0	2,18	0
Vertex 3 X-coordinate	m	-2,61874852E+00	0,284926766411	0,28492676641	-2,74507323359	-2,74507323359
Vertex 3 Y-coordinate	m	-3,11143731E+00	-3,73742499E+00	-6,37424991E-01	-6,37424991E-01	-6,37424991E-01
Vertex 3 Z-coordinate	m	4,530880276229	0	0	2,18	0
Vertex 4 X-coordinate	m	-2,39874852E+00	0,284926766411	0,28492676641	-2,74507323359	-2,74507323359
Vertex 4 Y-coordinate	m	-3,40998565E+00	-3,73742499E+00	-6,37424991E-01	-6,37424991E-01	-6,37424991E-01
Vertex 4 Z-coordinate	m	4,464411023373	3	3	3	2,18
Vertex 5 X-coordinate	m	-2,02257305E+00				
Vertex 5 Y-coordinate	m	-3,65501288E+00				
Vertex 5 Z-coordinate	m	4,409857789892				
Vertex 6 X-coordinate	m	-1,59507323359				
Vertex 6 Y-coordinate	m	-3,73742499E+00				
Vertex 6 Z-coordinate	m	4,391509433962				
Vertex 7 X-coordinate	m	0,284926766411				
Vertex 7 Y-coordinate	m	-3,73742499E+00				
Vertex 7 Z-coordinate	m	4,391509433962				
Vertex 8 X-coordinate	m	0,28492676641				
Vertex 8 Y-coordinate	m	-2,22742749E+00				
Vertex 8 Z-coordinate	m	4,72769755596				
Vertex 9 X-coordinate	m					
Vertex 9 Y-coordinate	m					
Vertex 9 Z-coordinate	m					
Vertex 10 X-coordinate	m					
Vertex 10 Y-coordinate	m					
Vertex 10 Z-coordinate	m					
Vertex 11 X-coordinate	m					
Vertex 11 Y-coordinate	m					
Vertex 11 Z-coordinate	m					
Vertex 12 X-coordinate	m					
Vertex 12 Y-coordinate	m					
Vertex 12 Z-coordinate	m					
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj41	Obj42	Obj43	Obj44	Obj45
Name		OS:Surface 19	OS:Surface 23	OS:Surface 8	OS:Surface 22	OS:Surface 6
Surface Type		Wall	Roof	Wall	Wall	Wall
Construction Name		C02_MURO_EXTEI	C05_Tejado	C04_Tabique_interi	C02_MURO_EXTEI	C02_MURO_EXTEI
Zone Name		Zone 1	Zone 1	Zone 1	Zone 1	Zone 1
Outside Boundary Condition		Outdoors	Outdoors	Surface	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object				OS:Surface 61		
Sun Exposure		SunExposed	SunExposed	NoSun	SunExposed	SunExposed
Wind Exposure		WindExposed	WindExposed	NoWind	WindExposed	WindExposed
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	4	3	4
Vertex 1 X-coordinate	m	0,903446652592	8,103446652592	8,449771367199	0,903446652592	8,103446652592
Vertex 1 Y-coordinate	m	-4,95808489E+00	2,801912605303	1,619354450462	2,801912605303	4,391915108194
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	4,72769755596	3	4,72769755596	3
Vertex 2 X-coordinate	m	0,903446652592	8,103446652592	8,449771367199	0,903446652592	8,103446652592
Vertex 2 Y-coordinate	m	-4,95808489E+00	4,391915108194	1,619354450462	4,391915108194	4,391915108194
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	3	0	3	2,18
Vertex 3 X-coordinate	m	8,503446652593	0,903446652592	8,2297713672	0,903446652592	0,903446652592
Vertex 3 Y-coordinate	m	-4,95808489E+00	4,391915108194	1,917902789564	-4,95808489E+00	4,391915108194
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	3	0	3	2,18
Vertex 4 X-coordinate	m	8,503446652593	0,903446652592	8,2297713672		0,903446652592
Vertex 4 Y-coordinate	m	-4,95808489E+00	2,801912605303	1,917902789564		4,391915108194
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	4,72769755596	3		3
Vertex 5 X-coordinate	m					
Vertex 5 Y-coordinate	m					
Vertex 5 Z-coordinate	m					
Vertex 6 X-coordinate	m					
Vertex 6 Y-coordinate	m					
Vertex 6 Z-coordinate	m					
Vertex 7 X-coordinate	m					
Vertex 7 Y-coordinate	m					
Vertex 7 Z-coordinate	m					
Vertex 8 X-coordinate	m					
Vertex 8 Y-coordinate	m					
Vertex 8 Z-coordinate	m					
Vertex 9 X-coordinate	m					
Vertex 9 Y-coordinate	m					
Vertex 9 Z-coordinate	m					
Vertex 10 X-coordinate	m					
Vertex 10 Y-coordinate	m					
Vertex 10 Z-coordinate	m					
Vertex 11 X-coordinate	m					
Vertex 11 Y-coordinate	m					
Vertex 11 Z-coordinate	m					
Vertex 12 X-coordinate	m					
Vertex 12 Y-coordinate	m					
Vertex 12 Z-coordinate	m					
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj46	Obj47	Obj48	Obj49	Obj50
Name		OS:Surface 7	OS:Surface 16	OS:Surface 13	OS:Surface 11	OS:Surface 15
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi
Zone Name		Zone 1	Zone 1	Zone 1	Zone 1	Zone 1
Outside Boundary Condition		Surface	Surface	Surface	Surface	Surface
Outside Boundary Condition Object		OS:Surface 35	OS:Surface 30	OS:Surface 60	OS:Surface 33	OS:Surface 32
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	1,10753767E+01	9,58039567874	8,825946838534	1,11334467E+01	1,04287555E+01
Vertex 1 Y-coordinate	m	-1,75627638E+00	-4,20548629072	1,374327215335	-4,80848918E-02	-3,31197999E+00
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3
Vertex 2 X-coordinate	m	1,10753767E+01	9,58039567874	8,825946838534	1,11334467E+01	1,04287555E+01
Vertex 2 Y-coordinate	m	-1,75627638E+00	-4,20548629072	1,374327215335	-4,80848918E-02	-3,31197999E+00
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	1,11334467E+01	1,04287555E+01	8,449771367199	1,11334467E+01	1,09691531E+01
Vertex 3 Y-coordinate	m	-1,30808489E+00	-3,31197999E+00	1,619354450462	0,446915108194	-2,19592874E+00
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	1,11334467E+01	1,04287555E+01	8,449771367199	1,11334467E+01	1,09691531E+01
Vertex 4 Y-coordinate	m	-1,30808489E+00	-3,31197999E+00	1,619354450462	0,446915108194	-2,19592874E+00
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3
Vertex 5 X-coordinate	m					
Vertex 5 Y-coordinate	m					
Vertex 5 Z-coordinate	m					
Vertex 6 X-coordinate	m					
Vertex 6 Y-coordinate	m					
Vertex 6 Z-coordinate	m					
Vertex 7 X-coordinate	m					
Vertex 7 Y-coordinate	m					
Vertex 7 Z-coordinate	m					
Vertex 8 X-coordinate	m					
Vertex 8 Y-coordinate	m					
Vertex 8 Z-coordinate	m					
Vertex 9 X-coordinate	m					
Vertex 9 Y-coordinate	m					
Vertex 9 Z-coordinate	m					
Vertex 10 X-coordinate	m					
Vertex 10 Y-coordinate	m					
Vertex 10 Z-coordinate	m					
Vertex 11 X-coordinate	m					
Vertex 11 Y-coordinate	m					
Vertex 11 Z-coordinate	m					
Vertex 12 X-coordinate	m					
Vertex 12 Y-coordinate	m					
Vertex 12 Z-coordinate	m					
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj51	Obj52	Obj53	Obj54	Obj55
Name		OS:Surface 68	OS:Surface 18	OS:Surface 1	OS:Surface 17	OS:Surface 12
Surface Type		Wall	Wall	Floor	Wall	Wall
Construction Name		C02_MURO_EXTEI	C04_Tabique_interi	Suelo Radiante	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi
Zone Name		Zone 1	Zone 1	Zone 1	Zone 1	Zone 1
Outside Boundary Condition		Ground	Surface	Ground	Surface	Surface
Outside Boundary Condition Object			OS:Surface 28		OS:Surface 34	OS:Surface 54
Sun Exposure		NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun
Wind Exposure		NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	16	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	8,103446652592	8,503446652593	1,11334467E+01	8,503446652593	9,253446652592
Vertex 1 Y-coordinate	m	4,391915108194	-4,95808489E+00	-1,30808489E+00	-4,80294254E+00	1,291915108194
Vertex 1 Z-coordinate	m	2,18	3	0	3	3
Vertex 2 X-coordinate	m	8,103446652592	8,503446652593	1,10753767E+01	8,503446652593	9,253446652592
Vertex 2 Y-coordinate	m	4,391915108194	-4,95808489E+00	-1,75627638E+00	-4,80294254E+00	1,291915108194
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	0,903446652592	8,503446652593	1,09691531E+01	9,58039567874	8,825946838534
Vertex 3 Y-coordinate	m	4,391915108194	-4,80294254E+00	-2,19592874E+00	-4,20548629072	1,374327215335
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	0,903446652592	8,503446652593	1,04287555E+01	9,58039567874	8,825946838534
Vertex 4 Y-coordinate	m	4,391915108194	-4,80294254E+00	-3,31197999E+00	-4,20548629072	1,374327215335
Vertex 4 Z-coordinate	m	2,18	3	0	3	3
Vertex 5 X-coordinate	m			9,58039567874		
Vertex 5 Y-coordinate	m			-4,20548629072		
Vertex 5 Z-coordinate	m			0		
Vertex 6 X-coordinate	m			8,503446652593		
Vertex 6 Y-coordinate	m			-4,80294254E+00		
Vertex 6 Z-coordinate	m			0		
Vertex 7 X-coordinate	m			8,503446652593		
Vertex 7 Y-coordinate	m			-4,95808489E+00		
Vertex 7 Z-coordinate	m			0		
Vertex 8 X-coordinate	m			0,903446652592		
Vertex 8 Y-coordinate	m			-4,95808489E+00		
Vertex 8 Z-coordinate	m			0		
Vertex 9 X-coordinate	m			0,903446652592		
Vertex 9 Y-coordinate	m			4,391915108194		
Vertex 9 Z-coordinate	m			0		
Vertex 10 X-coordinate	m			8,103446652592		
Vertex 10 Y-coordinate	m			4,391915108194		
Vertex 10 Z-coordinate	m			0		
Vertex 11 X-coordinate	m			8,103446652592		
Vertex 11 Y-coordinate	m			2,441915108194		
Vertex 11 Z-coordinate	m			0		
Vertex 12 X-coordinate	m			8,2297713672		
Vertex 12 Y-coordinate	m			1,917902789564		
Vertex 12 Z-coordinate	m			0		
Vertex 13 X-coordinate	m			8,449771367199		
Vertex 13 Y-coordinate	m			1,619354450462		
Vertex 13 Z-coordinate	m			0		
Vertex 14 X-coordinate	m			8,825946838534		
Vertex 14 Y-coordinate	m			1,374327215335		
Vertex 14 Z-coordinate	m			0		
Vertex 15 X-coordinate	m			9,253446652592		
Vertex 15 Y-coordinate	m			1,291915108194		
Vertex 15 Z-coordinate	m			0		
Vertex 16 X-coordinate	m			1,11334467E+01		
Vertex 16 Y-coordinate	m			1,291915108194		
Vertex 16 Z-coordinate	m			0		
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj56	Obj57	Obj58	Obj59	Obj60
Name		OS:Surface 14	OS:Surface 20	OS:Surface 10	OS:Surface 3	OS:Surface 5
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		C04_Tabique_interi	C02_MURO_EXTEI	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi
Zone Name		Zone 1	Zone 1	Zone 1	Zone 1	Zone 1
Outside Boundary Condition		Surface	Outdoors	Surface	Surface	Surface
Outside Boundary Condition Object		OS:Surface 31		OS:Surface 57	OS:Surface 27	OS:Surface 58
Sun Exposure		NoSun	SunExposed	NoSun	NoSun	NoSun
Wind Exposure		NoWind	WindExposed	NoWind	NoWind	NoWind
View Factor to Ground						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	1,09691531E+01	0,903446652592	1,11334467E+01	1,11334467E+01	8,2297713672
Vertex 1 Y-coordinate	m	-2,19592874E+00	4,391915108194	1,291915108194	0,446915108194	1,917902789564
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3
Vertex 2 X-coordinate	m	1,09691531E+01	0,903446652592	1,11334467E+01	1,11334467E+01	8,2297713672
Vertex 2 Y-coordinate	m	-2,19592874E+00	4,391915108194	1,291915108194	0,446915108194	1,917902789564
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	1,10753767E+01	0,903446652592	9,253446652592	1,11334467E+01	8,103446652592
Vertex 3 Y-coordinate	m	-1,75627638E+00	-4,95808489E+00	1,291915108194	1,291915108194	2,441915108194
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	1,10753767E+01	0,903446652592	9,253446652592	1,11334467E+01	8,103446652592
Vertex 4 Y-coordinate	m	-1,75627638E+00	-4,95808489E+00	1,291915108194	1,291915108194	2,441915108194
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	3	3	3	3
Vertex 5 X-coordinate	m					
Vertex 5 Y-coordinate	m					
Vertex 5 Z-coordinate	m					
Vertex 6 X-coordinate	m					
Vertex 6 Y-coordinate	m					
Vertex 6 Z-coordinate	m					
Vertex 7 X-coordinate	m					
Vertex 7 Y-coordinate	m					
Vertex 7 Z-coordinate	m					
Vertex 8 X-coordinate	m					
Vertex 8 Y-coordinate	m					
Vertex 8 Z-coordinate	m					
Vertex 9 X-coordinate	m					
Vertex 9 Y-coordinate	m					
Vertex 9 Z-coordinate	m					
Vertex 10 X-coordinate	m					
Vertex 10 Y-coordinate	m					
Vertex 10 Z-coordinate	m					
Vertex 11 X-coordinate	m					
Vertex 11 Y-coordinate	m					
Vertex 11 Z-coordinate	m					
Vertex 12 X-coordinate	m					
Vertex 12 Y-coordinate	m					
Vertex 12 Z-coordinate	m					
Vertex 13 X-coordinate	m					
Vertex 13 Y-coordinate	m					
Vertex 13 Z-coordinate	m					
Vertex 14 X-coordinate	m					
Vertex 14 Y-coordinate	m					
Vertex 14 Z-coordinate	m					
Vertex 15 X-coordinate	m					
Vertex 15 Y-coordinate	m					
Vertex 15 Z-coordinate	m					
Vertex 16 X-coordinate	m					
Vertex 16 Y-coordinate	m					
Vertex 16 Z-coordinate	m					
Vertex 17 X-coordinate	m					
Vertex 17 Y-coordinate	m					
Vertex 17 Z-coordinate	m					
Vertex 18 X-coordinate	m					
Vertex 18 Y-coordinate	m					
Vertex 18 Z-coordinate	m					
Vertex 19 X-coordinate	m					
Vertex 19 Y-coordinate	m					
Vertex 19 Z-coordinate	m					

Field	Units	Obj61	Obj62	Obj63	Obj64
Name		OS:Surface 9	OS:Surface 2	OS:Surface 21	OS:Surface 41
Surface Type		Wall	Wall	Roof	Roof
Construction Name		C04_Tabique_interi	C04_Tabique_interi	C05_Tejado	C05_Tejado
Zone Name		Zone 1	Zone 1	Zone 1	Zone 2
Outside Boundary Condition		Surface	Surface	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object		OS:Surface 25	OS:Surface 59		
Sun Exposure		NoSun	NoSun	SunExposed	SunExposed
Wind Exposure		NoWind	NoWind	WindExposed	WindExposed
View Factor to Ground					
Number of Vertices		4	4	16	
Vertex 1 X-coordinate	m	1,11334467E+01	8,103446652592	0,903446652592	5,14079781E+00
Vertex 1 Y-coordinate	m	-1,30808489E+00	2,441915108194	2,801912605303	8,60838766E+00
Vertex 1 Z-coordinate	m	3	3	4,72769755596	4,72769755596
Vertex 2 X-coordinate	m	1,11334467E+01	8,103446652592	0,903446652592	-8,99202188E-01
Vertex 2 Y-coordinate	m	-1,30808489E+00	2,441915108194	-4,95808489E+00	8,60838766E+00
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	3	4,72769755596
Vertex 3 X-coordinate	m	1,11334467E+01	8,103446652592	8,503446652593	-8,99202188E-01
Vertex 3 Y-coordinate	m	-4,80848918E-02	4,391915108194	-4,95808489E+00	4,49839016E+00
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0	3	3,81264151E+00
Vertex 4 X-coordinate	m	1,11334467E+01	8,103446652592	8,503446652593	-9,57272155E-01
Vertex 4 Y-coordinate	m	-4,80848918E-02	4,391915108194	-4,80294254E+00	4,05019867E+00
Vertex 4 Z-coordinate	m	3	3	3,03454112664	3,71285548E+00
Vertex 5 X-coordinate	m			9,58039567874	-1,06349575E+00
Vertex 5 Y-coordinate	m			-4,20548629072	3,61054631E+00
Vertex 5 Z-coordinate	m			3,167559688544	3,61497061E+00
Vertex 6 X-coordinate	m			1,04287555E+01	-1,60389339E+00
Vertex 6 Y-coordinate	m			-3,31197999E+00	2,49449506E+00
Vertex 6 Z-coordinate	m			3,366491279618	3,36649128E+00
Vertex 7 X-coordinate	m			1,09691531E+01	-2,45225316E+00
Vertex 7 Y-coordinate	m			-2,19592874E+00	1,60098876E+00
Vertex 7 Z-coordinate	m			3,614970614772	3,16755969E+00
Vertex 8 X-coordinate	m			1,10753767E+01	-3,52920219E+00
Vertex 8 Y-coordinate	m			-1,75627638E+00	1,00353251E+00
Vertex 8 Z-coordinate	m			3,712855479855	3,03454113E+00
Vertex 9 X-coordinate	m			1,11334467E+01	-3,52920219E+00
Vertex 9 Y-coordinate	m			-1,30808489E+00	8,48390161E-01
Vertex 9 Z-coordinate	m			3,812641509434	3
Vertex 10 X-coordinate	m			1,11334467E+01	9,12079781E+00
Vertex 10 Y-coordinate	m			1,291915108194	8,48390161E-01
Vertex 10 Z-coordinate	m			4,391509433962	3
Vertex 11 X-coordinate	m			9,253446652592	9,12079781E+00
Vertex 11 Y-coordinate	m			1,291915108194	4,52828834E+00
Vertex 11 Z-coordinate	m			4,391509433962	3,81929809E+00
Vertex 12 X-coordinate	m			8,825946838534	5,14079781E+00
Vertex 12 Y-coordinate	m			1,374327215335	4,61839016E+00
Vertex 12 Z-coordinate	m			4,409857789892	3,83935849E+00
Vertex 13 X-coordinate	m			8,449771367199	
Vertex 13 Y-coordinate	m			1,619354450462	
Vertex 13 Z-coordinate	m			4,464411023373	
Vertex 14 X-coordinate	m			8,2297713672	
Vertex 14 Y-coordinate	m			1,917902789564	
Vertex 14 Z-coordinate	m			4,530880276229	
Vertex 15 X-coordinate	m			8,103446652592	
Vertex 15 Y-coordinate	m			2,441915108194	
Vertex 15 Z-coordinate	m			4,647547169811	
Vertex 16 X-coordinate	m			8,103446652592	
Vertex 16 Y-coordinate	m			2,801912605303	
Vertex 16 Z-coordinate	m			4,72769755596	
Vertex 17 X-coordinate	m				
Vertex 17 Y-coordinate	m				
Vertex 17 Z-coordinate	m				
Vertex 18 X-coordinate	m				
Vertex 18 Y-coordinate	m				
Vertex 18 Z-coordinate	m				
Vertex 19 X-coordinate	m				
Vertex 19 Y-coordinate	m				
Vertex 19 Z-coordinate	m				

Fenestration Surface Detailed

Para aquellos elementos que no son paramentos, tales como ventanas, puertas o lucernarios, se caracterizan de una forma semejante al *building surface detailed*.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		Z2 lucernario V1	Z2 V9	Z2 V7	Z2 puerta acristalad	Z2 V11
Surface Type		Window	Window	Window	GlassDoor	Window
Construction Name		H01	H12	H10	H06	H13
Building Surface Name		OS:Surface 52	OS:Surface 39	OS:Surface 39	OS:Surface 39	OS:Surface 39
Outside Boundary Condition Object						
View Factor to Ground						
Shading Control Name		Sombras lucernarios				
Frame and Divider Name						
Multiplier						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	-6,05979710E-01	2,921785660212	-3,46821434E+00	0,771785660212	5,481785660212
Vertex 1 Y-coordinate	m	-4,34220123E-01	0,84839016066	0,84839016066	0,84839016066	0,84839016066
Vertex 1 Z-coordinate	m	4,590544067496	2,27	2,27	2,27	2,27
Vertex 2 X-coordinate	m	-6,05979710E-01	2,921785660212	-3,46821434E+00	0,771785660212	5,481785660212
Vertex 2 Y-coordinate	m	0,917956672819	0,84839016066	0,84839016066	0,84839016066	0,84839016066
Vertex 2 Z-coordinate	m	3,121268050145	0,42	0,42	0,047105766346	0,42
Vertex 3 X-coordinate	m	-4,34371171E+00	4,381785660212	-9,88214340E-01	2,771785660212	6,381785660212
Vertex 3 Y-coordinate	m	0,917956672819	0,84839016066	0,84839016066	0,84839016066	0,84839016066
Vertex 3 Z-coordinate	m	3,121268050145	0,42	0,42	0,047105766346	0,42
Vertex 4 X-coordinate	m	-4,34371171E+00	4,381785660212	-9,88214340E-01	2,771785660212	6,381785660212
Vertex 4 Y-coordinate	m	-4,34220123E-01	0,84839016066	0,84839016066	0,84839016066	0,84839016066
Vertex 4 Z-coordinate	m	4,590544067496	2,27	2,27	2,27	2,27

Figura 5.21 - Parámetros térmicos objeto *fenestration surface idf e+*.

1/5

Field	Units	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		Z2 V10	Z2 V8	Z2 lucernario V3	Z2 velux V2	Z1 lucernario V1
Surface Type		Window	Window	Window	Window	Window
Construction Name		H13	H11	H01	H02	H01
Building Surface Name		OS:Surface 39	OS:Surface 39	OS:Surface 42	OS:Surface 42	OS:Surface 42
Outside Boundary Condition Object						
View Factor to Ground						
Shading Control Name				Sombras lucernarios		Sombras lucernarios
Frame and Divider Name						
Multiplier						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	4,531785660212	-8,38214340E-01	5,054955443099	2,677797811846	1,3066393138
Vertex 1 Y-coordinate	m	0,84839016066	0,84839016066	8,734610207071	9,10799536416	8,734610207071
Vertex 1 Z-coordinate	m	2,27	2,27	4,590544067496	4,184823559408	4,590544067496
Vertex 2 X-coordinate	m	4,531785660212	-8,38214340E-01	5,054955443099	2,677797811846	1,3066393138
Vertex 2 Y-coordinate	m	0,84839016066	0,84839016066	1,01065701E+01	9,651768206083	1,01065701E+01
Vertex 2 Z-coordinate	m	0,42	0,42	3,099771748246	3,593959703358	3,099771748246
Vertex 3 X-coordinate	m	5,331785660212	0,621785660212	2,928608281386	1,563797811846	-0,78518269098
Vertex 3 Y-coordinate	m	0,84839016066	0,84839016066	1,01065701E+01	9,651768206083	1,01065701E+01
Vertex 3 Z-coordinate	m	0,42	0,42	3,099771748246	3,593959703358	3,099771748246
Vertex 4 X-coordinate	m	5,331785660212	0,621785660212	2,928608281386	1,563797811846	-0,78518269098
Vertex 4 Y-coordinate	m	0,84839016066	0,84839016066	8,734610207071	9,10799536416	8,734610207071
Vertex 4 Z-coordinate	m	2,27	2,27	4,590544067496	4,184823559408	4,590544067496

2/5

Field	Units	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15
Name		Z2 puerta acristalad	Z2 velux V4	Z2 velux V5	Z4 lucernario V1	Z1 V5
Surface Type		GlassDoor	Window	Window	Window	Window
Construction Name		H03	H02	H02	H01	H08
Building Surface Name		OS:Surface 38	OS:Surface 41	OS:Surface 41	OS:Surface 62	OS:Surface 19
Outside Boundary Condition Object						
View Factor to Ground						
Shading Control Name					Sombras lucernarios	
Frame and Divider Name						
Multiplier						
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	9,120797811846	-1,18725955E-01	1,719259768424	0,200774579521	4,941446652592
Vertex 1 Y-coordinate	m	1,840187899018	6,63251410651	6,63251410651	-2,10120494E+00	-4,95808489E+00
Vertex 1 Z-coordinate	m	2,1	4,287786086057	4,287786086057	4,590544067496	2,27
Vertex 2 X-coordinate	m	9,120797811846	-1,18725955E-01	1,719259768424	0,200774579521	4,941446652592
Vertex 2 Y-coordinate	m	1,840187899018	5,694481704658	5,694481704658	-7,29245072E-01	-4,95808489E+00
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	4,078941136211	4,078941136211	3,099771748246	0,42
Vertex 3 X-coordinate	m	9,120797811846	0,842274044757	2,610488475129	-2,63431464E+00	5,861446652592
Vertex 3 Y-coordinate	m	2,810187899018	5,694481704658	5,694481704658	-7,29245072E-01	-4,95808489E+00
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	4,078941136211	4,078941136211	3,099771748246	0,42
Vertex 4 X-coordinate	m	9,120797811846	0,842274044757	2,610488475129	-2,63431464E+00	5,861446652592
Vertex 4 Y-coordinate	m	2,810187899018	6,63251410651	6,63251410651	-2,10120494E+00	-4,95808489E+00
Vertex 4 Z-coordinate	m	2,1	4,287786086057	4,287786086057	4,590544067497	2,27

3/5

Field	Units	Obj16	Obj17	Obj18	Obj19	Obj20
Name		Z1 V4	Z1 V6	Z1 Lucernario V2	Z1 Puerta garaje	Z3 triangular V2
Surface Type		Window	Window	Window	GlassDoor	Window
Construction Name		H07	H09	H01	H04	H05
Building Surface Name		OS:Surface 19	OS:Surface 19	OS:Surface 23	OS:Surface 20	OS:Surface 50
Outside Boundary Condition Object						
View Factor to Ground						
Shading Control Name				Sombras lucernarios		
Frame and Divider Name						
Multiplier						
Number of Vertices		4	4	4	4	3
Vertex 1 X-coordinate	m	3,871446652592	6,011446652592	7,998380590371	0,903446652592	-5,26834475E-01
Vertex 1 Y-coordinate	m	-4,95808489E+00	-4,95808489E+00	2,928135154606	-1,08076803E+00	-1,55072482E+00
Vertex 1 Z-coordinate	m	2,27	2,27	4,590544067496	2,25	3,501903835913
Vertex 2 X-coordinate	m	3,871446652592	6,011446652592	7,998380590371	0,903446652592	-5,26834475E-01
Vertex 2 Y-coordinate	m	-4,95808489E+00	-4,95808489E+00	4,300095027254	-1,08076803E+00	0,359274550001
Vertex 2 Z-coordinate	m	0,42	0,42	3,099771748246	0	3,503457325609
Vertex 3 X-coordinate	m	4,791446652592	8,451446652592	1,010380590371	0,903446652592	-5,26834475E-01
Vertex 3 Y-coordinate	m	-4,95808489E+00	-4,95808489E+00	4,300095027254	-4,73076803E+00	-5,48975454E-01
Vertex 3 Z-coordinate	m	0,42	0,42	3,099771748246	0	4,502247558968
Vertex 4 X-coordinate	m	4,791446652592	8,451446652592	1,010380590371	0,903446652592	
Vertex 4 Y-coordinate	m	-4,95808489E+00	-4,95808489E+00	2,928135154606	-4,73076803E+00	
Vertex 4 Z-coordinate	m	2,27	2,27	4,590544067496	2,25	

4/5

Field	Units	Obj21	Obj22	Obj23		
Name		Z2 triangular V6	Z1 triangular V2	Z1 triangular V3		
Surface Type		Window	Window	Window		
Construction Name		H05	H05	H05		
Building Surface Name		OS:Surface 64	OS:Surface 22	OS:Surface 22		
Outside Boundary Condition Object						
View Factor to Ground						
Shading Control Name						
Frame and Divider Name						
Multiplier						
Number of Vertices		3	3	3		
Vertex 1 X-coordinate	m	9,120797811846	0,903446652592	0,903446652592		
Vertex 1 Y-coordinate	m	3,869249327021	2,763435249242	-1,07030983E+00		
Vertex 1 Z-coordinate	m	3,086478824474	4,526381760241	3,746514478362		
Vertex 2 X-coordinate	m	9,120797811846	0,903446652592	0,903446652592		
Vertex 2 Y-coordinate	m	4,439249327021	3,741410677806	-1,07030983E+00		
Vertex 2 Z-coordinate	m	3,086478824474	3,496836199751	3,126514478362		
Vertex 3 X-coordinate	m	9,120797811846	0,903446652592	0,903446652592		
Vertex 3 Y-coordinate	m	4,439249327021	1,681417481548	-1,78079029E+00		
Vertex 3 Z-coordinate	m	3,646478824474	3,502130665764	3,131032944649		
Vertex 4 X-coordinate	m					
Vertex 4 Y-coordinate	m					
Vertex 4 Z-coordinate	m					

5/5

Windows Property Shading Control

Dado que nuestro edificio dispone de elementos que pueden proporcionar sombra, tales como valla vegetación, lucernarios o voladizo de entrada al edificio, caracterizamos dichos elementos mediante coordenadas, para que la simulación tenga en cuenta el efecto que estos objetos provocan, acorde a los horarios establecidos.

Field	Units	Obj1
Name		Sombras lucernarios
Shading Type		InteriorShade
Construction with Shading Name		
Shading Control Type		OnIfScheduleAllows
Schedule Name		Sombra lucernarios
Setpoint	W/m2, W or deg	
Shading Control Is Scheduled		Yes
Glare Control Is Active		No
Shading Device Material Name		HIGH REFLECT - L
Type of Slat Angle Control for Blinds		BlockBeamSolar
Slat Angle Schedule Name		
Setpoint 2	W/m2 or deg C	

Figura 5.22 - Parámetros térmicos objeto *window shading idf e+*.

5.2.6. Grupo Ganancias Cargas Internas

En este objeto definiremos cuales son las cargas internas en relación a personas e iluminación, con una ocupación total del edificio de 5 personas y una potencia lumínica instalada de 265W.

People

Define el calor sensible y latente aportado por las personas que ocupan el local, con valor medio por actividad y temperatura de 117 W/persona.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		SPACE1 People	SPACE2 People	SPACE3 People	SPACE4 People
Zone or ZoneList Name		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Number of People Schedule Name		OCUPACION	OCUPACION	OCUPACION	OCUPACION
Number of People Calculation Method		People	People	People	People
Number of People		0	4	1	0
People per Zone Floor Area	person/m2				
Zone Floor Area per Person	m2/person				
Fraction Radiant		0,3	0,3	0,3	0,3
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		ActSchd	ActSchd	ActSchd	ActSchd
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-W	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Angle Factor List Name					
Work Efficiency Schedule Name					
Clothing Insulation Calculation Method					
Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name					
Clothing Insulation Schedule Name					
Air Velocity Schedule Name					
Thermal Comfort Model 1 Type					
Thermal Comfort Model 2 Type					
Thermal Comfort Model 3 Type					
Thermal Comfort Model 4 Type					
Thermal Comfort Model 5 Type					

Figura 5.23 - Parámetros objeto *ganancia interna por personas idf e+*.

Lights

Define el aporte térmico por iluminación.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		SPACE1 LIGHTS	SPACE2 LIGHTS	SPACE3 LIGHTS	SPACE4 LIGHTS
Zone or ZoneList Name		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Schedule Name		ILUMINACION	ILUMINACION	ILUMINACION	ILUMINACION
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	75	150	25	15
Watts per Zone Floor Area	W/m2				
Watts per Person	W/per				
Return Air Fraction		0	0	0	0
Fraction Radiant		0,1	0,1	0,1	0,1
Fraction Visible		0,8	0,8	0,8	0,8
Fraction Replaceable		1	1	1	1
End-Use Subcategory		General	General	General	General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No	No	No
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Coefficient 1					
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Coefficient 2	1/K				

Figura 5.24 - Parámetros objeto *ganancia interna por iluminación idf e+*.

Electrical Equipment

Este objeto comprende el consumo eléctrico de todos los equipos que conforman el edificio, incluyendo los elementos necesarios para desarrollar el trabajo de la oficina, así como elementos para el funcionamiento de la maquinaria responsable de la climatización.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Equipos Zona 1	Equipos Zona 3
Zone or ZoneList Name		Zone 1	Zone 3
Schedule Name		ILUMINACION	ILUMINACION
Design Level Calculation Method		EquipmentLevel	EquipmentLevel
Design Level	W	250	450
Watts per Zone Floor Area	W/m2		
Watts per Person	W/person		
Fraction Latent		0	0
Fraction Radiant		0,3	0,3
Fraction Lost		0	0
End-Use Subcategory		ElectricEquipment	ElectricEquipment

Figura 5.25 - Parámetros objeto *ganancia interna por equipos idf e+*.

5.2.7. Grupo Infiltraciones

Una característica importante en el consumo de energía en edificios corresponde al flujo de aire entre zonas y el debido a sistemas de ventilación, tanto natural como forzada. Este grupo de objetos caracteriza esta situación de forma exhaustiva.

Zone Infiltration Design Flow Rate

La infiltración es el flujo no intencionado de aire desde el ambiente al aire libre directamente en una zona térmica. Generalmente es producida por la apertura y cierre de puertas exteriores, grietas alrededor de las ventanas e incluso en cantidades muy pequeñas a través de los elementos de construcción.

El método de cálculo elegido es el número de renovaciones hora sobre el volumen del área a modelar, que permitirá caracterizar estas infiltraciones.

Para determinar las infiltraciones de aire en huecos, utilizamos la UNE-12207, ventanas y puertas, permeabilidad al aire, clasificación [5.3], que nos permitirá calcular dichas infiltraciones por huecos para cada una de las cuatro zonas existentes. Adicionalmente, verificaremos mediante tabla adjunta:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		INF-SPACE1	INF-SPACE2	INF-SPACE3	INF-SPACE4
Zone or ZoneList Name		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Schedule Name		INFILTRACION	INFILTRACION	INFILTRACION	INFILTRACION
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s				
Flow per Zone Floor Area	m3/s-m2				
Flow per Exterior Surface Area	m3/s-m2				
Air Changes per Hour	1/hr	0,28	0,12	0,16	0,2
Constant Term Coefficient		1	1	1	1
Temperature Term Coefficient		0	0	0	0
Velocity Term Coefficient		0	0	0	0
Velocity Squared Term Coefficient		0	0	0	0

Figura 5.26 - Parámetros infiltraciones objeto *design flow rate idf e+*.

Vol. edificio	740,7 m ³
Dirección del viento más desfavorable	N
Velocidad media del viento	5,00 m/s - Velocidad estimada para Becerril 18 km/h
Orientación fachada a considerar	NO
Densidad aire en cond ext máx refrigeración	1,048 Kg/m ³
Densidad aire en cond ext máx calefacción	1,240 Kg/m ³
Densidad media para cálculo	1,144 Kg/m ³
Exponente n	0,65

Zona 1 Vol zona 321,8 m³

Infiltraciones de huecos ensayados ($\Delta P=100Pa$)

Tipo hueco	Área hueco	Perm. hueco a 100 Pa. Vinf/Ah	Cinf	Cp	ΔP a vel Cálculo	Caudal infiltrado: V inf
	m ²	m ³ /h.m ²			Pa	m ³ /h
Lucernario	14,1	9,0	0,451	0,60	8,58	25,7
Triangular	1,1	9,0	0,451	0,30	4,29	1,2
Puerta	8,2	60,0	3,007	0,30	4,29	63,5
TOTAL						90,5
Nº r/h						0,28

Zona 2 Vol zona 288,3 m³

Infiltraciones de huecos ensayados ($\Delta P=100Pa$)

Tipo hueco	Área hueco	Perm. hueco a 100 Pa. Vinf/Ah	Cinf	Cp	ΔP a vel Cálculo	Caudal infiltrado: V inf
	m ²	m ³ /h.m ²			Pa	m ³ /h
Lucernario	4,3	9,0	0,451	0,60	8,58	7,8
Lucernario	4,3	9,0	0,451	0,60	8,58	7,8
Velux	0,9	9,0	0,451	0,60	8,58	1,6
Puerta	2,1	60,0	3,007	0,30	4,29	15,9
Triangular	0,3	9,0	0,451	0,30	4,29	0,3
TOTAL						33,3
Nº r/h						0,12

Zona 3 Vol zona 92,4 m³

Infiltraciones de huecos ensayados ($\Delta P=100Pa$)

Tipo hueco	Área hueco	Perm. hueco a 100 Pa. Vinf/Ah	Cinf	Cp	ΔP a vel Cálculo	Caudal infiltrado: V inf
	m ²	m ³ /h.m ²			Pa	m ³ /h
Lucernario	7,5	9,0	0,451	0,60	8,58	13,7
Triangular	1,1	9,0	0,451	0,30	4,29	1,2
TOTAL						14,9
Nº r/h						0,16

Zona 4 Vol zona 38,2 m³

Infiltraciones de huecos ensayados ($\Delta P=100Pa$)

Tipo hueco	Área hueco	Perm. hueco a 100 Pa. Vinf/Ah	Cinf	Cp	ΔP a vel Cálculo	Caudal infiltrado: V inf
	m ²	m ³ /h.m ²			Pa	m ³ /h
Lucernario	5,8	9,0	0,451	0,60	8,58	10,5
Triangular		9,0	0,000		0,00	0,0
TOTAL						10,5
Nº r/h						0,27

TOTALES EDIFICIO	TOTAL	149,2
	Nº r/h	0,20

Tabla 5.27 - Datos infiltraciones edificio objeto.

Ventilation Design Flow Rate

Con este objeto caracterizamos el funcionamiento de la ventilación mecánica controlada, que junto con el sistema anterior permite caracterizar los flujos salientes y entrantes del sistema a simular.

Se sigue manteniendo el criterio de renovaciones/ hora en la zonas dos y cuatro, que son las que se encuentran con personas desarrollando su actividad.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Ventilacion zona 1	Ventilacion 2	Ventilación 3	Ventilación 4
Zone or ZoneList Name		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Schedule Name		VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION	VENTILACION
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s				
Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2				
Flow Rate per Person	m3/s-person				
Air Changes per Hour	1/hr	0	0,578	0,578	0
Ventilation Type		Natural	Natural	Natural	Natural
Fan Pressure Rise	Pa				
Fan Total Efficiency		1	1	1	1
Constant Term Coefficient		1	1	1	1
Temperature Term Coefficient					
Velocity Term Coefficient					
Velocity Squared Term Coefficient					
Minimum Indoor Temperature	C	-100	-100	-100	-100
Minimum Indoor Temperature Schedule Name					
Maximum Indoor Temperature	C	100	100	100	100
Maximum Indoor Temperature Schedule Name					
Delta Temperature	deltaC	-100	-100	-100	-100
Delta Temperature Schedule Name					
Minimum Outdoor Temperature	C	-100	-100	-100	-100
Minimum Outdoor Temperature Schedule Name					
Maximum Outdoor Temperature	C	100	100	100	100
Maximum Outdoor Temperature Schedule Name					
Maximum Wind Speed	m/s	40	40	40	40

Figura 5.28 - Parámetros objeto infiltraciones *ventilation flow rate idf e+*.

5.2.8. Grupo HVAC

Este objeto nos permitirá caracterizar el funcionamiento del suelo radiante. Uno de los hechos relevantes en este trabajo, ha consistido en poder implantar la utilización del suelo radiante refrescante dentro del mismo sistema *EnergyPlus*.

Low Temperature Radiant Flow

Para poder caracterizar el sistema de suelo radiante se han sectorizado las zonas según la geometría anteriormente definida. Se ha caracterizado la tipología de tuberías en cuanto a diámetro, longitud, tipo de control termostático y el método de cálculo, que en nuestro caso se realizará mediante el método *capacity per floor area*. Los valores de emisividad térmica, son calculados a través de la norma UNE EN 1264, que permite en función de las características de la instalación, determinar la capacidad emisiva térmica, tanto en modo calefacción como refrigeración.

El método utilizado considera el paso del tubo, el espesor y la conductividad térmica de la capa por encima del tubo, el diámetro exterior del tubo, los dispositivos difusores de calor y el contacto entre difusores y tubos mediante un coeficiente. Todo el suelo radiante queda perfectamente definido de forma cualitativa con estos objetos. El siguiente paso consiste en decirle al sistema como circula el fluido, por qué zonas, con que caudales y con qué control, que queda definido en el esquema hidráulico adjunto, donde podemos ver reflejados los diferentes circuitos así como sus correspondientes nodos.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Suelo rad Zona 1	Suelo rad Zona 2	Suelo rad Zona 3	Suelo rad Zona 4
Availability Schedule Name		On condenser equip	On condenser equip	On condenser equip	On condenser equip
Zone Name		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Surface Name or Radiant Surface Group Name		OS:Surface 1	OS:Surface 24	OS:Surface 43	OS:Surface 53
Hydronic Tubing Inside Diameter	m	0,013	0,013	0,013	0,013
Hydronic Tubing Length	m	708	636	200	82
Temperature Control Type		MeanAirTemperatur	MeanAirTemperatur	MeanAirTemperatur	MeanAirTemperatur
Heating Design Capacity Method		CapacityPerFloorAre	CapacityPerFloorAre	CapacityPerFloorAre	CapacityPerFloorAre
Heating Design Capacity	W				
Heating Design Capacity Per Floor Area	W/m2	95	95	95	95
Fraction of Autosized Heating Design Capacity					
Maximum Hot Water Flow	m3/s	0,0004038	0,0003617	0,0001139	0,0000467
Heating Water Inlet Node Name		HEATING WATER	HEATING WATER	HEATING WATER	HEATING WATER
Heating Water Outlet Node Name		HEAT WATER ZONE	HEAT WATER ZONE	HEAT WATER ZONE	HEAT WATER ZONE
Heating Control Throttling Range	deltaC	0,5	0,5	0,5	0,5
Heating Control Temperature Schedule Name		Setpoint heating ten	Setpoint heating ten	Setpoint heating ten	Setpoint heating ten
Cooling Design Capacity Method		CapacityPerFloorAre	CapacityPerFloorAre	CapacityPerFloorAre	CapacityPerFloorAre
Cooling Design Capacity	W				
Cooling Design Capacity Per Floor Area	W/m2	45	45	45	45
Fraction of Autosized Cooling Design Capacity					
Maximum Cold Water Flow	m3/s	0,0004038	0,0003617	0,0001139	0,0000467
Cooling Water Inlet Node Name		COOLING WATER	COOLING WATER	COOLING WATER	COOLING WATER
Cooling Water Outlet Node Name		COOLING WATER	COOLING WATER	COOLING WATER	COOLING WATER
Cooling Control Throttling Range	deltaC	0,5	0,5	0,5	0,5
Cooling Control Temperature Schedule Name		Setpoint cooling terr	Setpoint cooling terr	Setpoint cooling terr	Setpoint cooling terr
Condensation Control Type		Off	Off	Off	Off
Condensation Control Dewpoint Offset	C	1	1	1	1
Number of Circuits		CalculateFromCircui	CalculateFromCircui	CalculateFromCircui	CalculateFromCircui
Circuit Length	m	354	212	100	82

Figura 5.29 - Parámetros objeto *hvac low temperature Radiant flow idf e+*.

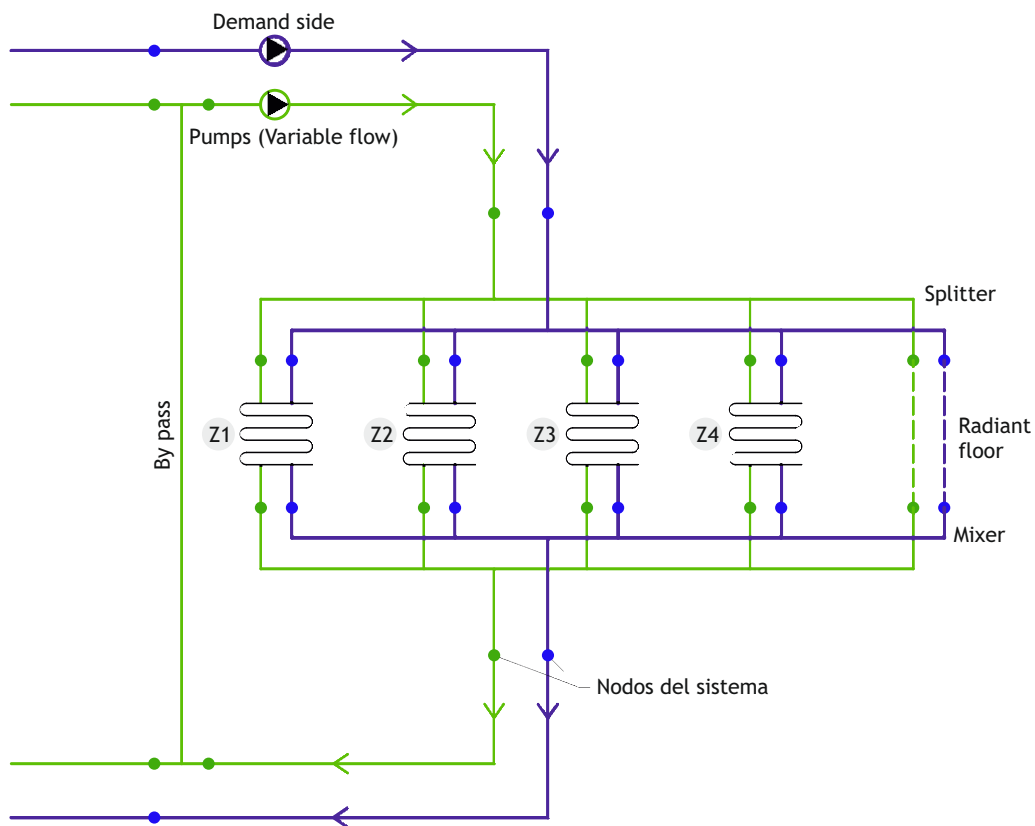


Figura 5.30 - Esquema *hvac* nodos suelo radiante *idf e+*

5.2.9. Grupo Bombeo

En este objeto se caracterizan los sistemas de bombeo del circuito de condensación secundario y de la bomba de calor geotérmica:

Pump variable speed

El sistema cuenta con tres bombas a caudal variable, que quedan parametrizadas por su caudal, presión y potencia eléctrica, así como el modo de funcionamiento definido con anterioridad. La bomba *cond circ pump* corresponde al sistema del intercambiador geotérmico, la bomba *HW secondary circ* representa la bomba de circulación en el sistema de envío a suelo radiante en modo calor y la segunda bomba al suelo radiante en *modo refrigeración*.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		Cond Circ Pump	HW Secondary Circ	CW Secondary Circ
Inlet Node Name		Condenser Supply In	HW Demand Inlet N	CW Demand Inlet N
Outlet Node Name		Condenser Pump Out	Heating Demand Pij	CW Demand Entrar
Design Maximum Flow Rate	m3/s	0,00040388	0,0009267	0,0009267
Design Pump Head	Pa	35000	50000	50000
Design Power Consumption	W	132	240	240
Motor Efficiency		0,9	0,9	0,9
Fraction of Motor Inefficiencies to Fluid Stream		0	0	0
Coefficient 1 of the Part Load Performance Curve		0	0	0
Coefficient 2 of the Part Load Performance Curve		1	1	1
Coefficient 3 of the Part Load Performance Curve		0	0	0
Coefficient 4 of the Part Load Performance Curve		0	0	0
Design Minimum Flow Rate	m3/s	0	0	0
Pump Control Type		Intermittent	Intermittent	Intermittent
Pump Flow Rate Schedule Name		Siempre On	Siempre On	Siempre On
Pump Curve Name				
Impeller Diameter	m			
VFD Control Type				
Pump rpm Schedule Name				
Minimum Pressure Schedule				
Maximum Pressure Schedule				
Minimum RPM Schedule				
Maximum RPM Schedule				
Zone Name				
Skin Loss Radiative Fraction				
Design Power Sizing Method				
Design Electric Power per Unit Flow Rate	W/(m3/s)			
Design Shaft Power per Unit Flow Rate per Unit Head	W/((m3/s)-Pa)			
Design Minimum Flow Rate Fraction				

Figura 5.31 - Parámetros objeto *pump variable speed idf e+*.

Pump constant speed

Este objeto cuenta con dos bombas de recirculación, que son las bombas internas de la bomba de calor geotérmica, asignadas como *HW circ pump* y *CW circ pump*.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		HW Circ Pump	CW Circ Pump
Inlet Node Name		HW Supply Inlet Node	CW Supply Inlet Node
Outlet Node Name		HW Pump Outlet Node	CW Pump Outlet Node
Design Flow Rate	m3/s	0,0002947	0,0002947
Design Pump Head	Pa	35000	35000
Design Power Consumption	W	93	93
Motor Efficiency		0,9	0,9
Fraction of Motor Inefficiencies to Fluid Stream			
Pump Control Type		Intermittent	Intermittent
Pump Flow Rate Schedule Name		Siempre On	Siempre On
Pump Curve Name			
Impeller Diameter	m		
Rotational Speed	rev/min		
Zone Name			
Skin Loss Radiative Fraction			
Design Power Sizing Method			
Design Electric Power per Unit Flow Rate	W/(m3/s)		
Design Shaft Power per Unit Flow Rate per Unit Head	W/((m3/s)-Pa)		

Figura 5.32 - Parámetros objeto *pumps constant speed idf e+*.

5.2.10. Grupo Bomba de Calor Geotérmica

Una vez definidos los sistemas de bombeo, es necesario caracterizar la bomba de calor geotérmica, tanto en *modo calefacción* como *refrigeración*. Se desarrollan una serie de cálculos para obtener los datos necesarios para alimentar al modelo.

Modo Calefacción

Para definir la bomba de calor en *modo calefacción* desarrollamos las siguientes etapas:

Se elabora un registro de datos técnicos de la bomba de calor basado en los datos del fabricante a caudal constante, que podemos ver en la siguiente tabla. En ella podemos observar los valores de potencia térmica entregada nominal y máxima, junto a la potencia eléctrica, así como sus valores de caudal de fluido.

Curvas 1 Y 2
Water to water Heat Pump. Heating capacity and EIR
Variación de la capacidad de calentamiento y consumo de la BGC

Datos del Fabricante: Caudal cte

T L, out [°C]	T L, in [°C]	d T L*	T S, in [°C]	d T S	Qh [kW]	P [kW]	C L (l/h)	C S (l/h)
25	20,06	4,94	0	2,96	6,1	1,1	1.061	1.453
35	30,22	4,78	0	2,66	5,9	1,4	1.061	1.453
45	40,38	4,62	0	2,37	5,7	1,7	1.061	1.453
55	50,46	4,54	0	2,07	5,6	2,1	1.061	1.453
25	19,41	5,59	5	3,43	6,9	1,1	1.061	1.453
35	29,57	5,43	5	3,14	6,7	1,4	1.061	1.453
45	39,73	5,27	5	2,84	6,5	1,7	1.061	1.453
55	49,82	5,18	5	2,48	6,4	2,2	1.061	1.453
25	18,11	6,89	10	4,26	8,5	1,3	1.061	1.453
35	28,28	6,72	10	3,96	8,3	1,6	1.061	1.453
45	38,60	6,40	10	3,55	7,9	1,9	1.061	1.453
55	48,92	6,08	10	3,08	7,5	2,3	1.061	1.453

Condiciones EN14511-2 B25-W35

Tabla 5.33 - Datos bomba de calor a caudal constante en *modo calefacción*.

Una vez determinados estos datos, obtenemos la nube de puntos de funcionamiento de la misma. En todo proceso de simulación es necesario determinar la función que representa su funcionamiento, para que bajo diferentes condiciones seamos capaces de determinar los valores requeridos. Para ello, mediante el programa *Labfit* y con esos datos de funcionamiento, construimos la función bicuadrática que represente el comportamiento de

la bomba de calor, con el objetivo final de obtener los coeficientes de la función que permitan definir la misma y los cuales se muestran a continuación.

X1	X2	X3	X4	Y	X1	X2	X3	X4	Y
TL, in [°k]	TS, in [°k]	CL (m ³ /s)	CL (m ³ /s)	Qh	TL, in [°k]	TS, in [°k]	CL (m ³ /s)	CL (m ³ /s)	Ph
293,21	273,15	0,000294722	0,000403611	6.100,00	293,21	273,15	0,000294722	0,000403611	1.100,00
303,37	273,15	0,000294722	0,000403611	5.900,00	303,37	273,15	0,000294722	0,000403611	1.400,00
313,53	273,15	0,000294722	0,000403611	5.700,00	313,53	273,15	0,000294722	0,000403611	1.700,00
323,61	273,15	0,000294722	0,000403611	5.600,00	323,61	273,15	0,000294722	0,000403611	2.100,00
292,56	278,15	0,000294722	0,000403611	6.900,00	292,56	278,15	0,000294722	0,000403611	1.100,00
302,72	278,15	0,000294722	0,000403611	6.700,00	302,72	278,15	0,000294722	0,000403611	1.400,00
312,88	278,15	0,000294722	0,000403611	6.500,00	312,88	278,15	0,000294722	0,000403611	1.700,00
322,97	278,15	0,000294722	0,000403611	6.400,00	322,97	278,15	0,000294722	0,000403611	2.200,00
291,26	283,15	0,000294722	0,000403611	8.500,00	291,26	283,15	0,000294722	0,000403611	1.300,00
301,43	283,15	0,000294722	0,000403611	8.300,00	301,43	283,15	0,000294722	0,000403611	1.600,00
311,75	283,15	0,000294722	0,000403611	7.900,00	311,75	283,15	0,000294722	0,000403611	1.900,00
322,07	283,15	0,000294722	0,000403611	7.500,00	322,07	283,15	0,000294722	0,000403611	2.300,00

Tabla 5.34 - Datos *Labfit* para calculo curva bomba de calor *modo calefacción*.

