Tabla de contenidos

Capítulo 1: Presentación 1
1.1. Objeto del proyecto 1
1.2. Alcance del proyecto 1
1.3. Antecedentes 2
1.4. Justificación 2

Capítulo 2: Introducción a los STC 4
2.1. Sistemas Termosolares de Concentración (STC) 4
2.1.1. Introducción 4
2.1.2. Concentración de la radiación solar 5
2.1.3. Los STC para la generación de energía eléctrica: Centrales Energéticas Termosolares (CETS) 9
2.2. STC de disco parabólico 12
2.2.1. Componentes principales de un DP 13
2.2.2. Balance energético de un STC de disco parabólico 20
2.2.3. Estado actual de la tecnología de disco parabólico 21
2.3. El proyecto EviroDish 22
2.3.1. Contribución local al proyecto EnviroDish: proyecto DISPA - Stirling 23
2.4. El sistema de disco parabólico de la ESI – Sevilla 24
2.4.1. Concentrador solar parabólico 26
2.4.2. Sistema de seguimiento 26
2.4.3. Recibidor 27
2.4.4. Motor Stirling 28
2.4.5. Datos técnicos de la instalación de la ESI – Sevilla 32
2.5. Fuentes consultadas para la elaboración del Capítulo 2 33

Capítulo 3: La aplicación, uso y prestaciones 34
3.1. Contenido de la aplicación 34
3.2. Instalación y puesta en marcha de la aplicación 34
3.3. Presentación de la aplicación 36
3.4. Acceso a datos desde la aplicación 40
3.4.1. Origen de los datos 40
3.4.2. Extracción (lectura) de datos 43
3.4.3. Presentación de los datos extraídos 44
3.4.4. Procesos desencadenados por la extracción de datos 44
3.4.5. Eliminación de los datos extraídos 48
3.5. Representación gráfica 48
3.5.1. Representación gráfica de los datos extraídos 48
3.5.2. Representación gráfica de los datos de la base de datos 51
3.6. La base de datos de la aplicación 52
3.6.1. Presentación de la base de datos de la aplicación 52
3.6.2. Inserción de un registro en la base de datos 53
3.6.3. Eliminación de registros 54
3.6.4. Cálculo de los parámetros de operación por periodos 54

3.7. Generación de informes 59
3.7.1. Contenido de los informes 59
3.7.2. Métodos para generar informes con la aplicación 60
3.7.3. Informes diarios "Por segundo" y "Cada cinco minutos" 61
3.8. Fuentes consultadas para la elaboración del Capítulo 3 64

Capítulo 4: La aplicación a nivel de programación 65
4.1. El lenguaje de programación 65
4.2. Constitución de la aplicación a nivel de programación 66

Capítulo 5: Validación de la aplicación 73
5.1. Informe de operación diario 74
5.2. Informe de operación periódico 91

Capítulo 6: Conclusiones y posible mejoras futuras 110

Índice de figuras

Figura 1: Modelo simplificado de un STC 6
Figura 2: Rendimiento energético de un sistema termosolar en función de la temperatura de operación, tomando como parámetro la razón de concentración 7
Figura 3: Cono de direcciones procedentes del disco solar y reflejado en el receptor 8
Figura 4: Esquema general de una Central Energética Termosolar (CETS) 10
Figura 5: Esquema de un sistema de disco 12
Figura 6: Sistemas de discos parabólicos con concentrador de facetas discretas (izquierda); y concentrador de membrana tensionada (derecha) 14
Figura 7: Receptor de tubo directamente iluminado (arriba) y esquema de receptor de reflujo de tipo tubo de calor (abajo) 17
Figura 8: Esquema de un sistema disco parabólico – turbina de gas con recuperación e hibridación 19
Figura 9: Diagrama de pérdidas y rendimientos en el sistema de disco parabólico EuroDish 21
Figura 10: Esquema del sistema de disco – parabólico ubicado en las inmediaciones de la ESI - Sevilla 25
Figura 11: Imagen de un segmento del concentrador (izquierda) y del concentrador completo (derecha) 26
Figura 12: Imagen de los arcos de movimiento del sistema (izquierda) y de un servomotor (derecha) 27
Figura 13: Imagen del recibidor solar 28
Figura 14: Imagen del conjunto motor Stirling + Alternador (derecha) y vista de la conexión del motor Stirling al recibidor (izquierda) 30
Figura 15: Principio de funcionamiento del motor Stirling básico 31

