

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto / Trabajo Fin de Carrera

**ANÁLISIS E INSTALACIÓN DE UN
GENERADOR TERMOSOLAR DE 25 kW**
(Analysis and installation of a 25 kW thermal solar
generator)

Para acceder al Título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor: Juan F. Peraita Fernández

Julio - 2014

INDICE GENERAL

<u>DOCUMENTO N°1</u> – MEMORIA	1
<u>DOCUMENTO N°2</u> – ANEXOS	52
<u>DOCUMENTO N°3</u> – PLANOS.....	390
<u>DOCUMENTO N°4</u> – PLIEGO DE CONDICIONES	391
<u>DOCUMENTO N°5</u> – ESTADO DE LAS MEDICIONES.....	430
<u>DOCUMENTO N°6</u> – PRESUPUESTO	437
<u>DOCUMENTO N°7</u> – ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD..	460
<u>DOCUMENTO N°8</u> – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL...	514

DOCUMENTO N°1 – MEMORIA

1.1 – OBJETO.....	3
1.2 – ALCANCE	3
1.3 – ANTECEDENTES.....	4
1.4 - NORMAS Y REFERENCIAS	7
1.5 - DEFINICIONES	11
1.6 - REQUISITOS DE DISEÑO	15
1.7 - ANÁLISIS DE SOLUCIONES	15
1.8 - RESULTADOS FINALES.....	34
1.9 – PERMISOS Y LICENCIAS.....	37
1.10 – PLANIFICACIÓN	41
1.11 – RENTABILIDAD ECONOMICA DEL PROYECTO	47
1.12 – ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS	51

DOCUMENTO N°2 – ANEXOS

ANEXO A – ESTADO DEL ARTE:

A.1 – INTRODUCCIÓN.....	56
A.2 - CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y LLUVIA ÁCIDA	58
A.3 - EFECTO INVERNADERO Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	59
A.4 - LA ENERGÍA EN ESPAÑA Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	62
A.5 – ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	65
A.5.1 – Energías renovables.....	65
A.5.1.1 - Energía eólica.....	65
A.5.1.2 - Energía solar	71
A.5.1.2.1 - Energía solar térmica.....	73
A.5.1.2.2 - Central termosolar	76
A.5.1.3 - Energía del mar	81
A.5.1.3.1 - Energía mareomotriz	81
A.5.1.3.2 - Energía de las olas.....	83
A.5.1.3.3 - Energía de las corrientes marinas.....	86
A.5.1.3.4 - Energía térmica y osmótica del mar	87
A.5.1.4 - Energía geotérmica	88
A.5.1.4.1 - Captadores geotérmicos	90
A.5.1.5 – Biomasa.....	91
A.5.1.5.1 - Procesos industriales	93
A.5.1.5.2 - Tipos de biocombustibles	95
A.5.1.6 - Centrales hidroeléctricas	99
A.5.1.6.1 – Funcionamiento	101
A.5.1.6.2 – Elementos.....	106
A.5.2 – Energías no renovables.....	111
A.5.2.1 – Fósil.....	111
A.5.2.1.1 - Central térmica convencional	111
A.5.2.1.1.1 – Definición	111

A.5.2.1.1.2 - Impacto en el medio ambiente.....	113
A.5.2.1.2 - Central de gas de ciclo combinado.....	116
A.5.2.1.2.1 - Definición.....	116
A.5.2.1.2.2 – Funcionamiento	119
A.5.2.1.2.3 - Impacto en el medio ambiente.....	121
A.5.2.1.3 - Central de cogeneración	122
A.5.2.2 – Nuclear	126
A.5.2.2.1 - Energía nuclear en el mundo.....	126
A.5.2.2.2 - Fisión nuclear	127
A.5.2.2.3 - Fusión nuclear.....	129
A.5.2.2.4 - Reactores nucleares.....	133
A.5.2.2.5 - Protección radiológica	143
A.5.2.2.6 - Gestión transporte y almacenamiento	146
A.5.2.2.7 - Impacto en el medio ambiente.....	149

ANEXO B – FUNDAMENTOS FÍSICOS:

B.1 – RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA	153
B.1.1 – Ecuaciones de Maxwell	153
B.1.2 – Ondas planas en un medio continuo e isótropo.....	155
B.1.3 – Velocidad de fase	158
B.1.4 – Velocidad de grupo.....	159
B.1.5 – Vector de Poynting	160
B.1.6 – Formulación cuántica.....	161
B.1.7 – El espectro electromagnético	162
B.2 – RADIACIONES Y MAGNITUDES RADIOMÉTRICAS	165
B.2.1 – Fuentes de radiación	165
B.2.2 – Magnitudes radiométricas.....	166

B.3 – LEYES FUNDAMENTALES DE LA RADIACIÓN	
ELECTROMAGNÉTICA.....	172
B.3.1 – Presión de la radiación	172
B.3.2 – Ley de Stefan y tratamiento de Boltzman.....	173
B.3.3 – Leyes de Wien.....	176
B.3.4 – Tratamiento de Plank.....	179
 B.4 – LA RADIACIÓN SOLAR Y LOS EFECTOS ATMOSFÉRICOS	183
B.4.1 – El sol como fuente de radiación.....	183
B.4.2 – Efectos atmosféricos	185
B.4.2.1 – La dispersión de Rayleigh	186
B.4.2.2 – La dispersión de Mie.....	187
B.4.2.3 – La dispersión no selectiva	188
B.4.3 – Absorción.....	189
B.4.4 – Ventanas atmosféricas	190

ANEXO C – ASTRONOMÍA DE POSICIÓN:

C.1 - INTRODUCCIÓN A LA ASTRONOMÍA.....	194
C.1.1 - Objeto y división de la astronomía	194
C.1.2 - Nociones de cosmografía.....	195
C.1.2.1 - Base observacional.....	195
C.1.2.2 - Definiciones en la esfera terrestre.....	196
C.1.3 - Movimientos en la tierra	201
C.1.3.1 - Traslación y rotación	201
C.1.3.2 - Equinoccios y solsticios.....	202
C.1.3.3 - Signos del zodiaco	205
C.1.4 - Coordenadas geográficas	205
C.1.4.1 - Elementos constituyentes	205
C.1.4.2 - Longitud y latitud	207