Estos resultados obtenidos, se acondicionan a las unidades correspondientes que utiliza nuestro modelo, analizando el parámetro del error, los cuales se muestran a continuación:

Coeficientes para E+		Comprobación	
Qh	Ph	Q calc [kW]	P calc [kW]
-1,84405148	-4,06202152	6,07	1,04
-0,74784149	7,26245414	5,84	1,38
7,27706869	5,66521058	5,61	1,72
-1,84E+00	-4,06E+00	5,39	2,06
-1,84E+00	-4,06E+00	7,18	1,15
		6,95	1,49
		6,72	1,83
		6,49	2,16
Qh ref	8.500	8,30	1,24
Ph ref	1.300	8,07	1,58
Vl ref	0,0002947	7,84	1,92
Vs ref	0,0004036	7,61	2,26

Tabla 5.35 - Coeficientes bomba de calor *modo calefacción*.

Modo Refrigeración

En *modo refrigeración* realizamos los mismos cálculos que en modo calefacción para obtener los coeficientes correspondientes a la función que define el comportamiento en *modo frío*.

Curva 3 y 4
Water to water Heat Pump. Cooling capacity
Variación de la capacidad de enfriamiento y consumo de la BGC

Datos del Fabricante: Caudal cte

T L, out [°C]	T L, in [°C]	d T L*	T L, out [°C]	d T S*	Qc [kW]	P [kW]	EER	C L (l/h)	C S (l/h)
13	19,32	6,32	25	5,45	7,8	1,42	5,49	1.061	1.453
18	25,13	7,13	25	6,15	8,80	1,60	5,49	1.061	1.453
13	19,08	6,08	30	5,35	7,5	1,54	4,87	1.061	1.453
18	24,89	6,89	30	6,00	8,5	1,64	5,18	1.061	1.453
13	18,83	5,83	35	5,24	7,2	1,66	4,34	1.061	1.453
18	24,56	6,56	35	5,82	8,1	1,74	4,66	1.061	1.453

* Calculado utilizando los mismos caudales que en el heating
Condiciones EN14511-2 B25-W18

Tabla 5.36 - Datos bomba de calor a caudal constante en *modo refrigeración*.

Los datos obtenidos a través de *Labfit* se muestran a continuación:

X1	X2	X3	X4	Y	X1	X2	X3	X4	Y
TL, in [°k]	TS, in [°k]	CL (m³/s)	CL (m³/s)	Qc	TL, in [°k]	TS, in [°k]	CL (m³/s)	CL (m³/s)	Pc
292,47	298,15	0,000294722	0,000403611	7.800,00	292,47	298,15	0,000294722	0,000403611	1.420,77
298,28	298,15	0,000294722	0,000403611	8.800,00	298,28	298,15	0,000294722	0,000403611	1.602,91
292,23	303,15	0,000294722	0,000403611	7.500,00	292,23	303,15	0,000294722	0,000403611	1.540,04
298,04	303,15	0,000294722	0,000403611	8.500,00	298,04	303,15	0,000294722	0,000403611	1.640,93
291,98	308,15	0,000294722	0,000403611	7.200,00	291,98	308,15	0,000294722	0,000403611	1658,99
297,71	308,15	0,000294722	0,000403611	8.100,00	297,71	308,15	0,000294722	0,000403611	1738,20

Tabla 5.37 - Datos *Labfit* para calculo curva bomba de calor *modo refrigeración*.

Con estos cálculos, se muestran en la siguiente tabla los coeficientes obtenidos trasladados a unidades de *EnergyPlus* y su tabla de verificación de error.

Coeficientes para E+		Comprobación	
Qh	Ph	Q calc [kW]	P calc [kW]
-0,92209132	-4,06202152	7,82	1,45
5,38007036	7,26245414	8,80	1,57
-1,080630514	5,66521058	7,50	1,54
-9,22E-01	-4,06E+00	8,47	1,66
-9,22E-01	-4,06E+00	7,18	1,64
		8,14	1,75
Qc ref	8.800		
Pc ref	1.603		
V L ref	0,0002947		
V S ref	0,0004036		

Tabla 5.38 - Coeficientes bomba de calor *modo refrigeración*.

5.2.11. Grupo Intercambiador Geotérmico Vertical

Este objeto permite caracterizar el pozo geotérmico. Para ello el primer paso, como se explicó en capítulos anteriores, es seleccionar el modelo que defina su comportamiento. En *EnergyPlus*, el circuito del intercambiador geotérmico se considera circuito de condensación. El comportamiento o respuesta del intercambiador geotérmico, se define a través de su *g-function*, cuyo método de cálculo se definió en el capítulo cuatro, donde se describe el modelo de intercambiador elegido.

Una vez que tenemos caracterizado el modelo a utilizar, el sistema necesita introducir una serie de coeficientes obtenidos a través del modelo *g-function*; y mediante aplicaciones como *Glhepro* se obtienen las variables necesarias para la simulación. Adicionalmente es necesario introducir datos relativos a la configuración del sistema, tales como caudal circulante, profundidad pozo, tipo de tubería, número de perforaciones, distancia entre ellas, capacidad térmica del terreno, espesores de tubería, etc.

En nuestro caso, las variables se muestran a continuación.

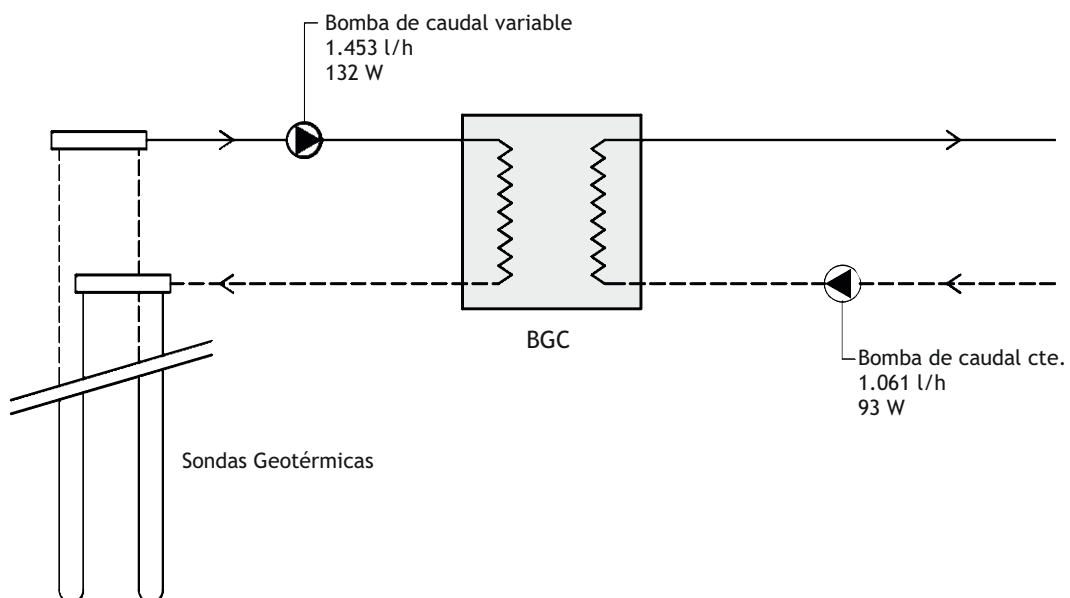


Figura 5.39 - Esquema circuito hidráulico primario.

U-tube 100m 1-boreholes

-15,7958330	-0,8680050	-12,9668370	-0,1161630	-10,1378400	1,2286560	-3,2700000	6,1797500
-15,6469390	-0,8415320	-12,8179420	-0,0615850	-9,9889460	1,3087990	-2,8640000	6,7855920
-15,4980440	-0,8138620	-12,6690480	-0,0050790	-9,8400510	1,3887970	-2,5770000	7,2234450
-15,3491500	-0,7848240	-12,5201530	0,0534800	-9,6911560	1,4685790	-2,1710000	7,8415650
-15,2002550	-0,7543110	-12,3712590	0,1141870	-9,5422620	1,5480920	-1,8840000	8,2713590
-15,0513610	-0,7222600	-12,2223640	0,1770980	-9,3933670	1,6273030	-1,1910000	9,2271490
-14,9024660	-0,6886350	-12,0734690	0,2422210	-9,2444730	1,7061930	-0,4970000	10,0779480
-14,7535710	-0,6534240	-11,9245750	0,3095160	-9,0955780	1,7847520	-0,2740000	10,3104140
-14,6046770	-0,6166330	-11,7756800	0,3788950	-8,9466840	1,8629830	-0,0510000	10,5222140
-14,4557820	-0,5782880	-11,6267860	0,4502300	-8,7977890	1,9408920	0,1960000	10,7279480
-14,3068880	-0,5384260	-11,4778910	0,5233600	-8,6488950	2,0184930	0,4190000	10,8902140
-14,1579930	-0,4970930	-11,3289970	0,5980930	-8,5000000	2,1577030	0,6420000	11,0296810
-14,0090990	-0,4543390	-11,1801020	0,6742240	-7,8000000	2,5017030	0,8730000	11,1516810
-13,8602040	-0,4102060	-11,0312080	0,7515340	-7,2000000	2,7974360	1,1120000	11,2556810
-13,7113100	-0,3647260	-10,8823130	0,8298050	-6,5000000	3,1493020	1,3350000	11,3336810
-13,5624150	-0,3179040	-10,7334180	0,9088250	-5,9000000	3,4817610	1,6790000	11,4234140
-13,4135200	-0,2697140	-10,5845240	0,9883920	-5,2000000	3,9691310	2,0280000	11,4851470
-13,2646260	-0,2200960	-10,4356290	1,0683240	-4,5000000	4,6289390	2,2750000	11,5148800
-13,1157310	-0,1689530	-10,2867350	1,1484590	-3,9630000	5,1996130	3,0030000	11,5638800

Figura 5.40 - Datos *g-function* intercambiador geotérmico vertical.

Plant Loop

Este objeto describe el lazo hidráulico en *modo calefacción y refrigeración*, configurando valores de funcionamiento.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Chilled Water Loop	Hot Water Loop
Fluid Type		Water	Water
User Defined Fluid Type			
Plant Equipment Operation Scheme Name		Cool Loop Operation	Hot Loop Operation
Loop Temperature Setpoint Node Name		CW Supply Outlet N	HW Supply Outlet N
Maximum Loop Temperature	C	100	100
Minimum Loop Temperature	C	-10	-10
Maximum Loop Flow Rate	m3/s	0,0002947	0,0002947
Minimum Loop Flow Rate	m3/s	0	0
Plant Loop Volume	m3	autocalculate	autocalculate
Plant Side Inlet Node Name		CW Supply Inlet No	HW Supply Inlet No
Plant Side Outlet Node Name		CW Supply Outlet N	HW Supply Outlet N
Plant Side Branch List Name		Cooling Supply Side	Heating Supply Side
Plant Side Connector List Name		Cooling Supply Side	Heating Supply Side
Demand Side Inlet Node Name		CW Demand Inlet N	HW Demand Inlet N
Demand Side Outlet Node Name		CW Demand Outlet	HW Demand Outlet
Demand Side Branch List Name		Cooling Demand Sic	Heating Demand Si
Demand Side Connector List Name		Cooling Demand Sic	Heating Demand Si
Load Distribution Scheme		Optimal	Optimal
Availability Manager List Name			
Plant Loop Demand Calculation Scheme		SingleSetpoint	SingleSetpoint
Common Pipe Simulation		CommonPipe	CommonPipe
Pressure Simulation Type			

Figura 5.41 - Parámetros objeto *plant loop idf e+*.

Condenser Loop

Este objeto describe el lazo hidráulico en *modo calefacción y refrigeración* del lado condensador, parametrizando valores de funcionamiento.

Field	Units	Obj1
Name		Chilled Water Condenser
Fluid Type		Water
User Defined Fluid Type		
Condenser Equipment Operation Scheme Name		Tower Loop Operation
Condenser Loop Temperature Setpoint Node Name		Condenser Supply C
Maximum Loop Temperature	C	80
Minimum Loop Temperature	C	-10
Maximum Loop Flow Rate	m3/s	0,00040388
Minimum Loop Flow Rate	m3/s	0
Condenser Loop Volume	m3	autocalculate
Condenser Side Inlet Node Name		Condenser Supply Inlet
Condenser Side Outlet Node Name		Condenser Supply Outlet
Condenser Side Branch List Name		Condenser Supply Branch
Condenser Side Connector List Name		Condenser Supply Connector
Demand Side Inlet Node Name		Condenser Demand Inlet
Demand Side Outlet Node Name		Condenser Demand Outlet
Condenser Demand Side Branch List Name		Condenser Demand Branch
Condenser Demand Side Connector List Name		Condenser Demand Connector
Load Distribution Scheme		SequentialLoad
Pressure Simulation Type		

Figura 5.42 - Parámetros objeto *condenser loop idf e+*.

5.2.12. Grupo Variables de Control

Este objeto simplemente trata de nombrar cada elemento de control, estableciendo los vínculos necesarios entre todas las variables definidas anteriormente, aplicando el criterio a cada circuito y a cada nodo correspondiente.

Set Point Manager Scheduled

Permite obtener los valores de diferentes variables en diferentes nodos del sistema. En nuestro caso determina que el circuito de agua de refrigeración tiene un control mediante variación de temperatura, definido como *set point cooling equipment*, y que pertenece al nodo del sistema *chilled water loop*.

Field	Units	Obj1
Name		Chilled Water Loop
Control Variable		Temperature
Schedule Name		Setpoint cooling equipment
Setpoint Node or NodeList Name		Chilled Water Loop

Figura 5.43 - Parámetros objeto *set point manager scheduled idf e+*.

Set Point Manager Outdoor Air Reset

Determina la temperatura del suministro de aire usando una regla de puesta a cero o reseteo, que se basa en dos temperaturas: El *set point* de temperatura respecto a la máxima temperatura exterior (*Satoh*) y el *set point* de temperatura a la mínima temperatura exterior

Field	Units	Obj1
Name		Hot Water Loop Set
Control Variable		Temperature
Setpoint at Outdoor Low Temperature	C	45
Outdoor Low Temperature	C	5
Setpoint at Outdoor High Temperature	C	30
Outdoor High Temperature	C	15
Setpoint Node or NodeList Name		Hot Water Loop Set
Schedule Name		
Setpoint at Outdoor Low Temperature 2	C	
Outdoor Low Temperature 2	C	
Setpoint at Outdoor High Temperature 2	C	
Outdoor High Temperature 2	C	

Figura 5.44 - Parámetros objeto *set point manager outdoor air reset idf e+*.

Set Point Manager Follow Ground Temperature

Este objeto sirve para definir un *set point* de temperatura en nuestro sistema de nodos a partir del valor fijado en el intercambiador geotérmico. El valor de la temperatura del terreno, queda fijado en el objeto *site ground temperature* y se utiliza en todo el proceso de simulación.

Field	Units	Obj1
Name		Ground ex setpoint i
Control Variable		Temperature
Reference Ground Temperature Object Type		Site:GroundTemper.
Offset Temperature Difference	deltaC	1
Maximum Setpoint Temperature	C	
Minimum Setpoint Temperature	C	
Setpoint Node or NodeList Name		Condenser Supply C

Figura 5.45 - Parámetros objeto *set point manager follow ground temperature idf e+*.

5.2.13. Grupo Variables de Salida

Este objeto simplemente trata de definir que variables de salida queremos tener registradas, utilizando la herramienta de informes standard que posee *EnergyPlus* y parametrizando aquellas que no se encuentren contempladas en el sistema.

Field	Units	Obj1
Key Field		regular
Sort Option		

Figura 5.46 - Parámetros objeto *output variable idf e+*.

5.3. Validación del modelo de simulación

5.3.1. *Introducción*

Una de las tareas más importantes y difíciles de cualquier desarrollo de un modelo para la simulación es la verificación y validación del mismo. Los resultados obtenidos en cualquier proceso de simulación van a ser utilizados como fuente de datos para establecer conclusiones acerca del comportamiento de la instalación. Por ello es de extrema importancia garantizar la fiabilidad del modelo desarrollado y determinar el grado de aproximación al comportamiento real de la instalación.

Dado que el modelo es una abstracción del sistema real debemos preguntarnos si existe una correspondencia entre ellos: sistema y modelo. Los términos más usados para describir el proceso mediante el cual el modelo es una representación creíble del sistema real son la verificación y la validación.

La verificación se refiere a la construcción correcta de un modelo. Se puede definir verificación como el proceso de determinar si la lógica operacional del modelo se corresponde con la lógica del diseño. En términos más simples, consiste en determinar si hay errores en el programa.

Esta fase viene determinada por el motor de cálculo seleccionado, que en principio no podemos modificar, pero si ajustar a nuestras necesidades y que ha sido elegido porque los resultados obtenidos en diversos ensayos certifican esta cualidad, y adicionalmente porque este sistema es el único que nos permite caracterizar de forma completa nuestra instalación experimental.

Por otro lado, la validación se refiere a la construcción de un modelo correcto. La validación es el proceso de determinar si el modelo, como abstracción, es una buena representación del sistema. Usualmente la validación se consigue a través de la calibración del modelo en un proceso iterativo de comparación del comportamiento del modelo con el del sistema y usar las diferencias entre ambos para mejorar el mismo. Este proceso se repite hasta que el modelo se considera aceptable.

En nuestro caso se desarrollará la etapa de validación del modelo, debido fundamentalmente a que disponemos de resultados reales de nuestra instalación

experimental y por lo tanto podemos comparar los resultados modelados y reales.

Por último, comentar que existe una fase adicional, conocida como certificación del modelo, que corresponde a la realizada por organismos independientes para asegurar la credibilidad y aceptabilidad de los modelos y que es un área de difícil aplicación.

5.3.2. *Variables del proceso de Validación.*

La parte más importante del proceso de validación es seleccionar con respecto a que variable o variables vamos a establecer la diferencia en el comportamiento, entre el sistema real y el simulado. En nuestro caso las variables temperatura de confort y humedad relativa son las que determinan el grado de satisfacción del sistema, ya que es el valor representativo sobre el cual se ha diseñado la instalación y nos proporciona información acerca del grado de confort alcanzado. El análisis de los resultados de esta variable se encuentra influenciado por los siguientes parámetros, que permiten analizar su comportamiento bajo diferentes premisas de uso:

Estación Climatológica: Esta variable define la época del año en la que se realiza el ensayo. Consideramos tres tramos completamente diferenciados, dos de ellos corresponderán a la época de invierno y verano, por ser las etapas del proceso en las que se deben satisfacer las necesidades diferenciadas de calefacción y refrigeración, y una etapa intermedia que nos servirá como referencia de satisfacción de necesidades en periodos no tan críticos.

Horario de Uso: Para ello, seleccionamos periodo de funcionamiento de la instalación en cada una de las épocas, bajo las premisas de horario de uso de oficina, correspondiente a un uso entre las 09:00h y las 18:00h.

Variables del Sistema: Dado que la instalación objeto cuenta con una gran variedad de variables a controlar, se opta por tomar como variable principal la temperatura y humedad relativa del aire en las estancias con ocupación, con el objetivo de verificar si se cumplen los parámetros establecidos y que grado de desviación presenta el modelo de simulación frente a la realidad,

considerando que el resultado final es esa variable de confort, independientemente del modo de funcionamiento del resto de elementos cuyo comportamiento podremos analizar de forma más exhaustiva en el apartado resultados.

Se establecen dos procesos temporales diferenciados: Uno hace referencia a la comparativa entre el sistema simulado y el real, midiendo el valor medio de la temperatura de confort en las estaciones de invierno y verano y en el horario de uso definido. Los resultados permiten obtener información a nivel de comportamiento global medio anual del sistema simulado frente al real y determinar la validez del mismo. El segundo proceso realiza un análisis semejante, pero para los días más desfavorables en invierno, verano y un día intermedio anual.

Establecemos como época invernal el periodo que comprende los meses de Noviembre a Febrero y la época estival viene representada por los periodos desde Junio a Septiembre. La época intermedia comprende el mes de Marzo.

La comparativa en días reales, viene definida por los días más desfavorables en cada una de las épocas seleccionadas, perteneciendo estos días a los meses de Enero, Julio y Marzo como periodo intermedio.

5.3.3. Equipos de medida

Una red de sensores es colocada en diferentes puntos de la instalación a una altura de 1.7 metros con respecto al nivel del suelo, con el objetivo de medir la temperatura ambiente y la humedad relativa en cada una de las áreas de simulación. Las sondas colocadas corresponden a sensores de la marca *Saunier Duval, Exacontrol E7R C/SH*, con frecuencia de emisión de 868Mkz, convertidor *Saveris v 2.0*, distancia máxima de medición de 100m y transmisión de datos vía inalámbrica. La sonda dispone de un rango de medición de temperatura de 0 a 80°C, y un rango de HR de 0 a 100, con una precisión de $\pm 0.15^\circ\text{C}$ y un 3% sobre temperatura y humedad respectivamente. Todos los datos se recopilan en el sistema centralizado *Saveris* de la marca *Testo*, que recibe los valores de medición de hasta 150 registradores, los guarda y activa la alarma en caso necesario. A tal efecto, el dispositivo

puede almacenar por canal de medición hasta 40.000 valores de medición independientemente del PC. Esto corresponde a un año de capacidad de almacenamiento con una tasa de medición de 15 minutos, o dicho de otro modo, 18 millones de valores de medición en total.

La base *Testo Saveris* dispone además de un relé para conectar diferentes alarmas, que en caso de excederse los valores límite pueden actuar, por ejemplo, mediante iluminación o sonido de bocina. La batería integrada para casos de emergencia ofrece la mayor seguridad de datos incluso en caso de corte de corriente. Los datos del sistema y las alarmas se pueden visualizar en todo momento mediante la pantalla de la base *Testo Saveris*.

5.3.4. Resultados del Proceso Validación

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los periodos medios anuales en modo calefacción y refrigeración.

Invierno:

El paralelismo entre las curvas representadas determina como el modelo desarrollado es una buena aproximación al comportamiento real de la instalación, cuyo grado de precisión vendrá determinado por la diferencia entre los valores reales y simulados, que analizaremos mediante el cálculo del coeficiente de determinación R^2 .

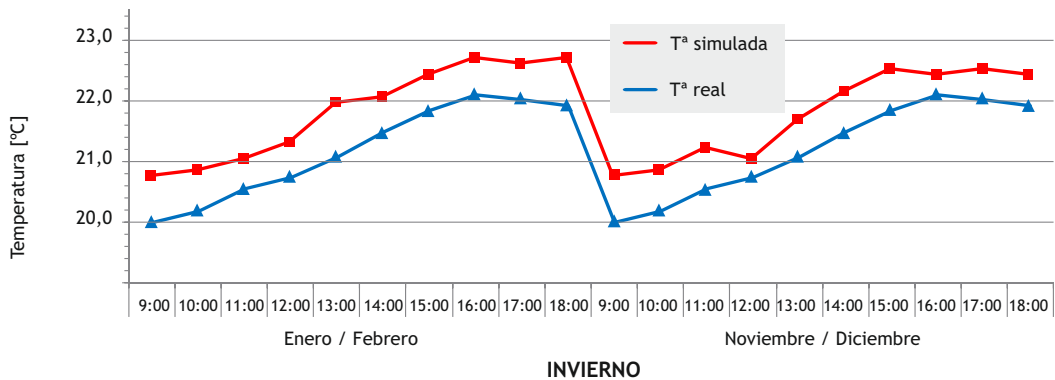


Figura 5.47 - Tª real y Tª simulada obtenidas en la simulación para el periodo invierno.

En la gráfica adjunta comprobamos como el modelo se comporta de forma semejante para diferentes meses dentro del periodo analizado, lo cual nos da una idea de la fiabilidad y robustez del mismo, debido fundamentalmente a que su comportamiento es semejante a lo largo de todo el periodo de análisis. Importante es comprobar, como los resultados mostrados permiten verificar el cumplimiento de los valores de confort establecidos en todo el periodo considerado como de uso, hecho que permite afirmar que la instalación es capaz de satisfacer las necesidades de confort establecidas.

Para determinar la precisión del modelo desarrollado en el periodo analizado, aplicamos un análisis estadístico y calcularemos el coeficiente de determinación R^2 , el cual determina la calidad del modelo para replicar los resultados mediante el grado de aproximación entre la comparativa de variables analizadas, tomando valores cercanos a "1" cuanto mejor es la aproximación y valores cercanos a "0" en caso contrario.

En la gráfica adjunta vemos el análisis de regresión lineal, el cual confirma un valor de R^2 de 0,9655 que confirma que el modelo es capaz de reproducir las condiciones reales de forma muy aproximada por encontrarse el valor del coeficiente de determinación cercano a "1".

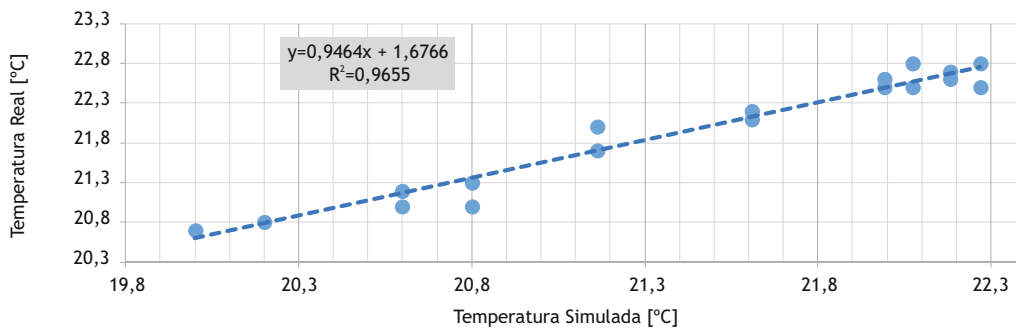


Figura 5.48 - Coeficiente de determinación R^2 para el periodo invierno.

Analizados los resultados que proporciona el modelo desarrollado frente al comportamiento real de la instalación, así como la temperatura real de confort alcanzada, es importante conocer el comportamiento de otra variable que afecta al grado de satisfacción del confort, que en este caso es el parámetro de la humedad relativa. La gráfica adjunta permite confirmar que el grado de confort conseguido se mantiene en los rangos establecidos tanto a nivel de temperatura como de humedad, cuyos valores para el periodo analizado se encuentran entorno al valor de 22°C y 40% de humedad, condiciones

consideradas como aceptables para el confort térmico.

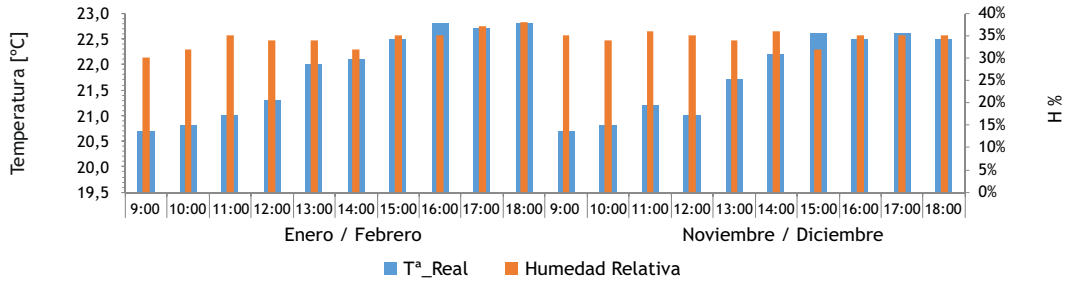


Figura 5.49 - Tª de Confort y Humedad relativa obtenidas en la simulación para el periodo invierno.

Verano:

El paralelismo entre las curvas observado en el periodo invernal, se repite de nuevo para el periodo analizado, con la salvedad de que existe un desplazamiento al alza del valor de la temperatura de confort, debido fundamentalmente a que el *set-point* en este periodo es más elevado, en el entorno de 25°C de valor medio.

El sistema modeliza el comportamiento de la instalación real de forma muy aproximada, y analizaremos su grado de precisión a través del cálculo del coeficiente de determinación R^2 .

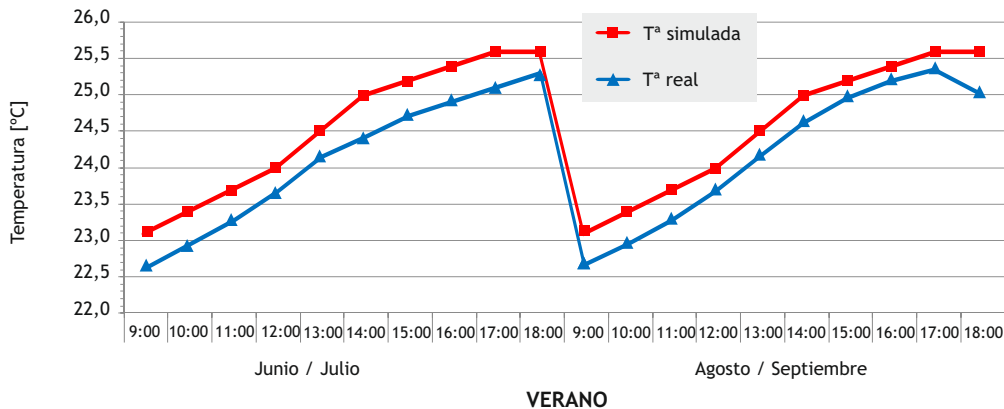


Figura 5.50 - Tª real y Tª simulada obtenidas en la simulación para el periodo verano.

En la gráfica adjunta podemos ver el análisis de regresión lineal, el cual confirma un valor de R^2 de 0,988 que nos confirma que el modelo es capaz de reproducir las condiciones reales de forma muy aproximada por encontrarse el valor del coeficiente de determinación cercano a "1", lo que supone que el modelo responde en modo refrigeración de forma muy aproximada al comportamiento real de la instalación.

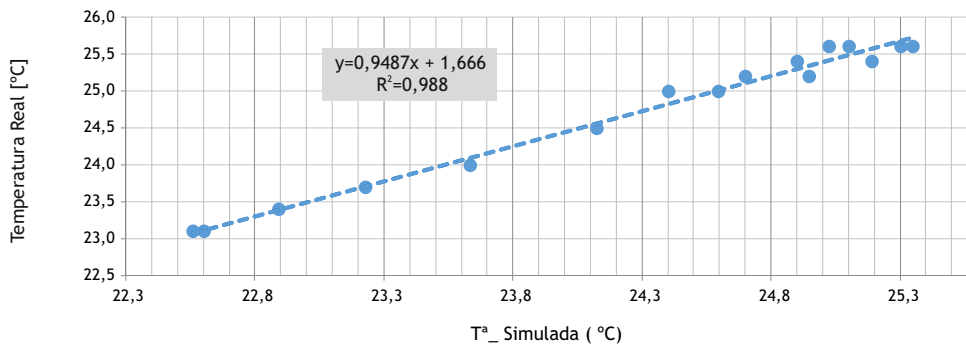


Figura 5.51 - Coeficiente de determinación R^2 para el periodo verano.

La gráfica mostrada a continuación, permite comprobar como la temperatura de confort del sistema se encuentra en valores objetivos, los cuales están en el entorno de los 25°C y entre un 40 - 50 % de humedad relativa. El modelo es capaz de reproducir estas condiciones de forma muy aproximada.

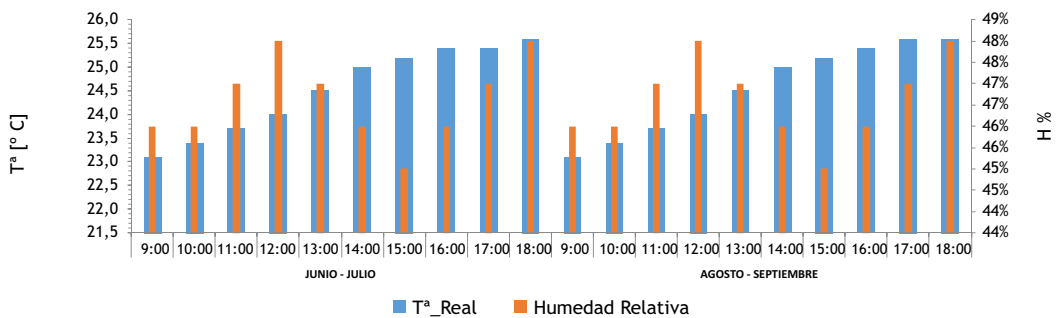


Figura 5.52 - T^a de Confort y Humedad relativa obtenidas en la simulación para el periodo verano.

En la etapa analizada anteriormente, que comprende el año completo y por lo tanto la satisfacción de las necesidades de climatización que demande el sistema, hemos comprobado como el modelo desarrollado es capaz de reproducir de forma muy aproximada las condiciones reales de funcionamiento y con un elevado grado de precisión, el cual viene determinado por los coeficientes de determinación calculados para cada uno de los periodos anuales, que arrojan valores muy próximos a "1", lo que determina la mínima diferencia numérica entre el resultado de la variable simulada y la real. Adicionalmente hemos visto como el sistema real satisface las necesidades de confort en cuanto a temperatura y humedad, arrojando un resultado positivo del funcionamiento del sistema diseñado.

Por todo ello, a través de los resultados obtenidos, se confirma la validez del modelo desarrollado y por lo tanto la validez de sus resultados, los cuales serán la base para el establecimiento de las conclusiones de esta Tesis Doctoral, así como para otros análisis realizados en el capítulo resultados.

A continuación, siguiendo la misma metodología de análisis desarrollada con anterioridad, mostramos los resultados obtenidos para los periodos más desfavorables en las épocas de invierno, verano y un periodo intermedio anual. Con ello, ponemos de manifiesto que el modelo también es capaz de reproducir estas condiciones y por lo tanto aseguramos su validez desde un punto de vista medio anual y desfavorable, lo cual nos permite tener mayores garantías a la hora de validar los resultados obtenidos.

Día crítico periodo invierno:

La gráfica adjunta muestra el comportamiento en el día más desfavorable en modo calefacción que corresponde al mes de enero, arrojando resultados semejantes a los obtenidos en el periodo completo de invierno, tanto a nivel térmico como de precisión.

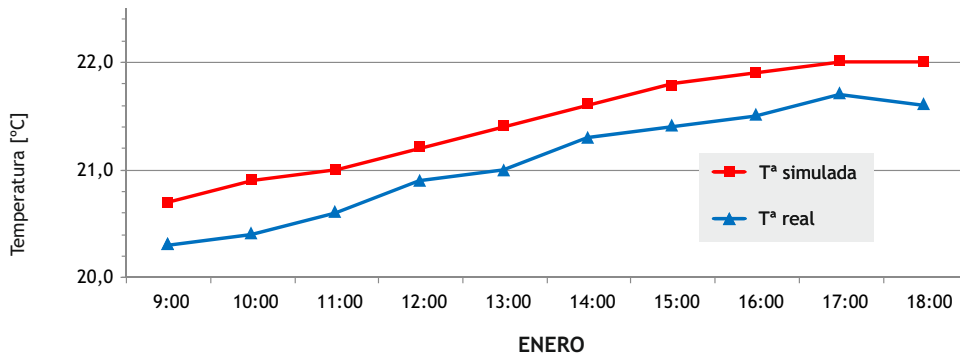


Figura 5.53 - Tª real y Tª simulada obtenidas en la simulación para el periodo desfavorable en invierno.

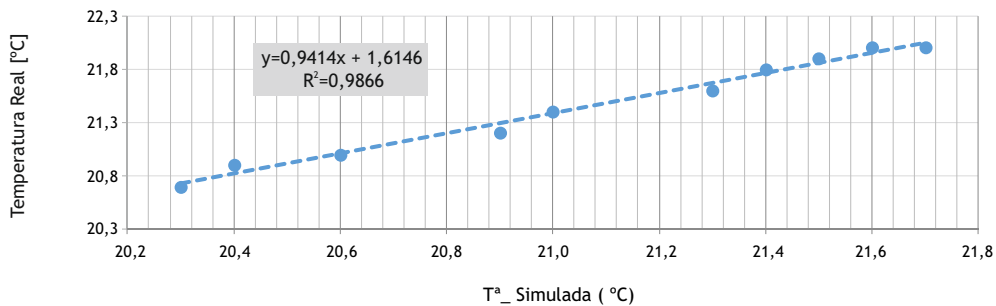


Figura 5.54 - Coeficiente de determinación R² para el periodo desfavorable en invierno.

Día crítico periodo verano:

La gráfica adjunta muestra los resultados obtenidos para el periodo más desfavorable en la época de verano, que corresponde al mes de julio, los cuales reproducen un comportamiento similar al obtenido para todo el periodo de verano, mejorando incluso el grado de precisión del modelo para estas condiciones, obteniendo un valor de coeficiente de determinación R^2 de 0,994.

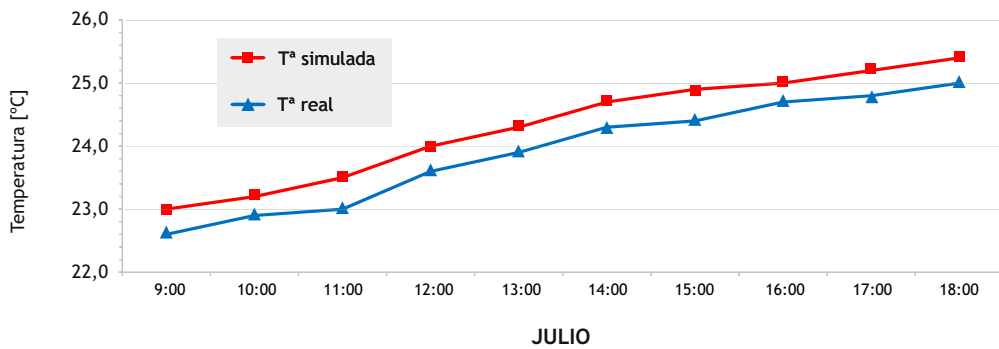


Figura 5.55 - T^a real y T^a simulada obtenidas en la simulación para el periodo desfavorable en verano.

La gráfica adjunta muestra los resultados obtenidos para el periodo más desfavorable en la época de verano, que corresponde al mes de julio, los cuales reproducen un comportamiento similar al obtenido para todo el periodo de verano.

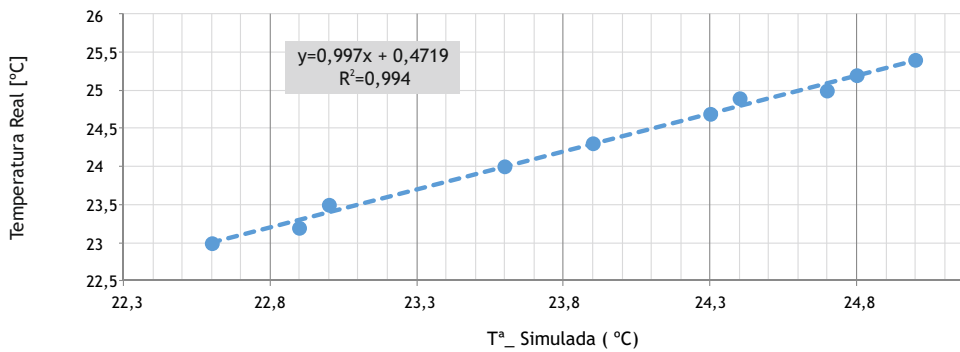


Figura 5.56 - Coeficiente de determinación R^2 para el periodo desfavorable en verano.

Día crítico periodo intermedio:

Para el análisis del periodo intermedio anual, se considera el mes de marzo y sus resultados se muestran a continuación.

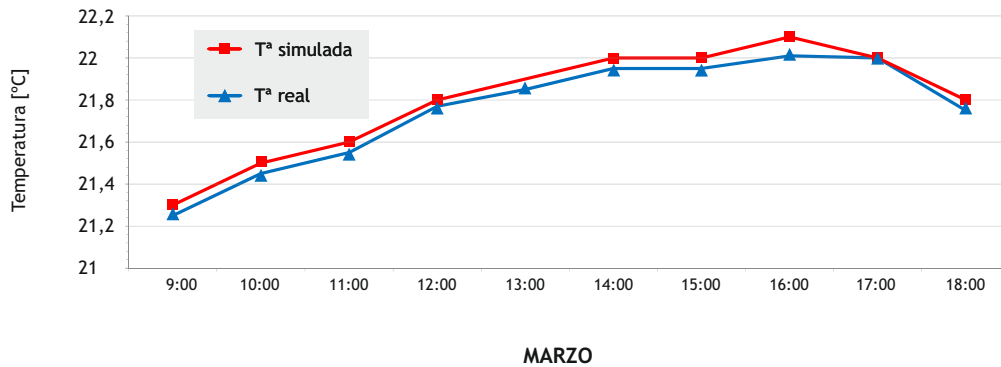


Figura 5.57 - Tª real y Tª simulada obtenidas en la simulación para el periodo intermedio anual.

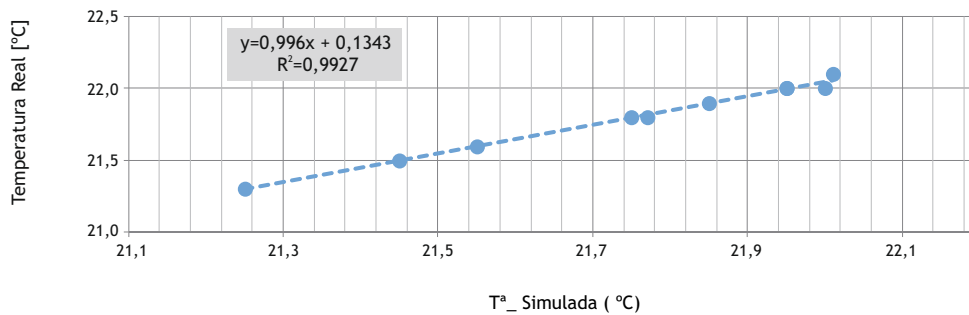


Figura 5.58 - Coeficiente de determinación R^2 para el periodo intermedio anual.

Los periodos críticos analizados en diferentes épocas, así como los periodos intermedios, arrojan valores que confirman los resultados obtenidos en periodos medios anuales, con la particularidad de que sus coeficientes de determinación, es decir el grado de aproximación del modelo a la realidad, se acercan en mayor proporción al valor máximo.

Este hecho se debe fundamentalmente, a que el periodo de simulación corresponde a un día determinado, lo que permite analizar de forma más exacta el comportamiento de la instalación debido a la eliminación de la influencia del comportamiento de la instalación en periodos de no utilización, tales como fin de semana u otras situaciones. Esto perjudica el

sistema desarrollado, dado que la programación para épocas de no uso, arroja *set points* de temperatura de confort inferiores para ahorrar energía y por lo tanto puede enmascarar los resultados obtenidos, condición que queda perfectamente acotada tras los resultados en periodos críticos.

A lo largo del apartado de validación, hemos comprobado como el modelo desarrollado es una excelente representación de la realidad de nuestra instalación objeto de estudio. El modelo responde de forma óptima ante diferentes periodos de análisis, siendo estos considerados desde el punto de vista medio anual y de épocas críticas. Ello nos permite considerar el modelo como validado, al obtener variaciones entre las diferencias medidas y simuladas casi inapreciables, por lo que podemos confirmar que el sistema es capaz de reproducir las condiciones reales de forma casi exacta y adicionalmente que la instalación funciona de forma óptima al alcanzar los valores de confort establecidos.

Una vez que hemos validado nuestro modelo estamos en fase de poder analizar los resultados globales de la instalación objeto, al disponer de información contrastada y por lo tanto fiable, que nos va a permitir obtener mayor seguridad en el análisis de los resultados obtenidos y por lo tanto en las conclusiones del sistema desarrollado.

6

RESULTADOS

En este capítulo mostramos los resultados obtenidos en los procesos de simulación realizados mediante el modelo previamente validado. Se realiza un análisis exhaustivo de la instalación, desde el punto de vista térmico, medioambiental y económico; variables fundamentales que nos permiten conocer el comportamiento del sistema y su posicionamiento frente al resto de fuentes de energía seleccionadas.

En nuestro caso, las tres fuentes de energía alternativas utilizadas han sido el gas natural, la biomasa y el gasóleo, Estas suministrarán la energía necesaria mediante un sistema de caldera para cada tipología de fuente y adicionalmente un sistema de bomba de calor para satisfacer las necesidades de refrigeración. En el *Anexo V* se plasman los diferentes resultados de la simulación obtenidos para cada una de las fuentes de energía anteriormente comentadas.

En todo proceso de análisis, para interpretar correctamente los resultados, es importante establecer cuáles son las premisas de cálculo aplicadas.

En nuestro sistema analizado, para poder determinar si cada una de las fuentes de energía analizadas es capaz de satisfacer las necesidades previstas, se utilizará la norma ASHRAE 90.1 [6.1], que establece como condición de aceptación que el número de horas fuera del rango de confort en una instalación a climatizar durante un periodo anual sea inferior a 300, lo cual determinará la validez de la comparativa.

Para obtener estos resultados iniciales es necesario realizar una simulación completa en periodo anual, para cada una de las fuentes de energía seleccionadas, partiendo de la premisa de que nuestras condiciones de confort así como la envolvente del edificio son exactamente iguales para cada una de ellas y solo se modifica la fuente de energía y el sistema generador para cada fuente.

Desarrollando cada una de las simulaciones comentadas mediante *EnergyPlus*, a través del objeto *Comfort and Not met Summary*, se obtienen los siguientes resultados, confirmando que la premisa comparativa es adecuada por encontrarse sus valores dentro del rango establecido.

Comfort and Setpoi Not Met Summary Facility (Hours)	Geotermia	Biomasa	Gas natural	Gasoleo C
Time Setpoint Not Met During Occupied Heating	0.00	0.00	0.00	0.00
Time Setpoint Not Met During Occupied Cooling	0.00	74	74	74

ASHRA E 90.1 acepta el cálculo si el valor es menor a 300 horas anuales

Figura 6.1 - Datos horas de confort obtenidos en la simulación en *e+* de las distintas fuentes de energía según norma ASHRAE 90.1.

El siguiente paso consistirá en obtener el valor de la demanda de nuestro edificio. La demanda se considera como la energía que hay que suministrar o extraer de un recinto a climatizar para mantener unas determinadas temperaturas de confort establecidas.

Su cálculo se desarrollará mediante la creación en *EnergyPlus* del objeto *HVAC Template: thermostatic*, en el cual se definirán las consigas de temperatura de calefacción y refrigeración, así como su perfil operativo. Una vez definidos en el apartado *HVAC Template: Ideal Loads Air System*, se asignarán los objetos creados con anterioridad para cada zona y así caracterizar el sistema objeto.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Zone Name		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Template Thermostat Name		Termostato zonas	Termostato zonas	Termostato zonas	Termostato zonas
System Availability Schedule Name					
Maximum Heating Supply Air Temperature	C	50	50	50	50
Minimum Cooling Supply Air Temperature	C	13	13	13	13
Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryAir	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156
Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryAir	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077
Heating Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit
Maximum Heating Air Flow Rate	m3/s				
Maximum Sensible Heating Capacity	W				
Cooling Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit
Maximum Cooling Air Flow Rate	m3/s				
Maximum Total Cooling Capacity	W				
Heating Availability Schedule Name					
Cooling Availability Schedule Name					
Dehumidification Control Type		None	None	None	None
Cooling Sensible Heat Ratio	dimensionless	0,7	0,7	0,7	0,7
Dehumidification Setpoint	percent	60	60	60	60
Humidification Control Type		None	None	None	None
Humidification Setpoint	percent	30	30	30	30
Outdoor Air Method		None	None	None	None
Outdoor Air Flow Rate per Person	m3/s	0,00944	0,00944	0,00944	0,00944
Outdoor Air Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2				
Outdoor Air Flow Rate per Zone	m3/s				
Design Specification Outdoor Air Object Name					
Demand Controlled Ventilation Type		None	None	None	None
Outdoor Air Economizer Type		NoEconomizer	NoEconomizer	NoEconomizer	NoEconomizer
Heat Recovery Type		None	None	None	None
Sensible Heat Recovery Effectiveness	dimensionless	0,7	0,7	0,7	0,7
Latent Heat Recovery Effectiveness	dimensionless	0,65	0,65	0,65	0,65

Figura 6.2 - Parámetros objeto cálculo de la demanda *idf e+*.

Una vez definido el sistema, se realizarán las simulaciones con las diferentes fuentes de energía seleccionadas, obteniendo los resultados de demanda que se muestran en la siguiente figura:

Resultados Ideal Loads	kWh	kWh/m ²
District Cooling	2.417,0	12,8
District Heating	9.636,4	50,9
TOTAL	12,053,4	63,7

Figura 6.3 - Datos cálculo de la demanda mediante *ideal loads idf e+*.

Con estos resultados y el cumplimiento de la norma de horas fuera de rango de confort, podemos confirmar el cumplimiento de las dos premisas establecidas al principio del capítulo, por lo tanto estamos en disposición de analizar en profundidad los resultados obtenidos para cada una de las fuentes energéticas seleccionadas.

A continuación se procede a analizar el comportamiento global de la instalación objeto de análisis en dos periodos claramente diferenciados.

El primero de ellos corresponderá a la semana más desfavorable en las épocas de invierno y verano, por ser los periodos con necesidades de calefacción y refrigeración claramente diferenciados. El segundo hará referencia al comportamiento medio global de la instalación objeto a lo largo de un periodo anual. Dos son las situaciones claves para poder analizar el comportamiento de la instalación:

La primera de ellas hace referencia al comportamiento horario de la bomba de calor frente a la temperatura exterior, la temperatura de confort y el comportamiento del intercambiador geotérmico. Esto nos dará una visión global de la parametrización horaria de la misma, para conseguir la satisfacción de necesidades climáticas al menor coste posible.

La segunda hace referencia a cómo se comporta a nivel térmico nuestro suelo radiante, que es el encargado de entregar esa energía al ambiente y conseguir la temperatura de confort.

6.1. Resultados Térmicos Globales de la Instalación en Periodos Críticos de Calefacción y Refrigeración

Los periodos desfavorables seleccionados, se han obtenido del archivo climático utilizado para la simulación energética y corresponden a la semana del 23 de enero al 1 de febrero para calefacción y a la semana del 30 de julio al 1 de agosto para refrigeración.

Como horario de uso, se define la ocupación entre las 09:00h. y las 18:00h. en jornada de lunes a viernes, que corresponde a un uso habitual de oficina.

Dentro de las semanas más desfavorables seleccionadas y para facilitar la lectura y análisis de los datos obtenidos, se analizan los resultados para el día más desfavorable dentro de ese periodo, correspondiendo al día 1 de febrero para calefacción y el 31 de julio para refrigeración.

La configuración del funcionamiento de la bomba de calor geotérmica se ha desarrollado para que suministre la energía en aquellos periodos con menor coste eléctrico. Estos son los comprendidos entre las 22:00h. y las 12:00h. para época invernal y entre las 23:00h. y las 13:00h. para el verano. Se conocen como proceso de tarifa con discriminación horaria y conllevan una reducción sustancial de la factura eléctrica y por tanto una disminución de los costes de generación.

Periodo invierno

Para conseguir este objetivo, la bomba de calor arrancará antes de las 06:00h. siempre y cuando la temperatura de confort baje por debajo de los 20°C, con el objetivo de que debido a la alta inercia térmica de nuestro sistema emisor, se puedan alcanzar temperaturas lo suficientemente altas como para responder a las cargas de climatización, sobre todo en los periodos posteriores cuando hay personas en el área.

La segunda condición establece que si la temperatura de confort se encuentra por debajo de 21°C en el periodo de ocupación, el sistema se mantenga activo. Se establece un valor inferior al confort de 22°C al tener en cuenta el parámetro de inercia térmica de la instalación.

En el horario de no ocupación, parametrizamos el sistema para que si la temperatura es inferior a los 18°C el sistema se mantenga activo, hecho que permitirá mantener unas condiciones aceptables, que no supongan gasto excesivo de energía y que garanticen una buena respuesta del mismo en el momento de necesitar conseguir el *set point* de 21°C.

Definido el modo de funcionamiento de la bomba de calor, a continuación se muestran los resultados obtenidos del proceso de simulación, que se representan mediante sistema *Dview*, el cual permite una buena interpretación visual de los mismos y una fácil extracción de datos de *EnergyPlus*. En la gráfica adjunta podemos ver los resultados obtenidos de la temperatura del fluido circulante del circuito intercambiador y bomba de calor suelo radiante, tanto en la ida como en el retorno, así como la gráfica de la potencia eléctrica de la bomba de calor de forma horaria, variables que nos permitirán analizar el comportamiento de nuestra instalación.

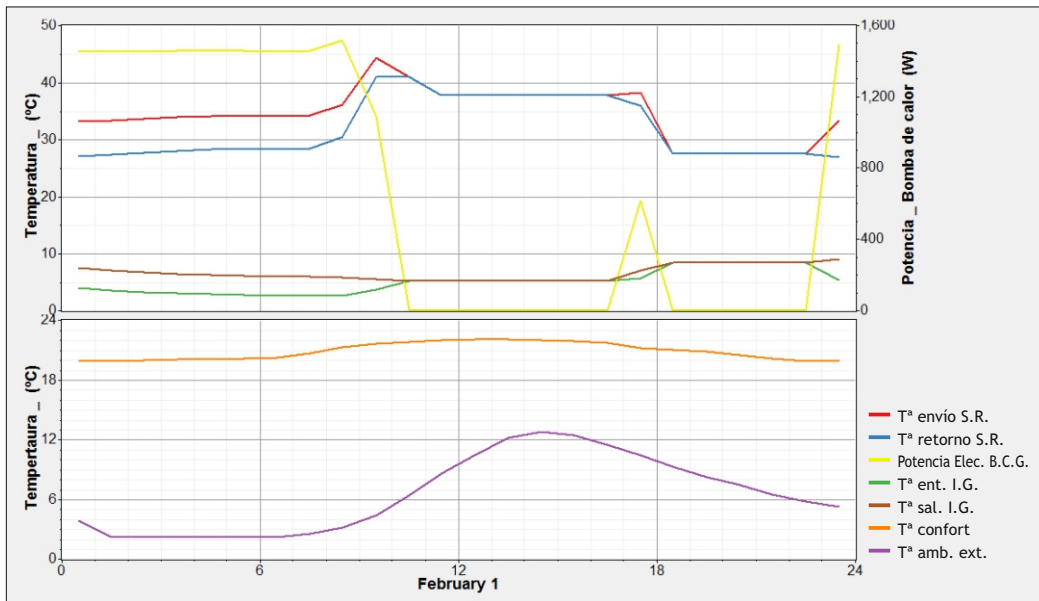


Figura 6.4 - T^a de los circuitos de entrada / salida y T^a ambiente exterior del sistema geotérmico en periodo invierno obtenidos en la simulación en e^+ .

En la gráfica adjunta podemos confirmar como el valor de temperatura de confort objetivo se consigue en todo el periodo de ocupación de la instalación de una forma continua, estable y con diferencias mínimas respecto al *set point* establecido, hecho que nos permite garantizar el correcto funcionamiento de nuestra instalación.

Para conseguir el objetivo, observamos como la diferencia absoluta de temperatura entre el circuito de ida y retorno del nuestro intercambiador geotérmico es de tan solo 5°C durante el funcionamiento de la bomba de calor geotérmica. Este pequeño diferencial térmico, aprovechado y transformado por nuestra bomba de calor geotérmica, permite enviar fluido al suelo radiante a temperaturas de hasta 45°C , siendo la temperatura media de impulsión de 35°C , hecho que repercute positivamente en el consumo de nuestra bomba de calor.

