

Índice de contenidos

Índice de contenidos	v
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xv
Índice de símbolos	xvii
Resumen	xix
Abstract	xxi
1. Introducción	1
1.1. Termogeneradores	1
1.2. Aplicaciones de los termogeneradores	2
1.3. Principio de funcionamiento de los generadores termoeléctricos	3
1.3.1. Figura de mérito y materiales termoeléctricos	4
1.3.2. Dispositivos termoeléctricos clásicos	6
1.3.3. Características de los módulos termoeléctricos	6
1.4. Módulos termoeléctricos comerciales	10
1.5. Termogeneradores comerciales	11
1.6. Problemática y objetivos	13
1.6.1. Metodología y desarrollo del trabajo	14
2. Ensayo y caracterización de módulos termoeléctricos comerciales	17
2.1. Banco de pruebas	17
2.2. Potencia generada en función de la presión	20
2.3. Potencia Generada en función de la resistencia de carga	22
2.4. Resistencia eléctrica interna	25
2.5. Resistencia térmica	27
3. Primer Prototipo de Termogenerador	31
3.1. Introducción	31

3.2.	Diseño propuesto del primer prototipo	32
3.3.	Requerimientos técnicos sobre los componentes	33
3.3.1.	Modulo Termoeléctrico	33
3.3.2.	Colector de calor	34
3.3.3.	Disipador de calor	34
3.3.4.	Ventilador	35
3.3.5.	Electrónica microcontrolada e interfaz con el usuario	35
3.3.6.	Interfaz para la potencia generada	36
3.4.	Selección de los componentes principales	36
3.4.1.	Características de las termopilas y selección.	36
3.4.2.	Características de los disipadores.	38
3.4.3.	Características de los ventiladores	39
3.4.4.	Puntos de operación y selección del conjunto ventilador-disipador	41
3.5.	Modelado térmico completo del sistema	44
3.5.1.	Modelo de resistencias térmicas equivalentes	44
3.5.2.	Modelado del régimen estacionario	49
3.5.3.	Modelado del régimen transitorio de arranque.	56
3.5.4.	Modelado numérico.	62
3.5.5.	Conclusiones del estado transitorio	78
3.6.	Diseño y evaluación del sistema de control	79
3.7.	Construcción del primer prototipo.	86
3.8.	Evaluación experimental y validación del modelo teórico.	87
3.8.1.	Banco de pruebas.	87
3.8.2.	Resultados experimentales.	89
3.9.	Consideraciones finales del primer prototipo.	94
4.	Segundo Prototipo de Termogenerador	97
4.1.	Introducción	97
4.2.	Diseño termo-hidráulico	100
4.2.1.	Estudio de procesos transitorios	103
4.3.	Construcción del segundo prototipo	103
4.4.	Evaluación experimental y validación del modelo teórico	105
4.4.1.	Banco de pruebas	105
4.4.2.	Resultados experimentales	105
4.4.3.	Fotografías térmicas del termogenerador	111
4.5.	Consideraciones finales del segundo prototipo.	112
5.	Tercer Prototipo de Termogenerador	115
5.1.	Introducción.	115

5.2. Diseño propuesto.	116
5.3. Criterios generales y diseño mecánico.	117
5.3.1. Módulos termoeléctricos.	117
5.3.2. Quemador de gas.	117
5.3.3. Diseño mecánico.	119
5.4. Diseño termo-hidráulico del sistema de refrigeración.	122
5.4.1. Diseño de la aislación térmica	124
5.4.2. Diseño mecánico del conjunto termopila ante dilataciones térmicas	129
5.4.3. Diseño de sistemas eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones	131
5.5. Modelado termo-hidráulico	135
5.5.1. Modelado hidráulico del sistema	135
5.5.2. Modelado térmico del sistema	141
5.6. Algoritmo numérico de resolución del modelo termo-hidráulico completo	150
5.7. Resultados numéricos	151
5.8. Desarrollo de la facilidad experimental y prototipo	155
5.9. Evaluación experimental y validación del modelo teórico	156
5.9.1. Fotografías térmicas	159
5.10. Diseño termo-hidráulico de un prototipo mejorado utilizando módulos termoeléctricos de nueva generación.	160
5.10.1. Módulos de segunda generación (260°C).	160
5.10.2. Módulos de tercera generación (320°C).	161
5.10.3. Optimización del intercambiador de calor	163
5.11. Consideraciones finales del tercer prototipo	166
Conclusiones finales y sugerencias para trabajos futuros	171
A. Construcción del primer prototipo de termogenerador	175
A.1. Diseño mecánico.	175
A.2. Diseño electrónico.	176
A.2.1. Componentes electrónicos	179
B. Construcción del tercer prototipo de termogenerador	185
B.1. Diseño mecánico	185
B.2. Diseño electrónico	187
C. Implementación de un sistema SCADA	191
C.1. Introducción	191
C.2. Diseño de la HMI	192
C.3. Protocolo de comunicaciones.	196
C.3.1. Implementación de Modbus en la RTU.	197

C.4. Enlace de comunicaciones.	197
C.4.1. Cálculo de atenuación para el radioenlace.	198
C.4.2. Estación repetidora.	200
D. Cálculo del factor de vista	201
E. Hojas de Datos	205
Bibliografía	211
Agradecimientos	215