Figura 16: Diagramas p – v y T – S del ciclo termodinámico descrito por el gas de trabajo en el motor Stirling 32
Tabla 1: Características técnicas del concentrador 32
Tabla 2: Características técnicas del sistema de seguimiento y control 33
Tabla 3: Características técnicas del motor Stirling 33
Figura 17: Pantalla de bienvenida de la aplicación 36
Figura 18: Imagen de la hoja "General" correspondiente al libro de trabajo de la aplicación 37
Figura 19: Imagen de la hoja "Resultado de la Consulta" correspondiente a l libro de trabajo de la aplicación 38
Figura 20: Imagen de la hoja "Base de Datos" correspondiente al libro de trabajo de la aplicación 39
Figura 21: Imagen de la hoja "General – BD" correspondiente al libro de trabajo de la aplicación 40
Tabla 4: Campos mínimos que deben aparecer en la tablas Dishes y Dishes5min de la base de datos 42
Tabla 5: Campos mínimos que deben aparecer en las tablas Site y Site5min de la base de datos 42
Figura 22: Imagen de la pantalla de extracción de datos 43
Figura 23: Imagen del mensaje de solicitud de reducción de series gráficas 46
Figura 24: Imagen del mensaje lanzado por la aplicación solicitando la inserción de un registro en su base de datos propia 47
Figura 25: Imagen del mensaje lanzado por la aplicación por la imposibilidad de insertar un nuevo registro en su base de datos propia 47
Figura 26: Imagen de la pantalla de creación de gráficos 49
Figura 27: Ejemplo de hoja de gráficas creada desde la pantalla de creación de gráficos 50
Figura 28: Ejemplo de hoja de gráfica creada desde la pantalla de creación de gráficos para representar datos contenidos en la base de datos de la aplicación 51
Figura 29: Mensaje de aviso de duplicidad de registro 53
Figura 30: Gráfico característico en valores medidos por segundo 61
Figura 31: Gráfico característico en valores medidos cada cinco minutos 62
Figura 32: Gráfico característico de comparación entre los valores operacionales diarios calculados "Por segundos" y "Cada cinco minutos" 62
Figura 33: Esquema del sistema EuroDish de la ESI – Sevilla (informe diario) 76
Figura 34: Evolución temporal de la irradiancia medida con pirheliómetro y con sensor fotovoltaico 80
Figura 35: Evolución temporal de las temperaturas en el recibidor en el periodo de operación del disco para el día evaluado. 81
Figura 36: Evolución temporal de los rendimientos en el periodo del operación del disco para el día evaluado 82
Figura 37: Evolución temporal de las potencias recibida y generada en el periodo de operación para el día evaluado 83
Figura 38: Comportamiento de la potencia producida con la presión en el motor 84
Figura 39: Evolución temporal de las presiones en el motor y en el tanque de hidrógeno en el periodo de operación del disco para el día evaluado 85

Figura 40: Comportamiento de la potencia producida y el rendimiento neto con la irradiancia recibida por el concentrador en el periodo de operación del sistema para el día evaluado 86
Figura 41: Comportamiento de la potencia producida y el rendimiento neto con la temperatura en la cabeza del recibidor durante el periodo de operación del sistema para el día evaluado 87
Figura 42: Esquema del sistema EuroDish de la ESI – Sevilla (informe periódico) .. 93
Figura 43: Evolución temporal del número de horas de operación y del número de horas de operación potencial en el periodo de evaluación considerado..... 100
Figura 44: Evolución temporal de las energías recibida y producida en el periodo de evaluación considerado..... 101
Figura 45: Evolución temporal de las potencias producidas media y máxima registradas en cada día del periodo de evaluación considerado..... 102
Figura 46: Evolución temporal de los rendimientos registrados para cada día del periodo de evaluación considerado..... 103
Figura 47: Comportamiento de los rendimientos con la energía recibida por el sistema en tiempo de operación para cada día del periodo de evaluación considerado 104
Figura 48: Comportamiento de la energía producida con la energía recibida en tiempo de operación para cada día del periodo de evaluación considerado 105
Figura 49: Evolución gráfica mensual de los parámetros fundamentales del sistema para el periodo de evaluación considerado. Tiempo de operación y rendimientos (arriba); energías y potencia (abajo)..... 106

Índice de tablas

Tabla 1: Características técnicas del concentrador..... 32
Tabla 2: Características técnicas del sistema de seguimiento y control..... 33
Tabla 3: Características técnicas del motor Stirling..... 33
Tabla 4: Campos mínimos que deben aparecer en la tablas Dishes y Dishes5min de la base de datos..... 42
Tabla 5: Campos mínimos que deben aparecer en las tablas Site y Site5min de la base de datos..... 42