También se observa, como la bomba de calor geotérmica se encuentra funcionando en todo el periodo de discriminación horaria, manteniendo la condición de menor coste eléctrico de generación y de valor de temperatura de confort lo más cercano al objetivo de 22°C , aprovechando la inercia térmica del suelo radiante para satisfacer la demanda al

inicio del horario de uso. Esta parametrización de la bomba consigue un funcionamiento eficiente desde el punto de vista térmico y económico.

Sobre las 08:30h, la bomba de calor inicia su proceso de parada, disminuyendo su aporte térmico al sistema debido al aumento de cargas tanto internas (iluminación, equipos, personas), como externas (radiación solar), y produciéndose su parada total sobre las 09:30h, momento en el que se alcanza la temperatura de confort establecida. En ese momento el sistema es capaz de mantener las condiciones de uso de forma autónoma hasta las 17:30h., momento en el que se necesita de un arranque adicional durante un periodo de una hora para mantener el confort.

En este periodo crítico analizado, comprobamos como los valores de temperatura ambiente exterior se encuentran en el entorno de 1°C a 13°C, valores representativos de un clima extremo y por lo tanto de condiciones exteriores adversas.

Los resultados mostrados nos permiten analizar el comportamiento global de la instalación, considerando esta como la composición de un sistema formado por un intercambiador geotérmico, una bomba de calor, un sistema de suelo radiante y un sistema de ventilación mecánica controlada. Además permiten confirmar que el sistema es capaz de satisfacer las necesidades objetivo, de forma eficiente y al menor coste posible.

Periodo Verano

La bomba de calor se parametriza para que arranque antes de las 05:00h. siempre y cuando la temperatura de confort sea igual o superior a 27°C, buscando el mismo objetivo que en periodo invernal: satisfacer las necesidades al mínimo coste energético, es decir, consumiendo energía en periodo de discriminación horaria por sus bajos costes eléctricos y aprovechando este hecho para mantener las condiciones de confort basándonos en la inercia térmica del sistema.

En el horario de uso establecido, se introduce una segunda condición que determina que si la temperatura del sistema no es de 25°C antes de las 19:00h., este se mantenga activo. Se establece un valor inferior al confort de 26°C, al tener en cuenta el parámetro de inercia térmica de la instalación.

Utilizando el sistema *Dview*, se muestran a continuación los resultados obtenidos, correspondientes a las mismas variables analizadas en el periodo invernal.

En la gráfica adjunta vemos los valores registrados de temperatura de fluido a la entrada y salida del intercambiador geotérmico, así como los valores de temperatura de impulsión y retorno del suelo radiante y adicionalmente la temperatura de confort alcanzada.

A su vez comprobamos como el salto térmico entre la entrada y salida del circuito del intercambiador geotérmico es similar al analizado en el periodo de invierno, encontrándose este valor en el entorno de los 5°C en los periodos de funcionamiento de la bomba de calor geotérmica.

El funcionamiento en *modo refrigeración* es diferente al *modo calefacción*, dado que la bomba de calor geotérmica durante el periodo nocturno se encuentra parada debido fundamentalmente a que la disminución de la temperatura exterior, provoca un efecto refrescante sobre el sistema, que permite evacuar calor del interior hacia el exterior de forma natural. Para mantener las necesidades de confort interior, la bomba funcionará en los periodos de las 06:00h. hasta las 12:00h., donde iniciará su proceso de parada hasta las 12:30h. y de este modo garantizará el suministro térmico durante el periodo de uso, manteniendo el consumo eléctrico en las horas de menor coste.

Cabe destacar que con solo 5°C de diferencia entre la temperatura de entrada y salida en el intercambiador geotérmico, la bomba de calor geotérmica es capaz de impulsar agua al suelo radiante a 12°C.

Este hecho puede verse reflejado en la gráfica, mediante los valores de temperatura de impulsión de fluido al suelo radiante, que para periodos de uso se encuentran entorno a los 12°C, con un retorno 6°C superior, debido a que está absorbiendo energía de la zona de uso. Adicionalmente, podemos comprobar, como en los periodos de no utilización, la temperatura de envío al sistema es inferior al *set point* establecido para maximizar el rendimiento.

En este periodo crítico analizado, también comprobamos como los valores exteriores de temperatura ambiente se encuentran en el entorno de los 35°C, representativos de un clima extremo y por lo tanto de condiciones exteriores adversas.

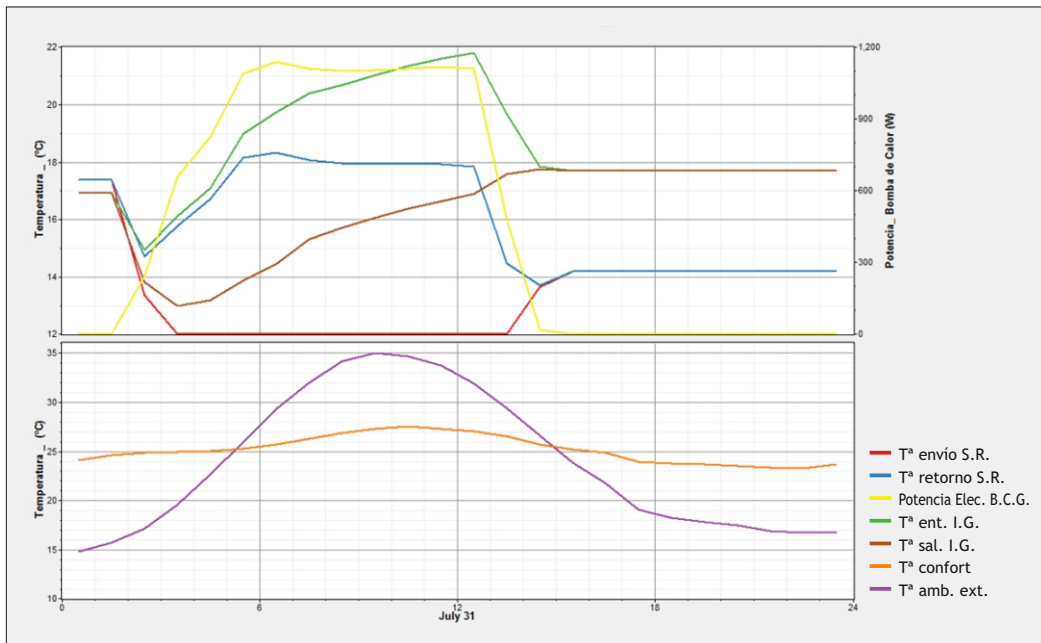


Figura 6.5 - T^a de los circuitos de entrada / salida y T^a ambiente exterior del sistema geotérmico en periodo verano obtenidos en la simulación en *e+*.

Es importante analizar el comportamiento del suelo radiante en cuanto a su capacidad de combatir la carga sensible existente en el área, dado que la temperatura del suelo radiante se encuentra limitada por el efecto de condensación.

Para ello mostraremos los resultados de temperatura del suelo radiante en toda su sección, junto con los valores de temperatura del aire en la zona así como la temperatura de rocío para esas condiciones, datos que nos permitirán verificar si existen condensaciones.

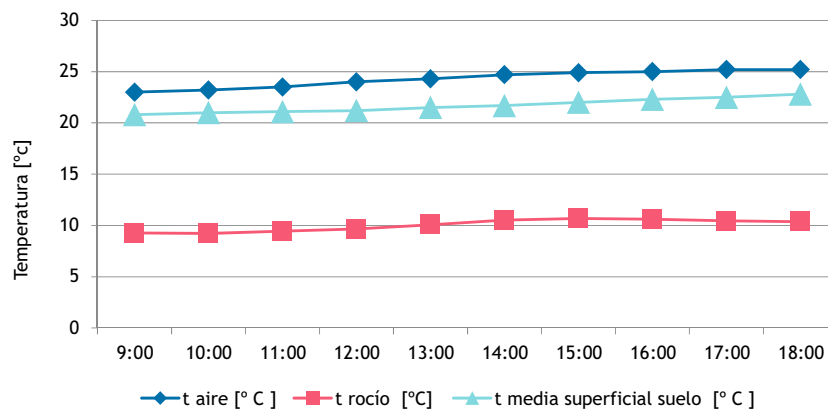


Figura 6.6 - T^a del suelo radiante y T^a de rocío para día desfavorable verano.

En la gráfica podemos confirmar como la temperatura alcanzada a lo largo de todo el día desfavorable analizado, se encuentra por encima del valor de temperatura de rocío, lo que nos permite confirmar la inexistencia de condensaciones sobre el suelo, garantizando así el confort objetivo.

Los resultados confirman que el sistema es capaz de satisfacer las necesidades objetivo, de una forma eficiente y al menor coste posible.

El sistema desarrollado es capaz de satisfacer las necesidades de confort objetivo en los periodos críticos de uso, establecidos a través del archivo climático correspondiente. El sistema permite que mediante el intercambio térmico entre el pozo geotérmico y la bomba de calor geotérmica, pueda suministrar la energía necesaria a nuestro suelo radiante, manteniendo en todo momento el grado de confort necesario dentro de la instalación. Adicionalmente, este suministro energético se realiza al menor coste eléctrico posible, parametrizando la bomba de calor para que produzca la energía en periodos de discriminación horaria, cuyos costes son inferiores.

Una vez confirmada la eficiencia del sistema en periodos críticos, analizaremos el comportamiento de modo global en un año completo.

6.2. Resultados Térmicos Globales de la Instalación en Periodo Anual

Es importante poner de manifiesto que los valores mostrados corresponden a valores medios anuales, los cuales se verán influenciados por los periodos de no ocupación de la instalación, por periodos de mantenimiento y ajuste de la misma durante el mes de mayo así como periodos de funcionamiento no óptimo debido a su carácter experimental. Todas estas situaciones, repercuten de forma negativa en el comportamiento de la instalación objeto, debido fundamentalmente a que cualquier parada, implica la pérdida de las condiciones de confort y por lo tanto una necesidad extra de climatización por desviación con respecto a los valores establecidos como objetivo. Aun considerando estas situaciones, el sistema es capaz de mantener las condiciones establecidas, lo que permite tener otra variable adicional, que caracterice de forma más realista la instalación y que por lo tanto de mayor fiabilidad y robustez a los resultados obtenidos.

Dentro de cualquier proceso de resultados, es importante utilizar ciertos análisis estadísticos que nos van a permitir analizar de forma precisa el comportamiento de nuestro sistema desde un punto de vista no gráfico.

Para ello, mediante la utilización del gráfico *Dmap* dentro del sistema *Dview*, podemos obtener una termografía completa de la instalación a analizar, la cual se muestra a continuación y en la que podemos observar como el sistema responde de forma perfecta a los valores de confort establecidos, manteniendo los *set point* de temperatura de confort en los rangos objetivo para cada periodo analizado.

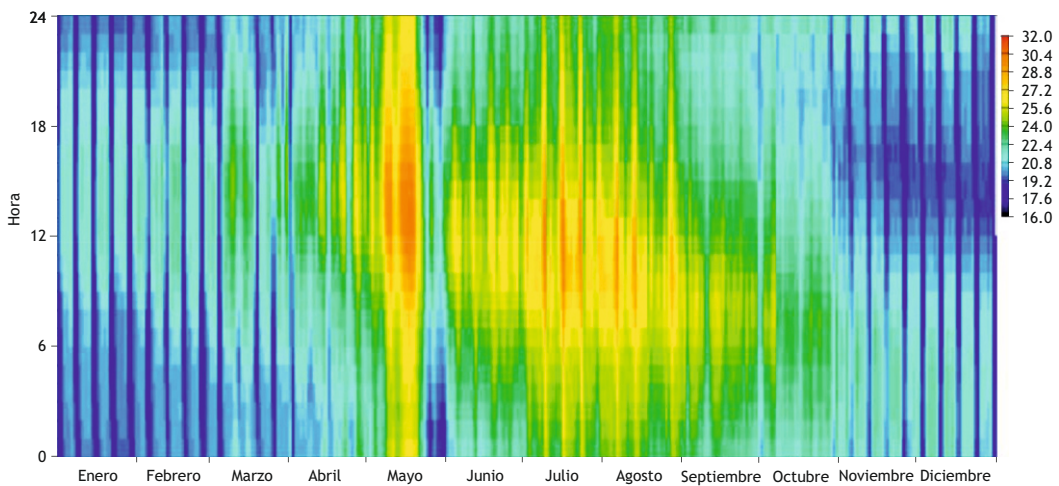


Figura 6.7 - Datos de temperatura ambiente interior.

El diagrama de caja conocido como *BoxPlot*, utilizado en nuestro sistema *Dview*, es un gráfico basado en cuartiles, y suministra información sobre los valores mínimo y máximo, los cuartiles Q1, Q2 o mediana y Q3, y sobre la existencia de valores atípicos, así como de la simetría de la distribución. Nos da información de valores medios, máximos y mínimos. Este gráfico nos permite obtener información adicional al comportamiento de nuestra instalación.

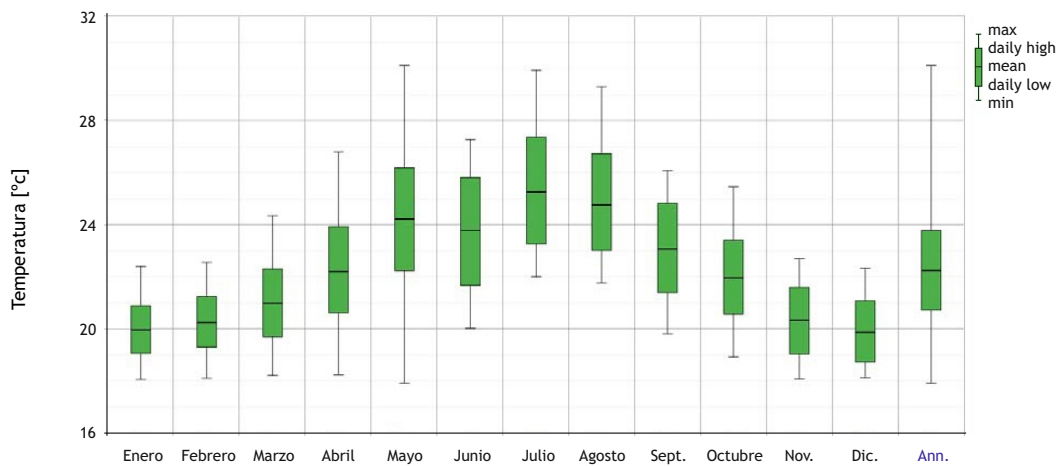


Figura 6.8 - Datos de temperatura de confort obtenidos mediante *Dview*.

Las gráficas mostradas nos dan una idea clara de los resultados obtenidos en el periodo de simulación anual de la instalación. En ellas se pone de manifiesto el cumplimiento de todas y cada una de las premisas establecidas en nuestras hipótesis de cálculo y representan de forma fehaciente el comportamiento simulado frente a la realidad, dando una validez clara a los mismos y poniendo de manifiesto que el sistema responde conforme a lo establecido.

Una vez confirmada la validez de los resultados, en la siguiente etapa analizaremos estos resultados propiamente dichos, con el nivel de detalle necesario para poder obtener los indicadores principales que nos permitirán establecer las conclusiones de forma realista de nuestro sistema y su comparativa con las opciones energéticas comentadas.

6.3. Resultados Rendimiento Instalación Geotérmica Global

Analizado el comportamiento de la instalación desde diferentes puntos de vista y verificando que los valores de confort se cumplen para cada una de las situaciones simuladas, a continuación se iniciará el proceso de análisis exhaustivo de los resultados.

Analizaremos aspectos térmicos, medioambientales y económicos de la instalación objeto, y realizaremos un análisis comparativo, frente a otros tipos de fuente de energía tales como biomasa, gasóleo y gas natural, para poder determinar el posicionamiento de

nuestro sistema frente al resto de opciones propuestas.

Mantendremos la configuración de la envolvente para cada una de las opciones así como las necesidades básicas de refrigeración, calefacción, agua caliente sanitaria y ventilación.

Los sistemas utilizados como mecanismo de comparación no pueden satisfacer las necesidades de refrigeración de la instalación, condición por la cual necesitan de otro sistema que garantice esa demanda y por ello estas fuentes energéticas dispondrán de un sistema de bomba de calor que satisfaga dichas necesidades de refrigeración.

6.3.1. Rendimiento Estacional Instalación Global

Mediante el informe *Annual building sensible heat gain components*, podemos obtener del simulador *EnergyPlus* los parámetros fundamentales del comportamiento térmico de la instalación, que se presentan en la siguiente tabla. Esto nos va a permitir analizar la demanda de climatización.

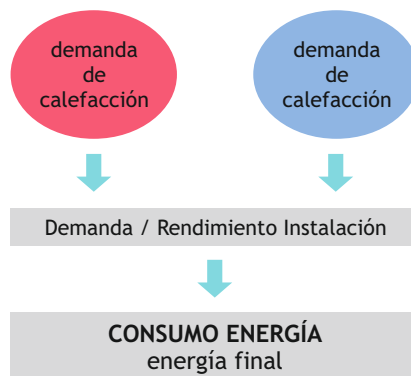


Figura 6.9 - Esquema proceso de cálculo del consumo de energía.

En nuestro caso, hemos obtenido unos valores de demanda a través del cálculo *Ideal Loads* de *e+*, en modo calefacción de 9.636,4kWh/año y de 2.417kWh/año en modo refrigeración, lo cual supone una demanda térmica anual de 12.053,4 kWh/año.

Resultados Ideal Loads	kWh
District Cooling	2.417,0
District Heating	9.636,4
TOTAL	12.053,4

Figura 6.10 - Datos de demanda edificio.

Conocida la demanda de nuestro sistema, es necesario conocer cuál es el consumo energético de los componentes que satisfacen esa demanda, para poder calcular el rendimiento estacional de nuestra instalación.

Para ello, mediante el informe de *e+ End Uses*, podemos obtener estos consumos para cada una de las tipologías utilizadas, el cual se obtiene como resultado del proceso de simulación. En la *Figura 6.14* se muestran los resultados:

End uses GEOTERMIA	Electricity kWh	Natural Gas kWh	Additional Fuel kWh
Heating	2.072,91	0,00	0,00
Cooling	297,67	0,00	0,00
Interior lighting	500,19	0,00	0,00
Exterior lighting	0,00	0,00	0,00
Interior Equipment	1.321,25	0,00	0,00
Exterior Equipment	0,00	0,00	0,00
Fans	0,00	0,00	0,00
Pumps	608,10	0,00	0,00
Heat Rejection	0,00	0,00	0,00
Humidification	0,00	0,00	0,00
Heat Recovery	0,00	0,00	0,00
Water Systems	0,00	0,00	0,00
Refrigeration	0,00	0,00	0,00
Generators	0,00	0,00	0,00
TOTAL END USES	4.800,11	0,00	0,00

End uses GAS NATURAL	Electricity kWh	Natural Gas kWh	Additional Fuel kWh
Heating	10,34	9.613,92	0,00
Cooling	695,42	0,00	0,00
Interior Lighting	500,19	0,00	0,00
Exterior Lighting	0,00	0,00	0,00
Interior Equipment	1.321,25	0,00	0,00
Exterior Equipment	0,00	0,00	0,00
Fans	10,75	0,00	0,00
Pumps	160,30	0,00	0,00
Heat Rejection	0,00	0,00	0,00
Humidification	0,00	0,00	0,00
Heat Recovery	0,00	0,00	0,00
Water Systems	0,00	0,00	0,00
Refrigeration	0,00	0,00	0,00
Generators	0,00	0,00	0,00
TOTAL END USES	2.698,25	9.613,92	0,00

End uses BIOMASA	Electricity kWh	Natural Gas kWh	Additional Fuel kWh
Heating	10,34	0,00	12.407,09
Cooling	695,42	0,00	0,00
Interior lighting	500,19	0,00	0,00
Exterior Lighting	0,00	0,00	0,00
Interior Equipment	1.321,25	0,00	0,00
Exterior Equipment	0,00	0,00	0,00
Fans	10,75	0,00	0,00
Pumps	160,30	0,00	0,00
Heat Rejection	0,00	0,00	0,00
Humidification	0,00	0,00	0,00
Heat Recovery	0,00	0,00	0,00
Water Systems	0,00	0,00	0,00
Refrigeration	0,00	0,00	0,00
Generators	0,00	0,00	0,00
TOTAL END USES	2.698,25	0,00	12.407,09

End uses GASOLEO C	Electricity kWh	Natural Gas kWh	Additional Fuel kWh
Heating	10,34	0,00	11.031,67
Cooling	695,42	0,00	0,00
Interior lighting	500,19	0,00	0,00
Exterior lighting	0,00	0,00	0,00
Interior Equipment	1.321,25	0,00	0,00
Exterior Equipment	0,00	0,00	0,00
Fans	10,75	0,00	0,00
Pumps	160,30	0,00	0,00
Heat Rejection	0,00	0,00	0,00
Humidification	0,00	0,00	0,00
Heat Recovery	0,00	0,00	0,00
Water Systems	0,00	0,00	0,00
Refrigeration	0,00	0,00	0,00
Generators	0,00	0,00	0,00
TOTAL END USES	2.698,25	0,00	11.031,67

Figura 6.11 - Datos consumos energéticos por tipología de fuente.

En el caso de nuestra instalación geotérmica, el consumo anual es de 2.978,67 kWh/año, que corresponde a la necesidad eléctrica para satisfacer la demanda de

climatización interior, compuesta por el consumo eléctrico de la bomba de calor, las bombas de circulación y la ventilación mecánica controlada.

Los factores que van a determinar el rendimiento del sistema, tanto en *modo calefacción* como *modo refrigeración* son:

SCOP (Season COP), rendimiento estacional en *modo calefacción*:
 Determinado por el cociente entre la energía calorífica aportada y la energía eléctrica absorbida útil durante un determinado periodo de tiempo.

SEER (Season EERCOP), rendimiento estacional en *modo refrigeración*:
 Determinado por el cociente entre la energía calorífica aportada y la energía eléctrica absorbida útil durante un determinado periodo de tiempo.

En la *figura 6.15*, podemos verificar los resultados obtenidos para nuestra instalación.

End uses GEOTERMIA	Demanda kWh/año	E Final kWh/año	E Final con bombas kWh/año	Rendimiento estacional sin bombas	Rendimiento estacional con bombas
Heating	10.063	2.073	2.605	4,85	3,86
Cooling	-1.979	298	374	6,65	5,29
TOTAL	12.042	2.371	2.979	5,08	4,04

Figura 6.12 - Datos rendimiento estacional para fuente energía geotérmica.

Los resultados obtenidos del proceso de simulación de nuestra instalación geotérmica, determinan que el rendimiento estacional de la misma, se encuentra en valores superiores a un COP de 5, sin considerar elementos auxiliares tales como bombas de recirculación, las cuales son necesarias para el suministro energético. Los valores de rendimiento habitual se suelen calcular sin considerar esos elementos ya que es la forma estándar de dar estos resultados, pero en nuestro caso hemos querido tener los resultados más próximos a la realidad existente y es por ello que considerando estos consumos eléctricos de estos elementos auxiliares, el rendimiento estacional de nuestra instalación, presenta valores de COP superiores a 4, lo cual representa que por cada kW eléctrico consumido somos capaces de generar 4,04kW térmicos.

Esto pone de manifiesto un hecho conocido con anterioridad, relativo al rendimiento de una bomba de calor frente al uso de otros sistemas, el cual se ve claramente potenciado por

la disminución de la demanda energética del edificio, y que repercute directamente en menores necesidades de climatización, con la consiguiente disminución en la demanda eléctrica y por lo tanto, el aumento exponencial del factor de rendimiento. A continuación se muestran los rendimientos obtenidos para cada una de las tipologías comparativas, con respecto a la geotermia.

End uses GAS NATURAL	Demanda kWh/año	E Final kWh/año	E Final con bombas kWh/año	Rendimiento estacional sin bombas	Rendimiento estacional con bombas
Heating	10.063	9.624	9.785	1,05	1,03
Cooling	-1.979	706		2,80	
TOTAL	12.042	10.330	10.491	1,17	1,15

End uses GASOLEO C	Demanda kWh/año	E Final kWh/año	E Final con bombas kWh/año	Rendimiento estacional sin bombas	Rendimiento estacional con bombas
Heating	10.063	11.042	11.202	0,91	0,90
Cooling	-1.979	706		2,80	
TOTAL	12.042	11.748	10.908	1,03	1,01

End uses BIOMASA	Demanda kWh/año	E Final kWh/año	E Final con bombas kWh/año	Rendimiento estacional sin bombas	Rendimiento estacional con bombas
Heating	10.063	12.417	12.578	0,81	0,80
Cooling	-1.979	706		2,80	
TOTAL	12.042	13.124	13.284	0,92	0,91

Figura 6.13 - Datos rendimiento estacional para resto de fuentes de energía.

Como podemos observar en los resultados mostrados, los rendimientos estacionales de cada una de las tipologías mostradas son muy inferiores a la instalación objeto. Esto hace que el uso de sistemas de bomba de calor permita obtener mayores rendimientos a nivel energético.

Dentro de este análisis de resultados desde el punto de vista energético, hemos podido verificar como el sistema de bomba de calor geotérmica presenta unos mejores

rendimientos estacionales, lo que nos da una idea de la eficiencia de conversión de la energía de estos sistemas y por lo tanto un mejor posicionamiento energético con respecto al resto de opciones.

6.3.2. Resultados Emisiones CO₂ instalación Global / Tipología

Una vez que hemos determinado el rendimiento de nuestra instalación, el siguiente factor a analizar, corresponde al factor medioambiental, el cual vendrá representado por las emisiones de CO₂ a la atmósfera. En este apartado, determinaremos los valores obtenidos en nuestra instalación y cuál es su posicionamiento frente al resto de sistemas utilizados.

El proceso de cálculo es el que se muestra a continuación:

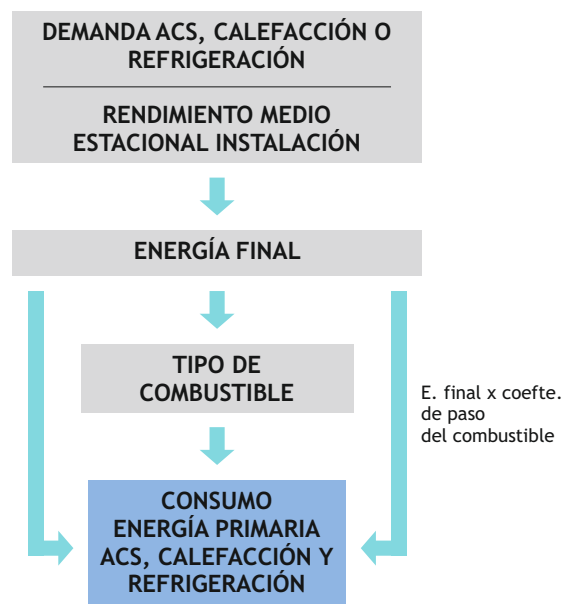


Figura 6.14 - Esquema de cálculo de emisiones.

Para el cálculo de emisiones de CO₂ es necesario conocer la demanda y mediante la tabla de factores de paso de energía final, poder calcular las emisiones de CO₂. En la *Figura 6.18*, se pueden observar cuales son los coeficientes de paso para cada tipología de energía en la actualidad.

Energético	Factores de paso de Energía Final		
	a Energía Primaria Total kWhEP/kWhEF	a Energía Primaria No Renovable kWhEPNR/kWhEF	a Emisiones de CO ₂ kgCO ₂ /kWhEF
Electricidad	2,368	1,954	0,331
Gasóleo calefacción / Fuel-oil	1,182	1,179	0,331
GLP	1,204	1,201	0,254
Gas Natural	1,195	1,190	0,252
Carbón	1,084	1,082	0,472
Biomasa no densificada	1,037	0,034	0,018
Biomasa densificada (pelets)	1,113	0,085	0,018

Figura 6.15 - Coeficientes de paso de energía final.

En nuestro caso, la demanda eléctrica es de 2.978.67kWh/año. Aplicando los factores de paso de energía final para el sistema electricidad, nos da unas emisiones anuales de 0.986 TCO₂ año. Este valor indica, en comparación con un edificio de referencia establecido por la norma CTE HE 2013, que la instalación geotérmica contamina 3,73 veces menos que el establecido en la norma, lo que nos permite confirmar su elevado grado de eficiencia desde el punto de vista medioambiental y por lo tanto el diseño óptimo no sólo desde el punto de vista energético considerado anteriormente.

Edificio objeto GEOTERMIA	Demanda kWh/año	E Final kWh/año	E Final con bombas kWh/año	Rendimiento estacional sin bombas	Rendimiento estacional con bombas	Emisiones de CO ₂ kgCO ₂ /año con bombas
Heating	10.063	2.073	2.605	4,85	3,86	862
Cooling	-1.979	298	374	6,65	5,29	124
TOTAL	12.042	2.371	2.979	5,08	4,04	986

Edificio referencia CTE HE 2013	Demanda kWh/año	Rendimiento estacional de la norma	E Final kWh/año	Emisiones de CO ₂ kgCO ₂ /año	
Heating	10.063	0,92	10.938	2.756	Gas Natural
Cooling	-1.979	2,00	990	328	Electricidad
TOTAL	12.042		11.927	3.084	

Figura 6.16 - Datos emisiones según edificio de referencia CTE HE 2013.

Es por ello, que en esta fase de resultados, hemos podido confirmar como nuestro sistema es capaz de satisfacer las necesidades de confort establecidas, al mayor rendimiento energético posible y con el menor impacto medioambiental, considerado este como emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Una vez calculadas las emisiones correspondientes a nuestro sistema geotérmico, calcularemos siguiendo la misma rutina de trabajo, las emisiones correspondientes al resto de fuentes de energía bajo las siguientes premisas

- La demanda de climatización a satisfacer, es la misma para cada tipología
- La demanda de refrigeración, que en el caso de la energía geotérmica se satisface con la misma bomba de calor, en el resto de sistemas, será satisfecha por la instalación adicional de una bomba de calor, para esa demanda.
- Los valores de demanda, son los obtenidos para el edificio simulado.

En la *Tabla 6.20*, podemos ver los resultados obtenidos para cada tipología utilizada:

Edificio objeto	Demanda kWh/año	E Final kWh/año	E Final con bombas kWh/año	E Final con auxiliares kWh/año	Rendimiento estacional con bombas	Rendimiento estacional con auxiliares	Emisiones de CO ₂ , kgCO ₂ /año con bombas
GEOTERMIA							
Heating	10.062,50	2.072,91	2.604,65		4,85		862,14
Cooling	-1.979,17	297,67	374,02		6,65		123,80
TOTAL	12.041,67	2.370,57	2.978,67		5,08		985,94
GAS NATURAL							
Heating	10.062,50	9.624,26		9.884,56		1,03	2.490,91
Cooling	-1.979,44	706,17		756,17		2,80	250,29
TOTAL	12.041,94	10.330,43		10.640,73		1,15	2.741,20
BIOMASA							
Heating	10.062,50	12.417,43		12.517,43		0,80	225,31
Cooling	-1.979,44	706,17		756,17		2,80	250,29
TOTAL	12.041,94	13.123,60		13.273,60		0,91	475,61
GASÓLEO C							
Heating	10.062,50	11.042,01		11.142,01		0,90	3.465,17
Cooling	-1.979,44	706,17		756,17		2,80	250,29
TOTAL	12.041,94	11.748,18		11.898,18		1,01	3.715,46

Figura 6.17 - Datos emisiones según tipología de fuente de energía.

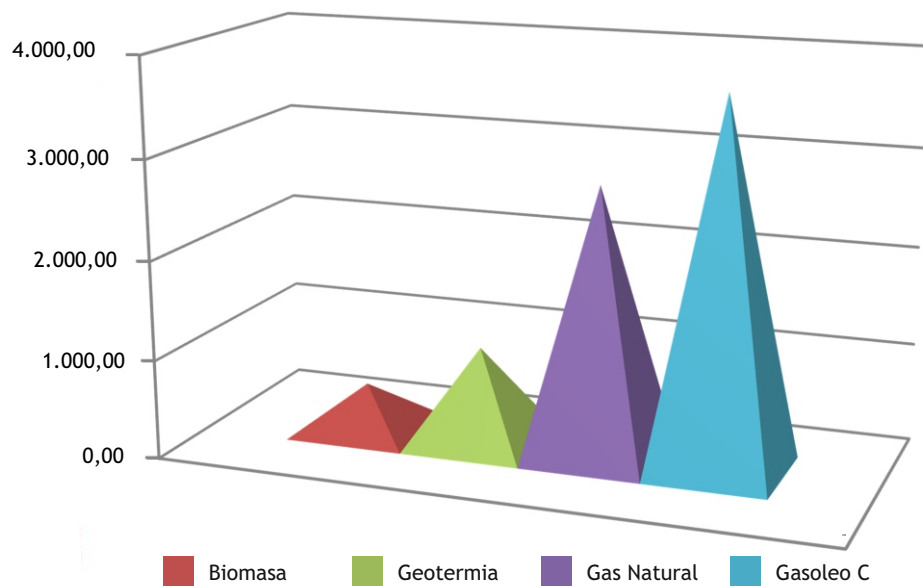


Figura 6.18 - Gráfico de emisiones por fuente de energía.

De los resultados obtenidos, podemos confirmar un hecho conocido con respecto a la biomasa, en cuanto a ser la fuente que menos emisiones emite a la atmósfera.

Un hecho relevante de los resultados obtenidos, es que el sistema geotérmico es la segunda fuente menos contaminante, aún utilizando un sistema de energía con el mayor índice de paso, en este caso la electricidad. Esto se debe fundamentalmente al elevado rendimiento que presenta la instalación objeto utilizando bomba de calor, frente a rendimientos bastante inferiores del resto de tipologías, las cuales por imposibilidad técnica de satisfacer las necesidades de refrigeración, necesitan un sistema de apoyo auxiliar, que en nuestro caso es una bomba de calor. En el extremo de las emisiones nos encontramos para nuestra instalación el gas natural y el gasóleo.

Después del análisis realizado, podemos confirmar que desde el punto de vista medioambiental, el sistema geotérmico ocupa una buena posición dentro de las opciones existentes en el mercado.

6.3.3. Resultados costes de producción por energía

Los resultados mostrados en el apartado anterior, ponen de manifiesto que el sistema geotérmico de baja entalpía es eficiente desde el punto de vista energético y

medioambiental.

Considerados estos hechos relevantes, es necesario pasar en el siguiente apartado a la variable coste económico de cada tipología de instalación. Este análisis de coste, permitirá disponer de los tres parámetros considerados como fundamentales en esta Tesis Doctoral, cuyos resultados permitirán la toma de decisiones en cuanto a la elección de la mejor o mejores fuentes de energía para la satisfacción de las necesidades propuestas.

Para ello estableceremos las siguientes premisas de cálculo:

- Mantendremos los mismos valores de demanda tanto en modo calefacción como en modo refrigeración, y solo cambiaremos la fuente energética, que influirá en la inversión de la instalación y en los costes de producción.
- Aquellas tipologías energéticas que no pueden satisfacer las necesidades de refrigeración contarán con una instalación auxiliar de bomba de calor para poder satisfacer la demanda de frío.
- Los costes energéticos de cada fuente, son obtenidos de facturas reales de energía, las cuales considerarán todas las variables que influyen en el coste final tales como, tipo de tarifa, términos de potencia, peajes, impuestos etc. Esto nos permitirá obtener una valoración exacta de la realidad y evitar distorsiones con respecto a estas variables comentadas.

Uno de los primeros pasos en este análisis es determinar cuál es el coste del kWh de cada una de las fuentes energéticas utilizadas. Para ello, tomamos la base sobre factura real del precio del combustible de cada energía, que influenciada por su poder calorífico y factor de conversión, nos permite obtener el coste del kWh generado para cada fuente energética.

Este coste no representa el coste en el caso de nuestra instalación, fundamentalmente debido a que existen fuentes que no tienen capacidad técnica de suministrar la demanda de frío, las cuales vendrán determinadas por el coste de kWh eléctrico, al tratarse de una bomba de calor.

En la siguiente tabla podemos ver los resultados obtenidos:

Costes Electricidad Geotermia	Valor
Coste €/kWh	0,176400
Coste Eléctrico D.H. (70%) Resto (30%) €/kWh	0,1764
Coste Mantenimiento Anual €	95,00

Costes Gas Natural Calefacción	Valor
Coste Gas Natural T.U.R. 2 imp. inc. €/kWh	0,083936
Poder Calorífico Kcal/m ³	9.187,38
Coste Mantenimiento Anual €	160,00

Costes Biomasa Calefacción	Valor
Coste €/kWh	0,050740
Coste Pellets imp. inc. €/kg	0,27
Poder Calorífico Kcal/Kg	4.500
Factor Conversión kcal/kWh	860
Coste Mantenimiento Anual €	160,00

Costes Gasóleo Calefacción	Valor
Coste €/kWh	0,076947
Coste Gasóleo imp. inc. €/l	0,85
Poder Calorífico Kcal/l	9.500
Factor Conversión kcal a kWh	860
Coste Mantenimiento Anual €	160,00

Figura 6.19 - Datos costes del kWh generado por tipología de fuente de energía utilizada.

A continuación podemos ver de forma gráfica el posicionamiento de cada tipología:

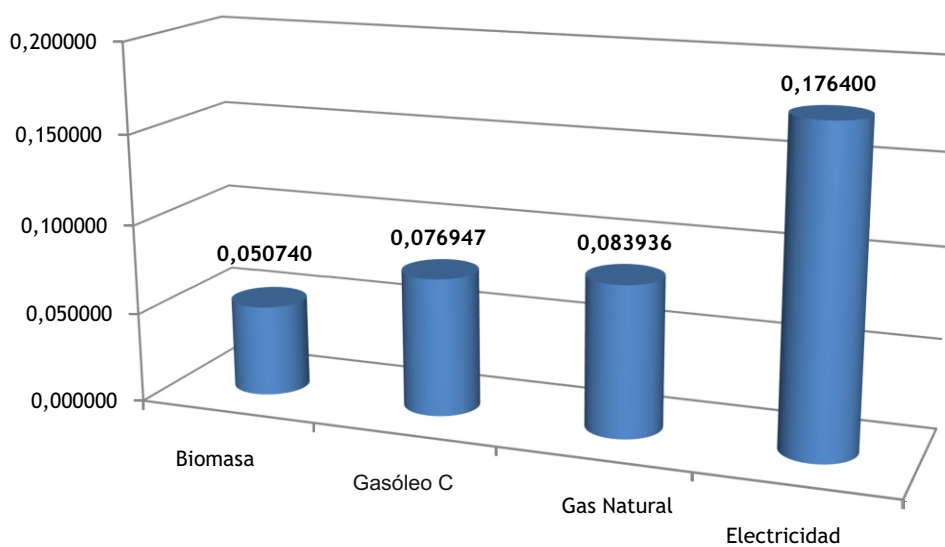


Figura 6.20 - Gráfico de costes €/kWh por fuente de energía utilizada.

Los resultados obtenidos confirman un hecho que representa los bajos costes de la biomasa: la paridad de costes entre las fuentes de origen fósil como el gasóleo y el gas natural, que viene motivada por los bajos precios del gasóleo en la actualidad, pero que por el contrario presentan una elevada volatilidad al depender de forma elevada del mercado de materias primas. Por otro lado, se confirma como el coste eléctrico es el más elevado, lo cual es un elemento que influye de forma negativa en el uso de sistemas basados en bomba de calor, dado que se abastecen solo de energía eléctrica y por lo tanto, sus variaciones y precios le influyen de forma global, aunque su elevado rendimiento permite amortiguar estos costes. Adicionalmente, debemos considerar que en el coste de combustible / fuente, no está considerando el coste real de kWh para esta tipología de instalación, ya que está dependerá del consumo real, que se verá penalizado para el resto de tipologías por la necesidad de un sistema que se alimenta de electricidad para suministrar las necesidades de refrigeración.

6.3.4. Análisis de Costes y Amortización

A lo largo del capítulo de resultados, hemos podido analizar los costes energéticos y medioambientales de la instalación objeto de esta Tesis Doctoral, así como su posicionamiento frente al resto de fuentes energéticas consideradas, pudiendo establecer comparativas relativas a estas dos variables analizadas y establecer criterios de selección de la tecnología a utilizar, en función de intereses energéticos y medioambientales.

A continuación, se procederá a analizar el coste económico de cada tecnología, considerando factores de inversión inicial, junto a costes operativos y de mantenimiento en cada caso en particular, con el objetivo de analizar cuál es la mejor opción a elegir en función de las variables a considerar.

En la tabla adjunta podemos comprobar cuales son los costes económicos de cada una de las partes que conforman la instalación para las diferentes tipologías de sistemas y en aquellos sin capacidad simultánea de calor y frío, se instalará una bomba de calor para cubrir las necesidades de refrigeración. También podemos ver la inversión a realizar para la instalación común, mediante diversas tipologías. Los valores han sido obtenidos de ofertas reales de diferentes proveedores, para la instalación objeto.

Fuente Energética	Bomba de Calor €	Caldera €	Split €	Pozo €	Suelo Radiante €	Total €
Geotermia	6.100	0	0	4.500	6.475	17.075
Biomasa		2.800	4.000	0	6.475	13.275
Gas Natural		2.400	4.000	0	6.475	12.875
Gasoleo C		2.800	4.000	0	6.475	13.275

Figura 6.21 - Datos inversión inicial en € por tipología de fuente de energía utilizada.

En ella podemos comprobar como los costes de la instalación son similares para todas las tipologías seleccionadas, salvo para la instalación geotérmica, que se ve penalizada por el coste de realización del pozo geotérmico.

El gasto energético anual viene establecido por el consumo energético, cuyos resultados se muestran a continuación:

Fuente Energética / Costes	Calefacción kWh		Refrigeración kWh	Bombeo kWh	Equipo	€/kWh		Total €/año
	Electricidad	Combustible	Electricidad	Electricidad	Elect.kWh/año	Combustible	Electricidad	
Geotermia	2.072,91		297,67	608,10			0,176400	525,4
Biomasa		12.417,43	706,17	21,50	80,00	0,050740	0,220000	807,7
Gas Natural		9.624,26	706,17	171,05	80,00	0,083936	0,220000	1.018,4
Gasoleo C		11.042,01	706,17	171,05	90,00	0,076947	0,220000	1.062,4

Figura 6.22 - Datos de gasto anual en € por tipología de fuente utilizada.

Los resultados obtenidos muestran como el sistema geotérmico es el sistema que menor coste anual presenta, con una clara diferencia con el resto de sistemas propuestos. Este hecho se debe fundamentalmente por disponer de energía primaria de forma constante y a coste cero y solo tener que soportar los costes eléctricos asociados para su transformación, bajo la premisa de su alto rendimiento estacional. Estos costes anuales se verán influenciados por otro coste adicional, relativo al mantenimiento de la instalación y cuyos resultados mostramos a continuación y sobre los cuales establecemos un incremento anual del 10%.

Coste Energía / año	Energía €	Mantenimiento €	Total €	Δ anual
Geotermia	525,4	80	605,4	10%
Biomasa	807,7	160	967,7	10%
Gas Natural	1.018,4	160	1.178,4	10%
Gasoleo C	1.062,4	160	1.222,4	10%

Figura 6.23 - Datos de costes anuales en € por tipología de fuente de energía utilizada.

Conocidos los resultados de nuestro análisis, es importante determinar cuál es el horizonte temporal en cuanto a gasto acumulado por cada tipología. Ello nos permitirá obtener la curva de costes acumulados y de esta forma conocer en qué momento una tipología es más barata que otra.

En la gráfica adjunta se muestran estos datos:

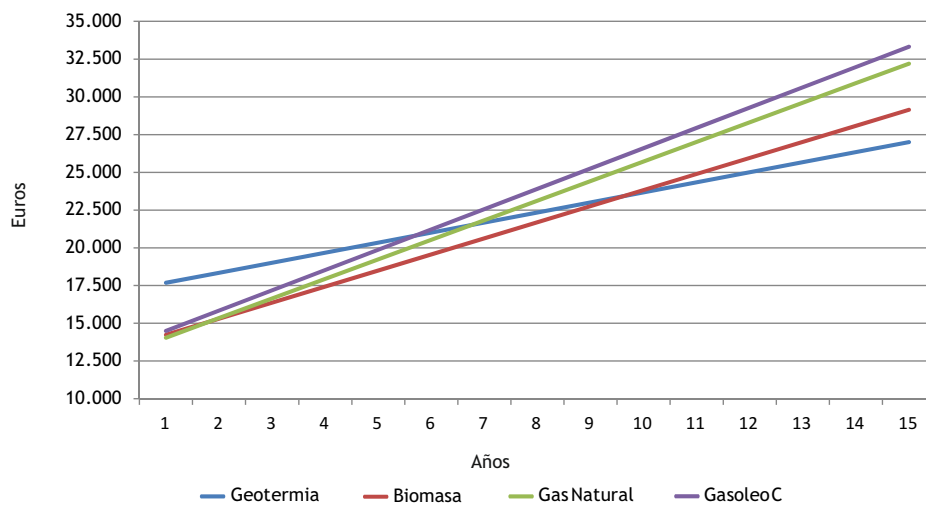


Figura 6.24 - Gráfico de costes acumulados en € para un periodo de 15 años de todas las fuentes de energía consideradas.

De los resultados obtenidos, podemos concluir que deben pasar 6 años para que nuestro sistema geotérmico sea más barato que la fuente fósil gasóleo. Un año más se necesita para superar al gas natural, lo que supondrían 7 años de uso. En el caso de la biomasa, son necesarios 10 años para que el sistema geotérmico sea el más barato.

Conocido el periodo de ahorros frente a otras tipologías, es momento de cuantificar esos ahorros de forma temporal, para ello establecemos una vida útil de los elementos generadores de aproximadamente 20 años, hecho basado en la calidad presupuestada para los mismos, así como la garantía de revisiones anuales en relación al mantenimiento, la cual está considerada como gasto anual. Con estas premisas, a continuación se muestran los ahorros conseguidos en ese horizonte temporal.

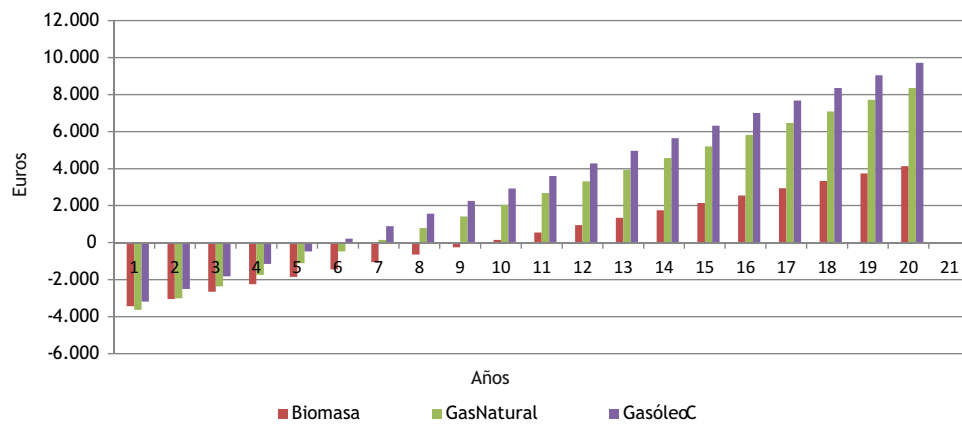


Figura 6.25 - Datos de ahorros acumulados en € en 20 años de la fuente geotérmica frente al resto de tipologías consideradas.

En el análisis de los resultados de ahorro observamos como en un periodo medio de uso en un horizonte de 20 años, los ahorros obtenidos se encontrarían en el entorno de los 4.000 € con relación a la biomasa y en el entorno de los 9.000 € a 10.000 € para las fuentes de gas natural y gasóleo.

Dentro de todo el análisis de resultados de esta Tesis Doctoral, no se ha considerado el efecto de subvenciones sobre las tipologías seleccionadas, con el objetivo de poder analizar la viabilidad técnica de la instalación desde un punto realista, sin considerar posibles aportes económicos que reflejarían una mejora de la misma, pero desconocemos su cuantía y su introducción temporal en la ecuación de coste. Es por ello, que el análisis mostrado responde a criterios verdaderamente energéticos, medioambientales y económicos. A continuación, en el *Capítulo 7*, analizaremos de forma más detallada los resultados y conclusiones obtenidas.

7 CONCLUSIONES

7.1. Introducción a las conclusiones

En el *Capítulo 1* se realizó la introducción al trabajo. En él se presentaron la revisión bibliográfica efectuada, los antecedentes y la justificación de la Tesis Doctoral. Con todo ello se procedió a enumerar los objetivos a conseguir. Estos objetivos se han alcanzado de manera satisfactoria. Podemos verlo de forma esquematizada en la *Tabla 7.1*

Estudio de las distintas tecnologías de instalacionesgeotérmicas, sean recientes o no	Capítulo 4	
Caracterización del comportamiento de la instalación experimental construida	Apartado 3.3	
Descripción del modelo y entorno de simulación en e+	Apartado 4.2	
Modelo termodinámico del comportamiento de la instalación y simulación de la misma	Capítulo 5	
Validación del modelo desarrollado	Apartado 5.3	
Obtención de resultados	Periodos críticos	Apartado 6.1
	Periodo medio anual	Apartado 6.2
	Energéticos globales	Apartado 6.3
	Costes	Apartado 6.3.3
	Validación de resultados	Apartado 6.4

Tabla 7.1 - Objetivos de la Tesis.

El objetivo fundamental de esta Tesis Doctoral es profundizar, desde criterios tanto termodinámicos como térmicos y económicos, en el conocimiento de una tecnología como la de la bomba de calor geotérmica, insuficientemente conocida hasta el momento debido al gran número de grados de libertad que existen en el diseño de este tipo de instalaciones. Para ello fue necesario desarrollar un modelo de simulación y otro térmico y económico, que permitieran caracterizar con precisión el comportamiento de la bomba de calor geotérmica.

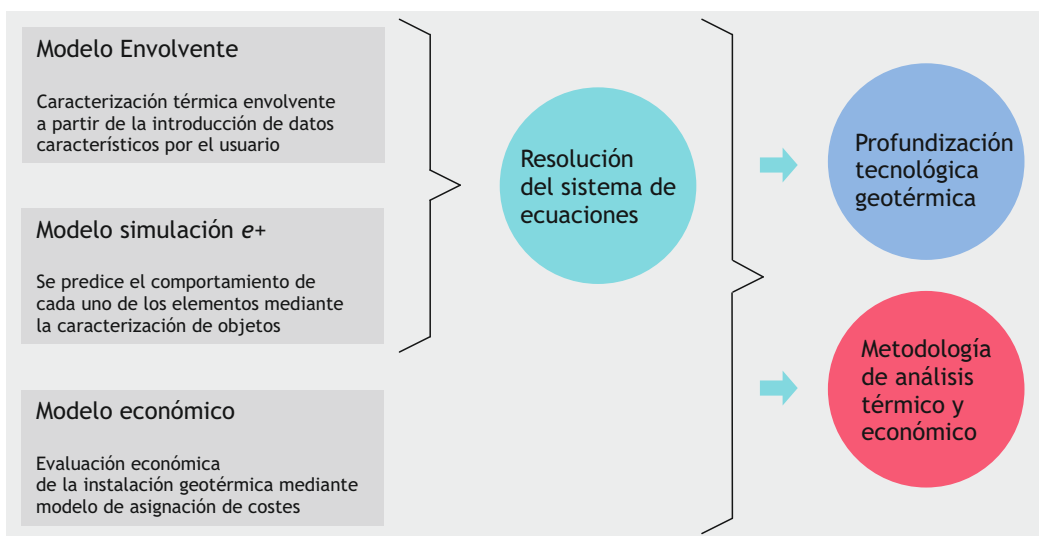


Tabla 7.2 - Datos de los modelos de simulación desarrollados.

En la figura se esquematiza el diagrama de flujo que siguen los modelos de simulación desarrollados. Éste consta de diversos módulos que permiten simular de forma muy completa este tipo de instalaciones. En efecto, integra un módulo de simulación termodinámica en condiciones de diseño, y un modelo térmico y económico que permite valorar de forma sencilla las instalaciones desde un punto de vista termoeconómico y no sólo termodinámico.

De la metodología en general y de los modelos en particular se pueden extraer las siguientes conclusiones:

A. Modelo de simulación en *EnergyPlus*. Es una evolución avanzada del modelo desarrollado de forma inicial por *e+*, ya que mejora el proceso de simulación de todos los componentes tradicionales, introduce elementos que caracterizan nuevas necesidades y permite el diseño abierto de este tipo de sistemas, (es decir, no limitado a un número

determinado de configuraciones). La simulación en condiciones nominales consiste en realizar balances energéticos en cada etapa a partir de un número de entradas al programa introducidos por el usuario.

Como se comprueba en la validación del modelo, estos son muy precisos. Dicho modelo admite las siguientes posibilidades:

A1. Simulación del intercambiador geotérmico. El sistema consta con un modelo independiente, que permite simular cualquier tipo de intercambiador geotérmico existente, variando componentes de profundidad, espesor, conductividad térmica, posición, etc.

A2. Simulación de la bomba de calor geotérmica. Al igual que en el intercambiador geotérmico, se desarrolla el modelo para este componente, buscando en todo momento cubrir la mayor versatilidad en las simulaciones:

- Es posible simular sistemas tanto a caudal variable como a caudal constante.
- Las características de la bomba de calor son perfectamente seleccionables en función de los objetos definidos para este componente.
- La parametrización del funcionamiento es totalmente abierta.

A3. Simulación del suelo radiante. El modelo permite simular este componente permitiendo.

- Diseñar cualquier tipología de suelo radiante, mediante la caracterización del objeto suelo, definido en *Google Sketch up*
- La parametrización de las características térmicas del elemento transmisor, dispone de un elevado número de variables, que permitan definir perfectamente este componente.
- Es posible seleccionar el proceso de emisión, en función de diferentes algoritmos establecidos, los cuales son seleccionados en función de la información térmica disponible del elemento emisor, en función de las variables definidas por el usuario o en función de otras características del modelo programado.

B. Herramienta desarrollada. Uno de los avances, es la incorporación del sistema de ventilación mecánica controlada, que permite mantener las condiciones de salubridad establecidas e introducir sus balances térmicos dentro del sistema general.

La respuesta del edificio a cargas térmicas se calcula simultáneamente con la respuesta de la instalación. Esto incrementa el rango de condiciones que se pueden analizar, incluyendo aquellas donde las temperaturas del edificio no están siempre controladas, en oscilación libre (p.ej. ventilación natural, sistemas infradimensionados).

La retroalimentación de los sistemas de HVAC no afecta a las cargas del edificio, debido a la implementación de este nuevo módulo. El modelo desarrollado modeliza explícitamente el intercambio radiante entre superficies. Los usuarios tienen control sobre la absorción solar y visible así como la emisividad de cada superficie y la temperatura de la superficie interviene en la transferencia de calor.