C.2 - SISTEMAS DE COORDENADAS	209
C.2.1 - Coordenadas horizontales	209
C.2.2 - Coordenadas ecuatoriales horarias	211
C.2.3 - Coordenadas ecuatoriales absolutas	213
C.2.4 - Coordenadas elípticas.....	214
C.2.5 - Resumen de los sistemas de coordenadas.....	215
 C.3 - LA MEDIDA DEL TIEMPO	217
C.3.1 – Introducción.....	217
C.3.2 - Formas de medir el tiempo.....	218
C.3.2.1 - El tiempo sidéreo.....	218
C.3.2.2 - El tiempo solar.....	220
C.3.2.3 - La hora legal	223
C.3.2.4 - La hora oficial.....	224
C.3.2.5 - El tiempo universal	225
C.3.3 - Formas de medir el tiempo, independientes de la rotación	
Terrestre	225
C.3.3.1 - Tiempo de efemérides.....	226
C.3.3.2 - Tiempo atómico.....	226
C.3.3.3 - Tiempo universal coordinado	226
C.3.3.4 - Tiempo dinámico terrestre.....	227
 C.4 - RELACIONES ENTRE LOS TIPOS DE TIEMPO	
EXPRESIONES DE PASO	228
C.4.1 - Día medio y día sidéreo	228
C.4.2 - Cambios de horas	230
C.4.2.1 - Representación inicial	230
C.4.2.2 - Aplicaciones significativas	231

ANEXO D – CÁLCULOS:

D.1 – CIMENTACIÓN	236
D.1.1 – Introducción.....	236
D.1.2 – Hipótesis 1: Posición mas desfavorable para la nieve	241
D.1.2.1 - Cargas.....	242
D.1.2.1.1 - Cargas permanentes.....	242
D.1.2.1.2 - Cargas variables	243
D.1.2.2 – Armado de la zapata	245
D.1.2.3 – Selección	250
D.1.3 – Hipótesis 2: Posición mas desfavorable para el viento	252
D.1.3.1 – Cargas.....	252
D.1.3.1.1 – Cargas permanentes	252
D.1.3.1.2 – Cargas variables.....	252
D.1.4 – Armado definitivo de la zapata	256
 D.2 – INSTALACIÓN ELECTRICA	257
D.2.1 – Cableado.....	257
D.2.1.1 – Introducción	257
D.2.1.2 – Cableado exterior	257
D.2.1.2.1 – Cálculos justificativos	257
D.2.1.3 – Canalización subterránea.....	259
D.2.1.3.1 – Calculos Justificativos	259
D.2.2 – ACCESORIOS	260
D.2.2.1 – Cálculos Justificativos	260
D.2.3 – PUESTA A TIERRA	261
D.2.3.1 – Datos De Partida	261
D.2.3.2 – Definiciones.....	261
D.2.3.3 – Investigación De Las Características Del Suelo	262
D.2.3.4 – Determinación De Las Corrientes Máximas De Puesta A Tierra Y Tiempo Maximo Correspondiente De Eliminación De Defecto	263
D.2.3.5 – Diseño Preliminar De La Instalación De Tierra.....	264

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

D.2.3.5.1 – Introducción	264
D.2.3.5.1.1 – Tierra De Protección.....	264
D.2.3.5.1.2 – Tierra De Servicio	265
D.2.3.5.2 – Calculos.....	266
D.2.3.5.2.1 – Tierra De Protección.....	266
D.2.3.5.2.2 – Tierra De Servicio	267
D.2.3.6 – Calculo De Las Tensiones En El Exterior De La Instalacion	267
D.2.3.7 – Calculo De Las Tensiones En El Interior De La Instalación	268
D.2.3.8 – Calculo De Las Tensiones Aplicadas	269
D.2.3.9 – Investigación De Tensiones Transferibles Al Exterior.....	271
D.2.3.10 – Corrección Y Ajuste Del Diseño Inicial, Estableciendo Definitivo	271
D.2.3.11 – Revisión De La Toma De Tierras	272
 D.3 – SELECCIÓN DE ELEMENTOS.....	 273
D.3.1 – Introducción	273
D.3.2 – Motor	273
D.3.3 – Receptor	275
D.3.4 – Concentrador.....	276

ANEXO E – ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA:

E.1 – DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	286
 E.2 – COMPONENTES DEL SISTEMA.....	 287
E.2.1 – Concentradores Solares Disco Parabólico	287
E.2.2 – Sistema De Control De Segimiento Del Sol (Tracking).....	292
E.2.3 – Receptor	294

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

E.2.4 – Motores Stirling.....	299
E.2.4.1 – Ciclo Stirling.....	299
E.2.4.2 – Sistema De Refrigeración	301
E.2.4.3 – Controles	301
 E.3 – EFICIENCIA EN CASO REAL	302
E.3.1 – Introducción	302
E.3.2 – Medida De La Energía Del Sistema	305
E.3.3 – Eficiencia De Los Componentes.....	306
 E.4 – CONCLUSIONES.....	307

ANEXO F – POSICIÓN DEL SOL RESPECTO A LA PARCELA:

F.1 – INTRODUCCIÓN.....	311
 F.2 – TRAYECTORIA Y ELEVACIÓN SOLAR	311
F.2.1 – Enero	312
F.2.2 – Febrero	314
F.2.3 – Marzo.....	316
F.2.4 – Abril.....	318
F.2.5 – Mayo.....	320
F.2.6 – Junio	322
F.2.7 – Julio	324
F.2.8 – Agosto.....	326
F.2.9 – Septiembre	328
F.2.10 – Octubre	330
F.2.11 – Noviembre	332
F.2.12 – Diciembre.....	334
F.2.13 – Configuración Final.....	336

ANEXO G – CATÁLOGOS:

G.1 – CONCENTRADORES.....	339
G.2 – RECEPTORES	358
G.3 – MOTORES	370
G.4 – CABLE	381
G.5 – MAGNETOTÉRMICO.....	384
C.6 – INTERRUPTOR DIFERENCIAL.....	386
C.7 – LIMITADOR DE SOBRETENSIÓN	387
G.8 – CASETA.....	388

