



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

---

**Análisis y modelado de una  
instalación geotérmica para  
climatización de un conjunto de  
oficinas**

---

**ÍNDICE**

*Autor:*

Félix Ruiz Calvo

*Directores:*

Dr. D. José Miguel Corberán Salvador  
Dra. D<sup>a</sup>. Carla Isabel Montagud Montalvá

Julio de 2015

# Índice general

<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Resum</b>	<b>V</b>
<b>Abstract</b>	<b>VII</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	4
<b>2. Objetivos y metodología</b>	<b>5</b>
2.1. Objetivos del estudio . . . . .	5
2.2. Estructura de la tesis . . . . .	6
2.3. Nomenclatura . . . . .	7
2.3.1. Acrónimos . . . . .	8
2.3.2. Subíndices . . . . .	8
<b>3. Descripción del sistema</b>	<b>10</b>
3.1. Componentes . . . . .	11
3.1.1. Edificio . . . . .	11
3.1.2. <i>Fancoils</i> . . . . .	16
3.1.3. Bombas de circulación . . . . .	19
3.1.4. Depósitos de inercia . . . . .	21

3.1.5.	Tuberías . . . . .	24
3.1.6.	Bomba de calor . . . . .	24
3.1.7.	Intercambiador enterrado . . . . .	28
3.2.	Sistema de adquisición de datos . . . . .	30
<b>4.</b>	<b>Análisis del funcionamiento del sistema</b>	<b>34</b>
4.1.	Procesado y análisis de los datos experimentales . . . . .	35
4.1.1.	Cálculos . . . . .	38
4.2.	Días típicos . . . . .	58
4.3.	Evolución anual . . . . .	74
<b>5.</b>	<b>Modelo detallado en TRNSYS</b>	<b>87</b>
5.1.	Modelo del edificio . . . . .	89
5.2.	<i>Fancoils</i> . . . . .	101
5.3.	Modelo de la bomba de calor . . . . .	108
5.3.1.	Bomba de calor con dos compresores en tándem . . . . .	119
5.4.	Circuito externo . . . . .	123
<b>6.</b>	<b>Modelo del intercambiador enterrado</b>	<b>139</b>
6.1.	Introducción . . . . .	139
6.1.1.	Planteamiento del nuevo modelo . . . . .	142
6.2.	Modelo de la tubería . . . . .	144
6.3.	Modelo B2G . . . . .	149
6.3.1.	Descripción del modelo . . . . .	149
6.3.2.	Cálculo de parámetros . . . . .	151
6.3.3.	Resolución numérica e implementación . . . . .	157
6.4.	Validación del modelo B2G . . . . .	160
6.4.1.	Intercambiador de KTH . . . . .	161
6.4.2.	Intercambiador situado en la UPVLC . . . . .	172
6.5.	Modelo a largo plazo: <i>g-function</i> . . . . .	188

6.5.1. Implementación del modelo <i>g-function</i> . . . . .	192
6.5.2. Programación en TRNSYS . . . . .	196
6.6. Combinación de modelos . . . . .	202
<b>7. Resultados y discusión</b>	<b>220</b>
7.1. Días típicos . . . . .	221
7.2. Evolución anual . . . . .	227
7.3. Extensión de la validación . . . . .	232
7.3.1. Depósito en impulsión . . . . .	232
7.3.2. Bomba de calor con dos compresores en tándem . . . . .	236
<b>8. Conclusiones</b>	<b>244</b>
8.1. Futuras líneas de investigación . . . . .	248
<b>Apéndices</b>	<b>251</b>
<b>A. Características del edificio</b>	<b>251</b>
<b>B. Gráficas de funcionamiento típico</b>	<b>255</b>
B.1. Modo calefacción . . . . .	255
B.1.1. Configuración inicial: bomba simple y depósito en retorno	255
B.1.2. Depósito en impulsión . . . . .	257
B.1.3. Bomba de calor con dos compresores en tándem . . . . .	258
B.2. Modo refrigeración . . . . .	259
B.2.1. Configuración inicial: bomba simple y depósito en retorno	259
B.2.2. Depósito en impulsión . . . . .	261
B.2.3. Bomba de calor con dos compresores en tándem . . . . .	263
<b>C. Código fuente de los <i>types</i> en FORTRAN</b>	<b>264</b>
C.1. Bomba de calor de una etapa de compresión . . . . .	264
C.2. Bomba de calor de dos compresores trabajando en tándem . . . . .	267

C.3. Tubería . . . . .	271
C.4. Modelo B2G . . . . .	274
C.5. <i>g-function</i> . . . . .	278
<b>D. Extensión de la validación del modelo</b>	<b>284</b>
D.1. Abril . . . . .	284
D.2. Julio . . . . .	287
D.3. Octubre . . . . .	290
<b>E. Publicaciones derivadas de la tesis</b>	<b>293</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>295</b>