La aplicación utiliza un cálculo simplificado en lugar de factores visuales explícitos que consideren el área y orientación de las superficies. Las instalaciones se desarrollan a partir de componentes, constituyendo una forma más robusta y flexible de especificar las características de la instalación y mediante un mecanismo de plantillas simplifica el proceso de modelizado de las instalaciones, que de otra forma resulta más complejo, es posible adicionalmente modelizar radiación y estratificación térmica mediante un modelo de estratificación de 3 nodos. Ambas capacidades son elementos críticos en el modelizado de la ventilación por desplazamiento.

Los sistemas de calor y frío pueden separarse en circuitos de distribución que pueden interconectarse. Esto proporciona un modelo mucho más preciso del consumo en bombeo y permite por tanto evaluar sistemas de distribución alternativos como primario de caudal variable, primario/secundario y primario/secundario/terciario.

Las cargas térmicas se calculan en base a un determinado paso de simulación y a continuación se procede a la simulación de la instalación. Las cargas a las que la instalación no ha podido hacer frente se recogen en el cálculo de la temperatura y humedad para el siguiente paso de simulación. El paso de simulación por defecto es de 15 minutos pero puede reducirse hasta 1 minuto.

C. Modelo térmico y económico. Permite valorar de forma sencilla las instalaciones desde un punto de vista térmico y económico y no sólo termodinámico. Como se puede verificar en el apartado resultados, es importante disponer de sistemas sencillos que permitan cambiar variables de forma rápida y sencilla y ver los resultados instantáneos. Esto en definitiva supone un traslado de la información a cualquier usuario, si necesidad de conocimientos técnicos importantes, pero si datos que permitan analizar opciones y por lo tanto tomar la mejor decisión en cada caso.

CI. Criterios térmicos y económicos. Los criterios seleccionados para este trabajo son los criterios de coste de producción (coste de generación) y ahorros en el horizonte temporal. Estos criterios se seleccionan porque son de fácil interpretación y aplicación. Como conclusión interesante cabe comentar que la optimización de la instalación utiliza de forma conjunta los dos criterios establecidos, los cuales proporcionan altos rendimientos térmicos y buenos resultados económicos.

La aplicación de este modelo, además del objetivo de unificar la función coste y rendimiento, permite la selección de las tecnologías y configuraciones a utilizar, selección de componentes estandarizados como la bomba de calor geotérmica, establecimiento del rango de potencias en el que la instalación es óptima, evaluación de modificaciones en cuanto a la fuente de energía a utilizar frente a riesgos por ejemplo de subidas del precio del combustible o por incrementos en el coste de generación por impuestos adicionales por emisiones de CO₂.

D. Herramienta desarrollada. La revisión bibliográfica efectuada pone de manifiesto la necesidad de desarrollar herramientas de simulación con la propuesta para el estudio de instalaciones geotérmicas. Esta necesidad viene impuesta por la gran cantidad de configuraciones existentes, de tecnologías más o menos recientes, que pueden conducir a comportamientos muy particulares en cada caso. Con todo lo anterior, se puede decir que la herramienta elaborada facilita el prediseño de esta tipología de instalaciones, gracias a la consideración de los factores económicos. Además el uso del modelo permite establecer tendencias y sacar conclusiones acerca del diseño de este tipo de instalaciones, que a priori no son evidentes por lo que es posible establecer una metodología para el diseño térmico y económico de este tipo de instalaciones.

7.2. Conclusiones sobre los resultados

El objetivo del estudio de los resultados es establecer una metodología de diseño térmico y económico para este tipo de instalaciones. Las conclusiones de dicho estudio se muestran a continuación, desglosadas en los mismos apartados que en el capítulo de resultados, es decir, las referentes a los parámetros de confort en periodos críticos y periodos medios anuales, así como resultados sobre el proceso de simulación.

A. Intercambiador Geotérmico. Como conclusión global se puede extraer la importancia de la realización del test de respuesta térmica para cualquier tipología de instalación objeto, el cual determinará la viabilidad térmica de la misma y el nivel de inversión necesario en el pozo geotérmico, para satisfacer la demanda del edificio. Además se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Partiendo de los parámetros de diseño del intercambiador geotérmico, se podrá llegar a diseños termodinámicamente óptimos del pozo geotérmico.
- A pesar del que el fluido caloportador del sistema primario se haya diseñado con agua, y parametrizado el sistema para evitar congelaciones, no tiene repercusión en el balance térmico e influye positivamente en la inversión inicial y el ciclo de recambio del mismo por pérdida de propiedades.
- Por último, se pueden evaluar distintas variaciones en las variables del intercambiador, las cuales permiten modelar su comportamiento y analizar sus rendimientos.

B. Bomba de calor geotérmica. De los resultados obtenidos, podemos establecer las siguientes conclusiones:

- El sistema bomba de calor, es el que mejores rendimientos estacionales presenta de todas las tipologías existentes. Este rendimiento se encuentra a gran distancia del resto de opciones y por lo tanto es el sistema óptimo para climatizar instalaciones, fundamentalmente porqué es capaz de satisfacer todas las necesidades de un edificio, demanda que no puede ser satisfecha por el resto de fuentes de energía.
- Se puede generalizar que de los resultados obtenidos, verificamos que la combinación bomba de calor, suelo radiante, edificio con elevada eficiencia

energética, presenta la mejor combinación global a nivel termodinámico, todo ello basado en combinaciones de los tres sistemas de mayor eficiencia.

- Del estudio de la bomba de calor podemos concluir que las investigaciones están orientadas al aumento del rendimiento estacional, elemento que permitirá compensar los costes eléctricos frente al resto de fuentes que presentan un coste por fuente energética menor.

C. Suelo Radiante.

- Los resultados del sistema transmisor, en este caso el suelo radiante, presentan una satisfacción del confort térmico casi cercano al valor nominal establecido, transmitiendo esta energía de forma global a toda la estancia y con el mayor grado de confort, en comparación con el resto de opciones en el mercado.

- De los resultados obtenidos, podemos confirmar que el sistema abastece al suelo radiante en forma de baja entalpía, con la bomba de calor geotérmica optimizada en cuanto a uso horario y es capaz de satisfacer la demanda solicitada en los periodos de uso.

- El suelo radiante se postula como mejor elemento transmisor de energía a nivel de climatización.

D. Ventilación Mecánica Controlada.

- De los resultados obtenidos, podemos confirmar que el sistema de ventilación mecánica controlada se comporta de forma eficiente, dado que mantiene la salubridad de nuestro ambiente interior, sin penalizar en exceso el flujo de aire interior-exterior, adicionalmente el sistema mejora el rendimiento térmico, debido fundamentalmente a la minimización de pérdidas por efecto de ventilación directa al exterior, mediante apertura de ventanas/puertas.

7.3. Futuras Líneas de Investigación

Partiendo del estado actual del trabajo, se puede avanzar en la investigación a través de diversos frentes:

El primero de ellos, sería seguir desarrollando el modelo base utilizado por *EnergyPlus*, para disponer del mayor número de variables a controlar, y así poder caracterizar de una mejor forma cualquier instalación. Por ejemplo, una de las opciones sería disponer de sistemas compactos que analizaran tipologías de instalaciones concretas y que los módulos adicionales posibles determinaran la viabilidad o no de su instalación. Se podrían desarrollar librerías base de caracterización de elementos constructivos. Esto reduciría enormemente el desarrollo de los procesos de simulación, al ser menor el número de objetos a definir y cumplimentar.

Se podrían incluir también sistemas que permitieran calcular las *g-functions* directamente, en función de las características del intercambiador geotérmico. Actualmente es necesario un software limitado, que dificulta este hecho.

En relación a los equipos a instalar, sería de suma importancia establecer criterios técnicos que determinen que datos son los necesarios para analizar cada uno de los equipos con posibilidad de ser instalados y adicionalmente en unidades de medida normalizadas. Este hecho es importante, dado que el sistema utiliza unidades de medidas propias de software estadounidense y el factor de conversión es un punto crítico en cuanto a la fiabilidad de los datos introducidos.

Un punto importante de trabajo futuro sería el análisis económico. El sistema no dispone de un mecanismo de variabilización del coste en función de opciones elegidas y es bastante complejo alcanzar este objetivo con el mismo sistema. Adicionalmente, el sistema debería proponer opciones en función de tipologías.

Otro punto importante en cuanto al sistema, sería disponer de elementos o estudios experimentales contrastados que permitieran encaminar la tipología de instalación a simular, en función de parámetros característicos tales como situación geográfica, altitud, orientación, clasificación energética, etc. Este hecho permitiría centrarse en aspectos críticos de la instalación para mejoras efectivas y rápidas y no en aspectos de carácter general.

Como se ha podido comprobar en este apartado, existen grandes posibilidades en

relación al sistema de simulación seleccionado así como al desarrollo del modelo dentro del campo de la geotermia, tipología no desarrollada y con grandes perspectivas de futuro.

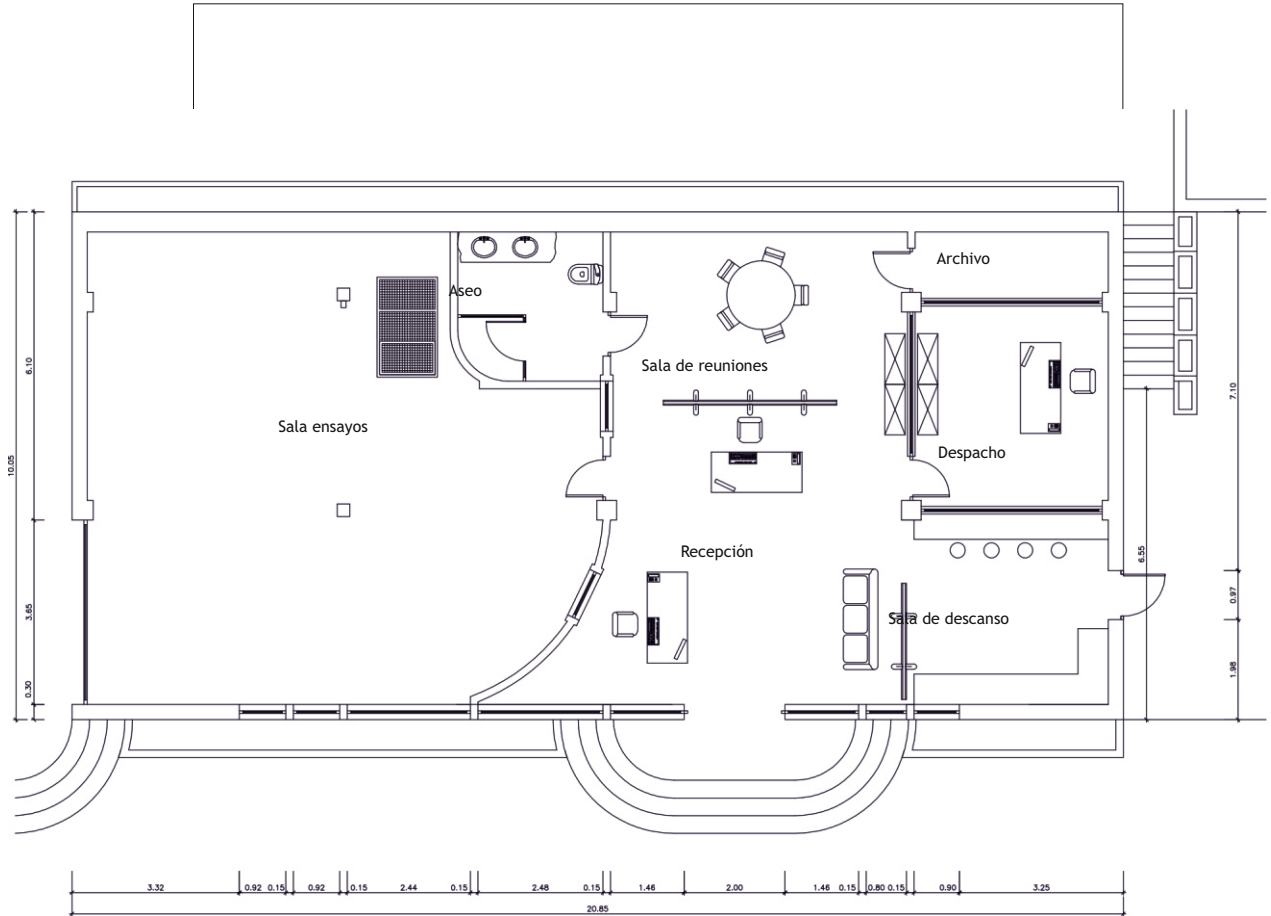
8

ANEXOS

Anexo I. Planos detalle instalación geotérmica

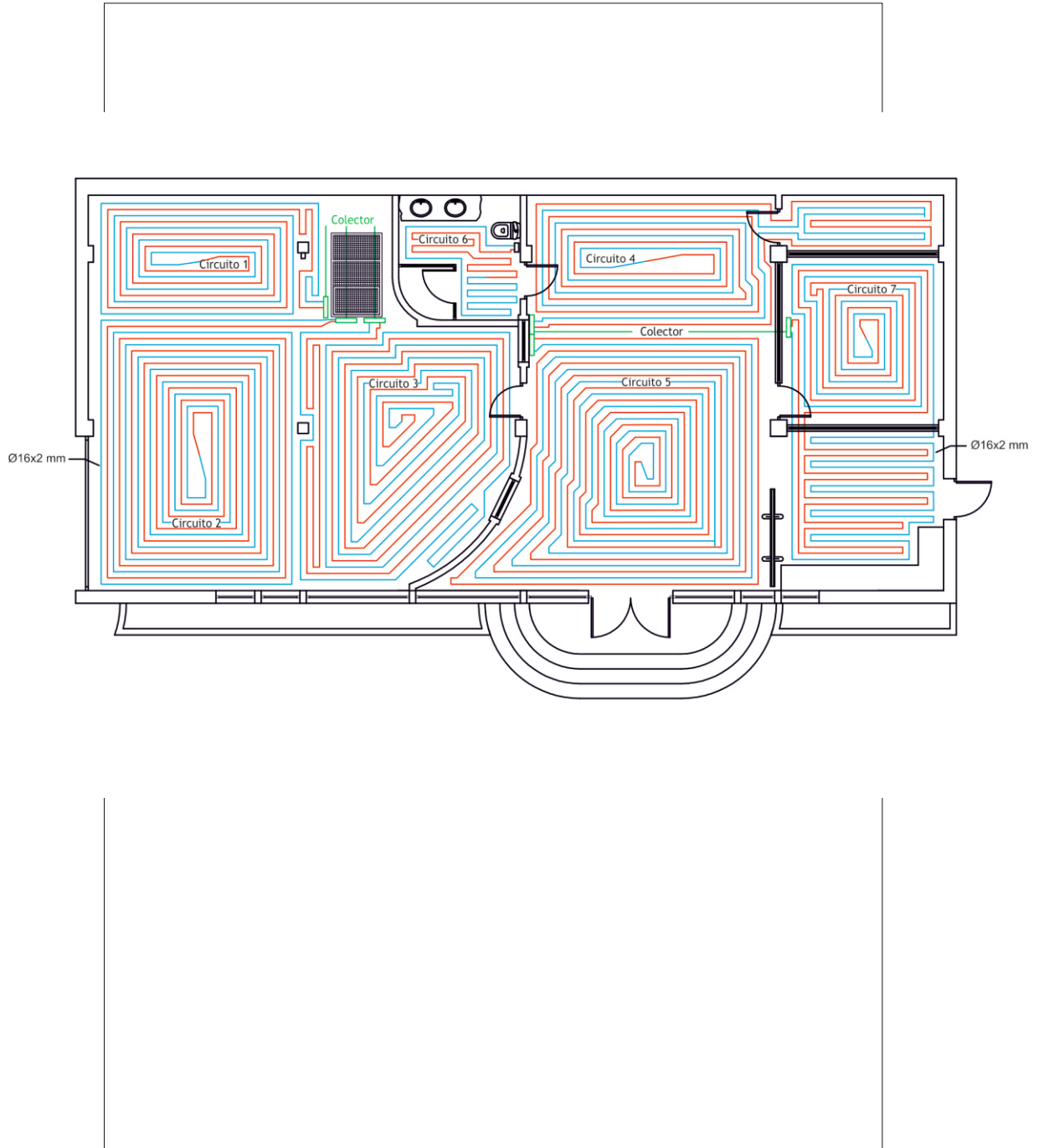
Distribución y cotas

Escala 1/150



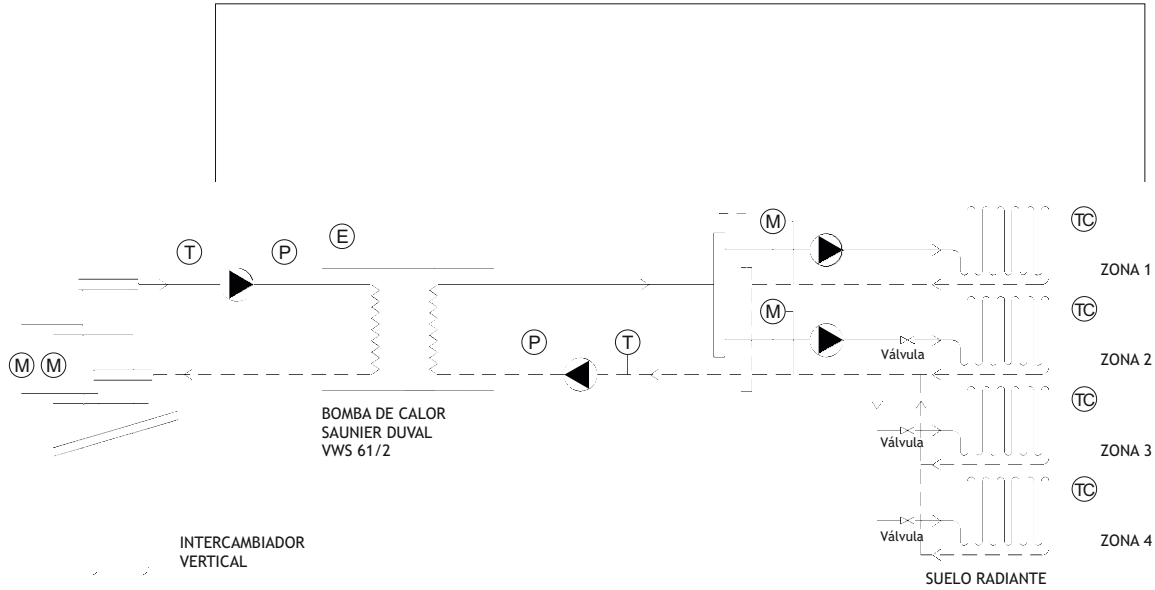
HVAC & Suelo Radiante

Escala 1/150



Flujos & Instrumentación

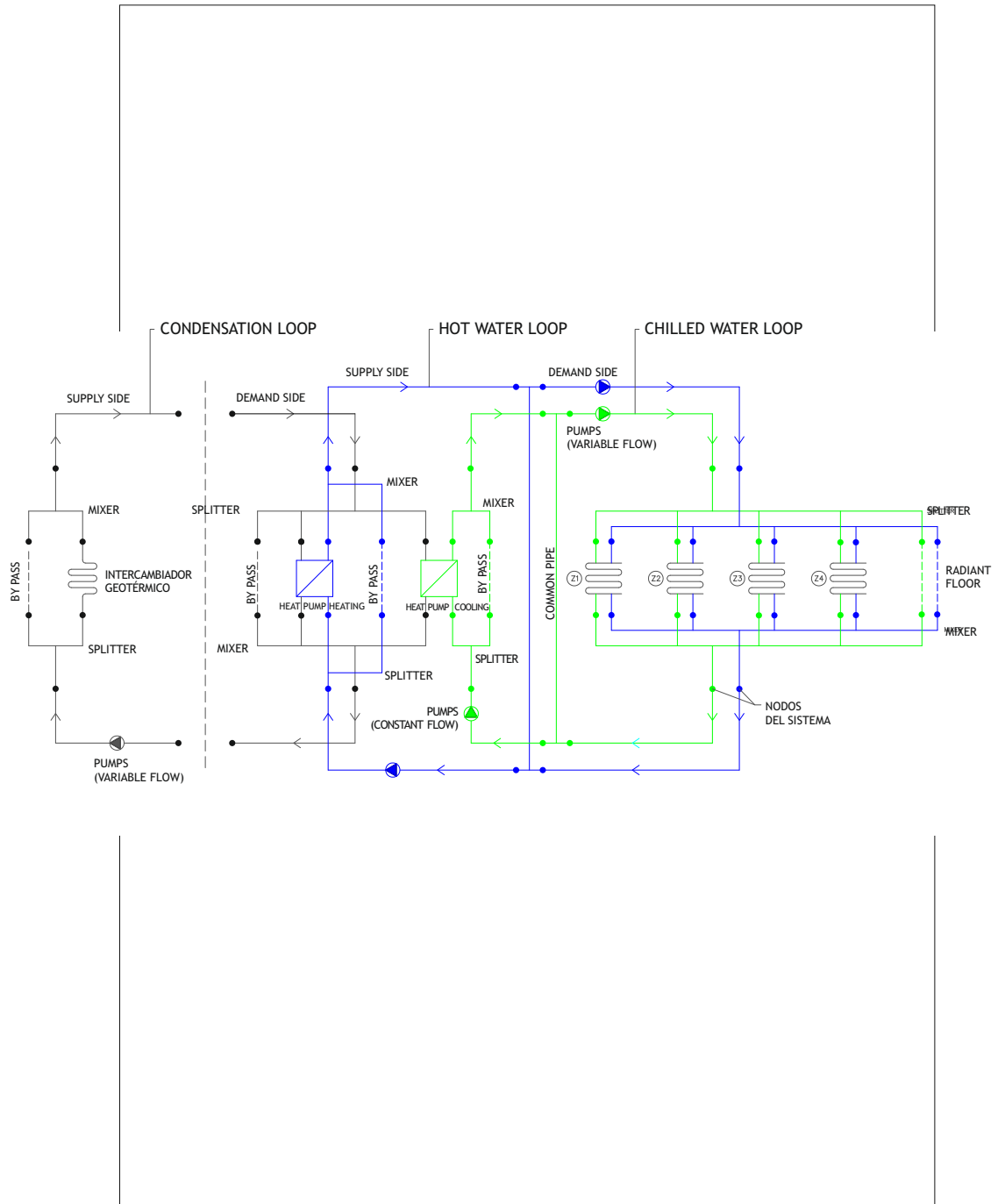
S/E



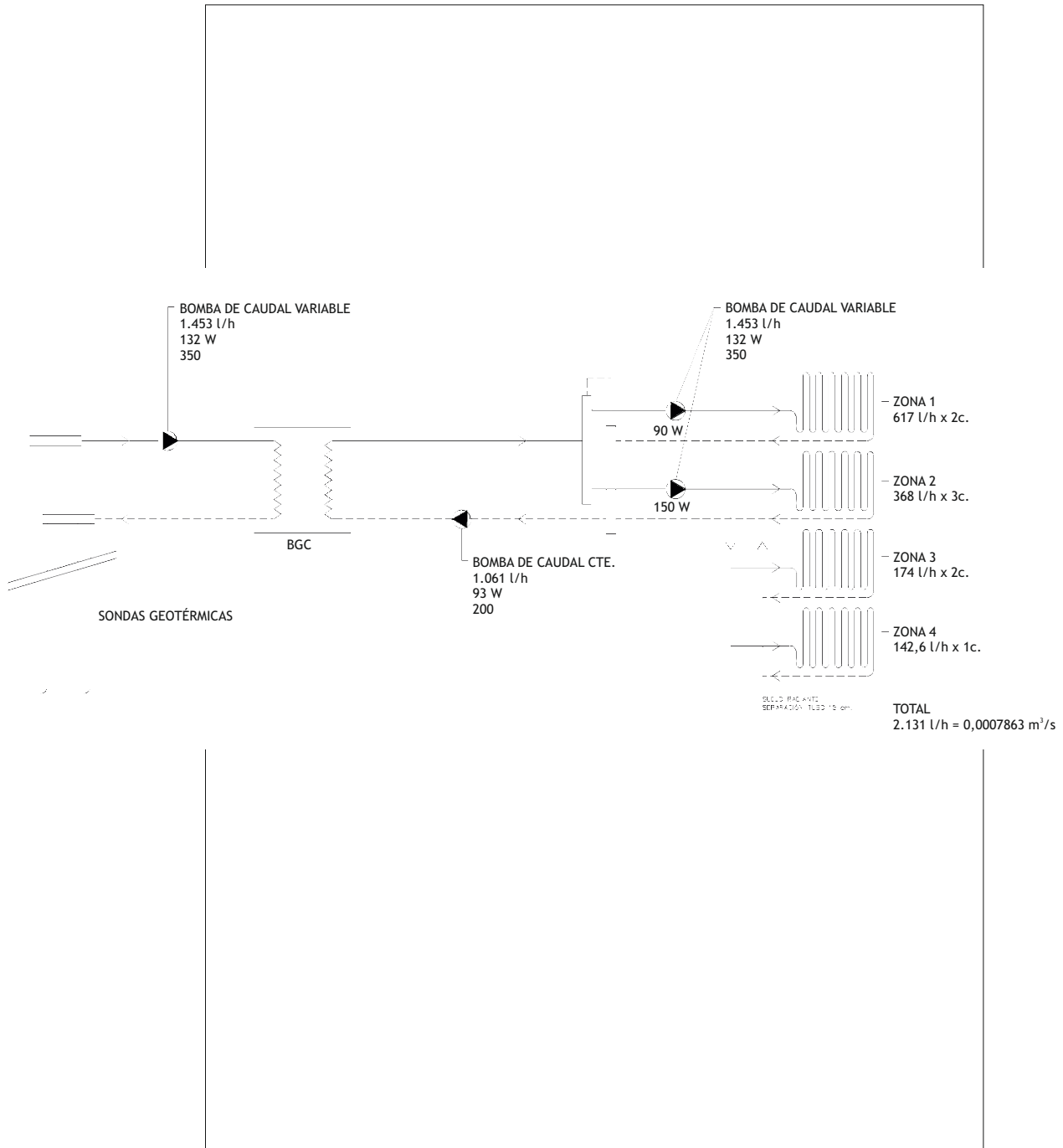
- Ⓜ Medidor Energía Térmica
- Ⓟ Sensor Presión
- Ⓣ Sensor Temperatura
- ⓔ Medidor Energía Eléctrica
- ⓉⓈ Medidor Energía Eléctrica

Esquema hidráulico.

S/E

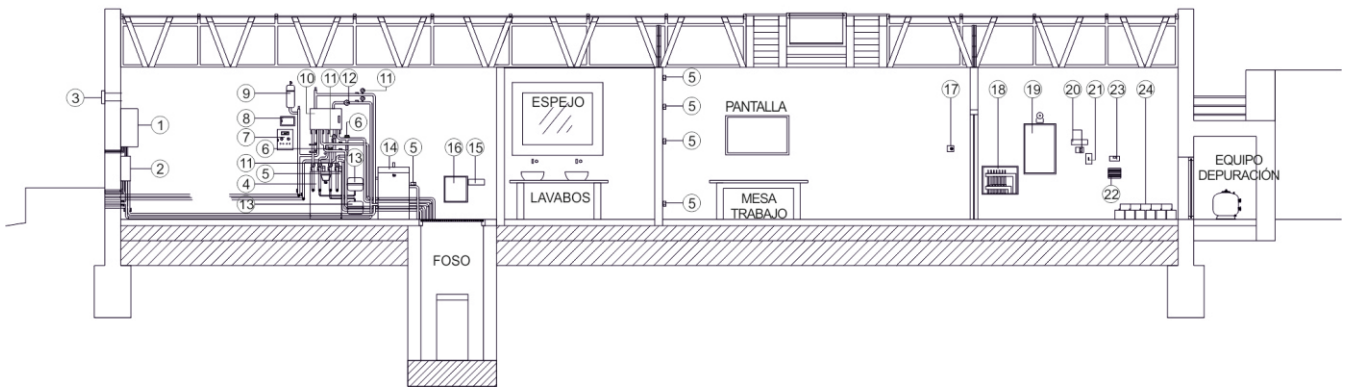


Esquema hidráulico. Flujos máxicos
S/E



Sección longitudinal

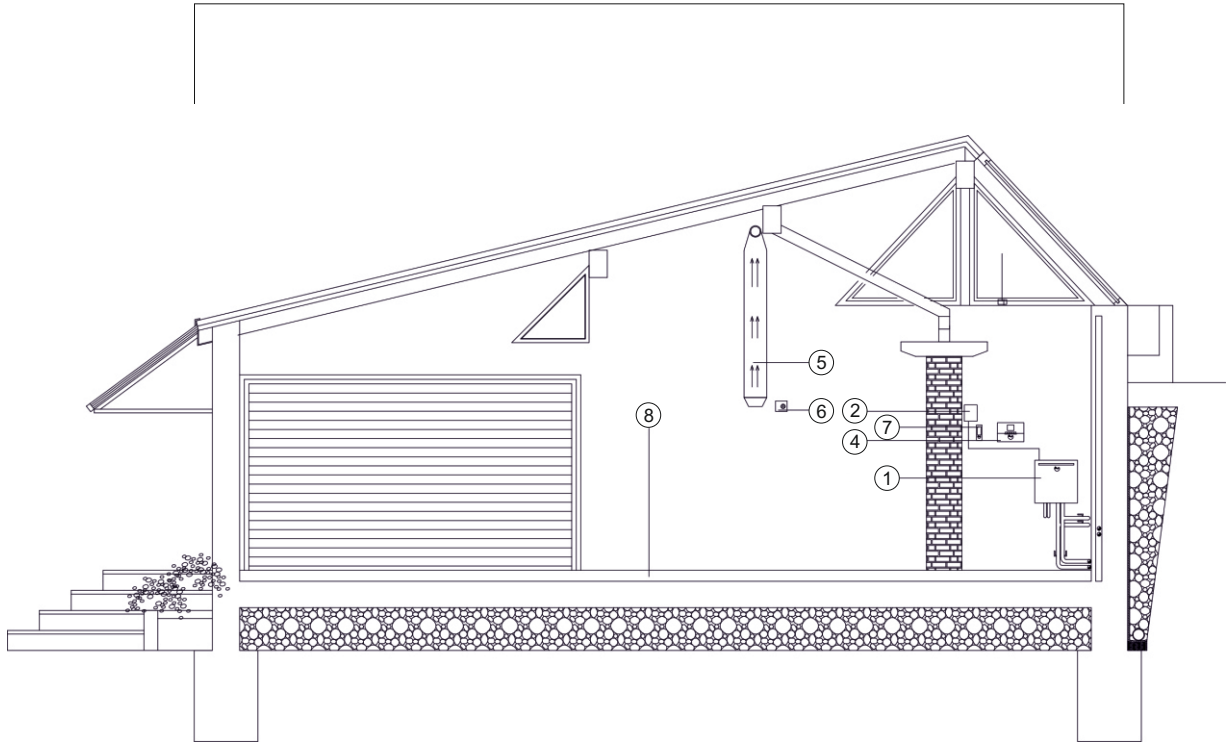
Escala 1/150



- | | | |
|--------------------------------|---|--|
| ① Cuadro eléctrico | ⑨ Vaso expansión | ⑰ Termostato |
| ② Grupo bombeo | ⑩ Armario kit reversible | ⑱ Armario suelo radiante / refrescante de oficina |
| ③ Evacuación aire-zona | ⑪ Manómetro | ⑲ Cuadro eléctrico general |
| ④ Bomba de calor geotérmica | ⑫ Bomba | ⑳ Centralita suelo radiante / refrescante de oficina |
| ⑤ Sonda (Testo) | ⑬ Vaso expansión | |
| ⑥ Válvula de tres vías | ⑭ Depósito inercia 200 l. | |
| ⑦ Armario control (frío-calor) | ⑮ Centralita control vía radio de almacén (Danfoss) | |
| ⑧ Cuadro eléctrico | ⑯ Armario suelo radiante / refrescante de almacén | |

Sección transversal

Escala 1/150



- ① Grupo bombeo
- ② Cuadro de toma eléctrica
- ③ Sonda (Testo)
- ④ Centralita Examaster
- ⑤ Conducto toma de aire nuevo (VMC) de 22x5 cm
- ⑥ Termostato
- ⑦ Mando para centralita Examaster
- ⑧ Suelo radiante / refrescante

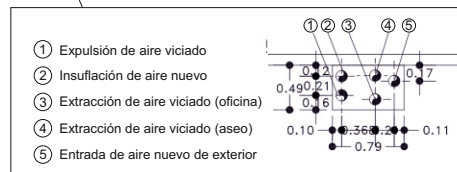
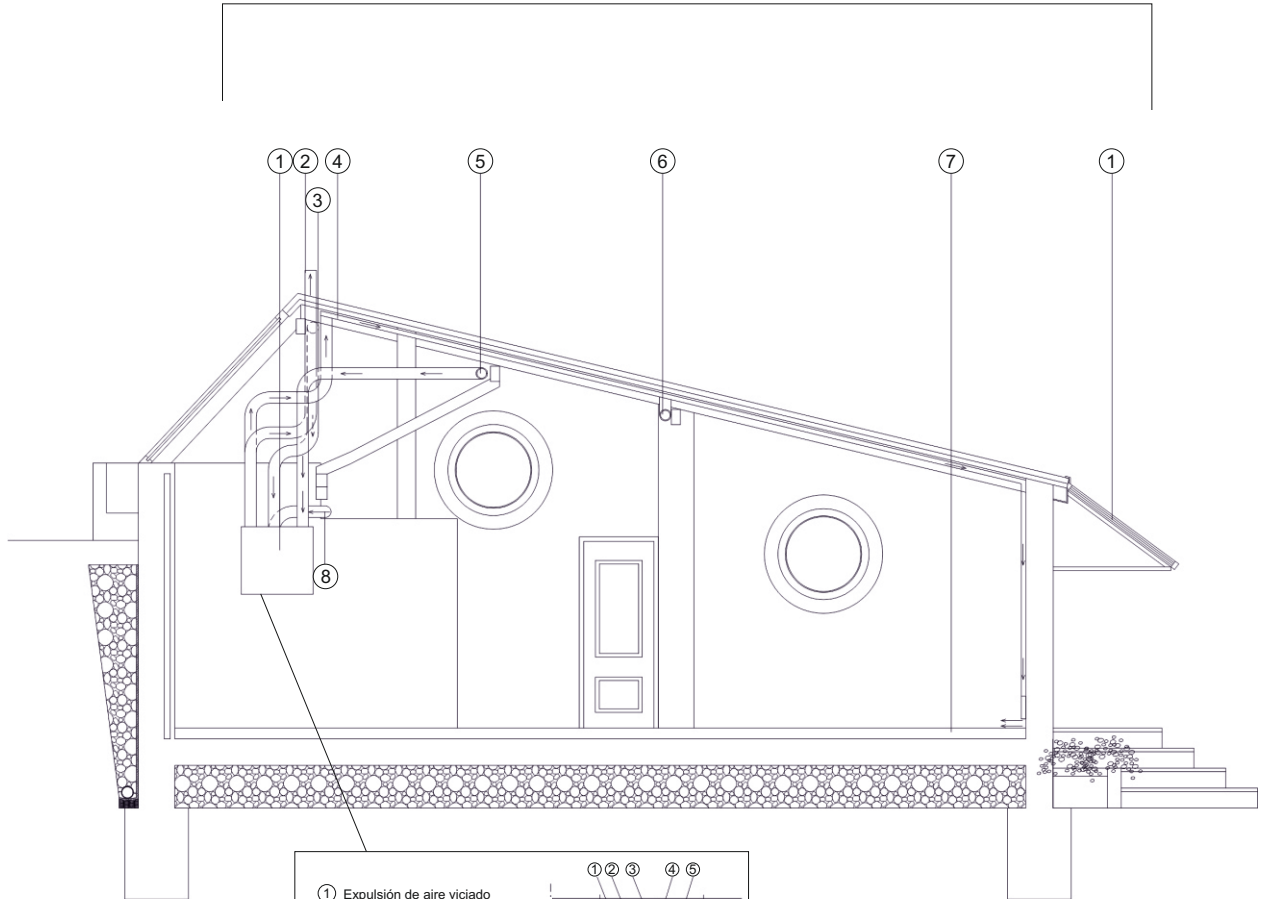
Alzado frontal

Escala 1/150



Sección transversal

Escala 1/150

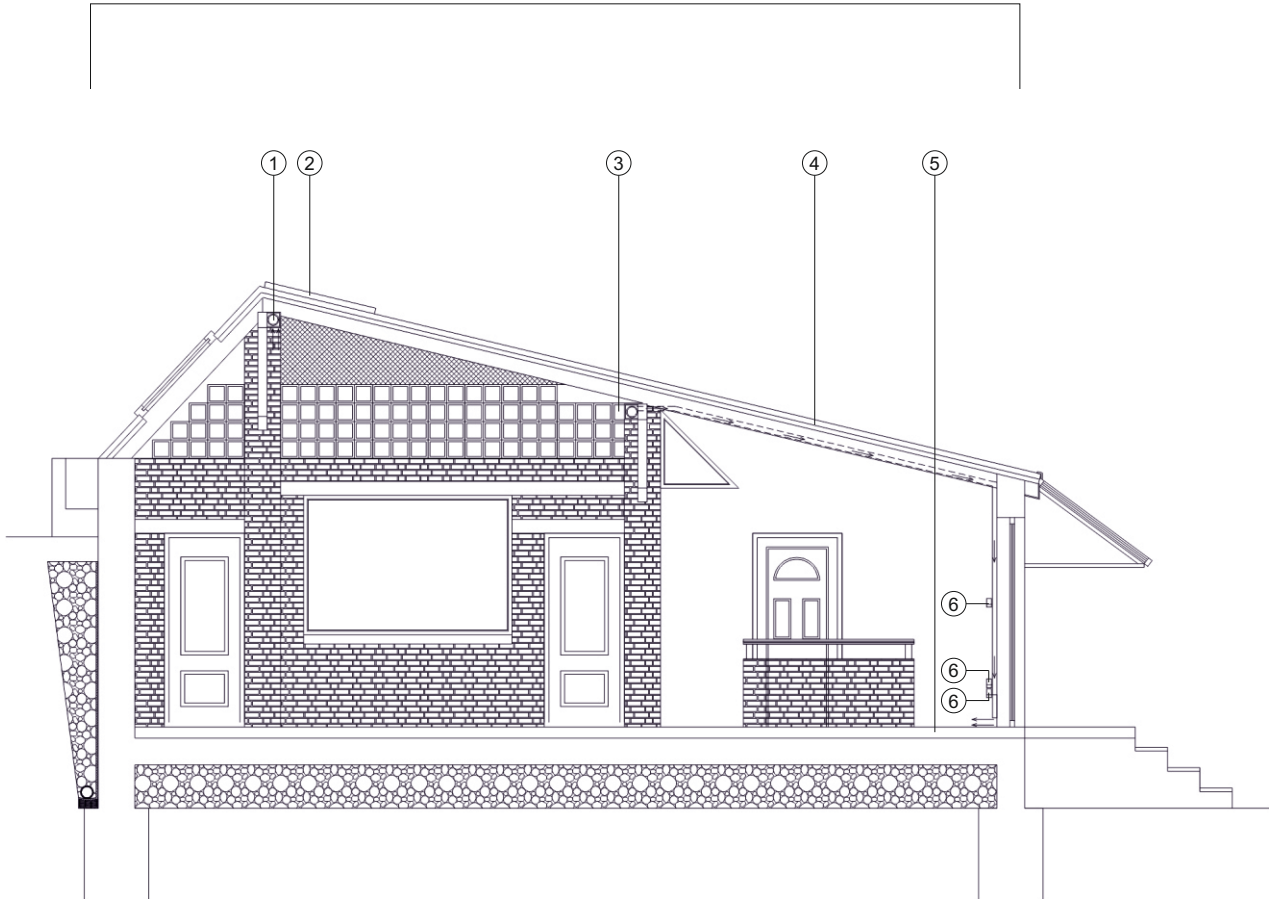


Planta

- ① Máquina de ventilación mecánica controlada
- ② Insuflación de aire nuevo
- ③ Extracción de aire viciado (oficina)
- ④ Insuflación de aire nuevo
- ⑤ Entrada de aire nuevo de exterior
- ⑥ Insuflación de aire nuevo
- ⑦ Suelo radiante / refrescante
- ⑧ Extracción de aire viciado (aseo)

Sección transversal

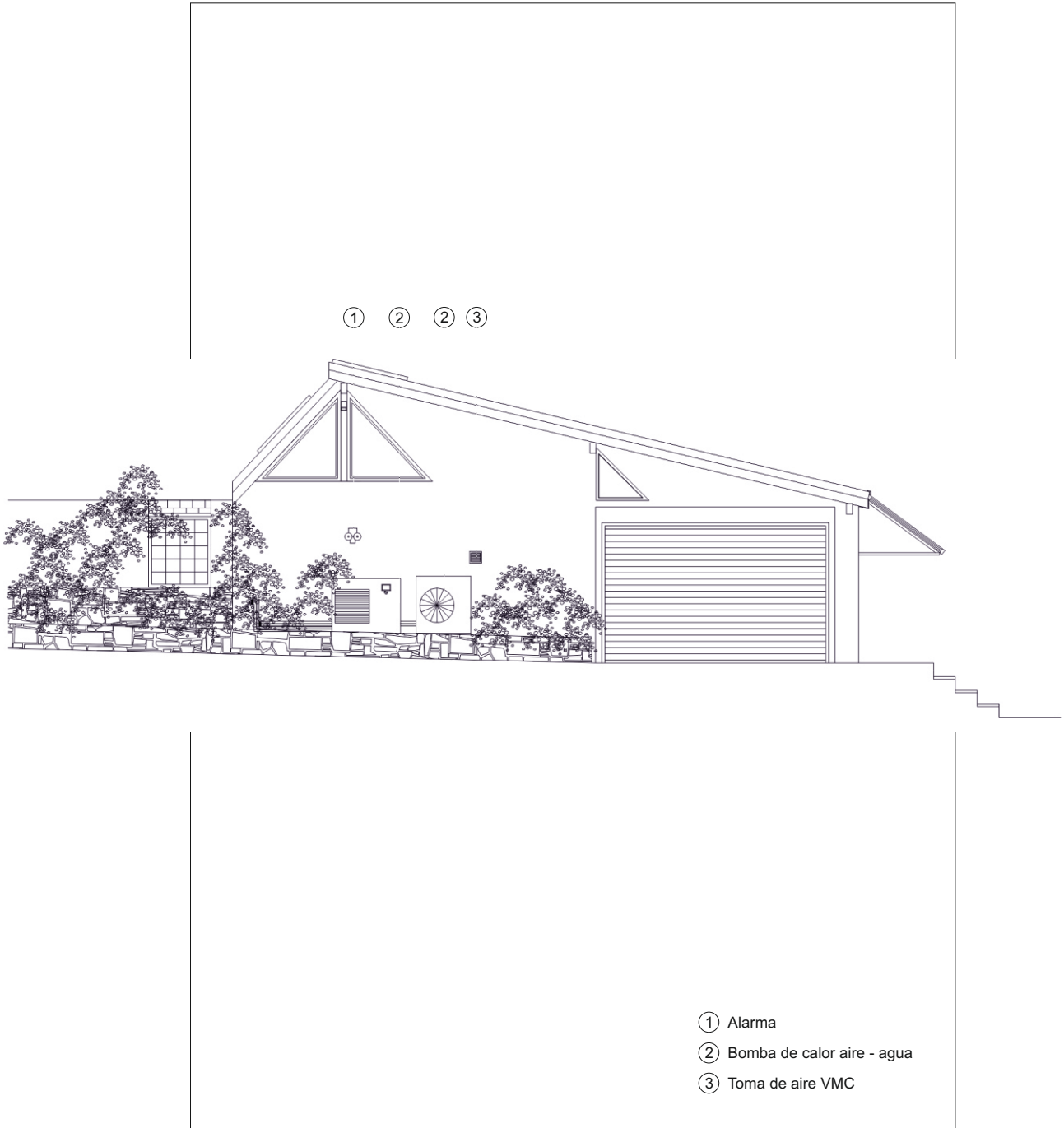
Escala 1/150



- ① Conducto extracción diámetro 125 mm
- ② Captador solar térmico
- ③ Conducto de insuflación diámetro 125 mm
- ④ Conducto de insuflación de 22 x 5 cm
- ⑤ Suelo radiante / refrescante
- ⑥ Sonda (testo)

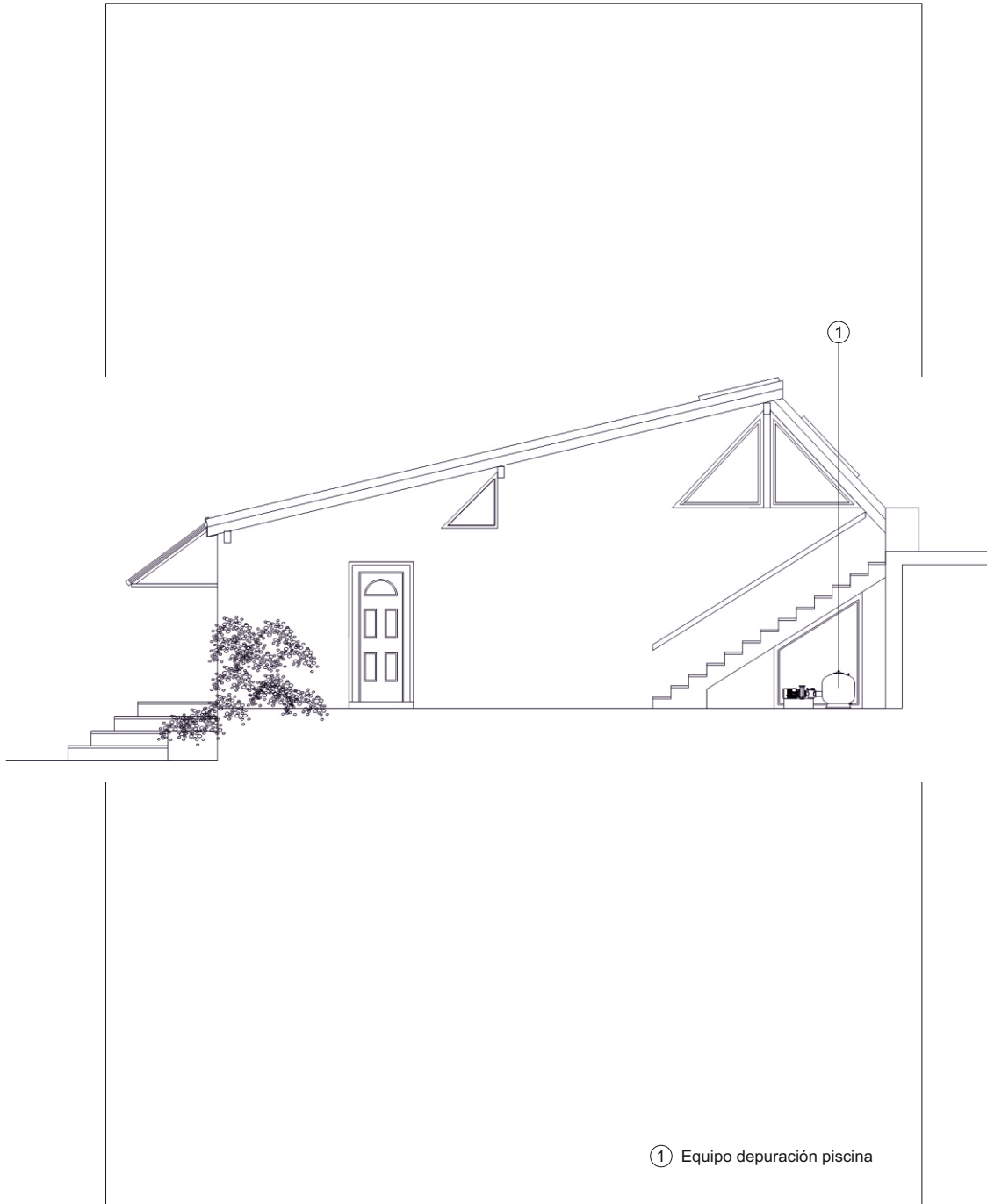
Alzado lateral izquierdo

Escala 1/150



Alzado lateral derecho

Escala 1/150




① Equipo depuración piscina

Anexo II. Calificación Energética de la Instalación Geotérmica

Calificación Energética



Proyecto: Instalación Geotérmica

 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

2. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA


2.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrómetros	Área (m ²)	Altura (m)
P01_E01_Garaje	P01	Residencial	3	92,15	3,70
P01_E02_Oficina	P01	Residencial	3	82,82	3,51
P01_E03_Aseo	P01	Residencial	3	9,30	4,37
P01_E04_Sala_Expo	P01	Residencial	3	17,96	4,21
P01_E05_Sala_Arma	P01	Residencial	3	7,32	4,18

2.2. Cerramientos opacos

2.2.1 Materiales


Nombre	K (W/mK)	e (kg/m ³)	Cp (J/kgK)	R (m ² K/W)	Z (m ² sPa/kg)
M02_Barrera_SR	0,500	980,00	1800,00	-	100000
M03_Cemento_del_SR	1,200	1900,00	1000,00	-	10
M04_Panel_SR	0,038	50,00	1000,00	-	20
Mortero de cemento o cal para albañilería y	1,800	2100,00	1000,00	-	10
1 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 m	0,567	1150,00	1000,00	-	10
XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC	0,025	37,50	1000,00	-	100
Cámara de aire ligeramente ventilada vertical	-	-	-	0,09	-
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,432	930,00	1000,00	-	10
Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600	0,180	550,00	1000,00	-	6
Plaqueta o baldosa cerámica	1,000	2000,00	800,00	-	30

 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m³)	Cp (J/kgK)	R (m²K/W)	Z (m²sPa/kg)
Hormigón con otros áridos ligeros d 1000	0,300	1000,00	1000,00	-	10
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,034	37,50	1000,00	-	100
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000
Hormigón con arcilla expandida como árido	0,350	1000,00	1000,00	-	6
1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,991	2170,00	1000,00	-	10
Teja de arcilla cocida	1,000	2000,00	800,00	-	30
Conífera ligera d < 435	0,130	430,00	1600,00	-	20
Tablero contrachapado 250 < d < 350	0,110	300,00	1600,00	-	50
FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm	1,323	1330,00	1000,00	-	80

2.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
C02_Muro_Exterior	0,30	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,030
		1 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	0,240
		XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC [0.	0,060
		Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 5 c	0,000
		Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070
		Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600	0,020
C03_Suelo	0,27	Plaqueta o baldosa cerámica	0,010
		M03_Cemento_del_SR	0,050
		M04_Panel_SR	0,050
		M02_Barrera_SR	0,001
		Hormigón con otros áridos ligeros d 1000	0,030


 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
C03_Suelo	0,27	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.	0,060
		Betún fieltro o lámina	0,005
		Hormigón con arcilla expandida como árido princ	0,100
C04_Tabique_Interior	3,50	1/2 pie LM métrico o catalán 40 mm< G < 50 mm	0,115
C05_Tejado	0,33	Teja de arcilla cocida	0,010
		Conífera ligera d < 435	0,010
		Betún fieltro o lámina	0,005
		Tablero contrachapado 250 < d < 350	0,020
		XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.	0,060
		Conífera ligera d < 435	0,030
		Betún fieltro o lámina	0,010
		Conífera ligera d < 435	0,040
		FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm	0,250

2.3. Cerramientos semitransparentes

2.3.1 Vidrios

Nombre	U (W/m ² K)	Factor solar
V01_Lucernarios_Tejados	2,80	0,75
V02_Puerta	0,30	0,00
V03_Puerta	0,20	0,00
V04_Puertas_Acristaladas	2,80	0,68
V05_Velux	2,80	0,82
V06_Ventanas_Triangulares	2,80	0,66

 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid


2.3.2 Marcos

Nombre	U (W/m ² K)
R01_Madera	2,00
R02_PVC_con_tres_huecos	1,80
R03_Puerta	0,30
R04_Puerta	0,20

2.3.3 Huecos

Nombre	H01_Lucernario
Acrilamiento	V01_Lucernarios_Tejados
Marco	R02_PVC_con_tres_huecos
% Hueco	10,00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100Pa	27,00
U (W/m ² K)	2,70
Factor solar	0,68

Nombre	H02_Lucernario
Acrilamiento	V05_Velux
Marco	R01_Madera
% Hueco	10,00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100Pa	27,00
U (W/m ² K)	2,72
Factor solar	0,74


 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Nombre	H03_Puerta
Acrilamiento	V02_Puerta
Marco	R03_Puerta
% Hueco	10,00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100Pa	60,00
U (W/m ² K)	0,30
Factor solar	0,00

Nombre	H04_Puerta
Acrilamiento	V03_Puerta
Marco	R04_Puerta
% Hueco	10,00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100Pa	60,00
U (W/m ² K)	0,20
Factor solar	0,00

Nombre	H05_Ventana
Acrilamiento	V06_Ventanas_Triangulares
Marco	R02_PVC_con_tres_huecos
% Hueco	10,00
Permeabilidad m ³ /hm ² a 100Pa	27,00
U (W/m ² K)	2,70
Factor solar	0,60

Nombre	H06_Ventana
--------	-------------


 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Acristalamiento	V04_Puertas_Acrystaladas
Marco	R02_PVC_con_tres_huecos
% Hueco	22,50
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	27,00
U (W/m²K)	2,58
Factor solar	0,54

Nombre	H07_Ventana
Acristalamiento	V04_Puertas_Acrystaladas
Marco	R02_PVC_con_tres_huecos
% Hueco	34,03
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	27,00
U (W/m²K)	2,46
Factor solar	0,46

Nombre	H08_Ventana
Acristalamiento	V04_Puertas_Acrystaladas
Marco	R02_PVC_con_tres_huecos
% Hueco	20,72
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	27,00
U (W/m²K)	2,59
Factor solar	0,55

Nombre	H09_Ventana
Acristalamiento	V04_Puertas_Acrystaladas


 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Marco	R02_PVC_con_tres_huecos
% Hueco	26,03
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	27,00
U (W/m²K)	2,54
Factor solar	0,51

Nombre	H10_Ventana
Acristalamiento	V04_Puertas_Acristaladas
Marco	R02_PVC_con_tres_huecos
% Hueco	18,72
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	27,00
U (W/m²K)	2,61
Factor solar	0,56

Nombre	H11_Ventana
Acristalamiento	V04_Puertas_Acristaladas
Marco	R02_PVC_con_tres_huecos
% Hueco	47,43
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	27,00
U (W/m²K)	2,33
Factor solar	0,38


Nombre	H12_Ventana
Acristalamiento	V04_Puertas_Acristaladas
Marco	R02_PVC_con_tres_huecos

 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

% Hueco	48,47
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	27,00
U (W/m²K)	2,32
Factor solar	0,37

Nombre	H13_Ventana
Acristalamiento	V04_Puertas_Acristaladas
Marco	R02_PVC_con_tres_huecos
% Hueco	46,42
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	27,00
U (W/m²K)	2,34
Factor solar	0,38

Nombre	H14_Ventana
Acristalamiento	V04_Puertas_Acristaladas
Marco	R02_PVC_con_tres_huecos
% Hueco	25,23
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	27,00
U (W/m²K)	2,55
Factor solar	0,52


 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

3. Sistemas

Nombre	Sistema acs
Tipo	agua caliente sanitaria
Nombre Equipo	EQ_Caldera-Condensacion-Defecto
Tipo Equipo	Caldera eléctrica o de combustible
Nombre demanda ACS	Demanda ACS
Nombre equipo acumulador	Helioset
Porcentaje abastecido con energía solar	100,00
Temperatura impulsión (°C)	60,0
Multiplicador	1

Nombre	bombaarmarios
Tipo	Sistemas Unizona
Zona	P01_E05_Sala_Arma
Nombre Equipo	Bomba Armarios
Tipo Equipo	Rendimiento Constante
Caudal de ventilación	0,0

Nombre	bombaaseo
Tipo	Sistemas Unizona
Zona	P01_E03_Aseo
Nombre Equipo	Bomba Aseo
Tipo Equipo	Rendimiento Constante


 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Caudal de ventilación	0,0
------------------------------	-----

Nombre	bombaexposicion
Tipo	Sistemas Unizona
Zona	P01_E04_Sala_Expo
Nombre Equipo	Bomba Exposicion
Tipo Equipo	Rendimiento Constante
Caudal de ventilación	0,0


Nombre	bombaoficina
Tipo	Sistemas Unizona
Zona	P01_E02_Oficina
Nombre Equipo	Bomba Oficina
Tipo Equipo	Rendimiento Constante
Caudal de ventilación	0,0

Nombre	suelo
Tipo	Calefacción multizona por agua
Nombre Equipo	Bomba Calor Aire Agua
Tipo Equipo	Expansión directa bomba de calor aire-agua
Nombre unidad terminal	radiadorgaraje
Zona asociada	P01_E01_Garaje
Temperatura impulsión (°C)	35,0
multiplicador	1


 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

4. Equipos


Nombre	EQ_Caldera-Condensacion-Defecto
Tipo	Caldera eléctrica o de combustible
Capacidad nominal (kW)	10,00
Rendimiento nominal	0,95
Capacidad en función de la temperatura de impulsión	cap_T-EQ_Caldera-unidad
Rendimiento nominal en función de la temperatura de impulsión	ren_T-EQ_Caldera-unidad
Rendimiento en función de la carga parcial en términos de potencia	ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-Condensacion-Defecto
Rendimiento en función de la carga parcial en términos de tiempo	ren_FCP_Tiempo-EQ_Caldera-unidad
Tipo energía	Gas Natural

 Calificación Energética	Proyecto	
	Instalación Geotérmica	
	Localidad	Comunidad
	Becerril de la Sierra	Comunidad de Madrid

Nombre	Bomba Armarios
Tipo	Rendimiento Constante
¿El equipo suministra calefacción?	SI
¿El equipo suministra refrigeración?	SI
Rendimiento de calefacción	5,60
Rendimiento de refrigeración	4,80
Tipo energía calefacción	Electricidad
Tipo energía refrigeración	Electricidad

 Calificación Energética	Proyecto	
	Instalación Geotérmica	
	Localidad	Comunidad
	Becerril de la Sierra	Comunidad de Madrid


Nombre	Bomba Exposicion
Tipo	Rendimiento Constante
¿El equipo suministra calefacción?	SI
¿El equipo suministra refrigeración?	SI
Rendimiento de calefacción	5,60
Rendimiento de refrigeración	4,80
Tipo energía calefacción	Electricidad
Tipo energía refrigeración	Electricidad

 Calificación Energética	Proyecto	
	Instalación Geotérmica	
	Localidad	Comunidad
	Becerril de la Sierra	Comunidad de Madrid

Nombre	Bomba Aseo
Tipo	Rendimiento Constante
¿El equipo suministra calefacción?	SI
¿El equipo suministra refrigeración?	SI
Rendimiento de calefacción	5,60
Rendimiento de refrigeración	4,80
Tipo energía calefacción	Electricidad
Tipo energía refrigeración	Electricidad

 Calificación Energética	Proyecto	
	Instalación Geotérmica	
	Localidad	Comunidad
	Becerril de la Sierra	Comunidad de Madrid

Nombre	Bomba Oficina
Tipo	Rendimiento Constante
¿El equipo suministra calefacción?	SI
¿El equipo suministra refrigeración?	SI
Rendimiento de calefacción	5,60
Rendimiento de refrigeración	4,80
Tipo energía calefacción	Electricidad
Tipo energía refrigeración	Electricidad


 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Nombre	Bomba Calor Aire Agua
Tipo	Expansión directa bomba de calor aire-agua
Capacidad nominal	10,00
Consumo nominal	2,30
Capacidad en función de las temperaturas	cap_T-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto
Consumo en función de las temperaturas	con_T-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto
Consumo en función de la carga parcial	con_FCP-EQ_ED_AireAgua_BDC-ACS-Defecto
Tipo energía	Electricidad

Nombre	Helioset
Tipo	Acumulador Agua Caliente
Volumen del depósito (L)	250,00
Coefficiente de pérdidas global del depósito, UA	0,01
Temperatura de consigna baja del depósito (°C)	45,00
Temperatura de consigna alta del depósito (°C)	60,00

5. Unidades terminales

Nombre	radiadorgaraje
Tipo	U.T. De Agua Caliente


 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Zona abastecida	P01_E01_Garaje
Capacidad o potencia máxima (kW)	7,00


6. Justificación

6.1. Equipos rendimiento constante


En el edificio se utilizan los sistemas de rendimiento constante:

 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Nombre	Bomba Exposicion
---------------	------------------

 Calificación Energética	Proyecto	
	Instalación Geotérmica	
	Localidad	Comunidad
	Becerril de la Sierra	Comunidad de Madrid

Nombre	Bomba Armarios
--------	----------------

 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Nombre	Bomba Aseo
---------------	------------


 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

Nombre	Bomba Oficina
--------	---------------

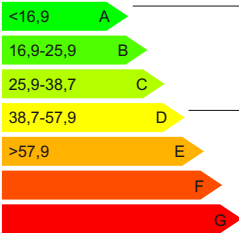
cuyos rendimientos deben ser justificados en el proyecto.