DOCUMENTO N°3 - PLANOS

- 3.1 – LOCALIZACIÓN DEL GENERADOR
- 3.2 – SITUACIÓN DEL GENERADOR
- 3.3 – EMPLAZAMIENTO DEL GENERADOR
- 3.4 – CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO
- 3.5 – DIAGRAMA UNIFILAR
- 3.6 – PLANO DE LA CASETA
- 3.7 – PLANOS DEL GENERADOR

DOCUMENTO N°4 - PLIEGO DE CONDICIONES

4.1 – PRESCRIPCIONES GENERALES	393
4.1.1 – Omisiones Y Contradicciones	393
4.1.2 – Facultades Del Ingeniero Director	394
4.1.3 – Reclamaciones Del Contratista	395
4.1.4 – Presencia Del Contratista En La Obra	396
4.1.5 – Seguridad En El Trabajo	397
4.2 – PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS GENERALES	398
4.2.1 – Replanteo Y Comprobación Del Replanteo	398
4.2.2 – Procedencia De Los Materiales	399
4.2.3 – Transporte Y Acopio	399
4.2.4 – Recepción Y Prueba De Materiales, Equipos Y Unidades De Obra	400
4.2.5 – Control De Calidad Y Ensayos	400
4.2.6 – Materiales Que No Cumplen Las Condiciones De Este Pliego	401
4.2.7 – Condiciones Generales De Ejecución De Las Obras	401
4.2.8 – Maquinaria Y Medios Auxiliares	402
4.2.9 – Medios Auxiliares	402
4.2.10 – Reconocimiento E Investigación De La Obra Ejecutada	403
4.3 – PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS PARTICULARES	404
4.3.1 – Excavación Para Rasanteo	404
4.3.1.1 – Ejecución	404
4.3.1.2 – Medición Y Abono	405
4.3.2 – Excavación En Zanjas	406
4.3.2.1 – Ejecución	406
4.3.2.2 – Medición Y Abono	407
4.3.3 – Relleno Y Compactación De Zanjas	407

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

4.3.3.1 – Ejecución	408
4.3.3.2 – Medición Y Abono	409
4.3.4 – Obras De Hormigón	410
4.3.4.1 – Definición	410
4.3.4.2 – Materiales	410
4.3.4.3 – Ejecución Y Puesta En Obra.....	414
4.3.4.4 – Compactación Del Hormigón	416
4.3.4.5 – Juntas	417
4.3.4.6 – Curado Del Hormigón	419
4.3.4.7 – Acabado Del Hormigón	421
4.3.4.8 – Hormigonado En Condiciones Climatológicas Desfavorables	422
4.3.4.9 – Control De Calidad Y Ensayos.....	423
4.3.4.10 – Medición Y Abono	424
4.3.5 – Acero Para Armar	425
4.3.5.1 – Definición	425
4.3.5.2 – Materiales	425
4.3.5.3 – Ejecución	426
4.3.5.4 – Medición Y Abono	426
4.3.6 – Instalación Eléctrica	426
4.3.6.1 – Cables Enterrados	427
4.3.7 – Abono De Unidades De Obra No Previstas En El Contrato	429
4.3.8 – Obras Defectuosas Pero Aceptables	429

DOCUMENTO N°5 – ESTADO DE LAS MEDICIONES

5.1 – CAPÍTULO 1 – COMPONENTES	431
5.2 – CAPÍTULO 2 – CIMENTACIÓN	432
5.3 – CAPÍTULO 3 – ELECTRICIDAD	433
5.4 – CAPÍTULO 4 – TOMA DE TIERRA.....	435
5.5 – CAPÍTULO 5 – OPERARIOS Y MÁQUINARIA.....	436

DOCUMENTO N°6 - PRESUPUESTO

6.1 – CUADRO DE PRECIOS N°1	438
6.2 – CUADRO DE PRECIOS N°2	445
6.3 – PRESUPUESTO	448
6.4 – RESUMEN	458

ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

DOCUMENTO N°7 - ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

7.1 – INTRODUCCIÓN	462
7.1.1 - Justificación Del Estudio De Seguridad Y Salud.....	462
7.1.2 – Objeto Del Estudio Básico De Seguridad Y Salud	463
7.1.3 – Datos Del Proyecto De Obra.....	464
7.2 – NORMAS APLICABLES EN LA OBRA	464
7.3 – TRABAJOS POSTERIORES	465
7.4 - OBLIGACIONES DEL PROMOTOR.....	466
7.5 - COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD	466
7.6 - PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	468
7.7 - OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS.....	469
7.7.1 – Obligaciones	469
7.7.2 – Responsabilidades.....	469
7.8 - LIBRO DE INCIDENCIAS	470
7.9 - PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	471
7.10 - DERECHO DE LOS TRABAJADORES	471
7.11 - DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ATENCIÓN MÉDICA.....	472
7.12 - RIESGOS EVITABLES	472
7.13 - OPERACIONES PRINCIPALES QUE COMPRENDE LA OBRA ...	476
7.13.1 – Construcción	476
7.13.2 - Instalaciones Eléctricas	478
7.13.3 - Centrales Generadoras De Energía, Disco Solar	479
7.14 - EQUIPO TECNICO NECERARIO PARA REALIZAR LA OBRA.....	480
7.14.1 – Construcción	480
7.14.2 - Instalaciones Eléctricas	482
7.14.3 - Centrales Generadors De Energía	484
7.15 - DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS Y DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN	485

7.15.1 – Construcción	485
7.15.2 - Instalaciones Eléctricas	498
7.15.3 - Instalaciones Eléctricas. Centrales Generadoras De Energía	506