6.2. Contribución solar

Nombre	Contribución Solar	Contribución Solar Mínima HE-4
Sistema acs	100,0	30,0

 Calificación Energética	Proyecto Instalación Geotérmica	
	Localidad Becerril de la Sierra	Comunidad Comunidad de Madrid

7. Resultados

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
		11,0 A			42,9 D	
	Clase	KWh/m ²	KWh/año	Clase	KWh/m ²	KWh/año
Demanda calefacción	B	65,6	13746,0	D	118,2	24767,9
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	KgCO ₂ /m ²	KgCO ₂ /año	Clase	KgCO ₂ /m ²	KgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	A	10,9	2284,0	D	37,8	7920,7
Emisiones CO ₂ refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO ₂ ACS	A	0,0	0,0	D	5,1	1068,7
Emisiones CO ₂ totales			2305,0			8989,4

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por m ²	anual	por m ²	anual
Consumo energía final (KWh)	17,1	3579,7	181,8	38089,4
Consumo energía primaria (KWh)	44,5	9318,0	192,3	40285,8
Emisiones CO ₂ (KgCO ₂)	11,0	2305,0	42,9	8989,4

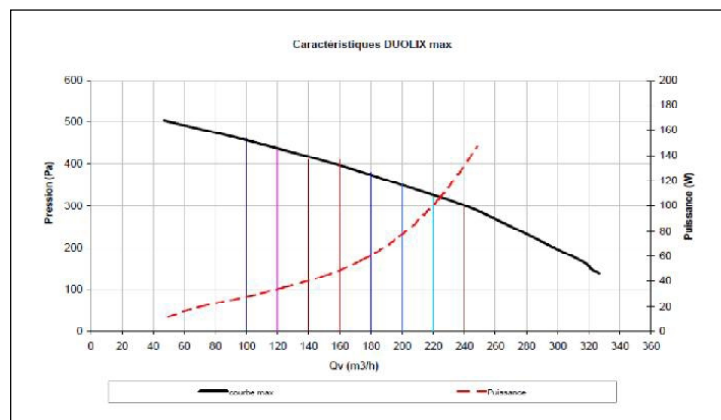
Anexo III. Datos Técnicos del Sistema geotérmico

Características técnicas del Grupo DF Duolix Max



Característica Técnicas del Grupo DF Duolix Max

Logt	nb SdB	nb WC	nb SdO	Potencia electrica ponderada de los dos Ventiladores W-Th-C
	-	-	-	
T2	1	1	0	24,1
	1	2	0	24,1
T3	1	1	0	24,2
	1	2	0	29,0
	1	2	1	32,5
	2	2	0	36,5
	2	2	1	41,5
	3	2	0	44,9
	3	2	1	56,4
T4	3	3	1	62,9
	1	1ou2	0	29,2
	1	1ou2	1	32,7
	2	1ou2	0	36,7
	2	1ou2	1	41,7
	3	1ou2	0	45,1
	3	1ou2	1	56,6
T5 et +	3	1ou2	1	64,3
	1	1ou2	0	29,4
	1	1ou2	1	32,9
	2	1ou2	0	36,9
	2	1ou2	1	41,9
	3	1ou2	0	45,3
	3	1ou2	1	56,8
	3	3	1	63,3
	3	4	1	76,9
	4	3	1	92,6
	4	4	1	-
5	4	1	-	
5	5	1	-	
5	6	1	-	

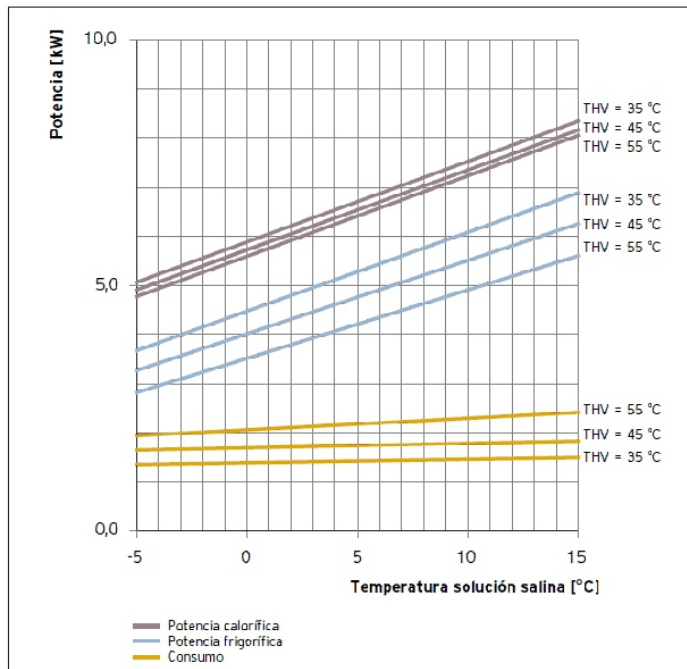


Departamento Técnico

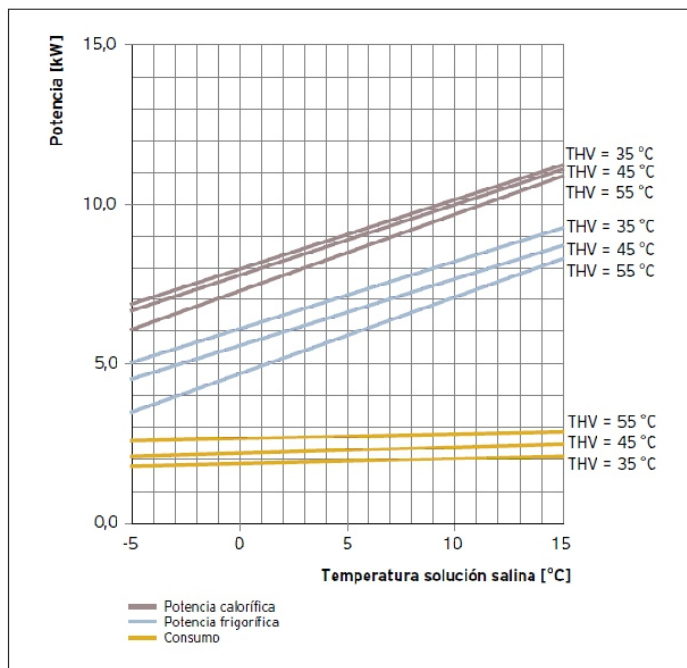


Diagramas de referencia para bombas de calor

Bombas de calor de tierra/agua
VWS 63/2
VWS 61/2



Bombas de calor de tierra/agua
VWS 83/2
VWS 81/2



Datos técnicos - geoTHERM

Datos técnicos	Unidad	VWS 61/2	VWS 81/2	VWS 101/2	VWS 141/2	VWS 171/2
Potencia calorífica (B0/W35ΔT5K conforme a EN 14511)	kW	6,0	8,1	10,5	13,8	17,3
Consumo	kW	1,4	2,0	2,5	3,2	4,1
Coefficiente de rendimiento	-	4,2	4,1	4,2	4,3	4,3
Potencia calorífica (B0/W55ΔT5K conforme a EN 14511)	kW	5,5	7,5	9,4	13,6	16,1
Consumo	kW	2,1	2,8	3,5	4,6	5,6
Coefficiente de rendimiento	-	2,6	2,7	2,7	2,9	2,9
Tensión nominal del circuito de mando	-	230 V/50 Hz, 1/N/PE~				
Tensión nominal del compresor	-	230 V/50 Hz, 1/N/PE~		400 V/50 Hz, 3/N/PE~		
Tensión nominal de la calefacción adicional	-					
Consumo de potencia eléctrica mín. de B-5W35	kW	1,4	1,9	2,4	3,1	3,9
Consumo de potencia eléctrica máx. de B20W60	kW	2,8	4,0	4,9	6,8	7,7
Consumo de potencia eléctrica de la calefacción adicional	kW	4,0	4,0	4,0	6,0	6,0
Fusibles de acción lenta (C)	A	16	25	25	3x25	3x25
Corriente de arranque sin limitador	A	58	76	97	64	74
Corriente de arranque con limitador	A	<45	<45	<45	<25	<25
Potencia de la bomba	W	93	93	93	132	205
- Consumo de potencia eléctrica de la bomba del circuito de calefacción	W	132	132	132	205	210
- Consumo de potencia eléctrica de la bomba de solución salina	W					
Caudal nominal del circuito de calefacción	l/h	1019	1373	1787	23,71	29,73
Altura manométrica residual del circuito de calefacción, ΔT=5K	mbar	391	340	258	345	313
Caudal nominal del circuito de la fuente de calor	l/h	1431	1959	2484	3334	3939
Altura manométrica residual del circuito de la fuente de calor, ΔT=3K	mbar	386	327	272	252	277
Temperatura del circuito de calefacción (mín./máx.)	°C	25/62	25/62	25/62	25/62	25/62
Temperatura del circuito de la fuente de calor (mín./má x.)	°C	-10/20	-10/20	-10/20	-10/20	-10/20
Presión de funcionamiento del circuito de calefacción (máx.)	bar	3	3	3	3	3
Presión de funcionamiento del circuito de la fuente de calor (máx.)	bar	3	3	3	3	3
Conexión de ida/retorno de calefacción	DN	G 1 ^{1/4} / Ø 28 mm				
Conexión de ida/retorno de la fuente de calor	DN	G 1 ^{1/4} / Ø 28 mm				
Nivel de potencia acústica	dB (A)	49	51	53	52	53
Refrigerante	-					
- Tipo	-	R 407 C				
- Cantidad	kg	1,9	2,2	2,05	2,9	3,05
Compresor	-	de espiral éster				
- Tipo	-	de espiral éster				
- Aceite	-	de espiral éster				
- Cantidad de aceite	l	1,3	1,45	1,45	1,89	1,89
Dimensiones de la bomba de calor:						
Altura	mm	1200	1200	1200	1200	1200
Ancho	mm	600	600	600	600	600
Profundidad	mm	840	840	840	840	840
Profundidad sin columna (medida de inserción)	mm	650	650	650	650	650
Peso (sin embalaje)	kg	141	148	152	172	179
Combinable con acumulador de agua caliente	-	VIH 300 SR				

Indicación:

Las mediciones y las indicaciones de los datos característicos se realizan conforme a la nueva norma EN 14511

1) Atención: Debe tenerse en cuenta la temperatura máx. de la fuente de calor (p. ej. uso de aguas subterráneas mediante intercambiadores de calor intermedios).

Anexo IV. Datos climáticos AEMED

INDICATIVO	AÑO	MES	DIA	NOMBRE	ALTITUD	C_X	C_Y	CMT	NOM_PROV	ALTA	BAJA	LONGITUD	LATITUD	IND_SYN
2462	2009	6	10	NAVACERRADA	1894	414745	4516276	MAD	MADRID	01/01/1946		400382	404735	8215
2462	2009	6	11	NAVACERRADA	1894	414745	4516276	MAD	MADRID	01/01/1946		400382	404735	8215
2462	2009	6	12	NAVACERRADA	1894	414745	4516276	MAD	MADRID	01/01/1946		400382	404735	8215

Campos incluidos:

Indicativo: Indicativo climatológico
 NOMBRE: Nombre estación
 ALTITUD: Altitud de la estación (metros)
 C_X: Coordenada X (Huso 30)
 C_Y: Coordenada Y (Huso 30)
 CMT: Código Delegación Territorial
 NOM_PROV: Provincia
 ALTA: Fecha de alta
 BAJA: Fecha de baja
 LONGITUD: Longitud geográfica
 (La última cifra indica la orientación: 1 para longitud E y 2 para W)
 LATITUD: Latitud geográfica
 IND_SYN: Indicativo sinóptico
 NOM_EG: Entidad gestora
 DATUM: Datum de referencia

Unidades y valores especiales:

Horas UTC (Tiempo Universal Coordinado)
 Temperaturas en décimas de grado centígrado
 Hora de la temperatura máxima/mínima en horas y minutos
 Valores especiales de hora de la temperatura máxima/mínima:
 9999: La temperatura máxima/mínima se repite varias veces en el día

NOM_EG	DATUM	HU00	HU01	HU02	HU03	HU04	HU05	HU06	HU07	HU08	HU09	HU10	HU11	HU12	HU13	HU14	HU15	HU16	HU17	HU18	HU19
AEMET	ETRS89	88	91	90	91	89	90	83	72	67	56	61	58	54	55	56	57	45	44	44	56
AEMET	ETRS89	92	94	95	95	96	73	69	66	64	65	62	56	59	61	55	56	47	45	43	44
AEMET	ETRS89	50	51	52	52	53	54	48	47	41	38	39	37	32	30	28	28	28	28	28	29

HU20	HU21	HU22	HU23	T00	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17
71	81	89	91	76	78	79	80	78	75	92	109	112	140	146	153	167	169	160	165	183	182
44	45	44	50	103	97	93	89	91	100	112	122	149	159	169	173	182	192	204	197	199	205
29	35	39	39	150	152	152	153	144	143	164	168	184	208	210	224	222	234	238	240	240	238

T18	T19	T20	T21	T22	T23
167	148	129	116	107	105
194	180	166	161	158	157
230	212	199	185	176	181

T00: Temperatura a las 00
 T01: Temperatura a las 01
 T02: Temperatura a las 02
 T03: Temperatura a las 03
 T04: Temperatura a las 04
 T05: Temperatura a las 05
 T06: Temperatura a las 06
 T07: Temperatura a las 07
 T08: Temperatura a las 08
 T09: Temperatura a las 09
 T10: Temperatura a las 10
 T11: Temperatura a las 11
 T12: Temperatura a las 12

T13: Temperatura a las 13
 T14: Temperatura a las 14
 T15: Temperatura a las 15
 T16: Temperatura a las 16
 T17: Temperatura a las 17
 T18: Temperatura a las 18
 T19: Temperatura a las 19
 T20: Temperatura a las 20
 T21: Temperatura a las 21
 T22: Temperatura a las 22
 T23: Temperatura a las 23

TH00: Temperatura del húmedo a las 00
 TH07: Temperatura del húmedo a las 07
 TH13: Temperatura del húmedo a las 13
 TH18: Temperatura del húmedo a las 18
 TMIN_JS: Temperatura mínima junto al suelo
 HTMAX: Hora de la temperatura máxima
 HTMIN: Hora de la temperatura mínima
 OBSERVACIONES: Observaciones
 FH_ACT: Fecha de actualización

INDICATIVO	AÑO	MES	DIA	NOMBRE	ALTITUD	C_X	C_Y	CMT	NOM_PROV	ALTA	BAJA	LONGITUD	LATITUD
3194U	2009	6	10	MADRID, C. UNIVERSITARIA	664	438594	4478142	MAD	MADRID	01/01/1972		343272	402706
3194U	2009	6	11	MADRID, C. UNIVERSITARIA	664	438594	4478142	MAD	MADRID	01/01/1972		343272	402706
3194U	2009	6	12	MADRID, C. UNIVERSITARIA	664	438594	4478142	MAD	MADRID	01/01/1972		343272	402706

Campos incluidos:

Indicativo: Indicativo climatológico
 NOMBRE: Nombre estación
 ALTITUD: Altitud de la estación (metros)
 C_X: Coordenada X (Huso 30)
 C_Y: Coordenada Y (Huso 30)
 CMT: Código Delegación Territorial
 NOM_PROV: Provincia
 ALTA: Fecha de alta
 BAJA: Fecha de baja
 LONGITUD: Longitud geográfica
 (La última cifra indica la orientación: 1 para longitud E y 2 para W)
 LATITUD: Latitud geográfica
 IND_SYN: Indicativo sinóptico
 NOM_EG: Entidad gestora
 DATUM: Datum de referencia

Unidades y valores especiales:

Horas relacionadas con radiación en TSV (Tiempo Solar Verdadero)
 Radiación en decenas de kilojulios por metro cuadrado
 Porcentaje de radiación en %

IND_SYN	NOM_EG	DATUM	RDIF05	RDIF06	RDIF07	RDIF08	RDIF09	RDIF10	RDIF11	RDIF12	RDIF13	RDIF14	RDIF15	RDIF16	RDIF17	RDIF18
8220	AEMET	ETRS89	2	130	206	125	294	334	343	348	351	346	332	319	297	257
8220	AEMET	ETRS89	8	186	266	302	323	336	340	343	344	345	339	322	295	250
8220	AEMET	ETRS89	8	172	251	293	316	328	335	337	337	328	317	300	268	214

RDIF19	RDIF20	RDIF05	RDIF06	RDIF07	RDIF08	RDIF09	RDIF10	RDIF11	RDIF12	RDIF13	RDIF14	RDIF15	RDIF16	RDIF17	RDIF18	RDIF19
172	21	3	18	33	94	48	30	30	31	28	26	29	25	23	19	11
162	20	2	10	17	21	23	25	27	28	28	27	25	24	23	19	11
122	9	2	12	19	23	26	29	30	30	31	33	37	36	35	30	18

RDIF20	RGLO05	RGLO06	RGLO07	RGLO08	RGLO09	RGLO10	RGLO11	RGLO12	RGLO13	RGLO14	RGLO15	RGLO16	RGLO17	RGLO18	RGLO19	RGLO20
1	3	41	105	154	249	301	339	362	361	340	298	244	179	110	42	3
1	2	43	110	179	243	297	335	355	356	339	301	245	179	108	41	3
2	2	43	108	179	243	295	333	353	353	331	296	242	177	106	41	3

RDIF05: Radiación directa en la hora previa a 05
 RDIF06: Radiación directa en la hora previa a 06
 RDIF07: Radiación directa en la hora previa a 07
 RDIF08: Radiación directa en la hora previa a 08
 RDIF09: Radiación directa en la hora previa a 09
 RDIF10: Radiación directa en la hora previa a 10
 RDIF11: Radiación directa en la hora previa a 11
 RDIF12: Radiación directa en la hora previa a 12
 RDIF13: Radiación directa en la hora previa a 13
 RDIF14: Radiación directa en la hora previa a 14
 RDIF15: Radiación directa en la hora previa a 15
 RDIF16: Radiación directa en la hora previa a 16
 RDIF17: Radiación directa en la hora previa a 17
 RDIF18: Radiación directa en la hora previa a 18
 RDIF19: Radiación directa en la hora previa a 19
 RDIF20: Radiación directa en la hora previa a 20
 RDIF05: Radiación difusa en la hora previa a 05
 RDIF06: Radiación difusa en la hora previa a 06
 RDIF07: Radiación difusa en la hora previa a 07
 RDIF08: Radiación difusa en la hora previa a 08

RDIF09: Radiación difusa en la hora previa a 09
 RDIF10: Radiación difusa en la hora previa a 10
 RDIF11: Radiación difusa en la hora previa a 11
 RDIF12: Radiación difusa en la hora previa a 12
 RDIF13: Radiación difusa en la hora previa a 13
 RDIF14: Radiación difusa en la hora previa a 14
 RDIF15: Radiación difusa en la hora previa a 15
 RDIF16: Radiación difusa en la hora previa a 16
 RDIF17: Radiación difusa en la hora previa a 17
 RDIF18: Radiación difusa en la hora previa a 18
 RDIF19: Radiación difusa en la hora previa a 19
 RDIF20: Radiación difusa en la hora previa a 20
 RGLO05: Radiación global en la hora previa a 05
 RGLO06: Radiación global en la hora previa a 06
 RGLO07: Radiación global en la hora previa a 07
 RGLO08: Radiación global en la hora previa a 08
 RGLO09: Radiación global en la hora previa a 09
 RGLO10: Radiación global en la hora previa a 10
 RGLO11: Radiación global en la hora previa a 11
 RGLO12: Radiación global en la hora previa a 12

RGLO13: Radiación global en la hora previa a 13
 RGLO14: Radiación global en la hora previa a 14
 RGLO15: Radiación global en la hora previa a 15
 RGLO16: Radiación global en la hora previa a 16
 RGLO17: Radiación global en la hora previa a 17
 RGLO18: Radiación global en la hora previa a 18
 RGLO19: Radiación global en la hora previa a 19
 RGLO20: Radiación global en la hora previa a 20

INDICATIVO	AÑO	MES	DIA	NOMBRE	ALTITUD	C_X	C_Y	CMT	NOM_PROV	ALTA	BAJA	LONGITUD	LATITUD	IND_SYN
2462	2010	1	1	NAVACERRADA	1894	414745	4516276	MAD	MADRID	01/01/1946		400382	404735	8215
2462	2010	1	2	NAVACERRADA	1894	414745	4516276	MAD	MADRID	01/01/1946		400382	404735	8215
2462	2010	1	3	NAVACERRADA	1894	414745	4516276	MAD	MADRID	01/01/1946		400382	404735	8215
3268C	2010	1	1	ALPEDRETE	924	413987	4501482	MAD	MADRID	01/07/2009		401032	403935	
3268C	2010	1	2	ALPEDRETE	924	413987	4501482	MAD	MADRID	01/07/2009		401032	403935	
3268C	2010	1	3	ALPEDRETE	924	413987	4501482	MAD	MADRID	01/07/2009		401032	403935	

Campos incluidos:

Indicativo: Indicativo climatológico
 NOMBRE: Nombre estación
 ALTITUD: Altitud de la estación (metros)
 C_X: Coordenada X (Huso 30)
 C_Y: Coordenada Y (Huso 30)
 CMT: Código Delegación Territorial
 NOM_PROV: Provincia
 ALTA: Fecha de alta
 BAJA: Fecha de baja
 LONGITUD: Longitud geográfica
 (La última cifra indica la orientación: 1 para longitud E y 2 para W)
 LATITUD: Latitud geográfica
 IND_SYN: Indicativo sinóptico
 NOM_EG: Entidad gestora
 DATUM: Datum de referencia

Unidades y valores especiales:

Horas UTC (Tiempo Universal Coordinado)
 Temperaturas en décimas de grado centígrado
 Hora de la temperatura máxima/mínima en horas y minutos
 Valores especiales de hora de la temperatura máxima/mínima:
 9999: La temperatura máxima/mínima se repite varias veces en el día

NOM_EG	DATUM	HU00	HU01	HU02	HU03	HU04	HU05	HU06	HU07	HU08	HU09	HU10	HU11	HU12	HU13	HU14	HU15	HU16	HU17	HU18	HU19
AEMET	ETRS89	98	96	96	96	96	96	97	98	96	98	97	97	97	98	97	98	98	99	100	99
AEMET	ETRS89	98	98	98	98	98	98	97	100	97	98	98	98	95	98	98	94	94	94	92	92
AEMET	ETRS89	96	97	95	97	99	100	99	100	97	92	98	97	97	100	93	99	98	98	98	98
AEMET	ETRS89	64	69	66	68	91	86	91	94	93	91	86	79	81	74	76	76	77	78	72	76
AEMET	ETRS89	74	74	72	76	77	77	81	80	81	78	69	72	65	76	84	77	75	82	85	81
AEMET	ETRS89	89	93	93	93	94	98	98	98	99	98	97	94	90	94	96	97	98	98	98	100

HU20	HU21	HU22	HU23	T00	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17
99	99	98	98	-55	-54	-52	-50	-50	-49	-51	-53	-51	-45	-36	-34	-27	-22	-22	-23	-23	-25
92	94	95	96	-38	-38	-39	-39	-37	-33	-34	-34	-36	-38	-24	-20	-14	-13	-12	-12	-12	-16
97	97	98	98	-12	-5	-5	-19	-16	-15	-14	-12	2	12	22	22	26	24	14	16	13	17
75	75	77	73	31	30	32	31	12	18	10	5	11	19	36	47	49	57	58	57	54	53
88	85	88	88	44	42	41	37	39	41	36	36	36	43	56	61	76	65	52	63	67	49
100	100	100	100	26	26	27	32	32	31	33	33	36	40	44	48	51	49	49	48	48	47

T18	T19	T20	T21	T22	T23
-26	-28	-30	-31	-34	-37
-20	-20	-22	-29	-25	-16
22	21	24	23	21	19
56	54	53	52	46	43
47	48	44	45	41	34
46	45	42	44	42	43

T00: Temperatura a las 00
 T01: Temperatura a las 01
 T02: Temperatura a las 02
 T03: Temperatura a las 03
 T04: Temperatura a las 04
 T05: Temperatura a las 05
 T06: Temperatura a las 06
 T07: Temperatura a las 07
 T08: Temperatura a las 08
 T09: Temperatura a las 09
 T10: Temperatura a las 10

T11: Temperatura a las 11
 T12: Temperatura a las 12
 T13: Temperatura a las 13
 T14: Temperatura a las 14
 T15: Temperatura a las 15
 T16: Temperatura a las 16
 T17: Temperatura a las 17
 T18: Temperatura a las 18
 T19: Temperatura a las 19
 T20: Temperatura a las 20
 T21: Temperatura a las 21

T22: Temperatura a las 22
 T23: Temperatura a las 23
 TH00: Temperatura del húmedo a las 00
 TH07: Temperatura del húmedo a las 07
 TH13: Temperatura del húmedo a las 13
 TH18: Temperatura del húmedo a las 18
 TMIN_JS: Temperatura mínima junto al suelo
 HTMAX: Hora de la temperatura máxima
 HTMIN: Hora de la temperatura mínima
 OBSERVACIONES: Observaciones
 FH_ACT: Fecha de actualización

INDICATIVO	AÑO	MES	DIA	NOMBRE	ALTITUD	C_X	C_Y	CMT	NOM_PROV	ALTA	BAJA	LONGITUD	LATITUD
3194U	2010	1	1	MADRID, C. UNIVERSITARIA	664	438594	4478142	MAD	MADRID	01/01/1972		343272	402706
3194U	2010	1	2	MADRID, C. UNIVERSITARIA	664	438594	4478142	MAD	MADRID	01/01/1972		343272	402706
3194U	2010	1	3	MADRID, C. UNIVERSITARIA	664	438594	4478142	MAD	MADRID	01/01/1972		343272	402706

Campos incluidos:

Indicativo: Indicativo climatológico
 NOMBRE: Nombre estación
 ALTITUD: Altitud de la estación (metros)
 C_X: Coordenada X (Huso 30)
 C_Y: Coordenada Y (Huso 30)
 CMT: Código Delegación Territorial
 NOM_PROV: Provincia
 ALTA: Fecha de alta
 BAJA: Fecha de baja
 LONGITUD: Longitud geográfica
 (La última cifra indica la orientación: 1 para longitud E y 2 para W)
 LATITUD: Latitud geográfica
 IND_SYN: Indicativo sinóptico
 NOM_EG: Entidad gestora
 DATUM: Datum de referencia

Unidades y valores especiales:

Horas relacionadas con radiación en TSV (Tiempo Solar Verdadero)
 Radiación en decenas de kilojulios por metro cuadrado
 Porcentaje de radiación en %

IND_SYN	NOM_EG	DATUM	RDIF05	RDIF06	RDIF07	RDIF08	RDIF09	RDIF10	RDIF11	RDIF12	RDIF13	RDIF14	RDIF15	RDIF16	RDIF17	RDIF18	RDIF19
8220	AEMET	ETRS89	0	0	0	0	0	19	0	3	7	28	1	8	0	0	0
8220	AEMET	ETRS89	0	0	0	0	0	0	2	27	0	1	0	0	0	0	0
8220	AEMET	ETRS89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RDIF19	RDIF20	RDIF05	RDIF06	RDIF07	RDIF08	RDIF09	RDIF10	RDIF11	RDIF12	RDIF13	RDIF14	RDIF15	RDIF16	RDIF17	RDIF18	RDIF19
0	0	0	0	0	2	14	50	54	73	78	56	28	16	6	0	0
0	0	0	0	0	3	18	33	76	82	48	49	36	10	1	0	0
0	0	0	0	0	3	23	52	42	35	21	13	14	10	0	0	0

RDIF20	RGLO05	RGLO06	RGLO07	RGLO08	RGLO09	RGLO10	RGLO11	RGLO12	RGLO13	RGLO14	RGLO15	RGLO16	RGLO17	RGLO18	RGLO19	RGLO20
0	0	0	0	2	14	56	54	75	81	67	28	17	6	0	0	0
0	0	0	0	3	18	33	76	93	48	49	36	10	1	0	0	0
0	0	0	0	3	23	52	42	35	21	13	14	10	0	0	0	0

RDIF05: Radiación directa en la hora previa a 05
 RDIF06: Radiación directa en la hora previa a 06
 RDIF07: Radiación directa en la hora previa a 07
 RDIF08: Radiación directa en la hora previa a 08
 RDIF09: Radiación directa en la hora previa a 09
 RDIF10: Radiación directa en la hora previa a 10
 RDIF11: Radiación directa en la hora previa a 11
 RDIF12: Radiación directa en la hora previa a 12
 RDIF13: Radiación directa en la hora previa a 13
 RDIF14: Radiación directa en la hora previa a 14
 RDIF15: Radiación directa en la hora previa a 15
 RDIF16: Radiación directa en la hora previa a 16
 RDIF17: Radiación directa en la hora previa a 17
 RDIF18: Radiación directa en la hora previa a 18
 RDIF19: Radiación directa en la hora previa a 19
 RDIF20: Radiación directa en la hora previa a 20
 RDIF05: Radiación difusa en la hora previa a 05
 RDIF06: Radiación difusa en la hora previa a 06
 RDIF07: Radiación difusa en la hora previa a 07
 RDIF08: Radiación difusa en la hora previa a 08

RDIF09: Radiación difusa en la hora previa a 09
 RDIF10: Radiación difusa en la hora previa a 10
 RDIF11: Radiación difusa en la hora previa a 11
 RDIF12: Radiación difusa en la hora previa a 12
 RDIF13: Radiación difusa en la hora previa a 13
 RDIF14: Radiación difusa en la hora previa a 14
 RDIF15: Radiación difusa en la hora previa a 15
 RDIF16: Radiación difusa en la hora previa a 16
 RDIF17: Radiación difusa en la hora previa a 17
 RDIF18: Radiación difusa en la hora previa a 18
 RDIF19: Radiación difusa en la hora previa a 19
 RDIF20: Radiación difusa en la hora previa a 20
 RGLO05: Radiación global en la hora previa a 05
 RGLO06: Radiación global en la hora previa a 06
 RGLO07: Radiación global en la hora previa a 07
 RGLO08: Radiación global en la hora previa a 08
 RGLO09: Radiación global en la hora previa a 09
 RGLO10: Radiación global en la hora previa a 10
 RGLO11: Radiación global en la hora previa a 11
 RGLO12: Radiación global en la hora previa a 12

RGLO13: Radiación global en la hora previa a 13
 RGLO14: Radiación global en la hora previa a 14
 RGLO15: Radiación global en la hora previa a 15
 RGLO16: Radiación global en la hora previa a 16
 RGLO17: Radiación global en la hora previa a 17
 RGLO18: Radiación global en la hora previa a 18
 RGLO19: Radiación global en la hora previa a 19
 RGLO20: Radiación global en la hora previa a 20

Anexo V. Reportes *EnergyPlus* Ideal Loads & Simulaciones Energéticas

Geothermia

Program Version: *EnergyPlus*, Version 8.4.0-832c4bb9cb, YMD=2016.01.30 09:47

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Oficina**

Environment: ANUAL ** Guadalajara - ESP SWEC WMO#=082260

Simulation Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Report: Annual Building Utility Performance Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	5423.35	28.64	28.64
Net Site Energy	5423.35	28.64	28.64
Total Source Energy	17175.74	90.71	90.71
Net Source Energy	17175.74	90.71	90.71

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	189.34
Net Conditioned Building Area	189.34
Unconditioned Building Area	0.00

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	2286.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	580.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	500.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1321.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	735.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5423.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: Electricity appears to be the principal heating source based on energy usage.

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	General	2286.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	580.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	General	500.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ElectricEquipment	1321.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	735.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics

Utility Use Per Conditioned Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	19.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	28.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	19.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	28.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.00	0.00
High Temperature Geothermal*	0.00	0.00
Photovoltaic Power	0.00	0.00
Wind Power	0.00	0.00
Net Decrease in On-Site Storage	0.00	0.00
Total On-Site Electric Sources	0.00	0.00
Electricity Coming From Utility	5423.35	100.00
Surplus Electricity Going To Utility	0.00	0.00
Net Electricity From Utility	5423.35	100.00
Total On-Site and Utility Electric Sources	5423.35	100.00
Total Electricity End Uses	5423.35	100.00

On-Site Thermal Sources

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
Water-Side Heat Recovery	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Cooling	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Heating	0.00	
High-Temperature Geothermal*	0.00	
Solar Water Thermal	0.00	
Solar Air Thermal	0.00	
Total On-Site Thermal Sources	0.00	

Water Source Summary

	Water [m3]	Percent Water [%]
Rainwater Collection	0.00	-
Condensate Collection	0.00	-
Groundwater Well	0.00	-
Total On Site Water Sources	0.00	-
	-	-
Initial Storage	0.00	-
Final Storage	0.00	-
Change in Storage	0.00	-
	-	-
Water Supplied by Utility	0.00	-
	-	-
Total On Site, Change in Storage, and Utility Water Sources	0.00	-
Total Water End Uses	0.00	-

Setpoint Not Met Criteria

	Degrees [deltaC]
Tolerance for Zone Heating Setpoint Not Met Time	0.20
Tolerance for Zone Cooling Setpoint Not Met Time	0.20

Comfort and Setpoint Not Met Summary

	Facility [Hours]
Time Setpoint Not Met During Occupied Heating	0.00
Time Setpoint Not Met During Occupied Cooling	0.00
Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 55-2004	605.50

Note 1: An asterisk (*) indicates that the feature is not yet implemented.

Report: Input Verification and Results Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

General

	Value
Program Version and Build	EnergyPlus, Version 8.4.0-832e4bb9cb, YMD=2016.01.30 09:47
RunPeriod	ANUAL
Weather File	Guadalajara - ESP SWEC WMO#=082260
Latitude [deg]	40.63
Longitude [deg]	-3.2
Elevation [m]	608.00
Time Zone	1.00
North Axis Angle [deg]	315.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

ENVELOPE

Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	193.75	60.75	36.13	60.75	36.13
Above Ground Wall Area [m2]	149.61	16.60	36.13	60.75	36.13
Window Opening Area [m2]	38.14	0.16	5.69	22.80	9.49
Gross Window-Wall Ratio [%]	19.69	0.26	15.76	37.53	26.27
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	25.49	0.96	15.76	37.53	26.27

Conditioned Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	193.75	60.75	36.13	60.75	36.13
Above Ground Wall Area [m2]	149.61	16.60	36.13	60.75	36.13
Window Opening Area [m2]	38.14	0.16	5.69	22.80	9.49
Gross Window-Wall Ratio [%]	19.69	0.26	15.76	37.53	26.27
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	25.49	0.96	15.76	37.53	26.27

Skylight-Roof Ratio

	Total
Gross Roof Area [m2]	208.53
Skylight Area [m2]	38.59
Skylight-Roof Ratio [%]	18.50

PERFORMANCE

Zone Summary

	Area [m2]	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume [m3]	Multipliers	Gross Wall Area [m2]	Window Glass Area [m2]	Lighting [W/m2]	People [m2 per person]	Plug and Process [W/m2]
ZONE 3	22.21	Yes	Yes	132.33	1.00	26.54	8.42	1.1257	22.21	20.2626
ZONE 2	74.69	Yes	Yes	266.84	1.00	55.76	31.00	2.0083	18.67	0.0000
ZONE 4	9.08	Yes	Yes	43.56	1.00	2.48	5.74	1.6518		0.0000
ZONE 1	83.36	Yes	Yes	288.84	1.00	64.83	31.57	0.8998		2.9992
Total	189.34			731.57		149.61	76.73	1.3996	37.87	3.6971
Conditioned Total	189.34			731.57		149.61	76.73	1.3996	37.87	3.6971
Unconditioned Total	0.00			0.00		0.00	0.00			
Not Part of Total	0.00			0.00		0.00	0.00			

Report: Source Energy End Use Components Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Values gathered over 8760.00 hours

Source Energy End Use Components Summary

	Source Electricity [kWh]	Source Natural Gas [kWh]	Source Additional Fuel [kWh]	Source District Cooling [kWh]	Source District Heating [kWh]
Heating	7241.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	1836.86	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	1584.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	4184.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	2328.79	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	17175.74	0.00	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics

Source Energy End Use Components Per Conditioned Floor Area

	Source Electricity [kWh/m2]	Source Natural Gas [kWh/m2]	Source Additional Fuel [kWh/m2]	Source District Cooling [kWh/m2]	Source District Heating [kWh/m2]
Heating	38.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	9.70	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	8.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	12.30	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	90.71	0.00	0.00	0.00	0.00

Source Energy End Use Components Per Total Floor Area

	Source Electricity [kWh/m2]	Source Natural Gas [kWh/m2]	Source Additional Fuel [kWh/m2]	Source District Cooling [kWh/m2]	Source District Heating [kWh/m2]
Heating	38.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	9.70	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	8.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	12.30	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	90.71	0.00	0.00	0.00	0.00

Report: Climatic Data Summary

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 09:48:34**

SizingPeriod: **DesignDay**

	Maximum Dry Bulb [C]	Daily Temperature Range [deltaC]	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed [m/s]	Wind Direction
None						

Weather Statistics File

	Value
None	

Report: Envelope Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Opaque Exterior

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Azimuth [deg]	Tilt [deg]	Cardinal Direction
OS:SURFACE 50	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	6.53	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 45	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	3.26	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 65	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	8.68	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 44	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	16.74	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 43	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	22.21	315.00	180.00	
OS:SURFACE 51	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	16.45	135.00	12.55	
OS:SURFACE 52	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	9.34	315.00	47.38	
OS:SURFACE 39	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	37.95	135.00	90.00	S
OS:SURFACE 64	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	1.54	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 66	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	13.17	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 38	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	11.31	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 36	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	4.95	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 24	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	74.69	315.00	180.00	
OS:SURFACE 42	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	14.18	315.00	47.38	
OS:SURFACE 41	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	66.50	135.00	12.55	
OS:SURFACE 55	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	2.48	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 67	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	6.61	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 53	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	9.08	325.91	180.00	
OS:SURFACE 62	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	7.11	315.00	47.38	
OS:SURFACE 63	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	4.37	135.00	12.55	
OS:SURFACE 19	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	22.80	135.00	90.00	S
OS:SURFACE 22	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	8.08	225.00	90.00	W
OS:SURFACE 6	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	5.90	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 68	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	15.70	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 20	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	28.05	225.00	90.00	W
OS:SURFACE 1	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	83.36	238.58	180.00	
OS:SURFACE 23	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	16.91	315.00	47.38	
OS:SURFACE 21	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	73.67	135.00	12.55	

Exterior Fenestration

	Construction	Glass Area [m2]	Frame Area [m2]	Divider Area [m2]	Area of One Opening [m2]	Area of Multiplied Openings [m2]	Glass U-Factor [W/m2-K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Frame Conductance [W/m2-K]	Divider Conductance [W/m2-K]	Shade Control	Parent Surface
Z3 TRIANGULAR V2	H05	0.95	0.00	0.00	0.95	0.95	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 5
Z3 LUCERNARIO V1	H01	7.46	0.00	0.00	7.46	7.46	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 5
Z2 V9	H12	2.70	0.00	0.00	2.70	2.70	2.322	0.365	0.284			No	OS:SURFACE 3
Z2 V7	H10	4.59	0.00	0.00	4.59	4.59	2.613	0.559	0.483			No	OS:SURFACE 3
Z2 PUERTA ACRISTALADA 2	H06	4.45	0.00	0.00	4.45	4.45	2.582	0.538	0.461			No	OS:SURFACE 3
Z2 V11	H13	1.66	0.00	0.00	1.66	1.66	2.342	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 V10	H13	1.48	0.00	0.00	1.48	1.48	2.342	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 V8	H11	2.70	0.00	0.00	2.70	2.70	2.332	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 TRIANGULAR V6	H05	0.16	0.00	0.00	0.16	0.16	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 6
Z2 PUERTA ACRISTALADA 1	H03	2.04	0.00	0.00	2.04	2.04	0.300	0.003	0.000			No	OS:SURFACE 3
Z2 LUCERNARIO V3	H01	4.31	0.00	0.00	4.31	4.31	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V2	H02	0.89	0.00	0.00	0.89	0.89	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z1 LUCERNARIO V1	H01	4.24	0.00	0.00	4.24	4.24	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V4	H02	0.92	0.00	0.00	0.92	0.92	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V5	H02	0.86	0.00	0.00	0.86	0.86	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z4 LUCERNARIO V1	H01	5.74	0.00	0.00	5.74	5.74	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 6
Z1 V5	H08	1.70	0.00	0.00	1.70	1.70	2.593	0.549	0.472			No	OS:SURFACE 1
Z1 V4	H07	1.70	0.00	0.00	1.70	1.70	2.462	0.456	0.377			No	OS:SURFACE 1
Z1 V6	H09	4.51	0.00	0.00	4.51	4.51	2.542	0.507	0.430			No	OS:SURFACE 1
Z1 TRIANGULAR V2	H05	1.06	0.00	0.00	1.06	1.06	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 2
Z1 TRIANGULAR V3	H05	0.22	0.00	0.00	0.22	0.22	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 2
Z1 PUERTA GARAJE	H04	8.21	0.00	0.00	8.21	8.21	0.200	0.003	0.000			No	OS:SURFACE 2
Z1 LUCERNARIO V2	H01	14.16	0.00	0.00	14.16	14.16	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 2
Total or Average						76.73	2.301	0.522	0.458				
North Total or Average						0.16	2.703	0.600	0.525				
Non-North Total or Average						76.57	2.300	0.522	0.458				

Interior Fenestration

	Construction	Area of One Opening [m2]	Area of Openings [m2]	Glass U-Factor [W/m2-K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Parent Surface
Total or Average			0.00	-	-	-	

Exterior Door

	Construction	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Parent Surface
None					

Report: **Shading Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 09:48:34**

Sunlit Fraction

	March 21 9am	March 21 noon	March 21 3pm	June 21 9am	June 21 noon	June 21 3pm	December 21 9am	December 21 noon	December 21 3pm
Z3 TRIANGULAR V2	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Z3 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 V9	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V7	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 PUERTA ACRISTALADA 2	0.64	0.33	0.00	0.28	0.00	0.00	0.88	0.54	0.15
Z2 V11	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V10	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V8	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 TRIANGULAR V6	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Z2 PUERTA ACRISTALADA 1	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.99	0.00	0.00
Z2 LUCERNARIO V3	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 VELUX V2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z1 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 VELUX V4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Z2 VELUX V5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Z4 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z1 V5	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z1 V4	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.08
Z1 V6	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z1 TRIANGULAR V2	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 TRIANGULAR V3	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 PUERTA GARAJE	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 LUCERNARIO V2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00

Window Control

	Name	Type	Shaded Construction	Control	Glare Control
Z3 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z2 LUCERNARIO V3	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z1 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z4 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z1 LUCERNARIO V2	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No

Report: Lighting Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Interior Lighting

	Zone	Lighting Power Density [W/m2]	Zone Area [m2]	Total Power [W]	End Use Subcategory	Schedule Name	Scheduled Hours/Week [hr]	Hours/Week > 1% [hr]	Full Load Hours/Week [hr]	Return Air Fraction	Conditioned (Y/N)	Consumption [GJ]
SPACE1 LIGHTS	ZONE 1	0.8998	83.36	75.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.51
SPACE2 LIGHTS	ZONE 2	2.0083	74.69	150.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	1.02
SPACE3 LIGHTS	ZONE 3	1.1257	22.21	25.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.17
SPACE4 LIGHTS	ZONE 4	1.6518	9.08	15.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.10
Interior Lighting Total		1.3996	189.34	265.00								1.80

Daylighting

	Zone	Daylighting Type	Control Type	Fraction Controlled	Lighting Installed in Zone [W]	Lighting Controlled [W]
None						

Exterior Lighting

	Total Watts	Astronomical Clock/Schedule	Schedule Name	Scheduled Hours/Week [hr]	Hours/Week > 1% [hr]	Full Load Hours/Week [hr]	Consumption [GJ]
Exterior Lighting Total	0.00						0.00

Report: Equipment Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Central Plant

	Type	Nominal Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]	IPLV in SI Units [W/W]	IPLV in IP Units [Btu/W-h]
None					

Cooling Coils

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Efficiency [W/W]	Nominal Coil UA Value [W/C]	Nominal Coil Surface Area [m2]
None									

DX Cooling Coils

	DX Cooling Coil Type	Standard Rated Net Cooling Capacity [W]	Standard Rated Net COP [W/W]	EER [Btu/W-h]	SEER [Btu/W-h]	IEER [Btu/W-h]
None						

DX Cooling Coil ASHRAE 127 Standard Ratings Report

	DX Cooling Coil Type	Rated Net Cooling Capacity Test A [W]	Rated Electric Power Test A [W]	Rated Net Cooling Capacity Test B [W]	Rated Electric Power Test B [W]	Rated Net Cooling Capacity Test C [W]	Rated Electric Power Test C [W]	Rated Net Cooling Capacity Test D [W]	Rated Electric Power Test D [W]
None									

DX Heating Coils

	DX Heating Coil Type	High Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	Low Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	HSPF [Btu/W-h]	Region Number
None					

Heating Coils

Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]
None			

Fans

Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction	End Use
None							

Pumps

Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [W-s/m3]	Motor Efficiency [W/W]	
CW SECONDARY CIRC PUMP	Pump:VariableSpeed	Intermittent	50000.00	0.000927	240.00	258983.49	0.90
HW SECONDARY CIRC PUMP	Pump:VariableSpeed	Intermittent	50000.00	0.000927	240.00	258983.49	0.90
CW CIRC PUMP	Pump:ConstantSpeed	Intermittent	35000.00	0.000295	93.00	315575.16	0.90
HW CIRC PUMP	Pump:ConstantSpeed	Intermittent	35000.00	0.000295	93.00	315575.16	0.90
COND CIRC PUMP	Pump:VariableSpeed	Intermittent	35000.00	0.000404	132.00	326829.75	0.90

Service Water Heating

Type	Storage Volume [m3]	Input [W]	Thermal Efficiency [W/W]	Recovery Efficiency [W/W]	Energy Factor
None					

Report: HVAC Sizing Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Zone Sensible Cooling

Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]	User Design Air Flow [m3/s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]
None												

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

Zone Sensible Heating

Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]	User Design Air Flow [m3/s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]
None												

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

System Design Air Flow Rates

Calculated cooling [m3/s]	User cooling [m3/s]	Calculated heating [m3/s]	User heating [m3/s]
None			

Plant Loop Coincident Design Fluid Flow Rate Adjustments

Previous Design Volume Flow Rate [m3/s]	Algorithm Volume Flow Rate [m3/s]	Coincident Design Volume Flow Rate [m3/s]	Coincident Size Adjusted	Peak Sizing Period Name	Peak Day into Period	Peak Hour Of Day	Peak Step Start Minute
None							

Report: System Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Economizer

	High Limit Shutoff Control	Minimum Outdoor Air [m3/s]	Maximum Outdoor Air [m3/s]	Return Air Temp Limit	Return Air Enthalpy Limit	Outdoor Air Temperature Limit [C]	Outdoor Air Enthalpy Limit [C]
None							

Demand Controlled Ventilation using Controller:MechanicalVentilation

	Controller:MechanicalVentilation Name	Outdoor Air Per Person [m3/s-person]	Outdoor Air Per Area [m3/s-m2]	Air Distribution Effectiveness in Cooling Mode	Air Distribution Effectiveness in Heating Mode	Air Distribution Effectiveness Schedule
None						

Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 55-2004

	Winter Clothes [hr]	Summer Clothes [hr]	Summer or Winter Clothes [hr]
ZONE 3	813.00	1867.25	228.00
ZONE 2	885.50	2198.25	573.25
ZONE 4	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	0.00	0.00	0.00
Facility	962.25	2293.75	605.50

Aggregated over the RunPeriods for Weather

Time Setpoint Not Met

	During Heating [hr]	During Cooling [hr]	During Occupied Heating [hr]	During Occupied Cooling [hr]
ZONE 3	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 2	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 4	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	0.00	0.00	0.00	0.00
Facility	0.00	0.00	0.00	0.00

Aggregated over the RunPeriods for Weather

Report: Outdoor Air Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Average Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume [m3]	Mechanical Ventilation [ach]	Infiltration [ach]	AFN Infiltration [ach]	Simple Ventilation [ach]
ZONE 3	1.00	1.00	132.33	0.000	0.165	0.000	0.083
ZONE 2	4.00	4.00	266.84	0.000	0.123	0.000	0.083

Values shown for a single zone without multipliers

Minimum Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume [m3]	Mechanical Ventilation [ach]	Infiltration [ach]	AFN Infiltration [ach]	Simple Ventilation [ach]
ZONE 3	1.00	1.00	132.33	0.000	0.010	0.000	0.005
ZONE 2	4.00	4.00	266.84	0.000	0.008	0.000	0.005

Values shown for a single zone without multipliers

Report: **Object Count Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 09:48:34**

Surfaces by Class

	Total	Outdoors
Wall	52	16
Floor	4	4
Roof	8	8
Internal Mass	0	0
Building Detached Shading	6	6
Fixed Detached Shading	0	0
Window	23	23
Door	0	0
Glass Door	0	0
Shading	0	0
Overhang	0	0
Fin	0	0
Tubular Daylighting Device Dome	0	0
Tubular Daylighting Device Diffuser	0	0

HVAC

	Count
HVAC Air Loops	0
Conditioned Zones	4
Unconditioned Zones	0
Supply Plenums	0
Return Plenums	0

Input Fields

	Count
IDF Objects	342
Defaulted Fields	168
Fields with Defaults	782
Autosized Fields	4
Autosizable Fields	64
Autocalculated Fields	95
Autocalculatable Fields	184

Report: Energy Meters

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Annual and Peak Values - Electricity

	Electricity Annual Value [GJ]	Electricity Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Electricity Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
Electricity:Facility	19.52	0.00	01-JAN-11:15	3049.96	10-APR-08:15
Electricity:Building	6.56	0.00	01-JAN-00:15	965.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 1	2.21	0.00	01-JAN-00:15	325.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity	1.80	0.00	01-JAN-00:15	265.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 1	0.51	0.00	01-JAN-00:15	75.00	02-JAN-08:15
General:InteriorLights:Electricity	1.80	0.00	01-JAN-00:15	265.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 2	1.02	0.00	01-JAN-00:15	150.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 2	1.02	0.00	01-JAN-00:15	150.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 3	3.23	0.00	01-JAN-00:15	475.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 3	0.17	0.00	01-JAN-00:15	25.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 4	0.10	0.00	01-JAN-00:15	15.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 4	0.10	0.00	01-JAN-00:15	15.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity	4.76	0.00	01-JAN-00:15	700.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity:Zone:ZONE 1	1.70	0.00	01-JAN-00:15	250.00	02-JAN-08:15
ElectricEquipment:InteriorEquipment:Electricity	4.76	0.00	01-JAN-00:15	700.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity:Zone:ZONE 3	3.06	0.00	01-JAN-00:15	450.00	02-JAN-08:15
Fans:Electricity	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Ventilation (simple):Fans:Electricity	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
ElectricityPurchased:Facility	19.52	0.00	01-JAN-11:15	3049.96	10-APR-08:15
ElectricityPurchased:Plant	19.52	0.00	01-JAN-11:15	3049.96	10-APR-08:15
Cogeneration:ElectricityPurchased	19.52	0.00	01-JAN-11:15	3049.96	10-APR-08:15
ElectricitySurplusSold:Facility	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
ElectricitySurplusSold:Plant	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cogeneration:ElectricitySurplusSold	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
ElectricityNet:Facility	19.52	0.00	01-JAN-11:15	3049.96	10-APR-08:15
ElectricityNet:Plant	19.52	0.00	01-JAN-11:15	3049.96	10-APR-08:15
Cogeneration:ElectricityNet	19.52	0.00	01-JAN-11:15	3049.96	10-APR-08:15
Electricity:Plant	12.97	0.00	01-JAN-11:15	2163.34	01-JAN-02:45
Cooling:Electricity	2.09	0.00	01-JAN-00:15	1261.00	17-MAY-19:15
Heating:Electricity	8.23	0.00	01-JAN-11:15	1907.53	01-JAN-02:45
Pumps:Electricity	2.65	0.00	01-JAN-11:15	301.97	14-FEB-06:15

Annual and Peak Values - Gas

	Gas Annual Value [GJ]	Gas Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Gas Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Cooling

	Cooling Annual Value [GJ]	Cooling Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Cooling Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
PlantLoopCoolingDemand:Facility	13.88	0.00	01-JAN-00:15	12198.58	16-MAY-16:15
PlantLoopCoolingDemand:HVAC	13.88	0.00	01-JAN-00:15	12198.58	16-MAY-16:15
CoolingCoils:PlantLoopCoolingDemand	13.88	0.00	01-JAN-00:15	12198.58	16-MAY-16:15

Annual and Peak Values - Water

	Annual Value [m3]	Minimum Value [m3/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [m3/s]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other by Weight/Mass

	Annual Value [kg]	Minimum Value [kg/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [kg/s]	Timestamp of Maximum
Carbon Equivalent:Facility	0.00	0.000	01-JAN-00:15	0.000	01-JAN-00:15
CarbonEquivalentEmissions:Carbon Equivalent	0.00	0.000	01-JAN-00:15	0.000	01-JAN-00:15

Annual and Peak Values - Other Volumetric

	Annual Value [m3]	Minimum Value [m3/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [m3/s]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other Liquid/Gas

	Annual Value [L]	Minimum Value [L]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [L]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other

	Annual Value [GJ]	Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
EnergyTransfer:Facility	53.84	0.00	01-JAN-11:15	16466.50	06-NOV-00:15
EnergyTransfer:Building	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
EnergyTransfer:HVAC	53.84	0.00	01-JAN-11:15	16466.50	06-NOV-00:15
HeatingCoils:EnergyTransfer	39.96	0.00	01-JAN-11:15	16466.50	06-NOV-00:15
PlantLoopHeatingDemand:Facility	39.96	0.00	01-JAN-11:15	16466.50	06-NOV-00:15
PlantLoopHeatingDemand:HVAC	39.96	0.00	01-JAN-11:15	16466.50	06-NOV-00:15
HeatingCoils:PlantLoopHeatingDemand	39.96	0.00	01-JAN-11:15	16466.50	06-NOV-00:15
CoolingCoils:EnergyTransfer	13.88	0.00	01-JAN-00:15	12198.58	16-MAY-16:15

Report: Sensible Heat Gain Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 09:48:34

Annual Building Sensible Heat Gain Components

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [GJ]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [GJ]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [GJ]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [GJ]	HVAC Input Heated Surface Heating [GJ]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [GJ]	People Sensible Heat Addition [GJ]	Lights Sensible Heat Addition [GJ]	Equipment Sensible Heat Addition [GJ]	Window Heat Addition [GJ]	Interzone Air Transfer Heat Addition [GJ]	Infiltration Heat Addition [GJ]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [GJ]	Equipment Sensible Heat Removal [GJ]	Wind H Remov [G]
ZONE 3	0.000	0.000	0.000	0.000	4.670	-2.212	0.668	0.170	3.058	6.741	0.000	0.067	0.000	0.000	-5.1
ZONE 2	0.000	0.000	0.000	0.000	14.487	-6.199	2.749	1.019	0.000	20.945	0.000	0.117	0.002	0.000	-15.9
ZONE 4	0.000	0.000	0.000	0.000	2.877	-1.029	0.000	0.102	0.000	4.707	0.000	0.019	0.000	0.000	-3.7
ZONE 1	0.000	0.000	0.000	0.000	17.925	-4.443	0.000	0.510	1.699	16.831	0.000	0.239	0.000	0.000	-13.6
Total Facility	0.000	0.000	0.000	0.000	39.959	-13.883	3.417	1.801	4.757	49.223	0.000	0.441	0.002	0.000	-38.5

Peak Cooling Sensible Heat Gain Components

	Time of Peak	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [W]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [W]	HVAC Input Heated Surface Heating [W]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [W]	People Sensible Heat Addition [W]	Lights Sensible Heat Addition [W]	Equipment Sensible Heat Addition [W]	Window Heat Addition [W]	Interzone Air Transfer Heat Addition [W]	Infiltration Heat Addition [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [W]	Equipm Sensible Heat Removal [W]
ZONE 3	16-MAY-14:23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2887.60	37.05	25.00	450.00	2740.23	0.00	0.00	0.00	0
ZONE 2	17-MAY-15:08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5639.08	156.54	150.00	0.00	5760.35	0.00	0.00	0.00	0
ZONE 4	08-MAY-16:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1428.93	0.00	15.00	0.00	2495.43	0.00	0.00	0.00	0
ZONE 1	17-MAY-16:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6800.59	0.00	75.00	250.00	7564.29	0.00	0.00	0.00	0
Total Facility	16-MAY-16:08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-12413.25	181.16	265.00	700.00	19671.18	0.00	0.00	0.00	0

Peak Heating Sensible Heat Gain Components

	Time of Peak	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [W]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [W]	HVAC Input Heated Surface Heating [W]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [W]	People Sensible Heat Addition [W]	Lights Sensible Heat Addition [W]	Equipment Sensible Heat Addition [W]	Window Heat Addition [W]	Interzone Air Transfer Heat Addition [W]	Infiltration Heat Addition [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [W]	Equipmen Sensible Heat Removal [W]
ZONE 3	24-JAN-18:10	0.00	0.00	0.00	0.00	2691.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 2	01-JAN-03:23	0.00	0.00	0.00	0.00	10049.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 4	07-DEC-10:45	0.00	0.00	0.00	0.00	1128.42	0.00	0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	14-APR-05:08	0.00	0.00	0.00	0.00	11132.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Facility	06-NOV-00:15	0.00	0.00	0.00	0.00	16466.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Report: LEED Summary

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 09:48:34**

Sec1.1A-General Information

	Data
Weather File	ANUAL ** Guadalajara - ESP SWEC WMO#=082260
HDD and CDD data source	Weather File Stat
Total gross floor area [m2]	189.34
Principal Heating Source	Electricity

EAp2-1. Space Usage Type

	Space Area [m2]	Regularly Occupied Area [m2]	Unconditioned Area [m2]	Typical Hours/Week in Operation [hr/wk]
ZONE 3	22.21	22.21	0.00	49.86
ZONE 2	74.69	74.69	0.00	49.86
ZONE 4	9.08	9.08	0.00	0.00
ZONE 1	83.36	83.36	0.00	0.00
Totals	189.34	189.34	0.00	

EAp2-2. Advisory Messages

	Data
Number of hours heating loads not met	0.00
Number of hours cooling loads not met	0.00
Number of hours not met	0.00

EAp2-3. Energy Type Summary

	Utility Rate	Virtual Rate [\$/unit energy]	Units of Energy	Units of Demand
None				

EAp2-4/5. Performance Rating Method Compliance

	Electric Energy Use [GJ]	Electric Demand [W]	Natural Gas Energy Use [GJ]	Natural Gas Demand [W]	Additional Energy Use [GJ]	Additional Demand [W]
Interior Lighting	1.80	265.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Space Heating	8.23	1840.63	0.00	0.00	0.00	0.00
Space Cooling	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	2.65	244.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans-Interior	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans-Parking Garage	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Service Water Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Receptacle Equipment	4.76	700.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting (process)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooking	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial Process	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Elevators and Escalators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Line	19.52		0.00		0.00	

EAp2-6. Energy Use Summary

	Process Subtotal [GJ]	Total Energy Use [GJ]
Electricity	4.76	19.52
Natural Gas	0.00	0.00
Additional	0.00	0.00
Total	4.76	19.52

EAp2-7. Energy Cost Summary

	Process Subtotal [\$]	Total Energy Cost [\$]
Electricity	0.00	
Natural Gas	0.00	
Additional	0.00	
Total	0.00	

Process energy cost based on ratio of process to total energy.

L-1. Renewable Energy Source Summary

	Rated Capacity [kW]	Annual Energy Generated [GJ]
Photovoltaic	0.00	0.00
Wind	0.00	0.00

EAp2-17a. Energy Use Intensity - Electricity

	Electricity [MJ/m2]
Interior Lighting	9.51
Space Heating	43.48
Space Cooling	11.03
Fans-Interior	0.00
Service Water Heating	0.00
Receptacle Equipment	25.12
Miscellaneous	13.98
Subtotal	103.12

EAp2-17b. Energy Use Intensity - Natural Gas

	Natural Gas [MJ/m2]
Space Heating	0.00
Service Water Heating	0.00
Miscellaneous	0.00
Subtotal	0.00

EAp2-17c. Energy Use Intensity - Additional

	Additional [MJ/m2]
Miscellaneous	0.00
Subtotal	0.00

EAp2-18. End Use Percentage

	Percent [%]
Interior Lighting	9.22
Space Heating	42.16
Space Cooling	10.69
Fans-Interior	0.00
Service Water Heating	0.00
Receptacle Equipment	24.36
Miscellaneous	13.56

Report: **Component Sizing Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 09:48:34**

ZoneHVAC:LowTemperatureRadiant:VariableFlow

	User-Specified (scaled by capacity / area) Heating Design Capacity [W]	User-Specified Maximum Hot Water Flow [m3/s]	User-Specified (scaled by capacity / area) Cooling Design Capacity [W]	User-Specified Maximum Cold Water Flow [m3/s]	User-Specified Hydronic Tubing Length [m]
SUELO RAD ZONA 3	2109.80	0.000114	999.38	0.000114	200.00
SUELO RAD ZONA 2	7095.71	0.000362	3361.13	0.000362	636.00
SUELO RAD ZONA 4	862.72	0.000047	408.66	0.000047	82.00
SUELO RAD ZONA 1	7918.84	0.000404	3751.03	0.000404	708.00

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

PlantLoop

	Plant Loop Volume [m3]
CHILLED WATER LOOP	0.331537
HOT WATER LOOP	0.331537

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

CondenserLoop

	Condenser Loop Volume [m3]
CHILLED WATER CONDENSER LOOP	0.454365

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Report: **Surface Shadowing Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 09:48:34**

Surfaces (Walls, Roofs, etc) that may be Shadowed by Other Surfaces

	Possible Shadow Receivers
PANELES FV W	Mir-VALLA VEGETACION
Mir-PANELES FV W	Mir-VALLA VEGETACION OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 19
PANELES FV E	Mir-VALLA VEGETACION
Mir-PANELES FV E	Mir-VALLA VEGETACION OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 19
Mir-VALLA VEGETACION	PANELES FV W Mir-PANELES FV W PANELES FV E Mir-PANELES FV E OS:SURFACE 50 OS:SURFACE 44 OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 64 OS:SURFACE 38 OS:SURFACE 19 OS:SURFACE 22 OS:SURFACE 20
OS:SURFACE 44	Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 39	Mir-PANELES FV W Mir-PANELES FV E Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 38	Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 19	Mir-PANELES FV W Mir-PANELES FV E Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 20	Mir-VALLA VEGETACION

Subsurfaces (Windows and Doors) that may be Shadowed by Surfaces

	Possible Shadow Receivers
OS:SURFACE 50	Z3 TRIANGULAR V2
OS:SURFACE 52	Z3 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 39	Z2 V9 Z2 V7 Z2 PUERTA ACRISTALADA 2 Z2 V11 Z2 V10 Z2 V8
OS:SURFACE 64	Z2 TRIANGULAR V6
OS:SURFACE 38	Z2 PUERTA ACRISTALADA 1
OS:SURFACE 42	Z2 LUCERNARIO V3 Z2 VELUX V2 Z1 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 41	Z2 VELUX V4 Z2 VELUX V5
OS:SURFACE 62	Z4 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 19	Z1 V5 Z1 V4 Z1 V6
OS:SURFACE 22	Z1 TRIANGULAR V2 Z1 TRIANGULAR V3
OS:SURFACE 20	Z1 PUERTA GARAJE
OS:SURFACE 23	Z1 LUCERNARIO V2

Report: **Adaptive Comfort Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 09:48:34**

Time Not Meeting the Adaptive Comfort Models during Occupied Hours

ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category I Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category II Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category III Acceptability Limits [Hours]

Gas natural

Program Version: **EnergyPlus, Version 8.4.0-832e4bb9cb, YMD=2016.01.30 11:14**

Tabular Output Report in Format: **HTML**

Building: **Oficina**

Environment: **ANUAL ** Guadalajara - ESP SWEC WMO#=082260**

Simulation Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

Values gathered over **8760.00** hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	12312.17	65.03	65.03
Net Site Energy	12312.17	65.03	65.03
Total Source Energy	18966.84	100.17	100.17
Net Source Energy	18966.84	100.17	100.17

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	189.34
Net Conditioned Building Area	189.34
Unconditioned Building Area	0.00

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	10.34	9613.92	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	695.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	500.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1321.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	160.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	2698.25	9613.92	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: Natural gas appears to be the principal heating source based on energy usage.

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	9613.92	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	10.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	695.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	General	500.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ElectricEquipment	1321.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	General	10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	160.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics

Utility Use Per Conditioned Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	4.63	50.78	0.00	0.00	0.00	0.00
Other	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	14.25	50.78	0.00	0.00	0.00	0.00

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	4.63	50.78	0.00	0.00	0.00	0.00
Other	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	14.25	50.78	0.00	0.00	0.00	0.00

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.00	0.00
High Temperature Geothermal*	0.00	0.00
Photovoltaic Power	0.00	0.00
Wind Power	0.00	0.00
Net Decrease in On-Site Storage	0.00	0.00
Total On-Site Electric Sources	0.00	0.00
Electricity Coming From Utility	2698.25	100.00
Surplus Electricity Going To Utility	0.00	0.00
Net Electricity From Utility	2698.25	100.00
Total On-Site and Utility Electric Sources	2698.25	100.00
Total Electricity End Uses	2698.25	100.00

On-Site Thermal Sources

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
Water-Side Heat Recovery	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Cooling	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Heating	0.00	
High-Temperature Geothermal*	0.00	
Solar Water Thermal	0.00	
Solar Air Thermal	0.00	
Total On-Site Thermal Sources	0.00	

Water Source Summary

	Water [m3]	Percent Water [%]
Rainwater Collection	0.00	-
Condensate Collection	0.00	-
Groundwater Well	0.00	-
Total On Site Water Sources	0.00	-
	-	-
Initial Storage	0.00	-
Final Storage	0.00	-
Change in Storage	0.00	-
	-	-
Water Supplied by Utility	0.00	-
	-	-
Total On Site, Change in Storage, and Utility Water Sources	0.00	-
Total Water End Uses	0.00	-

Setpoint Not Met Criteria

	Degrees [deltaC]
Tolerance for Zone Heating Setpoint Not Met Time	0.20
Tolerance for Zone Cooling Setpoint Not Met Time	0.20

Comfort and Setpoint Not Met Summary

	Facility [Hours]
Time Setpoint Not Met During Occupied Heating	0.00
Time Setpoint Not Met During Occupied Cooling	74.00
Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 55-2004	355.25

Note 1: An asterisk (*) indicates that the feature is not yet implemented.

Report: Input Verification and Results Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:34

General

	Value
Program Version and Build	EnergyPlus, Version 8.4.0-832e4bb9cb, YMD=2016.01.30 11:14
RunPeriod	ANUAL
Weather File	Guadalajara - ESP SWEC WMO#-082260
Latitude [deg]	40.63
Longitude [deg]	-3.2
Elevation [m]	608.00
Time Zone	1.00
North Axis Angle [deg]	315.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

ENVELOPE

Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	193.75	60.75	36.13	60.75	36.13
Above Ground Wall Area [m2]	149.61	16.60	36.13	60.75	36.13
Window Opening Area [m2]	38.14	0.16	5.69	22.80	9.49
Gross Window-Wall Ratio [%]	19.69	0.26	15.76	37.53	26.27
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	25.49	0.96	15.76	37.53	26.27

Conditioned Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	193.75	60.75	36.13	60.75	36.13
Above Ground Wall Area [m2]	149.61	16.60	36.13	60.75	36.13
Window Opening Area [m2]	38.14	0.16	5.69	22.80	9.49
Gross Window-Wall Ratio [%]	19.69	0.26	15.76	37.53	26.27
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	25.49	0.96	15.76	37.53	26.27

Skylight-Roof Ratio

	Total
Gross Roof Area [m2]	208.53
Skylight Area [m2]	38.59
Skylight-Roof Ratio [%]	18.50

PERFORMANCE

Zone Summary

	Area [m2]	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume [m3]	Multipliers	Gross Wall Area [m2]	Window Glass Area [m2]	Lighting [W/m2]	People [m2 per person]	Plug and Process [W/m2]
ZONE 3	22.21	Yes	Yes	132.33	1.00	26.54	8.42	1.1257	22.21	20.2626
ZONE 2	74.69	Yes	Yes	266.84	1.00	55.76	31.00	2.0083	18.67	0.0000
ZONE 4	9.08	Yes	Yes	43.56	1.00	2.48	5.74	1.6518		0.0000
ZONE 1	83.36	Yes	Yes	288.84	1.00	64.83	31.57	0.8998		2.9992
Total	189.34			731.57		149.61	76.73	1.3996	37.87	3.6971
Conditioned Total	189.34			731.57		149.61	76.73	1.3996	37.87	3.6971
Unconditioned Total	0.00			0.00		0.00	0.00			
Not Part of Total	0.00			0.00		0.00	0.00			

Report: Source Energy End Use Components Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:34

Values gathered over 8760.00 hours

Source Energy End Use Components Summary

	Source Electricity [kWh]	Source Natural Gas [kWh]	Source Additional Fuel [kWh]	Source District Cooling [kWh]	Source District Heating [kWh]
Heating	32.74	10421.49	0.00	0.00	0.00
Cooling	2202.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	1584.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	4184.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	34.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	507.66	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	8545.35	10421.49	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics

Source Energy End Use Components Per Conditioned Floor Area

	Source Electricity [kWh/m2]	Source Natural Gas [kWh/m2]	Source Additional Fuel [kWh/m2]	Source District Cooling [kWh/m2]	Source District Heating [kWh/m2]
Heating	0.17	55.04	0.00	0.00	0.00
Cooling	11.63	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	8.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	45.13	55.04	0.00	0.00	0.00

Source Energy End Use Components Per Total Floor Area

	Source Electricity [kWh/m2]	Source Natural Gas [kWh/m2]	Source Additional Fuel [kWh/m2]	Source District Cooling [kWh/m2]	Source District Heating [kWh/m2]
Heating	0.17	55.04	0.00	0.00	0.00
Cooling	11.63	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	8.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	45.13	55.04	0.00	0.00	0.00

Report: **Climatic Data Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

SizingPeriod: **DesignDay**

	Maximum Dry Bulb [C]	Daily Temperature Range [deltaC]	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed [m/s]	Wind Direction
None						

Weather Statistics File

	Value
None	

Report: Envelope Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:34

Opaque Exterior

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Azimuth [deg]	Tilt [deg]	Cardinal Direction
OS:SURFACE 50	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	6.53	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 45	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	3.26	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 65	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	8.68	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 44	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	16.74	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 43	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	22.21	315.00	180.00	
OS:SURFACE 51	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	16.45	135.00	12.55	
OS:SURFACE 52	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	9.34	315.00	47.38	
OS:SURFACE 39	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	37.95	135.00	90.00	S
OS:SURFACE 64	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	1.54	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 66	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	13.17	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 38	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	11.31	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 36	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	4.95	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 24	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	74.69	315.00	180.00	
OS:SURFACE 42	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	14.18	315.00	47.38	
OS:SURFACE 41	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	66.50	135.00	12.55	
OS:SURFACE 55	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	2.48	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 67	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	6.61	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 53	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	9.08	325.91	180.00	
OS:SURFACE 62	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	7.11	315.00	47.38	
OS:SURFACE 63	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	4.37	135.00	12.55	
OS:SURFACE 19	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	22.80	135.00	90.00	S
OS:SURFACE 22	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	8.08	225.00	90.00	W
OS:SURFACE 6	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	5.90	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 68	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	15.70	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 20	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	28.05	225.00	90.00	W
OS:SURFACE 1	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	83.36	238.58	180.00	
OS:SURFACE 23	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	16.91	315.00	47.38	
OS:SURFACE 21	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	73.67	135.00	12.55	

Exterior Fenestration

	Construction	Glass Area [m2]	Frame Area [m2]	Divider Area [m2]	Area of One Opening [m2]	Area of Multiplied Openings [m2]	U-Factor [W/m2-K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Frame Conductance [W/m2-K]	Divider Conductance [W/m2-K]	Shade Control	Parent Surface
Z3 TRIANGULAR V2	H05	0.95	0.00	0.00	0.95	0.95	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 5
Z3 LUCERNARIO V1	H01	7.46	0.00	0.00	7.46	7.46	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 5
Z2 V9	H12	2.70	0.00	0.00	2.70	2.70	2.322	0.365	0.284			No	OS:SURFACE 3
Z2 V7	H10	4.59	0.00	0.00	4.59	4.59	2.613	0.559	0.483			No	OS:SURFACE 3
Z2 PUERTA ACRISTALADA 2	H06	4.45	0.00	0.00	4.45	4.45	2.582	0.538	0.461			No	OS:SURFACE 3
Z2 V11	H13	1.66	0.00	0.00	1.66	1.66	2.342	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 V10	H13	1.48	0.00	0.00	1.48	1.48	2.342	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 V8	H11	2.70	0.00	0.00	2.70	2.70	2.332	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 TRIANGULAR V6	H05	0.16	0.00	0.00	0.16	0.16	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 6
Z2 PUERTA ACRISTALADA 1	H03	2.04	0.00	0.00	2.04	2.04	0.300	0.003	0.000			No	OS:SURFACE 3
Z2 LUCERNARIO V3	H01	4.31	0.00	0.00	4.31	4.31	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V2	H02	0.89	0.00	0.00	0.89	0.89	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z1 LUCERNARIO V1	H01	4.24	0.00	0.00	4.24	4.24	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V4	H02	0.92	0.00	0.00	0.92	0.92	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V5	H02	0.86	0.00	0.00	0.86	0.86	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z4 LUCERNARIO V1	H01	5.74	0.00	0.00	5.74	5.74	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 6
Z1 V5	H08	1.70	0.00	0.00	1.70	1.70	2.593	0.549	0.472			No	OS:SURFACE 1
Z1 V4	H07	1.70	0.00	0.00	1.70	1.70	2.462	0.456	0.377			No	OS:SURFACE 1
Z1 V6	H09	4.51	0.00	0.00	4.51	4.51	2.542	0.507	0.430			No	OS:SURFACE 1
Z1 TRIANGULAR V2	H05	1.06	0.00	0.00	1.06	1.06	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 2
Z1 TRIANGULAR V3	H05	0.22	0.00	0.00	0.22	0.22	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 2
Z1 PUERTA GARAJE	H04	8.21	0.00	0.00	8.21	8.21	0.200	0.003	0.000			No	OS:SURFACE 2
Z1 LUCERNARIO V2	H01	14.16	0.00	0.00	14.16	14.16	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 2
Total or Average						76.73	2.301	0.522	0.458				
North Total or Average						0.16	2.703	0.600	0.525				
Non-North Total or Average						76.57	2.300	0.522	0.458				

Interior Fenestration

	Construction	Area of One Opening [m2]	Area of Openings [m2]	Glass U-Factor [W/m2-K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Parent Surface
Total or Average			0.00	-	-	-	

Exterior Door

	Construction	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Parent Surface
None					

Report: **Shading Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

Sunlit Fraction

	March 21 9am	March 21 noon	March 21 3pm	June 21 9am	June 21 noon	June 21 3pm	December 21 9am	December 21 noon	December 21 3pm
Z3 TRIANGULAR V2	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Z3 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 V9	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V7	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 PUERTA ACRISTALADA 2	0.64	0.33	0.00	0.28	0.00	0.00	0.88	0.54	0.15
Z2 V11	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V10	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V8	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 TRIANGULAR V6	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Z2 PUERTA ACRISTALADA 1	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.99	0.00	0.00
Z2 LUCERNARIO V3	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 VELUX V2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z1 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 VELUX V4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Z2 VELUX V5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Z4 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z1 V5	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z1 V4	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.08
Z1 V6	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z1 TRIANGULAR V2	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 TRIANGULAR V3	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 PUERTA GARAJE	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 LUCERNARIO V2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00

Window Control

	Name	Type	Shaded Construction	Control	Glare Control
Z3 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z2 LUCERNARIO V3	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z1 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z4 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z1 LUCERNARIO V2	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No

Report: **Lighting Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

Interior Lighting

	Zone	Lighting Power Density [W/m2]	Zone Area [m2]	Total Power [W]	End Use Subcategory	Schedule Name	Scheduled Hours/Week [hr]	Hours/Week > 1% [hr]	Full Load Hours/Week [hr]	Return Air Fraction	Conditioned (Y/N)	Consumption [GJ]
SPACE1 LIGHTS	ZONE 1	0.8998	83.36	75.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.51
SPACE2 LIGHTS	ZONE 2	2.0083	74.69	150.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	1.02
SPACE3 LIGHTS	ZONE 3	1.1257	22.21	25.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.17
SPACE4 LIGHTS	ZONE 4	1.6518	9.08	15.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.10
Interior Lighting Total		1.3996	189.34	265.00								1.80

Daylighting

	Zone	Daylighting Type	Control Type	Fraction Controlled	Lighting Installed in Zone [W]	Lighting Controlled [W]
None						

Exterior Lighting

	Total Watts	Astronomical Clock/Schedule	Schedule Name	Scheduled Hours/Week [hr]	Hours/Week > 1% [hr]	Full Load Hours/Week [hr]	Consumption [GJ]
Exterior Lighting Total	0.00						0.00

Report: **Equipment Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

Central Plant

	Type	Nominal Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]	IPLV in SI Units [W/W]	IPLV in IP Units [Btu/W-h]
CALDERACONDENSACION	Boiler:HotWater	24000.00	0.95		

Cooling Coils

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Efficiency [W/W]	Nominal Coil UA Value [W/C]	Nominal Coil Surface Area [m2]
COOLING COIL DX 3	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed		2500.00	1750.00	750.00	0.70	3.33		
COOLING COIL DX 2	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed		3300.00	2310.00	990.00	0.70	3.22		
COOLING COIL DX 1	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed		3300.00	2310.00	990.00	0.70	3.22		

Nominal values are gross at rated conditions, i.e., the supply air fan heat and electric power NOT accounted for.

DX Cooling Coils

	DX Cooling Coil Type	Standard Rated Net Cooling Capacity [W]	Standard Rated Net COP [W/W]	EER [Btu/W-h]	SEER [Btu/W-h]	IEER [Btu/W-h]
COOLING COIL DX 3		2490.7	3.28	11.19	11.92	12.60
COOLING COIL DX 2		3290.2	3.18	10.86	11.57	12.27
COOLING COIL DX 1		3290.2	3.18	10.86	11.57	12.27

ANSI/AHRI ratings account for supply air fan heat and electric power.

DX Cooling Coil ASHRAE 127 Standard Ratings Report

	DX Cooling Coil Type	Rated Net Cooling Capacity Test A [W]	Rated Electric Power Test A [W]	Rated Net Cooling Capacity Test B [W]	Rated Electric Power Test B [W]	Rated Net Cooling Capacity Test C [W]	Rated Electric Power Test C [W]	Rated Net Cooling Capacity Test D [W]	Rated Electric Power Test D [W]
COOLING COIL DX 3	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed								
COOLING COIL DX 2	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed								
COOLING COIL DX 1	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed								

DX Heating Coils

	DX Heating Coil Type	High Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	Low Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	HSPF [Btu/W-h]	Region Number
None					

Heating Coils

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]
None				

Fans

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction	End Use
FAN SPLIT 3	Fan:OnOff	0.60	50.00	0.15	12.33	83.33	1.00	General
FAN SPLIT 2	Fan:OnOff	0.60	50.00	0.16	12.92	83.33	1.00	General
FAN SPLIT 1	Fan:OnOff	0.60	50.00	0.16	12.92	83.33	1.00	General

Pumps

	Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [W-s/m3]	Motor Efficiency [W/W]
HW SECONDARY CIRC PUMP	Pump:VariableSpeed	Intermittent	50000.00	0.000927	240.00	258983.49	0.90
HW CIRC PUMP	Pump:ConstantSpeed	Intermittent	35000.00	0.000295	93.00	315575.16	0.90

Service Water Heating

	Type	Storage Volume [m3]	Input [W]	Thermal Efficiency [W/W]	Recovery Efficiency [W/W]	Energy Factor
None						

Report: HVAC Sizing Summary

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

Zone Sensible Cooling

	Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]	User Design Air Flow [m3/s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]
None													

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

Zone Sensible Heating

	Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]	User Design Air Flow [m3/s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]
None													

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

System Design Air Flow Rates

	Calculated cooling [m3/s]	User cooling [m3/s]	Calculated heating [m3/s]	User heating [m3/s]
None				

Plant Loop Coincident Design Fluid Flow Rate Adjustments

	Previous Design Volume Flow Rate [m3/s]	Algorithm Volume Flow Rate [m3/s]	Coincident Design Volume Flow Rate [m3/s]	Coincident Size Adjusted	Peak Sizing Period Name	Peak Day into Period	Peak Hour Of Day	Peak Step Start Minute
None								

Report: System Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:34

Economizer

	High Limit Shutoff Control	Minimum Outdoor Air [m3/s]	Maximum Outdoor Air [m3/s]	Return Air Temp Limit	Return Air Enthalpy Limit	Outdoor Air Temperature Limit [C]	Outdoor Air Enthalpy Limit [C]
None							

Demand Controlled Ventilation using Controller:MechanicalVentilation

	Controller:MechanicalVentilation Name	Outdoor Air Per Person [m3/s-person]	Outdoor Air Per Area [m3/s-m2]	Air Distribution Effectiveness in Cooling Mode	Air Distribution Effectiveness in Heating Mode	Air Distribution Effectiveness Schedule
None						

Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 55-2004

	Winter Clothes [hr]	Summer Clothes [hr]	Summer or Winter Clothes [hr]
ZONE 3	1065.25	1682.00	271.25
ZONE 2	1071.75	1761.75	306.50
ZONE 4	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	0.00	0.00	0.00
Facility	1159.75	1841.50	355.25

Aggregated over the RunPeriods for Weather

Time Setpoint Not Met

	During Heating [hr]	During Cooling [hr]	During Occupied Heating [hr]	During Occupied Cooling [hr]
ZONE 3	0.00	118.00	0.00	41.00
ZONE 2	0.00	89.00	0.00	47.50
ZONE 4	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	0.00	49.00	0.00	0.00
Facility	0.00	157.00	0.00	74.00

Aggregated over the RunPeriods for Weather

Report: **Outdoor Air Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

Average Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume [m3]	Mechanical Ventilation [ach]	Infiltration [ach]	AFN Infiltration [ach]	Simple Ventilation [ach]
ZONE 3	1.00	1.00	132.33	0.000	0.165	0.000	0.083
ZONE 2	4.00	4.00	266.84	0.000	0.123	0.000	0.083

Values shown for a single zone without multipliers

Minimum Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume [m3]	Mechanical Ventilation [ach]	Infiltration [ach]	AFN Infiltration [ach]	Simple Ventilation [ach]
ZONE 3	1.00	1.00	132.33	0.000	0.005	0.000	0.002
ZONE 2	4.00	4.00	266.84	0.000	0.003	0.000	0.002

Values shown for a single zone without multipliers

Report: **Object Count Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

Surfaces by Class

	Total	Outdoors
Wall	52	16
Floor	4	4
Roof	8	8
Internal Mass	0	0
Building Detached Shading	6	6
Fixed Detached Shading	0	0
Window	23	23
Door	0	0
Glass Door	0	0
Shading	0	0
Overhang	0	0
Fin	0	0
Tubular Daylighting Device Dome	0	0
Tubular Daylighting Device Diffuser	0	0

HVAC

	Count
HVAC Air Loops	0
Conditioned Zones	4
Unconditioned Zones	0
Supply Plenums	0
Return Plenums	0

Input Fields

	Count
IDF Objects	301
Defaulted Fields	150
Fields with Defaults	771
Autosized Fields	4
Autosizable Fields	62
Autocalculated Fields	93
Autocalculatable Fields	182

Report: Energy Meters

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:34

Annual and Peak Values - Electricity

	Electricity Annual Value [GJ]	Electricity Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Electricity Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
Electricity:Facility	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Electricity:Building	6.56	0.00	01-JAN-00:15	965.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 1	2.21	0.00	01-JAN-00:15	325.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity	1.80	0.00	01-JAN-00:15	265.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 1	0.51	0.00	01-JAN-00:15	75.00	02-JAN-08:15
General:InteriorLights:Electricity	1.80	0.00	01-JAN-00:15	265.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 2	1.02	0.00	01-JAN-00:15	150.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 2	1.02	0.00	01-JAN-00:15	150.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 3	3.23	0.00	01-JAN-00:15	475.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 3	0.17	0.00	01-JAN-00:15	25.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 4	0.10	0.00	01-JAN-00:15	15.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 4	0.10	0.00	01-JAN-00:15	15.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity	4.76	0.00	01-JAN-00:15	700.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity:Zone:ZONE 1	1.70	0.00	01-JAN-00:15	250.00	02-JAN-08:15
ElectricEquipment:InteriorEquipment:Electricity	4.76	0.00	01-JAN-00:15	700.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity:Zone:ZONE 3	3.06	0.00	01-JAN-00:15	450.00	02-JAN-08:15
Fans:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:15	36.50	17-JUL-17:00
Fans:Electricity:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Ventilation (simple):Fans:Electricity	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Electricity:HVAC	2.54	0.00	01-JAN-00:15	2455.99	17-JUL-16:45
General:Fans:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:15	36.50	17-JUL-17:00
Cooling:Electricity	2.50	0.00	01-JAN-00:15	2419.51	17-JUL-16:45
Electricity:Plant	0.61	0.00	01-JAN-00:30	193.55	27-NOV-06:15
ElectricityPurchased:Facility	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
ElectricityPurchased:Plant	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Cogeneration:ElectricityPurchased	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
ElectricitySurplusSold:Facility	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
ElectricitySurplusSold:Plant	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cogeneration:ElectricitySurplusSold	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
ElectricityNet:Facility	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
ElectricityNet:Plant	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Cogeneration:ElectricityNet	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Heating:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:30	23.43	27-NOV-06:15
Boiler Parasitic:Heating:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:30	23.43	27-NOV-06:15
Pumps:Electricity	0.58	0.00	01-JAN-00:30	170.18	06-FEB-06:15

Annual and Peak Values - Gas

	Gas Annual Value [GJ]	Gas Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Gas Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
Gas:Facility	34.61	0.00	01-JAN-00:30	22493.41	27-NOV-06:15
Gas:Plant	34.61	0.00	01-JAN-00:30	22493.41	27-NOV-06:15
Heating:Gas	34.61	0.00	01-JAN-00:30	22493.41	27-NOV-06:15
Boiler:Heating:Gas	34.61	0.00	01-JAN-00:30	22493.41	27-NOV-06:15

Annual and Peak Values - Cooling

	Cooling Annual Value [GJ]	Cooling Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Cooling Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
PlantLoopCoolingDemand:Facility	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
PlantLoopCoolingDemand:HVAC	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
CoolingCoils:PlantLoopCoolingDemand	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15

Annual and Peak Values - Water

	Annual Value [m3]	Minimum Value [m3/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [m3/s]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other by Weight/Mass

	Annual Value [kg]	Minimum Value [kg/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [kg/s]	Timestamp of Maximum
Carbon Equivalent:Facility	0.00	0.000	01-JAN-00:15	0.000	01-JAN-00:15
CarbonEquivalentEmissions:Carbon Equivalent	0.00	0.000	01-JAN-00:15	0.000	01-JAN-00:15

Annual and Peak Values - Other Volumetric

	Annual Value [m3]	Minimum Value [m3/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [m3/s]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other Liquid/Gas

	Annual Value [L]	Minimum Value [L]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [L]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other

	Annual Value [GJ]	Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
EnergyTransfer:Facility	87.41	0.00	01-JAN-00:30	45404.27	09-JAN-06:15
EnergyTransfer:Building	7.13	0.00	01-JAN-00:15	7282.51	17-JUL-17:00
EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	1.31	0.00	01-JAN-00:15	1718.96	17-JUL-17:00
Heating:EnergyTransfer	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer	7.13	0.00	01-JAN-00:15	7282.51	17-JUL-17:00
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	1.31	0.00	01-JAN-00:15	1718.96	17-JUL-17:00
EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	3.39	0.00	01-JAN-00:15	2790.86	07-AUG-16:30
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	3.39	0.00	01-JAN-00:15	2790.86	07-AUG-16:30
EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	2.43	0.00	01-JAN-00:15	2830.84	19-JUL-17:00
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	2.43	0.00	01-JAN-00:15	2830.84	19-JUL-17:00
EnergyTransfer:HVAC	44.56	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
HeatingCoils:EnergyTransfer	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
PlantLoopHeatingDemand:Facility	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
PlantLoopHeatingDemand:HVAC	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
HeatingCoils:PlantLoopHeatingDemand	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
CoolingCoils:EnergyTransfer	8.33	0.00	01-JAN-00:15	8601.36	10-JUL-08:15
EnergyTransfer:Plant	35.72	0.00	01-JAN-00:30	22492.68	27-NOV-06:15
Boilers:EnergyTransfer	35.72	0.00	01-JAN-00:30	22492.68	27-NOV-06:15

Report: LEED Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:34

Sec1.1A-General Information

	Data
Weather File	ANUAL ** Guadalajara - ESP SWEC WMO#=082260
HDD and CDD data source	Weather File Stat
Total gross floor area [m2]	189.34
Principal Heating Source	Natural Gas

EAp2-1. Space Usage Type

	Space Area [m2]	Regularly Occupied Area [m2]	Unconditioned Area [m2]	Typical Hours/Week in Operation [hr/wk]
ZONE 3	22.21	22.21	0.00	49.86
ZONE 2	74.69	74.69	0.00	49.86
ZONE 4	9.08	9.08	0.00	0.00
ZONE 1	83.36	83.36	0.00	0.00
Totals	189.34	189.34	0.00	

EAp2-2. Advisory Messages

	Data
Number of hours heating loads not met	0.00
Number of hours cooling loads not met	74.00
Number of hours not met	74.00

EAp2-3. Energy Type Summary

	Utility Rate	Virtual Rate [\$/unit energy]	Units of Energy	Units of Demand
None				

EAp2-4/5. Performance Rating Method Compliance

	Electric Energy Use [GJ]	Electric Demand [W]	Natural Gas Energy Use [GJ]	Natural Gas Demand [W]	Additional Energy Use [GJ]	Additional Demand [W]
Interior Lighting	1.80	66.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Space Heating	0.04	0.00	34.61	22493.41	0.00	0.00
Space Cooling	2.50	2419.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans-Interior	0.04	36.49	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans-Parking Garage	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Service Water Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Receptacle Equipment	4.76	175.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting (process)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooking	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial Process	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Elevators and Escalators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Line	9.71		34.61		0.00	

EAp2-6. Energy Use Summary

	Process Subtotal [GJ]	Total Energy Use [GJ]
Electricity	4.76	9.71
Natural Gas	0.00	34.61
Additional	0.00	0.00
Total	4.76	44.32

EAp2-7. Energy Cost Summary

	Process Subtotal [\$]	Total Energy Cost [\$]
Electricity	0.00	
Natural Gas	0.00	
Additional	0.00	
Total	0.00	

Process energy cost based on ratio of process to total energy.

L-1. Renewable Energy Source Summary

	Rated Capacity [kW]	Annual Energy Generated [GJ]
Photovoltaic	0.00	0.00
Wind	0.00	0.00

EAp2-17a. Energy Use Intensity - Electricity

	Electricity [MJ/m2]
Interior Lighting	9.51
Space Heating	0.20
Space Cooling	13.22
Fans-Interior	0.20
Service Water Heating	0.00
Receptacle Equipment	25.12
Miscellaneous	3.05
Subtotal	51.30

EAp2-17b. Energy Use Intensity - Natural Gas

	Natural Gas [MJ/m2]
Space Heating	182.80
Service Water Heating	0.00
Miscellaneous	0.00
Subtotal	182.80

EAp2-17c. Energy Use Intensity - Additional

	Additional [MJ/m2]
Miscellaneous	0.00
Subtotal	0.00

EAp2-18. End Use Percentage

	Percent [%]
Interior Lighting	4.06
Space Heating	78.17
Space Cooling	5.65
Fans-Interior	0.09
Service Water Heating	0.00
Receptacle Equipment	10.73
Miscellaneous	1.30

Report: Component Sizing Summary

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

ZoneHVAC:LowTemperatureRadiant:VariableFlow

	User-Specified (scaled by capacity / area) Heating Design Capacity [W]	User-Specified Maximum Hot Water Flow [m3/s]	User-Specified Hydronic Tubing Length [m]
SUELO RAD ZONA 3	2109.80	0.000114	200.00
SUELO RAD ZONA 2	7095.71	0.000362	636.00
SUELO RAD ZONA 4	862.72	0.000047	82.00
SUELO RAD ZONA 1	7918.84	0.000404	708.00

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

ZoneHVAC:WindowAirConditioner

	User-Specified Maximum Supply Air Flow Rate [m3/s]
SPLIT ZONA 3	0.148000
SPLIT ZONA 2	0.155000
SPLIT ZONA 1	0.155000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Fan:OnOff

	User-Specified Maximum Flow Rate [m3/s]
FAN SPLIT 3	0.148000
FAN SPLIT 2	0.155000
FAN SPLIT 1	0.155000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Coil:Cooling:DX:SingleSpeed

	User-Specified Rated Air Flow Rate [m3/s]	User-Specified Gross Rated Total Cooling Capacity [W]	User-Specified Gross Rated Sensible Heat Ratio
COOLING COIL DX 3	0.148000	2500.00	0.700000
COOLING COIL DX 2	0.155000	3300.00	0.700000
COOLING COIL DX 1	0.155000	3300.00	0.700000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

PlantLoop

	Plant Loop Volume [m3]
HOT WATER LOOP	0.331537

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Boiler:HotWater

	User-Specified Nominal Capacity [W]	User-Specified Design Water Flow Rate [m3/s]
CALDERACONDENSACION	24000.00	0.000295

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Report: Surface Shadowing Summary

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

Surfaces (Walls, Roofs, etc) that may be Shadowed by Other Surfaces

	Possible Shadow Receivers
PANELES FV W	Mir-VALLA VEGETACION
Mir-PANELES FV W	Mir-VALLA VEGETACION OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 19
PANELES FV E	Mir-VALLA VEGETACION
Mir-PANELES FV E	Mir-VALLA VEGETACION OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 19
Mir-VALLA VEGETACION	PANELES FV W Mir-PANELES FV W PANELES FV E Mir-PANELES FV E OS:SURFACE 50 OS:SURFACE 44 OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 64 OS:SURFACE 38 OS:SURFACE 19 OS:SURFACE 22 OS:SURFACE 20
OS:SURFACE 44	Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 39	Mir-PANELES FV W Mir-PAN ELES FV E Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 38	Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 19	Mir-PANELES FV W Mir-PAN ELES FV E Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 20	Mir-VALLA VEGETACION

Subsurfaces (Windows and Doors) that may be Shadowed by Surfaces

	Possible Shadow Receivers
OS:SURFACE 50	Z3 TRIANGULAR V2
OS:SURFACE 52	Z3 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 39	Z2 V9 Z2 V7 Z2 PUERTA ACRISTALADA 2 Z2 V11 Z2 V10 Z2 V8
OS:SURFACE 64	Z2 TRIANGULAR V6
OS:SURFACE 38	Z2 PUERTA ACRISTALADA 1
OS:SURFACE 42	Z2 LUCERNARIO V3 Z2 VELUX V2 Z1 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 41	Z2 VELUX V4 Z2 VELUX V5
OS:SURFACE 62	Z4 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 19	Z1 V5 Z1 V4 Z1 V6
OS:SURFACE 22	Z1 TRIANGULAR V2 Z1 TRIANGULAR V3
OS:SURFACE 20	Z1 PUERTA GARAJE
OS:SURFACE 23	Z1 LUCERNARIO V2

Report: Adaptive Comfort Summary

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:34**

Time Not Meeting the Adaptive Comfort Models during Occupied Hours

ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category I Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category II Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category III Acceptability Limits [Hours]

Biomasa

Program Version: *EnergyPlus*, Version 8.4.0-832c4bb9cb, YMD=2016.01.30 11:14

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Oficina**

Environment: ANUAL ** Guadalajara - ESP SWEC WMO#=082260

Simulation Timestamp: 2016-01-30 11:15:18

Report: Annual Building Utility Performance Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:18

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	15105.34	79.78	79.78
Net Site Energy	15105.34	79.78	79.78
Total Source Energy	20952.44	110.66	110.66
Net Source Energy	20952.44	110.66	110.66

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	189.34
Net Conditioned Building Area	189.34
Unconditioned Building Area	0.00

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	10.34	0.00	12407.09	0.00	0.00	0.00
Cooling	695.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	500.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1321.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	160.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	2698.25	0.00	12407.09	0.00	0.00	0.00

Note: Additional fuel appears to be the principal heating source based on energy usage.

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	0.00	12407.09	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	10.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	695.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	General	500.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ElectricEquipment	1321.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	General	10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	160.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics

Utility Use Per Conditioned Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	4.63	0.00	65.53	0.00	0.00	0.00
Other	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	14.25	0.00	65.53	0.00	0.00	0.00

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	4.63	0.00	65.53	0.00	0.00	0.00
Other	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	14.25	0.00	65.53	0.00	0.00	0.00

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.00	0.00
High Temperature Geothermal*	0.00	0.00
Photovoltaic Power	0.00	0.00
Wind Power	0.00	0.00
Net Decrease in On-Site Storage	0.00	0.00
Total On-Site Electric Sources	0.00	0.00
Electricity Coming From Utility	2698.25	100.00
Surplus Electricity Going To Utility	0.00	0.00
Net Electricity From Utility	2698.25	100.00
Total On-Site and Utility Electric Sources	2698.25	100.00
Total Electricity End Uses	2698.25	100.00

On-Site Thermal Sources

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
Water-Side Heat Recovery	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Cooling	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Heating	0.00	
High-Temperature Geothermal*	0.00	
Solar Water Thermal	0.00	
Solar Air Thermal	0.00	
Total On-Site Thermal Sources	0.00	

Water Source Summary

	Water [m3]	Percent Water [%]
Rainwater Collection	0.00	-
Condensate Collection	0.00	-
Groundwater Well	0.00	-
Total On Site Water Sources	0.00	-
Initial Storage	0.00	-
Final Storage	0.00	-
Change in Storage	0.00	-
Water Supplied by Utility	0.00	-
Total On Site, Change in Storage, and Utility Water Sources	0.00	-
Total Water End Uses	0.00	-

Setpoint Not Met Criteria

	Degrees [deltaC]
Tolerance for Zone Heating Setpoint Not Met Time	0.20
Tolerance for Zone Cooling Setpoint Not Met Time	0.20

Comfort and Setpoint Not Met Summary

	Facility [Hours]
Time Setpoint Not Met During Occupied Heating	0.00
Time Setpoint Not Met During Occupied Cooling	74.00
Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 55-2004	355.25

Note 1: An asterisk (*) indicates that the feature is not yet implemented.