DOCUMENTO N°8 - ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1 – GENERALIDADES	516
8.2 – EMISIONES DEL CICLO DE VIDA.....	517
8.2.1 – Disco Parabólico	517
8.2.2 – Colector Solar	518
8.2.3 – Torre De Energía	518
8.3 – AHORRO GLOBAL DE EMISIONES DE CO ₂	519
8.4 – CARGAS AMBIENTALES DE LA TECNOLOGÍA SOLAR	
TERMOELÉCTRICA.....	519
8.5 – IMPACTOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	520
8.6 – IMPACTO VISUAL.....	521
8.7 – RUIDO	521
8.8 – USO DEL SUEÑO E IMPACTOS EN LOS ECOSISTEMAS.....	522
8.9 – RECURSOS DE AGUA.....	522
8.10 – RIESGOS LABORALES	523
8.11 – OTROS IMPACTOS	523
8.12 – RESUMEN DE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES	
POTENCIALES.....	524

DOCUMENTO N°1

MEMORIA

ÍNDICE

	Pág.
1.1 – OBJETO.....	3
1.2 – ALCANCE	3
1.3 – ANTECEDENTES.....	4
1.4 - NORMAS Y REFERENCIAS	7
1.5 - DEFINICIONES	11
1.6 - REQUISITOS DE DISEÑO	15
1.7 - ANÁLISIS DE SOLUCIONES	15
1.8 - RESULTADOS FINALES.....	34
1.9 – PERMISOS Y LICENCIAS.....	37
1.10 – PLANIFICACIÓN	41
1.11 – RENTABILIDAD ECONOMICA DEL PROYECTO	47
1.12 – ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS	51

1.1 – OBJETO

El objetivo del presente proyecto es realizar conceptualmente la instalación de un generador termo-solar de 25 kW a través de la tecnología Disco-Stirling, una tecnología que ha visto frenado su desarrollo debido a la crisis económica mundial en la que nos encontramos inmersos en los últimos años.

En capítulos posteriores hablaremos de cómo esta crisis ha paralizado numerosos proyectos ambiciosos en algunos lugares estratégicos del planeta como lo es California, donde incluso ya habían comenzado las obras para construir una central de 300 MW con esta tecnología.

Las condiciones climatológicas en nuestro país, hacen que la mitad Sur de la península Ibérica sea un lugar idóneo para la instalación y prueba de esta tecnología, por ello se ha seleccionado el Parque Tecnológico Aeroespacial de Andalucía, en Sevilla, como lugar para instalar este generador. Aquí disponemos de una parcela contigua a la subestación eléctrica de Iberdrola, haciendo que la instalación sea mucho mas sencilla.

Toda la energía producida se venderá a la red de Iberdrola.

Se instalará una unidad, a modo de prueba, pero la gran característica de esta tecnología es su modularidad, pudiendo adherir a la red posteriormente tantos generadores como deseemos.

1.2- ALCANCE

El alcance del presente proyecto será el desarrollo de la Ingeniería Básica, en la que se realizará:

- Desarrollo de la ingeniería del proceso:
 - Análisis y selección de alternativas.
 - Diseño y cálculo del generador, concretando sus especificaciones.
- Estudio solar de Sevilla.
- Análisis de generadores similares ya instalados y en fase de pruebas.
- Estimación de las necesidades para su instalación.
- Evaluación económica.
- Estudio de las condiciones de seguridad y salud durante la fase de ejecución de las obras y durante el funcionamiento del generador.
- Realización de un modelo en tres dimensiones mediante el software "AutoCAD".

1.3 – ANTECEDENTES

La tecnología de los sistemas disco-motor es la más antigua de las tecnologías solares y se remonta a 1800, cuando varias empresas demostraron la posibilidad de desarrollar sistemas solares basados en los ciclos de Rankine y de Stirling. La tecnología moderna fue desarrollada en la década de 1970 y a principios de 1980 por las compañías United Stirling AB,

Advanco Corporation, McDonnell Douglas Aerospace Corporation (MDA), NASA's Jet Propulsion Laboratory, y el DOE. Esta tecnología se basaba en la utilización de tubos de iluminación directa y en pesadas estructuras de elevado coste.

En las últimas décadas, los sistemas disco parabólico han evolucionado tanto en Europa como en EE.UU. hacia la construcción de unidades autónomas conectadas a motores Stirling situados en el foco, con potencias de 7-25 kW. Los sistemas disco Stirling presentan una alta eficiencia en la conversión de la radiación solar en energía eléctrica, entre 25-30%, en condiciones nominales de operación. Además, se pueden conseguir relaciones de concentración superiores a 3.000, lo que permite alcanzar temperaturas entre 650 y 800°C y eficiencias nominales en los motores Stirling entre 30-40%.

La experiencia operacional con sistemas disco Stirling se circunscribe a unas pocas unidades ensayadas fundamentalmente en EE.UU., Europa y Australia, y, aquí en España en la Plataforma Solar de Almería. La primera generación de discos estuvo formada por configuraciones faceteadas de vidrio/metal, que se caracterizaron por unas altas concentraciones ($C=3.000$) y excelentes resultados, pero a precios muy elevados (estimaciones por encima de 300 Euro/m² para grandes producciones) y estructuras muy pesadas. El disco Vanguard fue operado en Rancho Mairage (California) en el desierto de Mojave durante un periodo de 18 meses (Febrero 1984-Julio 1985) y llevaba un motor/generador de 25 kW de United Stirling AB. El gas de trabajo era hidrógeno y la temperatura de 720°C. Posteriormente, entre 1984-1988, McDonnell Douglas desarrolló un disco con la misma tecnología pero con algunas mejoras. Se construyeron seis unidades de 25 kW que operaron varias compañías eléctricas. Transferida a Boeing, la licencia de la tecnología la posee el consorcio SES, que desde 1988 está relanzando su aplicación con la denominación de disco SES/Boeing. El nuevo prototipo ha acumulado más de 8.000 horas de operación.

A principios de 2006, se aprobó en California el proyecto Stirling Energy Systems of Arizona 2 (SES 2). Este proyecto podría tratarse de la primera instalación de envergadura de discos Stirling en el mundo. La planta de 300 MW y un total de 12000 discos reflectores con receptores de hidrógeno, se ubicará en el desierto de Imperial Valley. Cabe esperar que este proyecto marque el despegue del mercado para las turbinas Stirling. Además, hay que reseñar otros desarrollos en EE.UU. involucrando a empresas como LaJet, Solar Kinetics, SAIC, Acurex y WG.