Report: Input Verification and Results Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:18

General

	Value
Program Version and Build	EnergyPlus, Version 8.4.0-832e4bb9cb, YMD=2016.01.30 11:14
RunPeriod	ANUAL
Weather File	Guadalajara - ESP SWEC WMO#-082260
Latitude [deg]	40.63
Longitude [deg]	-3.2
Elevation [m]	608.00
Time Zone	1.00
North Axis Angle [deg]	315.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

ENVELOPE

Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	193.75	60.75	36.13	60.75	36.13
Above Ground Wall Area [m2]	149.61	16.60	36.13	60.75	36.13
Window Opening Area [m2]	38.14	0.16	5.69	22.80	9.49
Gross Window-Wall Ratio [%]	19.69	0.26	15.76	37.53	26.27
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	25.49	0.96	15.76	37.53	26.27

Conditioned Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	193.75	60.75	36.13	60.75	36.13
Above Ground Wall Area [m2]	149.61	16.60	36.13	60.75	36.13
Window Opening Area [m2]	38.14	0.16	5.69	22.80	9.49
Gross Window-Wall Ratio [%]	19.69	0.26	15.76	37.53	26.27
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	25.49	0.96	15.76	37.53	26.27

Skylight-Roof Ratio

	Total
Gross Roof Area [m2]	208.53
Skylight Area [m2]	38.59
Skylight-Roof Ratio [%]	18.50

PERFORMANCE

Zone Summary

	Area [m2]	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume [m3]	Multipliers	Gross Wall Area [m2]	Window Glass Area [m2]	Lighting [W/m2]	People [m2 per person]	Plug and Process [W/m2]
ZONE 3	22.21	Yes	Yes	132.33	1.00	26.54	8.42	1.1257	22.21	20.2626
ZONE 2	74.69	Yes	Yes	266.84	1.00	55.76	31.00	2.0083	18.67	0.0000
ZONE 4	9.08	Yes	Yes	43.56	1.00	2.48	5.74	1.6518		0.0000
ZONE 1	83.36	Yes	Yes	288.84	1.00	64.83	31.57	0.8998		2.9992
Total	189.34			731.57		149.61	76.73	1.3996	37.87	3.6971
Conditioned Total	189.34			731.57		149.61	76.73	1.3996	37.87	3.6971
Unconditioned Total	0.00			0.00		0.00	0.00			
Not Part of Total	0.00			0.00		0.00	0.00			

Report: Source Energy End Use Components Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:18

Values gathered over 8760.00 hours

Source Energy End Use Components Summary

	Source Electricity [kWh]	Source Natural Gas [kWh]	Source Additional Fuel [kWh]	Source District Cooling [kWh]	Source District Heating [kWh]
Heating	32.74	0.00	12407.09	0.00	0.00
Cooling	2202.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	1584.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	4184.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	34.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	507.66	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	8545.35	0.00	12407.09	0.00	0.00

Normalized Metrics

Source Energy End Use Components Per Conditioned Floor Area

	Source Electricity [kWh/m2]	Source Natural Gas [kWh/m2]	Source Additional Fuel [kWh/m2]	Source District Cooling [kWh/m2]	Source District Heating [kWh/m2]
Heating	0.17	0.00	65.53	0.00	0.00
Cooling	11.63	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	8.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	45.13	0.00	65.53	0.00	0.00

Source Energy End Use Components Per Total Floor Area

	Source Electricity [kWh/m2]	Source Natural Gas [kWh/m2]	Source Additional Fuel [kWh/m2]	Source District Cooling [kWh/m2]	Source District Heating [kWh/m2]
Heating	0.17	0.00	65.53	0.00	0.00
Cooling	11.63	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	8.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	45.13	0.00	65.53	0.00	0.00

Report: **Climatic Data Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:18**

SizingPeriod: **DesignDay**

	Maximum Dry Bulb [C]	Daily Temperature Range [deltaC]	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed [m/s]	Wind Direction
None						

Weather Statistics File

	Value
None	

Report: Envelope Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:18

Opaque Exterior

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Azimuth [deg]	Tilt [deg]	Cardinal Direction
OS:SURFACE 50	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	6.53	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 45	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	3.26	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 65	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	8.68	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 44	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	16.74	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 43	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	22.21	315.00	180.00	
OS:SURFACE 51	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	16.45	135.00	12.55	
OS:SURFACE 52	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	9.34	315.00	47.38	
OS:SURFACE 39	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	37.95	135.00	90.00	S
OS:SURFACE 64	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	1.54	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 66	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	13.17	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 38	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	11.31	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 36	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	4.95	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 24	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	74.69	315.00	180.00	
OS:SURFACE 42	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	14.18	315.00	47.38	
OS:SURFACE 41	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	66.50	135.00	12.55	
OS:SURFACE 55	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	2.48	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 67	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	6.61	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 53	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	9.08	325.91	180.00	
OS:SURFACE 62	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	7.11	315.00	47.38	
OS:SURFACE 63	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	4.37	135.00	12.55	
OS:SURFACE 19	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	22.80	135.00	90.00	S
OS:SURFACE 22	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	8.08	225.00	90.00	W
OS:SURFACE 6	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	5.90	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 68	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	15.70	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 20	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	28.05	225.00	90.00	W
OS:SURFACE 1	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	83.36	238.58	180.00	
OS:SURFACE 23	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	16.91	315.00	47.38	
OS:SURFACE 21	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	73.67	135.00	12.55	

Exterior Fenestration

	Construction	Glass Area [m2]	Frame Area [m2]	Divider Area [m2]	Area of One Opening [m2]	Area of Multiplied Openings [m2]	U-Glass [W/m2-K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Frame Conductance [W/m2-K]	Divider Conductance [W/m2-K]	Shade Control	Parent Surface
Z3 TRIANGULAR V2	H05	0.95	0.00	0.00	0.95	0.95	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 5
Z3 LUCERNARIO V1	H01	7.46	0.00	0.00	7.46	7.46	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 5
Z2 V9	H12	2.70	0.00	0.00	2.70	2.70	2.322	0.365	0.284			No	OS:SURFACE 3
Z2 V7	H10	4.59	0.00	0.00	4.59	4.59	2.613	0.559	0.483			No	OS:SURFACE 3
Z2 PUERTA ACRISTALADA 2	H06	4.45	0.00	0.00	4.45	4.45	2.582	0.538	0.461			No	OS:SURFACE 3
Z2 V11	H13	1.66	0.00	0.00	1.66	1.66	2.342	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 V10	H13	1.48	0.00	0.00	1.48	1.48	2.342	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 V8	H11	2.70	0.00	0.00	2.70	2.70	2.332	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 TRIANGULAR V6	H05	0.16	0.00	0.00	0.16	0.16	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 6
Z2 PUERTA ACRISTALADA 1	H03	2.04	0.00	0.00	2.04	2.04	0.300	0.003	0.000			No	OS:SURFACE 3
Z2 LUCERNARIO V3	H01	4.31	0.00	0.00	4.31	4.31	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V2	H02	0.89	0.00	0.00	0.89	0.89	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z1 LUCERNARIO V1	H01	4.24	0.00	0.00	4.24	4.24	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V4	H02	0.92	0.00	0.00	0.92	0.92	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V5	H02	0.86	0.00	0.00	0.86	0.86	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z4 LUCERNARIO V1	H01	5.74	0.00	0.00	5.74	5.74	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 6
Z1 V5	H08	1.70	0.00	0.00	1.70	1.70	2.593	0.549	0.472			No	OS:SURFACE 1
Z1 V4	H07	1.70	0.00	0.00	1.70	1.70	2.462	0.456	0.377			No	OS:SURFACE 1
Z1 V6	H09	4.51	0.00	0.00	4.51	4.51	2.542	0.507	0.430			No	OS:SURFACE 1
Z1 TRIANGULAR V2	H05	1.06	0.00	0.00	1.06	1.06	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 2
Z1 TRIANGULAR V3	H05	0.22	0.00	0.00	0.22	0.22	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 2
Z1 PUERTA GARAJE	H04	8.21	0.00	0.00	8.21	8.21	0.200	0.003	0.000			No	OS:SURFACE 2
Z1 LUCERNARIO V2	H01	14.16	0.00	0.00	14.16	14.16	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 2
Total or Average						76.73	2.301	0.522	0.458				
North Total or Average						0.16	2.703	0.600	0.525				
Non-North Total or Average						76.57	2.300	0.522	0.458				

Interior Fenestration

	Construction	Area of One Opening [m2]	Area of Openings [m2]	Glass U-Factor [W/m2-K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Parent Surface
Total or Average			0.00	-	-	-	

Exterior Door

	Construction	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Parent Surface
None					

Report: **Shading Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:18**

Sunlit Fraction

	March 21 9am	March 21 noon	March 21 3pm	June 21 9am	June 21 noon	June 21 3pm	December 21 9am	December 21 noon	December 21 3pm
Z3 TRIANGULAR V2	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Z3 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 V9	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V7	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 PUERTA ACRISTALADA 2	0.64	0.33	0.00	0.28	0.00	0.00	0.88	0.54	0.15
Z2 V11	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V10	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V8	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 TRIANGULAR V6	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Z2 PUERTA ACRISTALADA 1	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.99	0.00	0.00
Z2 LUCERNARIO V3	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 VELUX V2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z1 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 VELUX V4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Z2 VELUX V5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Z4 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z1 V5	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z1 V4	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.08
Z1 V6	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z1 TRIANGULAR V2	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 TRIANGULAR V3	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 PUERTA GARAJE	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 LUCERNARIO V2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00

Window Control

	Name	Type	Shaded Construction	Control	Glare Control
Z3 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z2 LUCERNARIO V3	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z1 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z4 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z1 LUCERNARIO V2	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No

Report: **Lighting Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:18**

Interior Lighting

	Zone	Lighting Power Density [W/m2]	Zone Area [m2]	Total Power [W]	End Use Subcategory	Schedule Name	Scheduled Hours/Week [hr]	Hours/Week > 1% [hr]	Full Load Hours/Week [hr]	Return Air Fraction	Conditioned (Y/N)	Consumption [GJ]
SPACE1 LIGHTS	ZONE 1	0.8998	83.36	75.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.51
SPACE2 LIGHTS	ZONE 2	2.0083	74.69	150.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	1.02
SPACE3 LIGHTS	ZONE 3	1.1257	22.21	25.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.17
SPACE4 LIGHTS	ZONE 4	1.6518	9.08	15.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.10
Interior Lighting Total		1.3996	189.34	265.00								1.80

Daylighting

	Zone	Daylighting Type	Control Type	Fraction Controlled	Lighting Installed in Zone [W]	Lighting Controlled [W]
None						

Exterior Lighting

	Total Watts	Astronomical Clock/Schedule	Schedule Name	Scheduled Hours/Week [hr]	Hours/Week > 1% [hr]	Full Load Hours/Week [hr]	Consumption [GJ]
Exterior Lighting Total	0.00						0.00

Report: **Equipment Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:18**

Central Plant

	Type	Nominal Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]	IPLV in SI Units [W/W]	IPLV in IP Units [Btu/W-h]
CALDERABIOMASA	Boiler:HotWater	24000.00	0.82		

Cooling Coils

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Efficiency [W/W]	Nominal Coil UA Value [W/C]	Nominal Coil Surface Area [m2]
COOLING COIL DX 3	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed		2500.00	1750.00	750.00	0.70	3.33		
COOLING COIL DX 2	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed		3300.00	2310.00	990.00	0.70	3.22		
COOLING COIL DX 1	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed		3300.00	2310.00	990.00	0.70	3.22		

Nominal values are gross at rated conditions, i.e., the supply air fan heat and electric power NOT accounted for.

DX Cooling Coils

	DX Cooling Coil Type	Standard Rated Net Cooling Capacity [W]	Standard Rated Net COP [W/W]	EER [Btu/W-h]	SEER [Btu/W-h]	IEER [Btu/W-h]
COOLING COIL DX 3		2490.7	3.28	11.19	11.92	12.60
COOLING COIL DX 2		3290.2	3.18	10.86	11.57	12.27
COOLING COIL DX 1		3290.2	3.18	10.86	11.57	12.27

ANSI/AHRI ratings account for supply air fan heat and electric power.

DX Cooling Coil ASHRAE 127 Standard Ratings Report

	DX Cooling Coil Type	Rated Net Cooling Capacity Test A [W]	Rated Electric Power Test A [W]	Rated Net Cooling Capacity Test B [W]	Rated Electric Power Test B [W]	Rated Net Cooling Capacity Test C [W]	Rated Electric Power Test C [W]	Rated Net Cooling Capacity Test D [W]	Rated Electric Power Test D [W]
COOLING COIL DX 3	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed								
COOLING COIL DX 2	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed								
COOLING COIL DX 1	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed								

DX Heating Coils

	DX Heating Coil Type	High Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	Low Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	HSPF [Btu/W-h]	Region Number
None					

Heating Coils

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]
None				

Fans

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction	End Use
FAN SPLIT 3	Fan:OnOff	0.60	50.00	0.15	12.33	83.33	1.00	General
FAN SPLIT 2	Fan:OnOff	0.60	50.00	0.16	12.92	83.33	1.00	General
FAN SPLIT 1	Fan:OnOff	0.60	50.00	0.16	12.92	83.33	1.00	General

Pumps

	Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [W-s/m3]	Motor Efficiency [W/W]
HW SECONDARY CIRC PUMP	Pump:VariableSpeed	Intermittent	50000.00	0.000927	240.00	258983.49	0.90
HW CIRC PUMP	Pump:ConstantSpeed	Intermittent	35000.00	0.000295	93.00	315575.16	0.90

Service Water Heating

	Type	Storage Volume [m3]	Input [W]	Thermal Efficiency [W/W]	Recovery Efficiency [W/W]	Energy Factor
None						

Report: HVAC Sizing Summary

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:18**

Zone Sensible Cooling

	Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]	User Design Air Flow [m3/s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]
None													

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

Zone Sensible Heating

	Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]	User Design Air Flow [m3/s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]
None													

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

System Design Air Flow Rates

	Calculated cooling [m3/s]	User cooling [m3/s]	Calculated heating [m3/s]	User heating [m3/s]
None				

Plant Loop Coincident Design Fluid Flow Rate Adjustments

	Previous Design Volume Flow Rate [m3/s]	Algorithm Volume Flow Rate [m3/s]	Coincident Design Volume Flow Rate [m3/s]	Coincident Size Adjusted	Peak Sizing Period Name	Peak Day into Period	Peak Hour Of Day	Peak Step Start Minute
None								

Report: System Summary

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:18**

Economizer

	High Limit Shutoff Control	Minimum Outdoor Air [m3/s]	Maximum Outdoor Air [m3/s]	Return Air Temp Limit	Return Air Enthalpy Limit	Outdoor Air Temperature Limit [C]	Outdoor Air Enthalpy Limit [C]
None							

Demand Controlled Ventilation using Controller:MechanicalVentilation

	Controller:MechanicalVentilation Name	Outdoor Air Per Person [m3/s-person]	Outdoor Air Per Area [m3/s-m2]	Air Distribution Effectiveness in Cooling Mode	Air Distribution Effectiveness in Heating Mode	Air Distribution Effectiveness Schedule
None						

Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 55-2004

	Winter Clothes [hr]	Summer Clothes [hr]	Summer or Winter Clothes [hr]
ZONE 3	1065.25	1682.00	271.25
ZONE 2	1071.75	1761.75	306.50
ZONE 4	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	0.00	0.00	0.00
Facility	1159.75	1841.50	355.25

Aggregated over the RunPeriods for Weather

Time Setpoint Not Met

	During Heating [hr]	During Cooling [hr]	During Occupied Heating [hr]	During Occupied Cooling [hr]
ZONE 3	0.00	118.00	0.00	41.00
ZONE 2	0.00	89.00	0.00	47.50
ZONE 4	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	0.00	49.00	0.00	0.00
Facility	0.00	157.00	0.00	74.00

Aggregated over the RunPeriods for Weather

Report: **Outdoor Air Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:18**

Average Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume [m3]	Mechanical Ventilation [ach]	Infiltration [ach]	AFN Infiltration [ach]	Simple Ventilation [ach]
ZONE 3	1.00	1.00	132.33	0.000	0.165	0.000	0.083
ZONE 2	4.00	4.00	266.84	0.000	0.123	0.000	0.083

Values shown for a single zone without multipliers

Minimum Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume [m3]	Mechanical Ventilation [ach]	Infiltration [ach]	AFN Infiltration [ach]	Simple Ventilation [ach]
ZONE 3	1.00	1.00	132.33	0.000	0.005	0.000	0.002
ZONE 2	4.00	4.00	266.84	0.000	0.003	0.000	0.002

Values shown for a single zone without multipliers

Report: **Object Count Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:18**

Surfaces by Class

	Total	Outdoors
Wall	52	16
Floor	4	4
Roof	8	8
Internal Mass	0	0
Building Detached Shading	6	6
Fixed Detached Shading	0	0
Window	23	23
Door	0	0
Glass Door	0	0
Shading	0	0
Overhang	0	0
Fin	0	0
Tubular Daylighting Device Dome	0	0
Tubular Daylighting Device Diffuser	0	0

HVAC

	Count
HVAC Air Loops	0
Conditioned Zones	4
Unconditioned Zones	0
Supply Plenums	0
Return Plenums	0

Input Fields

	Count
IDF Objects	303
Defaulted Fields	150
Fields with Defaults	775
Autosized Fields	4
Autosizable Fields	62
Autocalculated Fields	93
Autocalculatable Fields	182

Report: Energy Meters

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:18

Annual and Peak Values - Electricity

	Electricity Annual Value [GJ]	Electricity Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Electricity Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
Electricity:Facility	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Electricity:Building	6.56	0.00	01-JAN-00:15	965.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 1	2.21	0.00	01-JAN-00:15	325.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity	1.80	0.00	01-JAN-00:15	265.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 1	0.51	0.00	01-JAN-00:15	75.00	02-JAN-08:15
General:InteriorLights:Electricity	1.80	0.00	01-JAN-00:15	265.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 2	1.02	0.00	01-JAN-00:15	150.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 2	1.02	0.00	01-JAN-00:15	150.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 3	3.23	0.00	01-JAN-00:15	475.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 3	0.17	0.00	01-JAN-00:15	25.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 4	0.10	0.00	01-JAN-00:15	15.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 4	0.10	0.00	01-JAN-00:15	15.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity	4.76	0.00	01-JAN-00:15	700.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity:Zone:ZONE 1	1.70	0.00	01-JAN-00:15	250.00	02-JAN-08:15
ElectricEquipment:InteriorEquipment:Electricity	4.76	0.00	01-JAN-00:15	700.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity:Zone:ZONE 3	3.06	0.00	01-JAN-00:15	450.00	02-JAN-08:15
Fans:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:15	36.50	17-JUL-17:00
Fans:Electricity:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Ventilation (simple):Fans:Electricity	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Electricity:HVAC	2.54	0.00	01-JAN-00:15	2455.99	17-JUL-16:45
General:Fans:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:15	36.50	17-JUL-17:00
Cooling:Electricity	2.50	0.00	01-JAN-00:15	2419.51	17-JUL-16:45
Electricity:Plant	0.61	0.00	01-JAN-00:30	193.55	27-NOV-06:15
ElectricityPurchased:Facility	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
ElectricityPurchased:Plant	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Cogeneration:ElectricityPurchased	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
ElectricitySurplusSold:Facility	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
ElectricitySurplusSold:Plant	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cogeneration:ElectricitySurplusSold	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
ElectricityNet:Facility	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
ElectricityNet:Plant	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Cogeneration:ElectricityNet	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Heating:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:30	23.43	27-NOV-06:15
Boiler Parasitic:Heating:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:30	23.43	27-NOV-06:15
Pumps:Electricity	0.58	0.00	01-JAN-00:30	170.18	06-FEB-06:15

Annual and Peak Values - Gas

	Gas Annual Value [GJ]	Gas Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Gas Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Cooling

	Cooling Annual Value [GJ]	Cooling Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Cooling Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
PlantLoopCoolingDemand:Facility	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
PlantLoopCoolingDemand:HVAC	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
CoolingCoils:PlantLoopCoolingDemand	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15

Annual and Peak Values - Water

	Annual Value [m3]	Minimum Value [m3/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [m3/s]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other by Weight/Mass

	Annual Value [kg]	Minimum Value [kg/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [kg/s]	Timestamp of Maximum
Carbon Equivalent:Facility	0.00	0.000	01-JAN-00:15	0.000	01-JAN-00:15
CarbonEquivalentEmissions:Carbon Equivalent	0.00	0.000	01-JAN-00:15	0.000	01-JAN-00:15

Annual and Peak Values - Other Volumetric

	Annual Value [m3]	Minimum Value [m3/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [m3/s]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other Liquid/Gas

	Annual Value [L]	Minimum Value [L]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [L]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other

	Annual Value [GJ]	Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
EnergyTransfer:Facility	87.41	0.00	01-JAN-00:30	45404.27	09-JAN-06:15
EnergyTransfer:Building	7.13	0.00	01-JAN-00:15	7282.51	17-JUL-17:00
EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	1.31	0.00	01-JAN-00:15	1718.96	17-JUL-17:00
Heating:EnergyTransfer	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer	7.13	0.00	01-JAN-00:15	7282.51	17-JUL-17:00
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	1.31	0.00	01-JAN-00:15	1718.96	17-JUL-17:00
EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	3.39	0.00	01-JAN-00:15	2790.86	07-AUG-16:30
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	3.39	0.00	01-JAN-00:15	2790.86	07-AUG-16:30
EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	2.43	0.00	01-JAN-00:15	2830.84	19-JUL-17:00
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	2.43	0.00	01-JAN-00:15	2830.84	19-JUL-17:00
EnergyTransfer:HVAC	44.56	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
HeatingCoils:EnergyTransfer	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
PlantLoopHeatingDemand:Facility	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
PlantLoopHeatingDemand:HVAC	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
HeatingCoils:PlantLoopHeatingDemand	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
CoolingCoils:EnergyTransfer	8.33	0.00	01-JAN-00:15	8601.36	10-JUL-08:15
EnergyTransfer:Plant	35.72	0.00	01-JAN-00:30	22492.68	27-NOV-06:15
Boilers:EnergyTransfer	35.72	0.00	01-JAN-00:30	22492.68	27-NOV-06:15
OtherFuel1:Facility	44.67	0.00	01-JAN-00:30	27554.02	27-NOV-06:15
OtherFuel1:Plant	44.67	0.00	01-JAN-00:30	27554.02	27-NOV-06:15
Heating:OtherFuel1	44.67	0.00	01-JAN-00:30	27554.02	27-NOV-06:15
Boiler:Heating:OtherFuel1	44.67	0.00	01-JAN-00:30	27554.02	27-NOV-06:15

Report: LEED Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:18

Sec1.1A-General Information

	Data
Weather File	ANUAL ** Guadalajara - ESP SWEC WMO#=082260
HDD and CDD data source	Weather File Stat
Total gross floor area [m2]	189.34
Principal Heating Source	Additional Fuel

EAp2-1. Space Usage Type

	Space Area [m2]	Regularly Occupied Area [m2]	Unconditioned Area [m2]	Typical Hours/Week in Operation [hr/wk]
ZONE 3	22.21	22.21	0.00	49.86
ZONE 2	74.69	74.69	0.00	49.86
ZONE 4	9.08	9.08	0.00	0.00
ZONE 1	83.36	83.36	0.00	0.00
Totals	189.34	189.34	0.00	

EAp2-2. Advisory Messages

	Data
Number of hours heating loads not met	0.00
Number of hours cooling loads not met	74.00
Number of hours not met	74.00

EAp2-3. Energy Type Summary

	Utility Rate	Virtual Rate [\$unit energy]	Units of Energy	Units of Demand
None				

EAp2-4/5. Performance Rating Method Compliance

	Electric Energy Use [GJ]	Electric Demand [W]	Natural Gas Energy Use [GJ]	Natural Gas Demand [W]	Additional Energy Use [GJ]	Additional Demand [W]
Interior Lighting	1.80	66.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Space Heating	0.04	0.00	0.00	0.00	44.67	27554.02
Space Cooling	2.50	2419.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans-Interior	0.04	36.49	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans-Parking Garage	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Service Water Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Receptacle Equipment	4.76	175.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting (process)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooking	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial Process	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Elevators and Escalators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Line	9.71		0.00		44.67	

EAp2-6. Energy Use Summary

	Process Subtotal [GJ]	Total Energy Use [GJ]
Electricity	4.76	9.71
Natural Gas	0.00	0.00
Additional	0.00	44.67
Total	4.76	54.38

EAp2-7. Energy Cost Summary

	Process Subtotal [\$]	Total Energy Cost [\$]
Electricity	0.00	
Natural Gas	0.00	
Additional	0.00	
Total	0.00	

Process energy cost based on ratio of process to total energy.

L-1. Renewable Energy Source Summary

	Rated Capacity [kW]	Annual Energy Generated [GJ]
Photovoltaic	0.00	0.00
Wind	0.00	0.00

EAp2-17a. Energy Use Intensity - Electricity

	Electricity [MJ/m ²]
Interior Lighting	9.51
Space Heating	0.20
Space Cooling	13.22
Fans-Interior	0.20
Service Water Heating	0.00
Receptacle Equipment	25.12
Miscellaneous	3.05
Subtotal	51.30

EAp2-17b. Energy Use Intensity - Natural Gas

	Natural Gas [MJ/m ²]
Space Heating	0.00
Service Water Heating	0.00
Miscellaneous	0.00
Subtotal	0.00

EAp2-17c. Energy Use Intensity - Additional

	Additional [MJ/m ²]
Miscellaneous	235.90
Subtotal	235.90

EAp2-18. End Use Percentage

	Percent [%]
Interior Lighting	3.31
Space Heating	82.21
Space Cooling	4.60
Fans-Interior	0.07
Service Water Heating	0.00
Receptacle Equipment	8.75
Miscellaneous	1.06

Report: Component Sizing Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:18

ZoneHVAC:LowTemperatureRadiant:VariableFlow

	User-Specified (scaled by capacity / area) Heating Design Capacity [W]	User-Specified Maximum Hot Water Flow [m3/s]	User-Specified Hydronic Tubing Length [m]
SUELO RAD ZONA 3	2109.80	0.000114	200.00
SUELO RAD ZONA 2	7095.71	0.000362	636.00
SUELO RAD ZONA 4	862.72	0.000047	82.00
SUELO RAD ZONA 1	7918.84	0.000404	708.00

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

ZoneHVAC:WindowAirConditioner

	User-Specified Maximum Supply Air Flow Rate [m3/s]
SPLIT ZONA 3	0.148000
SPLIT ZONA 2	0.155000
SPLIT ZONA 1	0.155000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Fan:OnOff

	User-Specified Maximum Flow Rate [m3/s]
FAN SPLIT 3	0.148000
FAN SPLIT 2	0.155000
FAN SPLIT 1	0.155000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Coil:Cooling:DX:SingleSpeed

	User-Specified Rated Air Flow Rate [m3/s]	User-Specified Gross Rated Total Cooling Capacity [W]	User-Specified Gross Rated Sensible Heat Ratio
COOLING COIL DX 3	0.148000	2500.00	0.700000
COOLING COIL DX 2	0.155000	3300.00	0.700000
COOLING COIL DX 1	0.155000	3300.00	0.700000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

PlantLoop

	Plant Loop Volume [m3]
HOT WATER LOOP	0.331537

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Boiler:HotWater

	User-Specified Nominal Capacity [W]	User-Specified Design Water Flow Rate [m3/s]
CALDERABIOMASA	24000.00	0.000295

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Report: **Surface Shadowing Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:18**

Surfaces (Walls, Roofs, etc) that may be Shadowed by Other Surfaces

	Possible Shadow Receivers
PANELES FV W	Mir-VALLA VEGETACION
Mir-PANELES FV W	Mir-VALLA VEGETACION OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 19
PANELES FV E	Mir-VALLA VEGETACION
Mir-PANELES FV E	Mir-VALLA VEGETACION OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 19
Mir-VALLA VEGETACION	PANELES FV W Mir-PANELES FV W PANELES FV E Mir-PANELES FV E OS:SURFACE 50 OS:SURFACE 44 OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 64 OS:SURFACE 38 OS:SURFACE 19 OS:SURFACE 22 OS:SURFACE 20
OS:SURFACE 44	Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 39	Mir-PANELES FV W Mir-PAN ELES FV E Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 38	Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 19	Mir-PANELES FV W Mir-PAN ELES FV E Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 20	Mir-VALLA VEGETACION

Subsurfaces (Windows and Doors) that may be Shadowed by Surfaces

	Possible Shadow Receivers
OS:SURFACE 50	Z3 TRIANGULAR V2
OS:SURFACE 52	Z3 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 39	Z2 V9 Z2 V7 Z2 PUERTA ACRISTALADA 2 Z2 V11 Z2 V10 Z2 V8
OS:SURFACE 64	Z2 TRIANGULAR V6
OS:SURFACE 38	Z2 PUERTA ACRISTALADA 1
OS:SURFACE 42	Z2 LUCERNARIO V3 Z2 VELUX V2 Z1 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 41	Z2 VELUX V4 Z2 VELUX V5
OS:SURFACE 62	Z4 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 19	Z1 V5 Z1 V4 Z1 V6
OS:SURFACE 22	Z1 TRIANGULAR V2 Z1 TRIANGULAR V3
OS:SURFACE 20	Z1 PUERTA GARAJE
OS:SURFACE 23	Z1 LUCERNARIO V2

Report: **Adaptive Comfort Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:18**

Time Not Meeting the Adaptive Comfort Models during Occupied Hours

ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category I Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category II Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category III Acceptability Limits [Hours]

Gasóleo

Program Version: *EnergyPlus*, Version 8.4.0-832c4bb9cb, YMD=2016.01.30 11:14

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Oficina**

Environment: ANUAL ** Guadalajara - ESP SWEC WMO#=082260

Simulation Timestamp: 2016-01-30 11:15:50

Report: Annual Building Utility Performance Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:50

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	13729.91	72.52	72.52
Net Site Energy	13729.91	72.52	72.52
Total Source Energy	20128.60	106.31	106.31
Net Source Energy	20128.60	106.31	106.31

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	189.34
Net Conditioned Building Area	189.34
Unconditioned Building Area	0.00

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	10.34	0.00	11031.67	0.00	0.00	0.00
Cooling	695.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	500.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1321.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	160.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	2698.25	0.00	11031.67	0.00	0.00	0.00

Note: Additional fuel appears to be the principal heating source based on energy usage.

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	0.00	11031.67	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	10.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	695.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	General	500.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ElectricEquipment	1321.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	General	10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	160.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics

Utility Use Per Conditioned Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	4.63	0.00	58.26	0.00	0.00	0.00
Other	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	14.25	0.00	58.26	0.00	0.00	0.00

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	4.63	0.00	58.26	0.00	0.00	0.00
Other	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	14.25	0.00	58.26	0.00	0.00	0.00

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.00	0.00
High Temperature Geothermal*	0.00	0.00
Photovoltaic Power	0.00	0.00
Wind Power	0.00	0.00
Net Decrease in On-Site Storage	0.00	0.00
Total On-Site Electric Sources	0.00	0.00
Electricity Coming From Utility	2698.25	100.00
Surplus Electricity Going To Utility	0.00	0.00
Net Electricity From Utility	2698.25	100.00
Total On-Site and Utility Electric Sources	2698.25	100.00
Total Electricity End Uses	2698.25	100.00

On-Site Thermal Sources

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
Water-Side Heat Recovery	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Cooling	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Heating	0.00	
High-Temperature Geothermal*	0.00	
Solar Water Thermal	0.00	
Solar Air Thermal	0.00	
Total On-Site Thermal Sources	0.00	

Water Source Summary

	Water [m3]	Percent Water [%]
Rainwater Collection	0.00	-
Condensate Collection	0.00	-
Groundwater Well	0.00	-
Total On Site Water Sources	0.00	-
	-	-
Initial Storage	0.00	-
Final Storage	0.00	-
Change in Storage	0.00	-
	-	-
Water Supplied by Utility	0.00	-
	-	-
Total On Site, Change in Storage, and Utility Water Sources	0.00	-
Total Water End Uses	0.00	-

Setpoint Not Met Criteria

	Degrees [deltaC]
Tolerance for Zone Heating Setpoint Not Met Time	0.20
Tolerance for Zone Cooling Setpoint Not Met Time	0.20

Comfort and Setpoint Not Met Summary

	Facility [Hours]
Time Setpoint Not Met During Occupied Heating	0.00
Time Setpoint Not Met During Occupied Cooling	74.00
Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 55-2004	355.25

Note 1: An asterisk (*) indicates that the feature is not yet implemented.

Report: **Input Verification and Results Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:50**

General

	Value
Program Version and Build	EnergyPlus, Version 8.4.0-832e4bb9cb, YMD=2016.01.30 11:14
RunPeriod	ANUAL
Weather File	Guadalajara - ESP SWEC WMO#-082260
Latitude [deg]	40.63
Longitude [deg]	-3.2
Elevation [m]	608.00
Time Zone	1.00
North Axis Angle [deg]	315.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

ENVELOPE

Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	193.75	60.75	36.13	60.75	36.13
Above Ground Wall Area [m2]	149.61	16.60	36.13	60.75	36.13
Window Opening Area [m2]	38.14	0.16	5.69	22.80	9.49
Gross Window-Wall Ratio [%]	19.69	0.26	15.76	37.53	26.27
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	25.49	0.96	15.76	37.53	26.27

Conditioned Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	193.75	60.75	36.13	60.75	36.13
Above Ground Wall Area [m2]	149.61	16.60	36.13	60.75	36.13
Window Opening Area [m2]	38.14	0.16	5.69	22.80	9.49
Gross Window-Wall Ratio [%]	19.69	0.26	15.76	37.53	26.27
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	25.49	0.96	15.76	37.53	26.27

Skylight-Roof Ratio

	Total
Gross Roof Area [m2]	208.53
Skylight Area [m2]	38.59
Skylight-Roof Ratio [%]	18.50

PERFORMANCE

Zone Summary

	Area [m2]	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume [m3]	Multipliers	Gross Wall Area [m2]	Window Glass Area [m2]	Lighting [W/m2]	People [m2 per person]	Plug and Process [W/m2]
ZONE 3	22.21	Yes	Yes	132.33	1.00	26.54	8.42	1.1257	22.21	20.2626
ZONE 2	74.69	Yes	Yes	266.84	1.00	55.76	31.00	2.0083	18.67	0.0000
ZONE 4	9.08	Yes	Yes	43.56	1.00	2.48	5.74	1.6518		0.0000
ZONE 1	83.36	Yes	Yes	288.84	1.00	64.83	31.57	0.8998		2.9992
Total	189.34			731.57		149.61	76.73	1.3996	37.87	3.6971
Conditioned Total	189.34			731.57		149.61	76.73	1.3996	37.87	3.6971
Unconditioned Total	0.00			0.00		0.00	0.00			
Not Part of Total	0.00			0.00		0.00	0.00			

Report: Source Energy End Use Components Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:50

Values gathered over 8760.00 hours

Source Energy End Use Components Summary

	Source Electricity [kWh]	Source Natural Gas [kWh]	Source Additional Fuel [kWh]	Source District Cooling [kWh]	Source District Heating [kWh]
Heating	32.74	0.00	11583.25	0.00	0.00
Cooling	2202.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	1584.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	4184.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	34.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	507.66	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	8545.35	0.00	11583.25	0.00	0.00

Normalized Metrics

Source Energy End Use Components Per Conditioned Floor Area

	Source Electricity [kWh/m2]	Source Natural Gas [kWh/m2]	Source Additional Fuel [kWh/m2]	Source District Cooling [kWh/m2]	Source District Heating [kWh/m2]
Heating	0.17	0.00	61.18	0.00	0.00
Cooling	11.63	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	8.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	45.13	0.00	61.18	0.00	0.00

Source Energy End Use Components Per Total Floor Area

	Source Electricity [kWh/m2]	Source Natural Gas [kWh/m2]	Source Additional Fuel [kWh/m2]	Source District Cooling [kWh/m2]	Source District Heating [kWh/m2]
Heating	0.17	0.00	61.18	0.00	0.00
Cooling	11.63	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	8.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	45.13	0.00	61.18	0.00	0.00

Report: **Climatic Data Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:50**

SizingPeriod: **DesignDay**

	Maximum Dry Bulb [C]	Daily Temperature Range [deltaC]	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed [m/s]	Wind Direction
None						

Weather Statistics File

	Value
None	

Report: Envelope Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:50

Opaque Exterior

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Azimuth [deg]	Tilt [deg]	Cardinal Direction
OS:SURFACE 50	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	6.53	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 45	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	3.26	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 65	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	8.68	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 44	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	16.74	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 43	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	22.21	315.00	180.00	
OS:SURFACE 51	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	16.45	135.00	12.55	
OS:SURFACE 52	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	9.34	315.00	47.38	
OS:SURFACE 39	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	37.95	135.00	90.00	S
OS:SURFACE 64	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	1.54	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 66	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	13.17	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 38	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	11.31	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 36	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	4.95	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 24	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	74.69	315.00	180.00	
OS:SURFACE 42	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	14.18	315.00	47.38	
OS:SURFACE 41	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	66.50	135.00	12.55	
OS:SURFACE 55	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	2.48	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 67	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	6.61	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 53	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	9.08	325.91	180.00	
OS:SURFACE 62	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	7.11	315.00	47.38	
OS:SURFACE 63	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	4.37	135.00	12.55	
OS:SURFACE 19	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	22.80	135.00	90.00	S
OS:SURFACE 22	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	8.08	225.00	90.00	W
OS:SURFACE 6	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	5.90	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 68	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	15.70	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 20	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	28.05	225.00	90.00	W
OS:SURFACE 1	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	83.36	238.58	180.00	
OS:SURFACE 23	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	16.91	315.00	47.38	
OS:SURFACE 21	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	73.67	135.00	12.55	

Exterior Fenestration

	Construction	Glass Area [m2]	Frame Area [m2]	Divider Area [m2]	Area of One Opening [m2]	Area of Multiplied Openings [m2]	Glass U-Factor [W/m2-K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Frame Conductance [W/m2-K]	Divider Conductance [W/m2-K]	Shade Control	Parent Surface
Z3 TRIANGULAR V2	H05	0.95	0.00	0.00	0.95	0.95	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 5
Z3 LUCERNARIO V1	H01	7.46	0.00	0.00	7.46	7.46	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 5
Z2 V9	H12	2.70	0.00	0.00	2.70	2.70	2.322	0.365	0.284			No	OS:SURFACE 3
Z2 V7	H10	4.59	0.00	0.00	4.59	4.59	2.613	0.559	0.483			No	OS:SURFACE 3
Z2 PUERTA ACRISTALADA 2	H06	4.45	0.00	0.00	4.45	4.45	2.582	0.538	0.461			No	OS:SURFACE 3
Z2 V11	H13	1.66	0.00	0.00	1.66	1.66	2.342	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 V10	H13	1.48	0.00	0.00	1.48	1.48	2.342	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 V8	H11	2.70	0.00	0.00	2.70	2.70	2.332	0.375	0.294			No	OS:SURFACE 3
Z2 TRIANGULAR V6	H05	0.16	0.00	0.00	0.16	0.16	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 6
Z2 PUERTA ACRISTALADA 1	H03	2.04	0.00	0.00	2.04	2.04	0.300	0.003	0.000			No	OS:SURFACE 3
Z2 LUCERNARIO V3	H01	4.31	0.00	0.00	4.31	4.31	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V2	H02	0.89	0.00	0.00	0.89	0.89	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z1 LUCERNARIO V1	H01	4.24	0.00	0.00	4.24	4.24	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V4	H02	0.92	0.00	0.00	0.92	0.92	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z2 VELUX V5	H02	0.86	0.00	0.00	0.86	0.86	2.723	0.742	0.676			No	OS:SURFACE 4
Z4 LUCERNARIO V1	H01	5.74	0.00	0.00	5.74	5.74	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 6
Z1 V5	H08	1.70	0.00	0.00	1.70	1.70	2.593	0.549	0.472			No	OS:SURFACE 1
Z1 V4	H07	1.70	0.00	0.00	1.70	1.70	2.462	0.456	0.377			No	OS:SURFACE 1
Z1 V6	H09	4.51	0.00	0.00	4.51	4.51	2.542	0.507	0.430			No	OS:SURFACE 1
Z1 TRIANGULAR V2	H05	1.06	0.00	0.00	1.06	1.06	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 2
Z1 TRIANGULAR V3	H05	0.22	0.00	0.00	0.22	0.22	2.703	0.600	0.525			No	OS:SURFACE 2
Z1 PUERTA GARAJE	H04	8.21	0.00	0.00	8.21	8.21	0.200	0.003	0.000			No	OS:SURFACE 2
Z1 LUCERNARIO V2	H01	14.16	0.00	0.00	14.16	14.16	2.703	0.682	0.611			Yes	OS:SURFACE 2
Total or Average						76.73	2.301	0.522	0.458				
North Total or Average						0.16	2.703	0.600	0.525				
Non-North Total or Average						76.57	2.300	0.522	0.458				

Interior Fenestration

	Construction	Area of One Opening [m2]	Area of Openings [m2]	Glass U-Factor [W/m2-K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Parent Surface
Total or Average			0.00	-	-	-	

Exterior Door

	Construction	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Parent Surface
None					

Report: **Shading Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:50**

Sunlit Fraction

	March 21 9am	March 21 noon	March 21 3pm	June 21 9am	June 21 noon	June 21 3pm	December 21 9am	December 21 noon	December 21 3pm
Z3 TRIANGULAR V2	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Z3 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 V9	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V7	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 PUERTA ACRISTALADA 2	0.64	0.33	0.00	0.28	0.00	0.00	0.88	0.54	0.15
Z2 V11	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V10	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V8	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 TRIANGULAR V6	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Z2 PUERTA ACRISTALADA 1	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.99	0.00	0.00
Z2 LUCERNARIO V3	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 VELUX V2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z1 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 VELUX V4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Z2 VELUX V5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Z4 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z1 V5	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z1 V4	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.08
Z1 V6	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z1 TRIANGULAR V2	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 TRIANGULAR V3	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 PUERTA GARAJE	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 LUCERNARIO V2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00

Window Control

	Name	Type	Shaded Construction	Control	Glare Control
Z3 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z2 LUCERNARIO V3	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z1 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z4 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z1 LUCERNARIO V2	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No

Report: **Lighting Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:50**

Interior Lighting

	Zone	Lighting Power Density [W/m ²]	Zone Area [m ²]	Total Power [W]	End Use Subcategory	Schedule Name	Scheduled Hours/Week [hr]	Hours/Week > 1% [hr]	Full Load Hours/Week [hr]	Return Air Fraction	Conditioned (Y/N)	Consumption [GJ]
SPACE1 LIGHTS	ZONE 1	0.8998	83.36	75.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.51
SPACE2 LIGHTS	ZONE 2	2.0083	74.69	150.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	1.02
SPACE3 LIGHTS	ZONE 3	1.1257	22.21	25.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.17
SPACE4 LIGHTS	ZONE 4	1.6518	9.08	15.00	General	ILUMINACION	36.20	49.86	36.20	0.0000	Y	0.10
Interior Lighting Total		1.3996	189.34	265.00								1.80

Daylighting

	Zone	Daylighting Type	Control Type	Fraction Controlled	Lighting Installed in Zone [W]	Lighting Controlled [W]
None						

Exterior Lighting

	Total Watts	Astronomical Clock/Schedule	Schedule Name	Scheduled Hours/Week [hr]	Hours/Week > 1% [hr]	Full Load Hours/Week [hr]	Consumption [GJ]
Exterior Lighting Total	0.00						0.00

Report: **Equipment Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:50**

Central Plant

	Type	Nominal Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]	IPLV in SI Units [W/W]	IPLV in IP Units [Btu/W-h]
CALDERAGASOLEO	Boiler:HotWater	24000.00	0.91		

Cooling Coils

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Efficiency [W/W]	Nominal Coil UA Value [W/C]	Nominal Coil Surface Area [m ²]
COOLING COIL DX 3	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed		2500.00	1750.00	750.00	0.70	3.33		
COOLING COIL DX 2	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed		3300.00	2310.00	990.00	0.70	3.22		
COOLING COIL DX 1	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed		3300.00	2310.00	990.00	0.70	3.22		

Nominal values are gross at rated conditions, i.e., the supply air fan heat and electric power NOT accounted for.

DX Cooling Coils

	DX Cooling Coil Type	Standard Rated Net Cooling Capacity [W]	Standard Rated Net COP [W/W]	EER [Btu/W-h]	SEER [Btu/W-h]	IEER [Btu/W-h]
COOLING COIL DX 3		2490.7	3.28	11.19	11.92	12.60
COOLING COIL DX 2		3290.2	3.18	10.86	11.57	12.27
COOLING COIL DX 1		3290.2	3.18	10.86	11.57	12.27

ANSI/AHRI ratings account for supply air fan heat and electric power.

DX Cooling Coil ASHRAE 127 Standard Ratings Report

	DX Cooling Coil Type	Rated Net Cooling Capacity Test A [W]	Rated Electric Power Test A [W]	Rated Net Cooling Capacity Test B [W]	Rated Electric Power Test B [W]	Rated Net Cooling Capacity Test C [W]	Rated Electric Power Test C [W]	Rated Net Cooling Capacity Test D [W]	Rated Electric Power Test D [W]
COOLING COIL DX 3	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed								
COOLING COIL DX 2	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed								
COOLING COIL DX 1	Coil:Cooling:DX:SingleSpeed								

DX Heating Coils

	DX Heating Coil Type	High Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	Low Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	HSPF [Btu/W-h]	Region Number
None					

Heating Coils

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]
None				

Fans

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction	End Use
FAN SPLIT 3	Fan:OnOff	0.60	50.00	0.15	12.33	83.33	1.00	General
FAN SPLIT 2	Fan:OnOff	0.60	50.00	0.16	12.92	83.33	1.00	General
FAN SPLIT 1	Fan:OnOff	0.60	50.00	0.16	12.92	83.33	1.00	General

Pumps

	Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [W-s/m3]	Motor Efficiency [W/W]
HW SECONDARY CIRC PUMP	Pump:VariableSpeed	Intermittent	50000.00	0.000927	240.00	258983.49	0.90
HW CIRC PUMP	Pump:ConstantSpeed	Intermittent	35000.00	0.000295	93.00	315575.16	0.90

Service Water Heating

	Type	Storage Volume [m3]	Input [W]	Thermal Efficiency [W/W]	Recovery Efficiency [W/W]	Energy Factor
None						

Report: HVAC Sizing Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:50

Zone Sensible Cooling

	Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]	User Design Air Flow [m3/s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]
None													

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

Zone Sensible Heating

	Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]	User Design Air Flow [m3/s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]
None													

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

System Design Air Flow Rates

	Calculated cooling [m3/s]	User cooling [m3/s]	Calculated heating [m3/s]	User heating [m3/s]
None				

Plant Loop Coincident Design Fluid Flow Rate Adjustments

	Previous Design Volume Flow Rate [m3/s]	Algorithm Volume Flow Rate [m3/s]	Coincident Design Volume Flow Rate [m3/s]	Coincident Size Adjusted	Peak Sizing Period Name	Peak Day into Period	Peak Hour Of Day	Peak Step Start Minute
None								

Report: System Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:50

Economizer

	High Limit Shutoff Control	Minimum Outdoor Air [m3/s]	Maximum Outdoor Air [m3/s]	Return Air Temp Limit	Return Air Enthalpy Limit	Outdoor Air Temperature Limit [C]	Outdoor Air Enthalpy Limit [C]
None							

Demand Controlled Ventilation using Controller:MechanicalVentilation

	Controller:MechanicalVentilation Name	Outdoor Air Per Person [m3/s-person]	Outdoor Air Per Area [m3/s-m2]	Air Distribution Effectiveness in Cooling Mode	Air Distribution Effectiveness in Heating Mode	Air Distribution Effectiveness Schedule
None						

Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 55-2004

	Winter Clothes [hr]	Summer Clothes [hr]	Summer or Winter Clothes [hr]
ZONE 3	1065.25	1682.00	271.25
ZONE 2	1071.75	1761.75	306.50
ZONE 4	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	0.00	0.00	0.00
Facility	1159.75	1841.50	355.25

Aggregated over the RunPeriods for Weather

Time Setpoint Not Met

	During Heating [hr]	During Cooling [hr]	During Occupied Heating [hr]	During Occupied Cooling [hr]
ZONE 3	0.00	118.00	0.00	41.00
ZONE 2	0.00	89.00	0.00	47.50
ZONE 4	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	0.00	49.00	0.00	0.00
Facility	0.00	157.00	0.00	74.00

Aggregated over the RunPeriods for Weather

Report: **Outdoor Air Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:50**

Average Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume [m3]	Mechanical Ventilation [ach]	Infiltration [ach]	AFN Infiltration [ach]	Simple Ventilation [ach]
ZONE 3	1.00	1.00	132.33	0.000	0.165	0.000	0.083
ZONE 2	4.00	4.00	266.84	0.000	0.123	0.000	0.083

Values shown for a single zone without multipliers

Minimum Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume [m3]	Mechanical Ventilation [ach]	Infiltration [ach]	AFN Infiltration [ach]	Simple Ventilation [ach]
ZONE 3	1.00	1.00	132.33	0.000	0.005	0.000	0.002
ZONE 2	4.00	4.00	266.84	0.000	0.003	0.000	0.002

Values shown for a single zone without multipliers

Report: **Object Count Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:50**

Surfaces by Class

	Total	Outdoors
Wall	52	16
Floor	4	4
Roof	8	8
Internal Mass	0	0
Building Detached Shading	6	6
Fixed Detached Shading	0	0
Window	23	23
Door	0	0
Glass Door	0	0
Shading	0	0
Overhang	0	0
Fin	0	0
Tubular Daylighting Device Dome	0	0
Tubular Daylighting Device Diffuser	0	0

HVAC

	Count
HVAC Air Loops	0
Conditioned Zones	4
Unconditioned Zones	0
Supply Plenums	0
Return Plenums	0

Input Fields

	Count
IDF Objects	303
Defaulted Fields	150
Fields with Defaults	775
Autosized Fields	4
Autosizable Fields	62
Autocalculated Fields	93
Autocalculatable Fields	182

Report: Energy Meters

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:50

Annual and Peak Values - Electricity

	Electricity Annual Value [GJ]	Electricity Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Electricity Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
Electricity:Facility	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Electricity:Building	6.56	0.00	01-JAN-00:15	965.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 1	2.21	0.00	01-JAN-00:15	325.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity	1.80	0.00	01-JAN-00:15	265.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 1	0.51	0.00	01-JAN-00:15	75.00	02-JAN-08:15
General:InteriorLights:Electricity	1.80	0.00	01-JAN-00:15	265.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 2	1.02	0.00	01-JAN-00:15	150.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 2	1.02	0.00	01-JAN-00:15	150.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 3	3.23	0.00	01-JAN-00:15	475.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 3	0.17	0.00	01-JAN-00:15	25.00	02-JAN-08:15
Electricity:Zone:ZONE 4	0.10	0.00	01-JAN-00:15	15.00	02-JAN-08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 4	0.10	0.00	01-JAN-00:15	15.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity	4.76	0.00	01-JAN-00:15	700.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity:Zone:ZONE 1	1.70	0.00	01-JAN-00:15	250.00	02-JAN-08:15
ElectricEquipment:InteriorEquipment:Electricity	4.76	0.00	01-JAN-00:15	700.00	02-JAN-08:15
InteriorEquipment:Electricity:Zone:ZONE 3	3.06	0.00	01-JAN-00:15	450.00	02-JAN-08:15
Fans:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:15	36.50	17-JUL-17:00
Fans:Electricity:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Ventilation (simple):Fans:Electricity	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Electricity:HVAC	2.54	0.00	01-JAN-00:15	2455.99	17-JUL-16:45
General:Fans:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:15	36.50	17-JUL-17:00
Cooling:Electricity	2.50	0.00	01-JAN-00:15	2419.51	17-JUL-16:45
Electricity:Plant	0.61	0.00	01-JAN-00:30	193.55	27-NOV-06:15
ElectricityPurchased:Facility	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
ElectricityPurchased:Plant	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Cogeneration:ElectricityPurchased	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
ElectricitySurplusSold:Facility	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
ElectricitySurplusSold:Plant	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cogeneration:ElectricitySurplusSold	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
ElectricityNet:Facility	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
ElectricityNet:Plant	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Cogeneration:ElectricityNet	9.71	0.00	01-JAN-00:30	2697.24	17-JUL-16:45
Heating:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:30	23.43	27-NOV-06:15
Boiler Parasitic:Heating:Electricity	0.04	0.00	01-JAN-00:30	23.43	27-NOV-06:15
Pumps:Electricity	0.58	0.00	01-JAN-00:30	170.18	06-FEB-06:15

Annual and Peak Values - Gas

	Gas Annual Value [GJ]	Gas Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Gas Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Cooling

	Cooling Annual Value [GJ]	Cooling Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Cooling Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
PlantLoopCoolingDemand:Facility	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
PlantLoopCoolingDemand:HVAC	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
CoolingCoils:PlantLoopCoolingDemand	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15

Annual and Peak Values - Water

	Annual Value [m3]	Minimum Value [m3/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [m3/s]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other by Weight/Mass

	Annual Value [kg]	Minimum Value [kg/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [kg/s]	Timestamp of Maximum
Carbon Equivalent:Facility	0.00	0.000	01-JAN-00:15	0.000	01-JAN-00:15
CarbonEquivalentEmissions:Carbon Equivalent	0.00	0.000	01-JAN-00:15	0.000	01-JAN-00:15

Annual and Peak Values - Other Volumetric

	Annual Value [m3]	Minimum Value [m3/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [m3/s]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other Liquid/Gas

	Annual Value [L]	Minimum Value [L]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [L]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values - Other

	Annual Value [GJ]	Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
EnergyTransfer:Facility	87.41	0.00	01-JAN-00:30	45404.27	09-JAN-06:15
EnergyTransfer:Building	7.13	0.00	01-JAN-00:15	7282.51	17-JUL-17:00
EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	1.31	0.00	01-JAN-00:15	1718.96	17-JUL-17:00
Heating:EnergyTransfer	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer	7.13	0.00	01-JAN-00:15	7282.51	17-JUL-17:00
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	1.31	0.00	01-JAN-00:15	1718.96	17-JUL-17:00
EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	3.39	0.00	01-JAN-00:15	2790.86	07-AUG-16:30
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	3.39	0.00	01-JAN-00:15	2790.86	07-AUG-16:30
EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	2.43	0.00	01-JAN-00:15	2830.84	19-JUL-17:00
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01-JAN-00:15	0.00	01-JAN-00:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	2.43	0.00	01-JAN-00:15	2830.84	19-JUL-17:00
EnergyTransfer:HVAC	44.56	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
HeatingCoils:EnergyTransfer	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
PlantLoopHeatingDemand:Facility	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
PlantLoopHeatingDemand:HVAC	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
HeatingCoils:PlantLoopHeatingDemand	36.23	0.00	01-JAN-00:30	23471.02	25-DEC-06:15
CoolingCoils:EnergyTransfer	8.33	0.00	01-JAN-00:15	8601.36	10-JUL-08:15
EnergyTransfer:Plant	35.72	0.00	01-JAN-00:30	22492.68	27-NOV-06:15
Boilers:EnergyTransfer	35.72	0.00	01-JAN-00:30	22492.68	27-NOV-06:15
Diesel:Facility	39.71	0.00	01-JAN-00:30	24733.66	27-NOV-06:15
Diesel:Plant	39.71	0.00	01-JAN-00:30	24733.66	27-NOV-06:15
Heating:Diesel	39.71	0.00	01-JAN-00:30	24733.66	27-NOV-06:15
Boiler:Heating:Diesel	39.71	0.00	01-JAN-00:30	24733.66	27-NOV-06:15

Report: LEED Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-01-30 11:15:50

Sec1.1A-General Information

	Data
Weather File	ANUAL ** Guadalajara - ESP SWEC WMO#=082260
HDD and CDD data source	Weather File Stat
Total gross floor area [m2]	189.34
Principal Heating Source	Additional Fuel

EAp2-1. Space Usage Type

	Space Area [m2]	Regularly Occupied Area [m2]	Unconditioned Area [m2]	Typical Hours/Week in Operation [hr/wk]
ZONE 3	22.21	22.21	0.00	49.86
ZONE 2	74.69	74.69	0.00	49.86
ZONE 4	9.08	9.08	0.00	0.00
ZONE 1	83.36	83.36	0.00	0.00
Totals	189.34	189.34	0.00	

EAp2-2. Advisory Messages

	Data
Number of hours heating loads not met	0.00
Number of hours cooling loads not met	74.00
Number of hours not met	74.00

EAp2-3. Energy Type Summary

	Utility Rate	Virtual Rate [\$/unit energy]	Units of Energy	Units of Demand
None				

EAp2-4/5. Performance Rating Method Compliance

	Electric Energy Use [GJ]	Electric Demand [W]	Natural Gas Energy Use [GJ]	Natural Gas Demand [W]	Additional Energy Use [GJ]	Additional Demand [W]
Interior Lighting	1.80	66.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Space Heating	0.04	0.00	0.00	0.00	39.71	24733.66
Space Cooling	2.50	2419.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans-Interior	0.04	36.49	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans-Parking Garage	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Service Water Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Receptacle Equipment	4.76	175.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting (process)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooking	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial Process	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Elevators and Escalators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Line	9.71		0.00		39.71	

EAp2-6. Energy Use Summary

	Process Subtotal [GJ]	Total Energy Use [GJ]
Electricity	4.76	9.71
Natural Gas	0.00	0.00
Additional	0.00	39.71
Total	4.76	49.43

EAp2-7. Energy Cost Summary

	Process Subtotal [\$]	Total Energy Cost [\$]
Electricity	0.00	
Natural Gas	0.00	
Additional	0.00	
Total	0.00	

Process energy cost based on ratio of process to total energy.