En Europa, los principales desarrollos se han llevado a cabo por empresas alemanas (Steinmüller; SBP y SOLO Kleinmotoren). Éstas desarrollaron seis unidades de 9-10 kW, tres de ellas ensayadas en la Plataforma Solar de Almería, con más de 30.000 horas de operación. Se trata de sistemas que conllevan una significativa reducción de costes, aunque a cambio de menores rendimientos. El motor trabaja con helio a 630°C y presenta rendimientos del 20 %, sensiblemente inferior a los planteados por Boeing/SES. El proyecto europeo EURODISH (1998-2001), con participación de empresas españolas (Inabensa, CIEMAT-PSA), mejoró los prototipos anteriores (rediseño del concentrador y motor, revisión y simplificación del sistema de seguimiento y control, utilización de hidrógeno como fluido termoportador, etc.). Se construyeron tres unidades EURODISH ensayadas en Vellore (India), Milán (Italia) y la Plataforma Solar de Almería. Posteriormente, el proyecto alemán ENVIRODISH (2002-2005), además de incorporar mejoras de los componentes del prototipo EURODISH, comenzó a preparar su introducción en el mercado. Así, en el año 2004 se construyeron tres unidades de referencia en Odeillo (Francia), Sevilla y Würzburg (Alemania). La potencia generada por las dos últimas se vende a tarifa de las redes eléctricas española y alemana.

En Australia, ya en el año 1978, el *Energy Research Center* (ERC) de la Universidad de Cambera construyó en White Cliffs una de las primeras centrales termoeléctricas del mundo, constituida por 14 discos parabólicos

de 20 m² que funcionaron durante varios años. *Solar Systems* convirtió la planta termoeléctrica en fotovoltaica. Posteriormente, ERC construyó y ensayó un disco parabólico de 400 m² y 50 kW. *Solar Systems* también ha construido desde entonces varios prototipos de discos parabólicos.

Los logros que se están alcanzando (hibridación, optimización de procedimientos de arranque y control, etc.) hacen prever unos costes de generación inferiores a 0.12-0.17 Euro/kWh a corto plazo. No obstante, pese al enorme potencial a largo plazo de esta tecnología, debido a sus elevadas eficiencias y su modularidad, la limitación en cuanto a su potencia unitaria (inferior a 25 kW) obstaculiza muchas aplicaciones que pretenden la producción eléctrica a gran escala. Así, tienen su aplicación más obvia en la producción de electricidad para autoconsumo en lugares aislados donde no llegue la red eléctrica (bombeo de agua en pozos, suministro de electricidad a núcleos de viviendas rurales, etc.), donde cabe esperar que puedan competir con sistemas ya comerciales como los fotovoltaicos o los generadores diesel.

1.4 - NORMAS Y REFERENCIAS

1.4.1 - NORMATIVA

- EHE 08

- Instrucción de hormigón estructural

-UNE 157601

- Criterios generales para la elaboración de proyectos de actividades.

-UNE-EN ISO 10628

- Diagrama de flujo de plantas de proceso.

-UNE 1032

- Dibujos técnicos. Principios generales de representación.

-UNE 1-154-95

- Dibujos técnicos. Instalaciones. Símbolos gráficos para sistemas de control automático.

-UNE 157001

- Criterios generales de elaboración de proyectos.

-UNE 1-096-83

- Funciones e instrumentación para la medida y regulación de los procesos industriales.

-UNE 1032

- Dibujos técnicos. Principios generales de representación.

1.4.4 – BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de asignaturas

- “Metodología del Proyecto”.
- “Gestión y Organización del proyecto”.
- “Tecnología Eléctrica”.
- “Tecnología Energética”
- “Ingeniería Térmica y de fluidos”

- “Física III”.
- “Electrotécnia” y “Ampliación de Electrotécnia”.

Proyectos consultados:

- “Análisis de un sistema de disco parabólico con motor Stirling” de LOSADA SAN JOSÉ, CARLOS. Universidad Carlos III de Madrid.
- “Estudio Económico y Termoeconómico del Disco Solar Stirling EuroDish” de GONZALEZ OSTOS, MARCOS. Universidad de Sevilla.
- “Generación de Energía con Disco Parabólico – Stirling” de ZABALZA, GUSTAVO.
- “Análisis de la tecnología de concentración solar mediante colectores cilindro parabólicos para la generación eléctrica” de CIRIA REPARÁZ, IGNACIO. Universidad de Zaragoza.
- “Diseño de captador solar cilíndrico parabólico para aplicaciones rurales en Paraguay” de PAREDES VESCO, CARMEN.
- “Instalación de planta Termosolar de 3 kW en Togo” de CANSECO PORRO, DIANA. Universidad de Cantabria.
- “Instalación de un generador termosolar de 25 kW” de UBIERNA GARCIA, MARTA. Universidad de Cantabria.
- “Estudio Teórico y experimental de collector solar parabólico para generación de energía eléctrica” de QUINTEROS GRIJALVA, JORGE. Universidad de Chile.

Páginas web consultadas:

- [http://www.energy.ca.gov/sitingcases/calicosolar/documents/staff assessment.](http://www.energy.ca.gov/sitingcases/calicosolar/documents/staff%20assessment.pdf)
- www.wisegeek.com/what-is-a-dish-stirling-system.htm
- www.unitedsunsystems.com/
- www.qnergy.com/solar-stirling-engine
- www.ripassoenergy.com/evolution.html
- www.estelasolar.eu/index.php?id=28
- www.psa.es/webesp/instalaciones/discos.php
- www.abengoa.es/htmlsites/boletines/es/febrero2008/solar.html
- [http://www.ctaer.com/es/areas-de-investigacion/solar/proyectos/ disco-stirling-solardis](http://www.ctaer.com/es/areas-de-investigacion/solar/proyectos/discos-stirling-solardis)
- [http://www.bing.com/images/search?q=suncatcher+soalr+dish&form =QBIR&qs=n#view=detail&id=EC6C05A1CE99F7F40351FB6718307 B5267283300&selectedIndex=18](http://www.bing.com/images/search?q=suncatcher+soalr+dish&form=QBIR&qs=n#view=detail&id=EC6C05A1CE99F7F40351FB6718307B5267283300&selectedIndex=18)
- <http://www.youtube.com/watch?v=Ur7TaijsLxM>

1.4.3 – SOFTWARE EMPLEADO

- Microsoft Word.
- Microsoft Excel.
- Microsoft PowerPoint.
- AutoCAD.
- SketchUP.
- Adobe Photoshop.
- Google Maps.
- Maps by Apple.
- SunEarthTools.

1.5 – DEFINICIONES

A continuación se entrega una lista de definiciones teóricas utilizadas a lo largo del proyecto:

- **Zenit:** Es la línea perpendicular al plano horizontal en el punto del observador.
- **Masa de Aire (m):** Es la razón entre el grosor óptico de la atmósfera que debe atravesar el haz de luz en un momento dado con respecto al grosor óptico si el sol estuviera en el zenit. Por lo

anterior, $m = 1$ cuando el sol está en el zenit.

- **Radiación Directa:** Es la radiación solar recibida directamente desde el sol, sin sufrir scattering en la atmósfera o reflexión en objetos cercanos. Tiene unidades de W/m^2 .
- **Radiación Difusa:** Es la radiación solar recibida desde el sol después que su dirección ha sido cambiada por scattering en la atmósfera o por reflexión en objetos cercanos. Tiene unidades de W/m^2 .
- **Radiación Total:** Corresponde a la suma de la radiación directa y la radiación difusa.
- **Ángulo zenit (θ):** Es el ángulo subtendido entre la línea zenith y la línea de vista del sol.
- **Latitud (φ):** La posición angular con respecto al Ecuador. $-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$.
- **Declinación (δ):** La posición angular del sol a mediodía con respecto al plano del Ecuador. El norte es positivo. $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$. **Inclinación (β):** El ángulo entre la superficie de interés y el plano horizontal. $0 \leq \beta \leq 180^\circ$.
- **Angulo de azimuth del sol (γ_s):** Es el ángulo formado por la proyección en el plano horizontal del rayo solar. Este ángulo tiene valor cero cuando la proyección apunta al norte, valor positivo cuando apunta hacia el oeste y valor negativo cuando apunta al este. $-180^\circ \leq \gamma_s \leq 180^\circ$.

- **Ángulo de azimuth de la superficie (γ):** Es el ángulo de desviación de la proyección en el plano horizontal de la normal a la superficie con respecto al meridiano local. Este ángulo tiene valor cero cuando la proyección apunta al norte, valor positivo cuando apunta hacia el oeste y valor negativo cuando apunta al este. $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$.
- **Ángulo de hora solar (ω):** Es el desplazamiento angular Este u Oeste del sol con respecto al meridiano local debido a la rotación de la tierra en su eje a 15° por hora. Se toma como referencia ($\omega = 0$) el mediodía, y se calcula como $15 \cdot N^\circ$ horas a mediodía. En la mañana, este ángulo es negativo y en la tarde, positivo.
- **Ángulo de incidencia (θ_i):** Es el ángulo entre el haz de radiación directa en una superficie y la normal a esa superficie. Los ángulos de zenit, inclinación, azimuth solar y azimuth de la superficie se pueden observar en la siguiente figura:

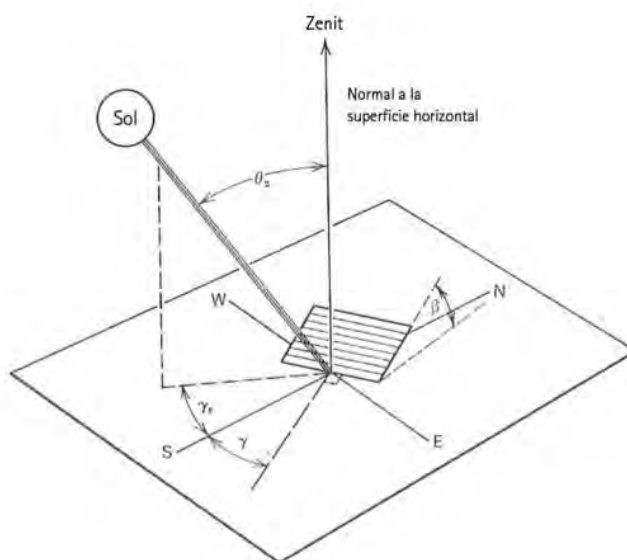


Figura 1.1 – Ángulos del Sol respecto de una superficie horizontal

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Posteriormente se realizará una aclaración acerca de las abreviaturas que se puedan encontrar en el presupuesto económico.

A	Área
BC	Coste Base de los Equipos
BDI	Beneficios después de Impuestos
C	Coste
CI	Índice de Costes
COM	Costes de Explotación
C _{OL}	Coste de la mano de Obra
C _{RM}	Coste de Materias Primas
C _{UT}	Coste de Servicios
D	Diámetro
FCI	Capital Total Fijo
FG	Fondos Generados
L	Longitud
PRC	Periodo de recuperación de capital
TIR	Tasa interna de retorno

VAN	Valor actual neto
r	Tasa de interés
UF	Factor de actualización del dinero
V	Volumen
ρ	Densidad

1.6 - REQUISITOS DE DISEÑO

Para la finalización del proyecto no se considera necesario una valoración económica positiva, ya que es un proyecto con fines académicos, no obstante, se tratará de optimizar todos los procesos y se tratará de encontrar las mejores soluciones de manera que se minimice la inversión y se maximicen los beneficios del proyecto.

Como requisitos se encontrarán únicamente las condiciones climáticas, donde en documentos posteriores, se analizarán y se confirmará que la instalación de este generador en la localización antes citada, no solo es posible, sino que además es viable y óptima.

1.7 - ANÁLISIS DE SOLUCIONES

1.7.1 – ESTADO DEL ARTE

La sociedad actual demanda más energía eléctrica cada día, mientras que los recursos necesarios para producirla disminuyen, con su consiguiente

aumento de precio. Todo ello, nos lleva al estudio de nuevas posibilidades de obtención de energía, como son las renovables.