L-1. Renewable Energy Source Summary

	Rated Capacity [kW]	Annual Energy Generated [GJ]
Photovoltaic	0.00	0.00
Wind	0.00	0.00

EAp2-17a. Energy Use Intensity - Electricity

	Electricity [MJ/m2]
Interior Lighting	9.51
Space Heating	0.20
Space Cooling	13.22
Fans-Interior	0.20
Service Water Heating	0.00
Receptacle Equipment	25.12
Miscellaneous	3.05
Subtotal	51.30

EAp2-17b. Energy Use Intensity - Natural Gas

	Natural Gas [MJ/m2]
Space Heating	0.00
Service Water Heating	0.00
Miscellaneous	0.00
Subtotal	0.00

EAp2-17c. Energy Use Intensity - Additional

	Additional [MJ/m2]
Miscellaneous	209.75
Subtotal	209.75

EAp2-18. End Use Percentage

	Percent [%]
Interior Lighting	3.64
Space Heating	80.42
Space Cooling	5.07
Fans-Interior	0.08
Service Water Heating	0.00
Receptacle Equipment	9.62
Miscellaneous	1.17

Report: **Component Sizing Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:50**

ZoneHVAC:LowTemperatureRadiant:VariableFlow

	User-Specified (scaled by capacity / area) Heating Design Capacity [W]	User-Specified Maximum Hot Water Flow [m3/s]	User-Specified Hydronic Tubing Length [m]
SUELO RAD ZONA 3	2109.80	0.000114	200.00
SUELO RAD ZONA 2	7095.71	0.000362	636.00
SUELO RAD ZONA 4	862.72	0.000047	82.00
SUELO RAD ZONA 1	7918.84	0.000404	708.00

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

ZoneHVAC:WindowAirConditioner

	User-Specified Maximum Supply Air Flow Rate [m3/s]
SPLIT ZONA 3	0.148000
SPLIT ZONA 2	0.155000
SPLIT ZONA 1	0.155000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Fan:OnOff

	User-Specified Maximum Flow Rate [m3/s]
FAN SPLIT 3	0.148000
FAN SPLIT 2	0.155000
FAN SPLIT 1	0.155000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Coil:Cooling:DX:SingleSpeed

	User-Specified Rated Air Flow Rate [m3/s]	User-Specified Gross Rated Total Cooling Capacity [W]	User-Specified Gross Rated Sensible Heat Ratio
COOLING COIL DX 3	0.148000	2500.00	0.700000
COOLING COIL DX 2	0.155000	3300.00	0.700000
COOLING COIL DX 1	0.155000	3300.00	0.700000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

PlantLoop

	Plant Loop Volume [m3]
HOT WATER LOOP	0.331537

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Boiler:HotWater

	User-Specified Nominal Capacity [W]	User-Specified Design Water Flow Rate [m3/s]
CALDERAGASOLEO	24000.00	0.000295

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Report: **Surface Shadowing Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:50**

Surfaces (Walls, Roofs, etc) that may be Shadowed by Other Surfaces

	Possible Shadow Receivers
PANELES FV W	Mir-VALLA VEGETACION
Mir-PANELES FV W	Mir-VALLA VEGETACION OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 19
PANELES FV E	Mir-VALLA VEGETACION
Mir-PANELES FV E	Mir-VALLA VEGETACION OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 19
Mir-VALLA VEGETACION	PANELES FV W Mir-PANELES FV W PANELES FV E Mir-PANELES FV E OS:SURFACE 50 OS:SURFACE 44 OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 64 OS:SURFACE 38 OS:SURFACE 19 OS:SURFACE 22 OS:SURFACE 20
OS:SURFACE 44	Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 39	Mir-PANELES FV W Mir-PAN ELES FV E Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 38	Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 19	Mir-PANELES FV W Mir-PAN ELES FV E Mir-VALLA VEGETACION
OS:SURFACE 20	Mir-VALLA VEGETACION

Subsurfaces (Windows and Doors) that may be Shadowed by Surfaces

	Possible Shadow Receivers
OS:SURFACE 50	Z3 TRIANGULAR V2
OS:SURFACE 52	Z3 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 39	Z2 V9 Z2 V7 Z2 PUERTA ACRISTALADA 2 Z2 V11 Z2 V10 Z2 V8
OS:SURFACE 64	Z2 TRIANGULAR V6
OS:SURFACE 38	Z2 PUERTA ACRISTALADA 1
OS:SURFACE 42	Z2 LUCERNARIO V3 Z2 VELUX V2 Z1 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 41	Z2 VELUX V4 Z2 VELUX V5
OS:SURFACE 62	Z4 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 19	Z1 V5 Z1 V4 Z1 V6
OS:SURFACE 22	Z1 TRIANGULAR V2 Z1 TRIANGULAR V3
OS:SURFACE 20	Z1 PUERTA GARAJE
OS:SURFACE 23	Z1 LUCERNARIO V2

Report: **Adaptive Comfort Summary**

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-01-30 11:15:50**

Time Not Meeting the Adaptive Comfort Models during Occupied Hours

ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category I Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category II Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category III Acceptability Limits [Hours]

Demanda del Edificio

Program Version:EnergyPlus, Version 8.4.0832e4bb9cb, YMD=2016.01.30 10:17

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Oficina**

Environment: ANUAL ** Guadalajara ESP SWEC WMO#=082260

Simulation Timestamp: 20160130 10:18:23

Program Version:EnergyPlus, Version 8.4.0832e4bb9cb, YMD=2016.01.30 10:17

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: Oficina

Environment: ANUAL ** Guadalajara ESP SWEC WMO#=082260

Simulation Timestamp: 20160130 10:18:23

Report: Annual Building Utility Performance Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	13874.84	73.28	73.28
Net Site Energy	13874.84	73.28	73.28
Total Source Energy	43139.64	227.85	227.85
Net Source Energy	43139.64	227.85	227.85

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	189.34
Net Conditioned Building Area	189.34
Unconditioned Building Area	0.00

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	9636.43	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	2416.97	0.00	0.00
Interior Lighting	500.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1321.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	1821.44	0.00	0.00	2416.97	9636.43	0.00

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	General	0.00	0.00	0.00	0.00	9636.43	0.00
Cooling	General	0.00	0.00	0.00	2416.97	0.00	0.00
Interior Lighting	General	500.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ElectricEquipment	1321.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics

Utility Use Per Conditioned Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	12.77	50.90	0.00
Other	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	9.62	0.00	0.00	12.77	50.90	0.00

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	12.77	50.90	0.00
Other	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	9.62	0.00	0.00	12.77	50.90	0.00

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
FuelFired Power Generation	0.00	0.00
High Temperature Geothermal*	0.00	0.00
Photovoltaic Power	0.00	0.00
Wind Power	0.00	0.00
Net Decrease in OnSite Storage	0.00	0.00
Total OnSite Electric Sources	0.00	0.00
Electricity Coming From Utility	1821.44	100.00
Surplus Electricity Going To Utility	0.00	0.00
Net Electricity From Utility	1821.44	100.00
Total OnSite and Utility Electric Sources	1821.44	100.00
Total Electricity End Uses	1821.44	100.00

OnSite Thermal Sources

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
WaterSide Heat Recovery	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Cooling	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Heating	0.00	
HighTemperature Geothermal*	0.00	
Solar Water Thermal	0.00	
Solar Air Thermal	0.00	
Total OnSite Thermal Sources	0.00	

Water Source Summary

	Water [m3]	Percent Water [%]
Rainwater Collection	0.00	
Condensate Collection	0.00	
Groundwater Well	0.00	
Total On Site Water Sources	0.00	
Initial Storage	0.00	
Final Storage	0.00	
Change in Storage	0.00	
Water Supplied by Utility	0.00	
Total On Site, Change in Storage, and Utility Water Sources	0.00	
Total Water End Uses	0.00	

Setpoint Not Met Criteria

	Degrees [deltaC]
Tolerance for Zone Heating Setpoint Not Met Time	0.20
Tolerance for Zone Cooling Setpoint Not Met Time	0.20

Comfort and Setpoint Not Met Summary

	Facility [Hours]
Time Setpoint Not Met During Occupied Heating	0.00
Time Setpoint Not Met During Occupied Cooling	0.00
Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 552004	974.25

Note 1: An asterisk (*) indicates that the feature is not yet implemented.

Report: Input Verification and Results Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

General

	Value
Program Version and Build	EnergyPlus, Version 8.4.0832e4bb9cb, YMD=2016.01.30 10:17
RunPeriod	ANUAL
Weather File	Guadalajara ESP SWEC WMO#=-082260
Latitude [deg]	40.63
Longitude [deg]	3.2
Elevation [m]	608.00
Time Zone	1.00
North Axis Angle [deg]	315.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

ENVELOPE

WindowWall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	193.75	60.75	36.13	60.75	36.13
Above Ground Wall Area [m2]	149.61	16.60	36.13	60.75	36.13
Window Opening Area [m2]	38.14	0.16	5.69	22.80	9.49
Gross WindowWall Ratio [%]	19.69	0.26	15.76	37.53	26.27
Above Ground WindowWall Ratio [%]	25.49	0.96	15.76	37.53	26.27

Conditioned WindowWall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	193.75	60.75	36.13	60.75	36.13
Above Ground Wall Area [m2]	149.61	16.60	36.13	60.75	36.13
Window Opening Area [m2]	38.14	0.16	5.69	22.80	9.49
Gross WindowWall Ratio [%]	19.69	0.26	15.76	37.53	26.27
Above Ground WindowWall Ratio [%]	25.49	0.96	15.76	37.53	26.27

SkylightRoof Ratio

	Total
Gross Roof Area [m2]	208.53
Skylight Area [m2]	38.59
SkylightRoof Ratio [%]	18.50

Report: Source Energy End Use Components Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Values gathered over 8760.00 hours

Source Energy End Use Components Summary

	Source Electricity [kWh]	Source Natural Gas [kWh]	Source Additional Fuel [kWh]	Source District Cooling [kWh]	Source District Heating [kWh]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	34819.63
Cooling	0.00	0.00	0.00	2551.52	0.00
Interior Lighting	1584.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	4184.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	5768.49	0.00	0.00	2551.52	34819.63

Normalized Metrics

Source Energy End Use Components Per Conditioned Floor Area

	Source Electricity [kWh/m2]	Source Natural Gas [kWh/m2]	Source Additional Fuel [kWh/m2]	Source District Cooling [kWh/m2]	Source District Heating [kWh/m2]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	183.90
Cooling	0.00	0.00	0.00	13.48	0.00
Interior Lighting	8.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	30.47	0.00	0.00	13.48	183.90

Source Energy End Use Components Per Total Floor Area

	Source Electricity [kWh/m2]	Source Natural Gas [kWh/m2]	Source Additional Fuel [kWh/m2]	Source District Cooling [kWh/m2]	Source District Heating [kWh/m2]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	183.90
Cooling	0.00	0.00	0.00	13.48	0.00
Interior Lighting	8.37	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Source Energy End Use Components	30.47	0.00	0.00	13.48	183.90

Report: Climatic Data Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

SizingPeriod:DesignDay

	Maximum Dry Bulb [C]	Daily Temperature Range [deltaC]	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed [m/s]	Wind Direction
None						

Weather Statistics File

	Value
None	

Report: Envelope Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Opaque Exterior

	Construction	Reflectance	UFactor with Film [W/m2K]	UFactor no Film [W/m2K]	Gross Area [m2]	Azimuth [deg]	Tilt [deg]	Cardinal Direction
OS:SURFACE 50	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	6.53	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 45	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	3.26	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 65	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	8.68	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 44	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	16.74	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 43	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	22.21	315.00	180.00	
OS:SURFACE 51	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	16.45	135.00	12.55	
OS:SURFACE 52	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	9.34	315.00	47.38	
OS:SURFACE 39	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	37.95	135.00	90.00	S
OS:SURFACE 64	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	1.54	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 66	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	13.17	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 38	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	11.31	45.00	90.00	E
OS:SURFACE 36	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	4.95	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 24	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	74.69	315.00	180.00	
OS:SURFACE 42	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	14.18	315.00	47.38	
OS:SURFACE 41	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	66.50	135.00	12.55	
OS:SURFACE 55	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	2.48	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 67	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	6.61	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 53	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	9.08	325.91	180.00	
OS:SURFACE 62	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	7.11	315.00	47.38	
OS:SURFACE 63	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	4.37	135.00	12.55	
OS:SURFACE 19	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	22.80	135.00	90.00	S
OS:SURFACE 22	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	8.08	225.00	90.00	W
OS:SURFACE 6	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	5.90	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 68	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.372	0.389	15.70	315.00	90.00	N
OS:SURFACE 20	C02_MURO_EXTERIOR	0.64	0.368	0.389	28.05	225.00	90.00	W
OS:SURFACE 1	SUELO RADIANTE	0.30	0.270	0.282	83.36	238.58	180.00	
OS:SURFACE 23	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	16.91	315.00	47.38	
OS:SURFACE 21	C05_TEJADO	0.30	0.429	0.455	73.67	135.00	12.55	

Exterior Fenestration

	Construction	Glass Area [m2]	Frame Area [m2]	Divider Area [m2]	Area of One Opening [m2]	Area of Multiplied Openings [m2]	Glass U Factor [W/m2 K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Frame Conductance [W/m2K]	Divider Conductance [W/m2K]	Shade Control	Parent Surface	Azimuth [deg]	Tilt [deg]	Cardinal Direction
Z3 TRIANGULAR V2	H05	0.95	0.00	0.00	0.95	0.95	2.703	0.600	0.525			No	OS.SURFACE 50	45.00	90.00	E
Z3 LUCERNARIO V1	H01	7.46	0.00	0.00	7.46	7.46	2.703	0.682	0.611			Yes	OS.SURFACE 52	315.00	47.38	
Z2 V9	H12	2.70	0.00	0.00	2.70	2.70	2.322	0.365	0.284			No	OS.SURFACE 39	135.00	90.00	E
Z2 V7	H10	4.59	0.00	0.00	4.59	4.59	2.613	0.559	0.483			No	OS.SURFACE 39	135.00	90.00	S
Z2 PUERTA ACRISTALADA 2	H06	4.45	0.00	0.00	4.45	4.45	2.582	0.538	0.461			No	OS.SURFACE 39	135.00	90.00	S
Z2 V11	H13	1.66	0.00	0.00	1.66	1.66	2.342	0.375	0.294			No	OS.SURFACE 39	135.00	90.00	S
Z2 V10	H13	1.48	0.00	0.00	1.48	1.48	2.342	0.375	0.294			No	OS.SURFACE 39	135.00	90.00	S
Z2 V8	H11	2.70	0.00	0.00	2.70	2.70	2.332	0.375	0.294			No	OS.SURFACE 39	135.00	90.00	S
Z2 TRIANGULAR V6	H05	0.16	0.00	0.00	0.16	0.16	2.703	0.600	0.525			No	OS.SURFACE 64	45.00	90.00	N
Z2 PUERTA ACRISTALADA 1	H03	2.04	0.00	0.00	2.04	2.04	0.300	0.003	0.000			No	OS.SURFACE 38	45.00	90.00	E
Z2 LUCERNARIO V3	H01	4.31	0.00	0.00	4.31	4.31	2.703	0.682	0.611			Yes	OS.SURFACE 42	315.00	47.38	
Z2 VELUX V2	H02	0.89	0.00	0.00	0.89	0.89	2.723	0.742	0.676			No	OS.SURFACE 42	315.00	47.38	
Z1 LUCERNARIO V1	H01	4.24	0.00	0.00	4.24	4.24	2.703	0.682	0.611			Yes	OS.SURFACE 42	315.00	47.38	
Z2 VELUX V4	H02	0.92	0.00	0.00	0.92	0.92	2.723	0.742	0.676			No	OS.SURFACE 41	135.00	12.55	
Z2 VELUX V5	H02	0.86	0.00	0.00	0.86	0.86	2.723	0.742	0.676			No	OS.SURFACE 41	135.00	12.55	
Z4 LUCERNARIO V1	H01	5.74	0.00	0.00	5.74	5.74	2.703	0.682	0.611			Yes	OS.SURFACE 62	315.00	47.38	
Z1 V5	H08	1.70	0.00	0.00	1.70	1.70	2.593	0.549	0.472			No	OS.SURFACE 19	135.00	90.00	S
Z1 V4	H07	1.70	0.00	0.00	1.70	1.70	2.462	0.456	0.377			No	OS.SURFACE 19	135.00	90.00	S
Z1 V6	H09	4.51	0.00	0.00	4.51	4.51	2.542	0.507	0.430			No	OS.SURFACE 19	135.00	90.00	S
Z1 TRIANGULAR V2	H05	1.06	0.00	0.00	1.06	1.06	2.703	0.600	0.525			No	OS.SURFACE 22	225.00	90.00	W
Z1 TRIANGULAR V3	H05	0.22	0.00	0.00	0.22	0.22	2.703	0.600	0.525			No	OS.SURFACE 22	225.00	90.00	W
Z1 PUERTA GARAJE	H04	8.21	0.00	0.00	8.21	8.21	0.200	0.003	0.000			No	OS.SURFACE 20	225.00	90.00	W
Z1 LUCERNARIO V2	H01	14.16	0.00	0.00	14.16	14.16	2.703	0.682	0.611			Yes	OS.SURFACE 23	315.00	47.38	
Total or Average						76.73	2.301	0.522	0.458							
North Total or Average						0.16	2.703	0.600	0.525							
NonNorth Total or Average						76.57	2.300	0.522	0.458							

Interior Fenestration

	Construction	Area of One Opening [m2]	Area of Openings [m2]	Glass UFactor [W/m2 K]	Glass SHGC	Glass Visible Transmittance	Parent Surface
Total or Average			0.00				

Exterior Door

	Construction	UFactor with Film [W/m2K]	UFactor no Film [W/m2K]	Gross Area [m2]	Parent Surface
None					

Report: Shading Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Sunlit Fraction

	March 21 9am	March 21 noon	March 21 3pm	June 21 9am	June 21 noon	June 21 3pm	December 21 9am	December 21 noon	December 21 3pm
Z3 TRIANGULAR V2	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Z3 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 V9	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V7	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 PUERTA ACRISTALADA 2	0.64	0.33	0.00	0.28	0.00	0.00	0.88	0.54	0.15
Z2 V11	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V10	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 V8	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z2 TRIANGULAR V6	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Z2 PUERTA ACRISTALADA 1	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.99	0.00	0.00
Z2 LUCERNARIO V3	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 VELUX V2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z1 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z2 VELUX V4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Z2 VELUX V5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Z4 LUCERNARIO V1	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Z1 V5	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z1 V4	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.08
Z1 V6	0.57	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.86	0.45	0.00
Z1 TRIANGULAR V2	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 TRIANGULAR V3	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 PUERTA GARAJE	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Z1 LUCERNARIO V2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00

Window Control

	Name	Type	Shaded Construction	Control	Glare Control
Z3 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z2 LUCERNARIO V3	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z1 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z4 LUCERNARIO V1	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No
Z1 LUCERNARIO V2	SOMBRAS LUCERNARIOS	Interior Shade		OnIfScheduleAllows	No

DX Heating Coils

DX Heating Coil Type	High Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	Low Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	HSPF [Btu/W h]	Region Number
None				

Heating Coils

Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]
None			

Fans

Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [Ws/m3]	Motor Heat In Air Fraction	End Use
None							

Pumps

Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [Ws/m3]	Motor Efficiency [W/W]
None						

Service Water Heating

Type	Storage Volume [m3]	Input [W]	Thermal Efficiency [W/W]	Recovery Efficiency [W/W]	Energy Factor
None					

Report: HVAC Sizing Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Zone Sensible Cooling

Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]	User Design Air Flow [m3/s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]	Heat Gain Rate from DOAS [W]
None													

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

Zone Sensible Heating

Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]	User Design Air Flow [m3/s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]	Heat Gain Rate from DOAS [W]
None													

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

System Design Air Flow Rates

Calculated cooling [m3/s]	User cooling [m3/s]	Calculated heating [m3/s]	User heating [m3/s]
None			

Plant Loop Coincident Design Fluid Flow Rate Adjustments

Previous Design Volume Flow Rate [m3/s]	Algorithm Volume Flow Rate [m3/s]	Coincident Design Volume Flow Rate [m3/s]	Coincident Size Adjusted	Peak Sizing Period Name	Peak Day into Period	Peak Hour Of Day	Peak Step Start Minute
None							

Report: System Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Economizer

	High Limit Shutoff Control	Minimum Outdoor Air [m3/s]	Maximum Outdoor Air [m3/s]	Return Air Temp Limit	Return Air Enthalpy Limit	Outdoor Air Temperature Limit [C]	Outdoor Air Enthalpy Limit [C]
None							

Demand Controlled Ventilation using Controller:MechanicalVentilation

	Controller:MechanicalVentilation Name	Outdoor Air Per Person [m3/s person]	Outdoor Air Per Area [m3/sm2]	Air Distribution Effectiveness in Cooling Mode	Air Distribution Effectiveness in Heating Mode	Air Distribution Effectiveness Schedule
None						

Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 552004

	Winter Clothes [hr]	Summer Clothes [hr]	Summer or Winter Clothes [hr]
ZONE 3	1643.75	1750.50	893.50
ZONE 2	1523.75	1797.00	784.25
ZONE 4	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	0.00	0.00	0.00
Facility	1736.50	1873.00	974.25

Aggregated over the RunPeriods for Weather

Time Setpoint Not Met

	During Heating [hr]	During Cooling [hr]	During Occupied Heating [hr]	During Occupied Cooling [hr]
ZONE 3	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 2	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 4	0.00	0.00	0.00	0.00
ZONE 1	0.00	0.00	0.00	0.00
Facility	0.00	0.00	0.00	0.00

Aggregated over the RunPeriods for Weather

Report: Outdoor Air Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Average Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume [m3]	Mechanical Ventilation [ach]	Infiltration [ach]	AFN Infiltration [ach]	Simple Ventilation [ach]
ZONE 3	1.00	1.00	132.33	0.000	0.164	0.000	0.083
ZONE 2	4.00	4.00	266.84	0.000	0.123	0.000	0.083

Values shown for a single zone without multipliers

Minimum Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume [m3]	Mechanical Ventilation [ach]	Infiltration [ach]	AFN Infiltration [ach]	Simple Ventilation [ach]
ZONE 3	1.00	1.00	132.33	0.000	0.010	0.000	0.005
ZONE 2	4.00	4.00	266.84	0.000	0.008	0.000	0.005

Values shown for a single zone without multipliers

Report: Object Count Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Surfaces by Class

	Total	Outdoors
Wall	52	16
Floor	4	4
Roof	8	8
Internal Mass	0	0
Building Detached Shading	6	6
Fixed Detached Shading	0	0
Window	23	23
Door	0	0
Glass Door	0	0
Shading	0	0
Overhang	0	0
Fin	0	0
Tubular Daylighting Device Dome	0	0
Tubular Daylighting Device Diffuser	0	0

HVAC

	Count
HVAC Air Loops	0
Conditioned Zones	4
Unconditioned Zones	0
Supply Plenums	0
Return Plenums	0

Input Fields

	Count
IDF Objects	256
Defaulted Fields	127
Fields with Defaults	701
Autosized Fields	0
Autosizable Fields	16
Autocalculated Fields	92
Autocalculatable Fields	181

Report: Energy Meters

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Annual and Peak Values Electricity

	Electricity Annual Value [GJ]	Electricity Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Electricity Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
Electricity:Facility	6.56	0.00	01JAN00:15	965.00	02JAN08:15
Electricity:Building	6.56	0.00	01JAN00:15	965.00	02JAN08:15
Electricity:Zone:ZONE 1	2.21	0.00	01JAN00:15	325.00	02JAN08:15
InteriorLights:Electricity	1.80	0.00	01JAN00:15	265.00	02JAN08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 1	0.51	0.00	01JAN00:15	75.00	02JAN08:15
General:InteriorLights:Electricity	1.80	0.00	01JAN00:15	265.00	02JAN08:15
Electricity:Zone:ZONE 2	1.02	0.00	01JAN00:15	150.00	02JAN08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 2	1.02	0.00	01JAN00:15	150.00	02JAN08:15
Electricity:Zone:ZONE 3	3.23	0.00	01JAN00:15	475.00	02JAN08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 3	0.17	0.00	01JAN00:15	25.00	02JAN08:15
Electricity:Zone:ZONE 4	0.10	0.00	01JAN00:15	15.00	02JAN08:15
InteriorLights:Electricity:Zone:ZONE 4	0.10	0.00	01JAN00:15	15.00	02JAN08:15
InteriorEquipment:Electricity	4.76	0.00	01JAN00:15	700.00	02JAN08:15
InteriorEquipment:Electricity:Zone:ZONE 1	1.70	0.00	01JAN00:15	250.00	02JAN08:15
ElectricEquipment:InteriorEquipment:Electricity	4.76	0.00	01JAN00:15	700.00	02JAN08:15
InteriorEquipment:Electricity:Zone:ZONE 3	3.06	0.00	01JAN00:15	450.00	02JAN08:15
Fans:Electricity	0.00	0.00	01JAN00:15	0.00	01JAN00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 1	0.00	0.00	01JAN00:15	0.00	01JAN00:15
Ventilation (simple):Fans:Electricity	0.00	0.00	01JAN00:15	0.00	01JAN00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 2	0.00	0.00	01JAN00:15	0.00	01JAN00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 3	0.00	0.00	01JAN00:15	0.00	01JAN00:15
Fans:Electricity:Zone:ZONE 4	0.00	0.00	01JAN00:15	0.00	01JAN00:15
ElectricityPurchased:Facility	6.56	0.00	01JAN00:15	965.00	02JAN08:15
ElectricityPurchased:Plant	6.56	0.00	01JAN00:15	965.00	02JAN08:15
Cogeneration:ElectricityPurchased	6.56	0.00	01JAN00:15	965.00	02JAN08:15
ElectricitySurplusSold:Facility	0.00	0.00	01JAN00:15	0.00	01JAN00:15
ElectricitySurplusSold:Plant	0.00	0.00	01JAN00:15	0.00	01JAN00:15
Cogeneration:ElectricitySurplusSold	0.00	0.00	01JAN00:15	0.00	01JAN00:15
ElectricityNet:Facility	6.56	0.00	01JAN00:15	965.00	02JAN08:15
ElectricityNet:Plant	6.56	0.00	01JAN00:15	965.00	02JAN08:15
Cogeneration:ElectricityNet	6.56	0.00	01JAN00:15	965.00	02JAN08:15

Annual and Peak Values Gas

	Gas Annual Value [GJ]	Gas Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Gas Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values Cooling

	Cooling Annual Value [GJ]	Cooling Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Cooling Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
DistrictCooling:Facility	8.70	0.00	01JAN00:15	9481.45	17JUL17:00
DistrictCooling:HVAC	8.70	0.00	01JAN00:15	9481.45	17JUL17:00
Cooling:DistrictCooling	8.70	0.00	01JAN00:15	9481.45	17JUL17:00

Annual and Peak Values Water

	Annual Value [m3]	Minimum Value [m3/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [m3/s]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values Other by Weight/Mass

	Annual Value [kg]	Minimum Value [kg/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [kg/s]	Timestamp of Maximum
Carbon Equivalent:Facility	0.00	0.000	01JAN00:15	0.000	01JAN00:15
CarbonEquivalentEmissions:Carbon Equivalent	0.00	0.000	01JAN00:15	0.000	01JAN00:15

Annual and Peak Values Other Volumetric

	Annual Value [m3]	Minimum Value [m3/s]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [m3/s]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values Other Liquid/Gas

	Annual Value [L]	Minimum Value [L]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [L]	Timestamp of Maximum
None					

Annual and Peak Values Other

	Annual Value [GJ]	Minimum Value [W]	Timestamp of Minimum	Maximum Value [W]	Timestamp of Maximum
EnergyTransfer:Facility	42.99	0.00	02JAN19:15	9409.69	29DEC06:15
EnergyTransfer:Building	42.99	0.00	02JAN19:15	9409.69	29DEC06:15
EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	5.54	0.00	02JAN19:15	1608.24	17JUL17:00
Heating:EnergyTransfer	34.67	0.00	02JAN19:15	9409.69	29DEC06:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	4.05	0.00	02JAN19:15	1456.03	27FEB00:15
Cooling:EnergyTransfer	8.31	0.00	01JAN00:15	9370.19	17JUL17:00
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 3	1.49	0.00	01JAN00:15	1608.24	17JUL17:00
EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	15.84	0.00	02JAN19:15	3563.52	17JUL16:45
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	12.30	0.00	02JAN19:15	3482.80	27FEB06:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 2	3.54	0.00	01JAN00:15	3563.52	17JUL16:45
EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	3.52	0.00	02JAN19:15	952.54	17MAY18:30
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	2.68	0.00	02JAN19:15	692.37	18DEC06:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 4	0.84	0.00	01JAN00:15	952.54	17MAY18:30
EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	18.08	0.00	02JAN19:15	3827.66	29DEC06:15
Heating:EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	15.64	0.00	02JAN19:15	3827.66	29DEC06:15
Cooling:EnergyTransfer:Zone:ZONE 1	2.44	0.00	01JAN00:15	3278.70	17JUL17:00
DistrictHeating:Facility	34.69	0.00	02JAN19:15	9515.65	27FEB00:15
DistrictHeating:HVAC	34.69	0.00	02JAN19:15	9515.65	27FEB00:15
Heating:DistrictHeating	34.69	0.00	02JAN19:15	9515.65	27FEB00:15

Report: Sensible Heat Gain Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Annual Building Sensible Heat Gain Components

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [GJ]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [GJ]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [GJ]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [GJ]	HVAC Input Heated Surface Heating [GJ]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [GJ]	People Sensible Heat Addition [GJ]	Lights Sensible Heat Addition [GJ]	Equipment Sensible Heat Addition [GJ]	Window Heat Addition [GJ]	Interzone Air Transfer Heat Addition [GJ]	Infiltration Heat Addition [GJ]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [GJ]	Equipment Sensible Heat Removal [GJ]	Window Heat Removal [GJ]	Interzone Air Transfer Heat Removal [GJ]	Infiltration Heat Removal [GJ]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [GJ]
ZONE 3	4.050	1.490	0.000	0.000	0.000	0.000	0.686	0.170	3.058	6.804	0.000	0.076	0.000	0.000	5.031	0.000	2.811	5.512
ZONE 2	12.302	3.540	0.000	0.000	0.000	0.000	2.793	1.019	0.000	21.056	0.000	0.124	0.001	0.000	15.446	0.000	4.682	13.625
ZONE 4	2.677	0.845	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.102	0.000	4.787	0.000	0.023	0.000	0.000	3.625	0.000	0.796	2.322
ZONE 1	15.644	2.439	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.510	1.699	17.018	0.000	0.231	0.000	0.000	13.111	0.000	7.167	12.386
Total Facility	34.673	8.313	0.000	0.000	0.000	0.000	3.479	1.801	4.757	49.665	0.000	0.455	0.001	0.000	37.214	0.000	15.456	33.845

Peak Cooling Sensible Heat Gain Components

	Time of Peak	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [W]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [W]	HVAC Input Heated Surface Heating [W]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [W]	People Sensible Heat Addition [W]	Lights Sensible Heat Addition [W]	Equipment Sensible Heat Addition [W]	Window Heat Addition [W]	Interzone Air Transfer Heat Addition [W]	Infiltration Heat Addition [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [W]	Equipment Sensible Heat Removal [W]	Window Heat Removal [W]	Interzone Air Transfer Heat Removal [W]	Infiltration Heat Removal [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [W]
ZONE 3	17 JUL 04:03	0.00	1914.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2314.46	0.00	200.87	0.00	198.68	0.00
ZONE 2	17 JUL 04:03	0.00	4214.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5318.95	0.00	724.54	0.00	379.79	0.00
ZONE 4	17 MAY 18:30	0.00	952.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2270.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.62	1298.97
ZONE 1	17 JUL 04:03	0.00	4575.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5313.00	0.00	572.04	0.00	164.97	0.00
Total Facility	17 JUL 04:03	0.00	11474.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13869.10	0.00	1633.69	0.00	761.24	0.00

Peak Heating Sensible Heat Gain Components

	Time of Peak	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [W]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [W]	HVAC Input Heated Surface Heating [W]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [W]	People Sensible Heat Addition [W]	Lights Sensible Heat Addition [W]	Equipment Sensible Heat Addition [W]	Window Heat Addition [W]	Interzone Air Transfer Heat Addition [W]	Infiltration Heat Addition [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [W]	Equipment Sensible Heat Removal [W]	Window Heat Removal [W]	Interzone Air Transfer Heat Removal [W]	Infiltration Heat Removal [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [W]
ZONE 3	27 FEB 00:02	2998.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	402.91	0.00	124.94	2470.94
ZONE 2	27 FEB 00:02	6434.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1243.25	0.00	188.90	5001.92
ZONE 4	27 FEB 00:02	1126.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	279.86	0.00	51.38	794.92
ZONE 1	27 FEB 00:02	7022.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1081.06	0.00	477.09	5464.09
Total Facility	27 FEB 00:02	17581.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3007.08	0.00	842.30	13731.88

Report: LEED Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Sec1.1AGeneral Information

	Data
Weather File	ANUAL ** Guadalajara ESP SWEC WMO#=082260
HDD and CDD data source	Weather File Stat
Total gross floor area [m2]	189.34
Principal Heating Source	District Heat

EAp21. Space Usage Type

	Space Area [m2]	Regularly Occupied Area [m2]	Unconditioned Area [m2]	Typical Hours/Week in Operation [hr/wk]
ZONE 3	22.21	22.21	0.00	49.86
ZONE 2	74.69	74.69	0.00	49.86
ZONE 4	9.08	9.08	0.00	0.00
ZONE 1	83.36	83.36	0.00	0.00
Totals	189.34	189.34	0.00	

EAp22. Advisory Messages

	Data
Number of hours heating loads not met	0.00
Number of hours cooling loads not met	0.00
Number of hours not met	0.00

EAp23. Energy Type Summary

	Utility Rate	Virtual Rate [\$/unit energy]	Units of Energy	Units of Demand
None				

EAp24/5. Performance Rating Method Compliance

	Electric Energy Use [GJ]	Electric Demand [W]	Natural Gas Energy Use [GJ]	Natural Gas Demand [W]	Additional Energy Use [GJ]	Additional Demand [W]
Interior Lighting	1.80	265.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Space Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	34.69	9515.65
Space Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70	9481.45
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FansInterior	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FansParking Garage	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Service Water Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Receptacle Equipment	4.76	700.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting (process)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooking	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial Process	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Elevators and Escalators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Line	6.56		0.00		43.39	

EAp26. Energy Use Summary

	Process Subtotal [GJ]	Total Energy Use [GJ]
Electricity	4.76	6.56
Natural Gas	0.00	0.00
Additional	0.00	43.39
Total	4.76	49.95

EAp27. Energy Cost Summary

	Process Subtotal [\$]	Total Energy Cost [\$]
Electricity	0.00	
Natural Gas	0.00	
Additional	0.00	
Total	0.00	

Process energy cost based on ratio of process to total energy.

L1. Renewable Energy Source Summary

	Rated Capacity [kW]	Annual Energy Generated [GJ]
Photovoltaic	0.00	0.00
Wind	0.00	0.00

EAp217a. Energy Use Intensity Electricity

	Electricity [MJ/m2]
Interior Lighting	9.51
Space Heating	0.00
Space Cooling	0.00
FansInterior	0.00
Service Water Heating	0.00
Receptacle Equipment	25.12
Miscellaneous	0.00
Subtotal	34.63

EAp217b. Energy Use Intensity Natural Gas

	Natural Gas [MJ/m2]
Space Heating	0.00
Service Water Heating	0.00
Miscellaneous	0.00
Subtotal	0.00

EAp217c. Energy Use Intensity Additional

	Additional [MJ/m2]
Miscellaneous	0.00
Subtotal	0.00

EAp218. End Use Percentage

	Percent [%]
Interior Lighting	3.60
Space Heating	69.45
Space Cooling	17.42
FansInterior	0.00
Service Water Heating	0.00
Receptacle Equipment	9.52
Miscellaneous	0.00

Report: Surface Shadowing Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Surfaces (Walls, Roofs, etc) that may be Shadowed by Other Surfaces

	Possible Shadow Receivers
PANELES FV W	MirVALLA VEGETACION
MirPANELES FV W	MirVALLA VEGETACION OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 19
PANELES FV E	MirVALLA VEGETACION
MirPANELES FV E	MirVALLA VEGETACION OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 19
MirVALLA VEGETACION	PANELES FV W MirPANELES FV W PANELES FV E MirPANELES FV E OS:SURFACE 50 OS:SURFACE 44 OS:SURFACE 39 OS:SURFACE 64 OS:SURFACE 38 OS:SURFACE 19 OS:SURFACE 22 OS:SURFACE 20
OS:SURFACE 44	MirVALLA VEGETACION
OS:SURFACE 39	MirPANELES FV W MirPANELES FV E MirVALLA VEGETACION
OS:SURFACE 38	MirVALLA VEGETACION
OS:SURFACE 19	MirPANELES FV W MirPANELES FV E MirVALLA VEGETACION
OS:SURFACE 20	MirVALLA VEGETACION

Subsurfaces (Windows and Doors) that may be Shadowed by Surfaces

	Possible Shadow Receivers
OS:SURFACE 50	Z3 TRIANGULAR V2
OS:SURFACE 52	Z3 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 39	Z2 V9 Z2 V7 Z2 PUERTA ACRISTALADA 2 Z2 V11 Z2 V10 Z2 V8
OS:SURFACE 64	Z2 TRIANGULAR V6
OS:SURFACE 38	Z2 PUERTA ACRISTALADA 1
OS:SURFACE 42	Z2 LUCERNARIO V3 Z2 VELUX V2 Z1 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 41	Z2 VELUX V4 Z2 VELUX V5
OS:SURFACE 62	Z4 LUCERNARIO V1
OS:SURFACE 19	Z1 V5 Z1 V4 Z1 V6
OS:SURFACE 22	Z1 TRIANGULAR V2 Z1 TRIANGULAR V3
OS:SURFACE 20	Z1 PUERTA GARAJE
OS:SURFACE 23	Z1 LUCERNARIO V2

Report: Adaptive Comfort Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 20160130 10:18:23

Time Not Meeting the Adaptive Comfort Models during Occupied Hours

ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category I Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category II Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category III Acceptability Limits [Hours]

Anexo VI. Listado de variables monitorizadas

Símbolo	Unidad	Descripción
Geotermia 25	°C	Sonda T ^a a 25 metros
Geotermia 50	°C	Sonda T ^a a 50 metros
Geotermia 90	°C	Sonda T ^a a 90 metros
Temperatura Ext. Sur	°C	Temperatura Exterior Sur
Temperatura Ext. Norte	°C	Temperatura Exterior Norte
Temperatura Int. Sur	°C	Temperatura Interior zona sur
Temperatura pared O. 0,5m	°C	Temperatura pared Oeste a 0,5 metros
Temperatura pared N. 1,7m	°C	Temperatura pared Norte a 1,7 metros
Temperatura pared 1,7m	°C	Temperatura en Pared a 1,7 metros
Temperatura pared 4,0m	°C	Temperatura en Pared a 4 metros
Temperatura aire 1,7m	°C	Temperatura en Pared a 1,7 metros
Temperatura aire	°C	Temperatura en Pared a 4 metros
Temperatura bajo suelo	°C	Temperatura bajo suelo radiante
Temperatura bajo cerámica	°C	Temperatura entresuelo y placa cerámica
Temperatura sobre cerámica	°C	Temperatura sobre cerámica
Temperatura entre tubos	°C	Temperatura entre tubos suelo radiante
Humedad Relativa 1,7 m	%	Humedad relativa a 1,7 metros suelo
VMC- Tem. Sal. Ext	°C	Temperatura Salida aire exterior ventilación mecánica
VMC- Tem. Ent. Ext	°C	Temperatura Entrada aire exterior ventilación mecánica
VMC- HR. Sal. Ext	%	Humedad Relativa Salida aire exterior ventilación mecánica
VMC- HR. Ent. Ext	%	Humedad Relativa Entrada aire exterior ventilación mecánica
VMC- Tem. Ent. Int	°C	Temperatura Entrada aire interior ventilación mecánica
VMC- Tem. Sal. Int	°C	Temperatura Salida aire interior ventilación mecánica
VMC- HR. Sal. Int	%	Humedad Relativa Salida aire interior ventilación mecánica
VMC- HR. Ent. Int	%	Humedad Relativa Entrada aire interior ventilación mecánica

Símbolo	Unidad	Descripción
BCG Impulsión 1	T ^a	Temperatura Impulsión 1 bomba calor geotérmica
BCG Impulsión 2	T ^a	Temperatura Impulsión 2 bomba calor geotérmica
BCG Retorno 1	T ^a	Temperatura Retorno 1 bomba calor geotérmica
BCG Retorno 2	T ^a	Temperatura Retorno 2 bomba calor geotérmica

Anexo VII. Listado de imágenes y tablas

	Capítulo 1	Página
Imagen 1.1	Distribución del consumo en el sector Edificios (2010). <i>Fuente: IDAE.</i>	2
Imagen 1.2	Distribución del consumo energía final Edificios de Viviendas (2010). <i>Fuente: IDAE.</i>	3
Imagen 1.3	Distribución del consumo energía final sector Edificios Terciario (2010). <i>Fuente: IDAE.</i>	3
	Capítulo 2	
Imagen 2.1	Esquema general instalación geotérmica. <i>Fuente: IDAE.</i>	24
Imagen 2.2	Esquema Intercambiador Geotérmico. <i>Fuente: Applied Energy.</i>	27
Imagen 2.3	Esquema Transferencia térmica intercambiado geotérmico. <i>Fuente: Applied Energy.</i>	27
Imagen 2.4	Funcionamiento del sistema bomba de calor. <i>Fuente: IDAE.</i>	32
Imagen 2.5	Gráfico presión entalpía del ciclo termodinámico. <i>Fuente: MJ Moran / HN Shapiro.</i>	34
Imagen 2.6	Gráfico presión entalpía óptimo del ciclo termodinámico. <i>Fuente: MJ Moran / HN Shapiro.</i>	35
Imagen 2.7	Funcionamiento sistema ventilación controlada. <i>Fuente: SIBERZONE.</i>	40
Imagen 2.8	Dependencia energética. <i>Fuente: EUROSTAT (2009) / MITyC (2010).</i>	42
Imagen 2.9	Consumo de energía primaria por fuentes propias y grado de autoabastecimiento. <i>Fuente: MITyC / IDAE. $1 \text{ tep} = 11,628 \text{ MWh} = 1 \cdot 10^7 \text{ kcal}$.</i>	43
Imagen 2.10	Consumo de energía final en España por fuentes energéticas excluidos usos no energéticos. <i>Fuente: MITyC / IDAE.</i>	44
Imagen 2.11	Evolución de la estructura de consumo de energía final por fuentes energéticas. <i>Fuente: MITyC / IDAE.</i>	44

	Página
Imagen 2.12 Consumo de energía final en España por sectores. <i>Fuente: MITyC/IDAE.</i>	45
Imagen 2.13 Evolución del consumo final de energía por sectores. <i>Fuente: MITyC/IDAE.</i>	45
Imagen 2.14 Evolución de la estructura sectorial del consumo de energía final. <i>Fuente: MITyC/IDAE.</i>	46
Imagen 2.15 Consumo por fuentes y sectores en el primer año después de la última crisis mundial. <i>Fuente: MITyC/IDAE.</i>	46
Imagen 2.16 Evolución de la energía solar térmica en España. <i>Fuente: IDAE.</i>	47
Imagen 2.17 Distribución del consumo de biomasa en el consumo de los edificios. <i>Fuente: IDAE.</i>	48
 <i>Fórmulas Capítulo 2</i> 	
Fórmula 2.1 Ecuación conductividad térmica por método lineal. <i>Fuente: IDAE.</i>	23
Fórmula 2.2 Ecuación conductividad térmica para un tiempo finito. <i>Fuente: IDAE.</i>	23
Fórmula 2.3 Ecuación rendimiento intercambiador geotérmico. <i>Fuente: IDAE.</i>	25
Fórmula 2.4 Ecuación cálculo de COP. <i>Fuente: IDAE.</i>	26
Fórmula 2.5 Ecuación cálculo de EER. <i>Fuente: IDAE.</i>	26
Fórmula 2.6 Ecuación cálculo número de Reynolds. <i>Fuente: IDAE.</i>	28
Fórmula 2.7 Ecuación cálculo temperatura a cualquier profundidad. <i>Fuente: IDAE.</i>	29
Fórmula 2.8 Ecuación cálculo temperatura máxima a cualquier profundidad. <i>Fuente: IDAE.</i>	29
Fórmula 2.9 Ecuación cálculo temperatura mínima a cualquier profundidad. <i>Fuente: IDAE.</i>	29
Fórmula 2.10 Ecuación cálculo temperatura entrada y salida modo calor. <i>Fuente: IDAE.</i>	30
Fórmula 2.11 Ecuación cálculo temperatura entrada y salida modo frío. <i>Fuente: IDAE.</i>	30

	Página
Fórmula 2.12 Ecuación cálculo temperatura mínima. <i>Fuente: IDAE.</i>	30
Fórmula 2.13 Ecuación cálculo temperatura máxima. <i>Fuente: IDAE.</i>	30
Fórmula 2.14 Ecuación cálculo resistencia térmica tuberías intercambiador. <i>Fuente: IDAE.</i>	30
Fórmula 2.15 Ecuación cálculo longitud intercambiador. <i>Fuente: IDAE.</i>	31
Fórmula 2.16 Ecuación cálculo COP estacional. <i>Fuente: IDAE.</i>	33
Fórmula 2.17 Ecuación cálculo ERR. <i>Fuente: IDAE.</i>	33
Fórmula 2.18 Ecuación cálculo SCOPRR. <i>Fuente: IDAE.</i>	33
Fórmula 2.19 Ecuación cálculo SEER. <i>Fuente: IDAE.</i>	33
Fórmula 2.20 Ecuación cálculo COP Carnot. <i>Fuente: IDAE.</i>	34
Fórmula 2.21 Ecuación cálculo EER Carnot. <i>Fuente: IDAE.</i>	34
Fórmula 2.22 Ecuación coste de producción energía.	49
Fórmula 2.23 Ecuación coste de amortización.	49
Fórmula 2.24 Ecuación factor de carga de capital.	49
Fórmula 2.25 Ecuación gasto anual de combustible.	49
Fórmula 2.26 Ecuación disponibilidad instalación.	49

Capítulo 3

Imagen 3.1 Perforación del sondeo piloto.	56
Tabla 3.2 Características técnicas del sondeo geotérmico.	56
Figura 3.3 Datos de evolución de la temperatura interior del sondeo a diferentes profundidades.	58
Imagen 3.4 Equipo TRT funcionando durante el ensayo.	59
Figura 3.5 Datos de medición del equipo TRT durante el ensayo.	60
Figura 3.6 Gráfica T ^a media/ Log tiempo.	61
Figura 3.7 Gráfica Resistividad / tiempo.	61
Tabla 3.8 Resumen de datos obtenidos del ensayo TRT.	62
Imagen 3.9 Imagen aérea de situación instalación experimental. <i>Fuente: SIGPAC.</i>	64

		Página
Imagen	3.10 Plano de distribución de la instalación.	64
Imagen	3.11 Imagen interior de estancias de la instalación.	64
Imagen	3.12 Imagen exterior de la instalación.	65
Tabla	3.13 Certificado de Calificación Energética.	65
Figura	3.14 Esquema hidráulico instalación.	67
Figura	3.15 Esquema circuitos hidráulicos de la instalación.	67
Figura	3.16 Esquema hidráulico bomba de calor.	68
Figura	3.17 Detalle constructivo e imagen suelo radiante.	69
Imagen	3.18 Imagen distribución sistema de ventilación mecánica controlada en periodo invierno.	72
Imagen	3.19 Imagen distribución sistema de ventilación mecánica controlada en periodo verano.	72
Figura	3.20 Sistema de precalentamiento de aire exterior a intercambiador sistema de ventilación mecánica controlada.	73

Capítulo 4

Figura	4.1 Diagrama de simulación <i>EnergyPlus</i> .	78
Figura	4.2 Flujo de procesos simulación <i>EnergyPlus</i> .	78
Figura	4.3 Esquema de compartimentación edificio.	81
Figura	4.4 Vista Alzado.	83
Figura	4.5 Vista Planta.	83
Figura	4.6 Alzados laterales.	84
Figura	4.7 Alzado posterior.	84
Figura	4.8 Vista Isométrica.	84

Capítulo 5

Figura	5.1 Parámetros objeto <i>building idfe+</i> .	91
Figura	5.2 Parámetros objeto <i>shadow calculation idfe+</i> .	92
Figura	5.3 Parámetros objeto <i>surface convection algorithm idfe+</i> .	93
Figura	5.4 Parámetros objeto <i>heat balance algorithm idfe+</i> .	93
Figura	5.5 Parámetros objeto <i>zone air heat balance algorithm idfe+</i> .	93
Figura	5.6 Parámetros objeto <i>schedule day interval idfe+</i> .	95
Figura	5.7 Parámetros objeto <i>schedule week daily idfe+</i> .	95
Figura	5.8 Parámetros objeto <i>schedule year idfe+</i> .	96
Figura	5.9 Temperaturas de confort establecidas en Reglamento Instalaciones Térmicas Edificios (RITE).	97
Figura	5.10 Parámetros objeto <i>schedule year idfe+</i> .	99
Figura	5.11 Parámetros objeto <i>material idfe+</i> .	100

	Página
Figura 5.12	Parámetros objeto <i>material air gap idfe+</i> . 100
Figura 5.13	Parámetros objeto <i>material simple glazing idfe+</i> . 100
Figura 5.14	Parámetros objeto <i>material shade idfe+</i> . 101
Figura 5.15	Esquema de capas en elemento muro <i>idfe+</i> . 101
Figura 5.16	Esquema de capas en elemento ventana <i>idfe+</i> . 102
Figura 5.17	Esquema de capas en elemento ventana con y sin vidrio <i>idfe+</i> . 102
Figura 5.18	Parámetros objeto material suelo radiante <i>idfe+</i> . 103
Figura 5.19	Esquema de sectorización de áreas <i>idfe+</i> . 103
Figura 5.20	Parámetros térmicos en objeto <i>building surface idfe+</i> . 104
Figura 5.21	Parámetros térmicos objeto <i>fenestration surface idfe+</i> . 117
Figura 5.22	Parámetros térmicos objeto <i>window shading idfe+</i> . 119
Figura 5.23	Parámetros objeto ganancia interna por personas <i>idfe+</i> . 120
Figura 5.24	Parámetros objeto ganancia interna por iluminación <i>idfe+</i> . 120
Figura 5.25	Parámetros objeto ganancia interna por equipos <i>idfe+</i> . 121
Figura 5.26	Parámetros infiltraciones objeto <i>design flow rate idfe+</i> . 121
Figura 5.27	Datos infiltraciones edificio objeto. 122
Figura 5.28	Parámetros objeto infiltraciones <i>ventilation flow rate idfe+</i> . 123
Figura 5.29	Parámetros objeto <i>hvac low temperature Radiant flow idfe+</i> . 124
Figura 5.30	Esquema hvac nodos suelo radiante <i>idfe+</i> . 125
Figura 5.31	Parámetros objeto <i>pump variable speed idfe+</i> . 126
Figura 5.32	Parámetros objeto <i>pumps constant speed idfe+</i> . 126
Tabla 5.33	Datos bomba de calor a caudal constante en <i>modo calefacción</i> . 127
Tabla 5.34	Datos <i>Labfit</i> para calculo curva bomba de calor <i>modo calefacción</i> . 128
Tabla 5.35	Coefficientes bomba de calor <i>modo calefacción</i> . 128
Tabla 5.36	Datos bomba de calor a caudal constante en <i>modo refrigeración</i> . 129
Tabla 5.37	Datos <i>Labfit</i> para calculo curva bomba de calor <i>modo refrigeración</i> . 129
Tabla 5.38	Coefficientes bomba de calor <i>modo refrigeración</i> . 129
Tabla 5.39	Esquema circuito hidráulico primario. 130
Figura 5.40	Esquema intercambiador geotérmico vertical. 131
Figura 5.41	Datos <i>g-function</i> intercambiador geotérmico vertical. 131
Figura 5.42	Parámetros objeto <i>condenser loop idfe+</i> . 132
Figura 5.43	Parámetros objeto <i>set point manager scheduled idfe+</i> . 132
Figura 5.44	Parámetros objeto <i>set point manager outdoor air reset idfe+</i> . 133
Figura 5.45	Parámetros objeto <i>set point manager follow ground temperature idfe+</i> . 133
Figura 5.46	Parámetros objeto <i>output variable idfe+</i> . 133
Figura 5.47	T ^a real y T ^a simulada obtenidas en la simulación para el periodo invierno. 137
Figura 5.48	Coefficiente de determinación R ² para el periodo invierno. 138

		Página
Figura	5.49 T ^a de Confort y Humedad relativa obtenidas en la simulación para el periodo invierno.	139
Figura	5.50 T ^a real y T ^a simulada obtenidas en la simulación para el periodo verano.	139
Figura	5.51 Coeficiente de determinación R ² para el periodo verano.	140
Figura	5.52 T ^a de Confort y Humedad relativa obtenidas en la simulación para el periodo verano.	140
Figura	5.53 T ^a real y T ^a simulada obtenidas en la simulación para el periodo desfavorable en invierno.	141
Figura	5.54 Coeficiente de determinación R ² para el periodo desfavorable en invierno.	141
Figura	5.55 T ^a real y T ^a simulada obtenidas en la simulación para el periodo desfavorable en verano.	142
Figura	5.56 Coeficiente de determinación R ² para el periodo desfavorable en verano.	142
Figura	5.57 T ^a real y T ^a simulada obtenidas en la simulación para el periodo intermedio anual.	143
Figura	5.58 Coeficiente de determinación R ² para el periodo intermedio anual.	143

Capítulo 6

Figura	6.1 Datos horas de confort obtenidos en la simulación en <i>e+</i> de las distintas fuentes de energía según norma ASHRAE 90.1.	146
Figura	6.2 Parámetros objeto cálculo de la demanda <i>idf e+</i> .	147
Figura	6.3 Datos cálculo de la demanda mediante <i>ideal loads idf e+</i> .	147
Figura	6.4 T ^a de los circuitos de entrada/salida y T ^a ambiente exterior del sistema geotérmico en periodo invierno obtenidos en la simulación en <i>e+</i> .	150
Figura	6.5 T ^a de los circuitos de entrada/salida y T ^a ambiente exterior del sistema geotérmico en periodo verano obtenidos en la simulación en <i>e+</i> .	153
Figura	6.6 T ^a del suelo radiante y T ^a de rocío para día desfavorable verano.	153
Figura	6.7 Datos de temperatura ambiente interior.	155
Figura	6.8 Datos de temperatura de confort obtenidos mediante <i>Dview</i> .	156
Figura	6.9 Esquema proceso de cálculo del consumo de energía.	157
Figura	6.10 Datos de demanda edificio.	157
Figura	6.11 Datos consumos energéticos por tipología de fuente.	158
Tabla	6.12 Datos rendimiento estacional para fuente energía geotérmica.	159
Tabla	6.13 Datos rendimiento estacional para resto de fuentes de energía.	160
Figura	6.14 Esquema de cálculo de emisiones.	161
Tabla	6.15 Coeficientes de paso de energía final.	162
Tabla	6.16 Datos emisiones según edificio de referencia CTE HE 2013.	162

		Página	
Tabla	6.17	Datos emisiones según tipología de fuente de energía.	163
Figura	6.18	Gráfico de emisiones por fuente de energía.	164
Tabla	6.19	Datos costes del kWh generado por tipología de fuente de energía utilizada.	166
Figura	6.20	Gráfico de costes €/kWh por fuente de energía utilizada.	166
Tabla	6.21	Datos inversión inicial en € por tipología de fuente de energía utilizada.	168
Tabla	6.22	Datos de gasto anual en € por tipología de fuente utilizada.	168
Tabla	6.23	Datos de costes anuales en € por tipología de fuente de energía utilizada.	168
Figura	6.24	Gráfico de costes acumulados en € para un periodo de 15 años de todas las fuentes de energía consideradas.	169
Figura	6.25	Datos de ahorros acumulados en € en 20 años de la fuente geotérmica frente al resto de tipologías consideradas.	170

Tablas Capítulo 7

Tabla	7.1	Objetivos de la Tesis.	171
Tabla	7.2	Datos de los modelos de simulación desarrollados.	172