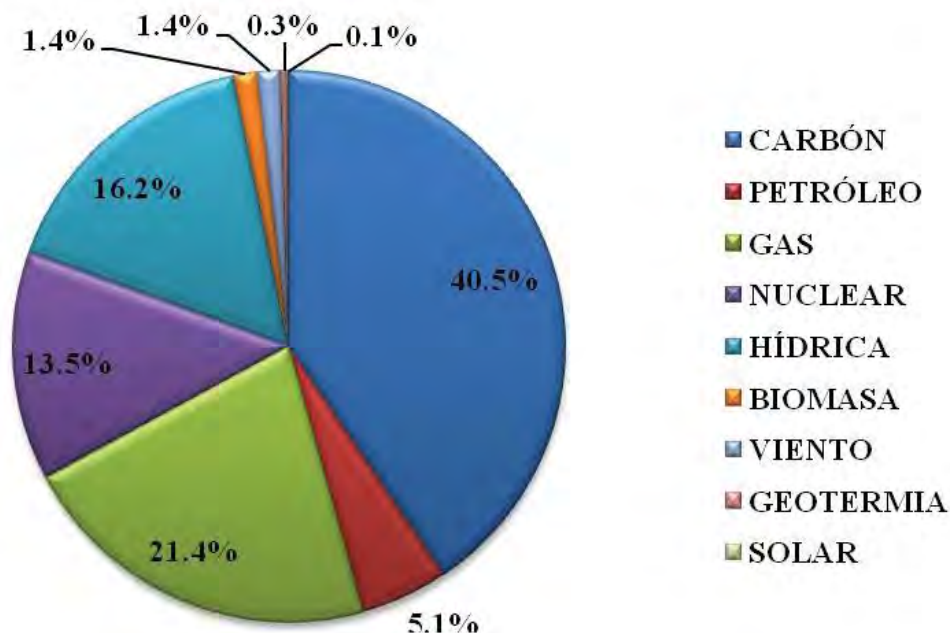


Figura 1.2 – Demanda de Energía por tipo de combustible

Como podemos observar en la gráfica, la mayor parte de la energía que consumimos procede del petróleo, del carbón o del gas natural, y sólo un porcentaje muy bajo de la energía que utilizamos procede de una fuente de energía renovable. Por ejemplo, si el carbón se agotase, un 35% de la población se quedaría sin energía. La solución radica como hemos señalado anteriormente, en emplear energías renovables cuyo abastecimiento se genere de forma natural: energía solar, eólica, etc.

Por ejemplo, en nuestro país, el consumo energético es el siguiente (datos obtenidos de *Secretaría General de Energía / INE*):

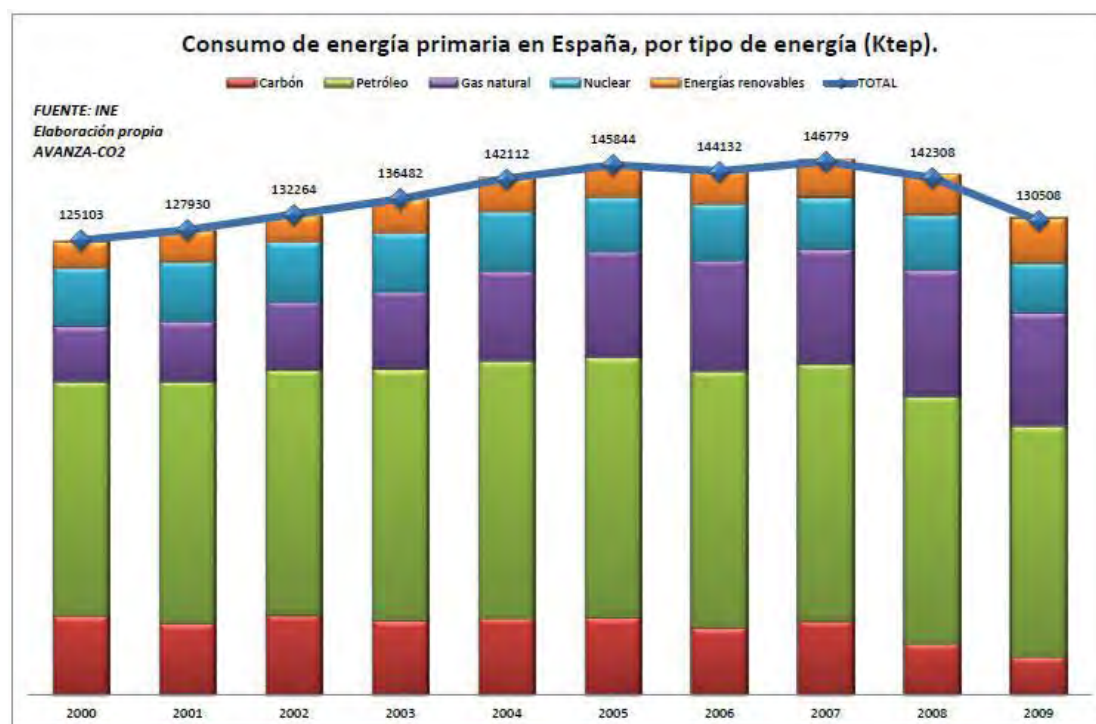


Figura 1.3 – Consumo de Energía primaria en España

Aunque puede parecer un poco desalentador, el objetivo para el 2035 es que las energías renovables aumenten un poco su participación en contra del petróleo. Se puede pensar que este incremento es muy discreto comparado con los demás valores, pero actualmente el rendimiento (el capital que tenemos que invertir para extraer energía a través de ellas) que se saca de las energías renovables no es tan alto como para poder depender de ellas exclusivamente.

En el pasado, las energías renovables han sido en general más caras de producir y usar que los combustibles fósiles. Además de otros factores, los recursos renovables se encuentran a menudo en zonas remotas, y es caro construir líneas de energía a las ciudades donde se necesita la electricidad que producen. El uso de fuentes renovables está también limitado por el hecho de que no siempre están disponibles – los días nublados reducen la energía solar, los días de calma reduce la potencia del viento y la sequía reduce el agua disponible para la energía hidroeléctrica.

La producción y el uso de combustibles renovables ha crecido más rápidamente en los últimos años como consecuencia del aumento de los precios del petróleo y el gas natural, y una serie de incentivos del Gobierno, en concreto las famosas primas del Plan de Energías Renovables 2005 – 2010 (PER). El uso de combustibles renovables se espera que continúe creciendo en los próximos 30 años, aunque seguirán dependiendo de los combustibles no renovables para satisfacer la mayor parte de nuestras necesidades energéticas.

Algunos de los datos más relevantes acerca de la utilización de energías renovables alrededor del mundo recogido en la página de Popular Science son:

- En Francia, el 75% de la electricidad se genera en centrales nucleares. Un porcentaje muy alto, si lo comparamos, por ejemplo con Estados Unidos, donde este valor es de un 20%.
- En Alemania, país del mundo donde más biodiesel se utiliza, se consumieron 126 millones de galones de este tipo de combustible.
- En Ámsterdam, el porcentaje de energía consumida en desplazamientos, se produce por medio del movimiento de los pedales de las personas que montan en bicicleta para moverse por la ciudad.
- En el año 2020, Suecia quiere dejar de depender del petróleo.
- En Islandia, el 93% de los hogares se calientan por medio de energía geotérmica.
- En Egipto, aproximadamente 40 mil casas (unos 127 MW de consumo) reciben electricidad a través de la nueva central híbrida

solar/térmica.

Un buen ejemplo a seguir es Escocia, que se impuso la meta de contar exclusivamente con Energías Renovables no Convencionales (ERNC) para 2025. Acercándose a ese objetivo, esperan que en 2020 sus energías renovables provengan en un 80% de Fuentes sostenibles y ya en 2009 habían avanzado hasta el 27%. Estas metas no se las ha impuesto nadie, ni el Protocolo de Tokio ni la Unión Europea. Ésta última hizo un llamado a los países del Viejo continente para que en 2020 un 20% de su electricidad proceda de Fuentes renovables, pero los escoceses decidieron ponerse la meta del 80% para 2020; además, tiene el objetivo de reducir en un 42% la emisión de gases de efecto invernadero para la misma fecha.

En los países menos desarrollados el uso de las energías renovables podría suponer una buena oportunidad para el crecimiento económico y el desarrollo social. Además, los llamados países subdesarrollados, generalmente poseen los recursos naturales que les pueden autoabastecer energéticamente, siendo la energía solar su principal riqueza. De sus terrenos baldíos se podría obtener un buen rendimiento, implantando en ellos auténticas centrales de potencia de energía solar, para su transformación en electricidad dadas las elevadas cotas de insolación. Actualmente, estos recursos no son aprovechados, pero es posible que en el futuro opten por este tipo de energía y mejoren así su calidad de vida y alcanzan el nivel de desarrollo que precisan.

La transferencia tecnológica por parte de los países desarrollados hacia los subdesarrollados es considerada uno de los pilares para ayudar a los países pobres atrasados económicamente y tecnológicamente a todo nivel, incluso el energético. Esta transferencia tecnológica permite a los países subdesarrollados incorporar nuevas tecnologías y conocimientos para solucionar problemas sociales, ambientales y económicos.

La cooperación existe pero no es suficiente en la mayoría de los campos en

particular en el desarrollo de las fuentes de energía renovables. Son más las alianzas y acciones que realizan ONGS en cuanto a promoción y apoyo técnico, acercamiento de tecnología que por parte de estados en energías renovables que las realizadas por los estados. Se debería incrementar los acuerdos entre países ricos y países pobres ya que estos mismo se replica con respecto a las energías renovables. Para de este modo lograr una mejor inserción internacional a través del desarrollo económico y de potenciar su economía lo cual es imposible si falta energía.

Otro aspecto a tener en cuenta es que en los países subdesarrollados hay mayor cantidad de población rural la cual no tiene acceso a servicios básicos como electricidad, gas o agua corriente lo que genera poco desarrollo local.

Es un lazo retroalimentado como son pobres no pueden acceder a fuentes de energía y esto los condena a seguir en estado de pobreza ya que no se pueden desarrollar actividades económicas sin estos recursos. Para estas situaciones la transferencia de tecnología solar, eólica, biomasa, geotérmica entre otros pueden ser una gran solución.

La energía es indispensable tanto para comunidades como para países por lo que se necesita que los países ricos ayuden a los más pobres en implementar y explotar los recursos energéticos que tienen en sus territorios. Lograr gestionar estrategias energéticas comunes entre los diferentes sectores sociales dentro y fuera de los países son acciones básicas para reducir la contaminación, además de alcanzar mayores niveles de acceso a la población a la electricidad, gas y otros tipos de energía así como mejorar la calidad de vida de millones de personas.

Las perspectivas de futuro son optimistas. La mayoría de expertos de diferentes campos de estudio prevén que el crecimiento de las energías renovables continúe posiblemente hasta convertirse en la única fuente de

energía.

1.7.2 – ENERGÍA SOLAR

1.7.2.1 – GENERALIDADES

La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo desde su concepción. En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que puede hacer considerables contribuciones a resolver algunos de los más urgentes problemas que afronta la Humanidad.

La energía solar presenta las siguientes ventajas e inconvenientes:

Ventajas	Inconvenientes
Escaso Impacto Ambiental.	Precisa de sistemas de acumulación de energía si se quiere aprovechar la energía en el period nocturna.
No produce residuos perjudiciales para el media ambiente.	
Distribuida por todo el mundo.	
Mantenimiento sencillo	Puede afectar a los ecosistemas por la extension ocupada por los paneles solares.
Costes de mantenimiento bajos	

No hay dependencia de las compañías suministradoras.	Impacto visual negativo

Tabla 1.1 – Ventajas e inconvenientes de la energía solar

1.7.2.2 – ALTERNATIVAS

La energía solar es una de las energías renovables con mayores posibilidades. Necesita de sistemas de captación y de almacenamiento y aprovecha la radiación del Sol de maneras diferentes:

- Utilización directa: Incorporación de acristalamientos y elementos con capacidad de absorción de energía térmica (**energía solar térmica pasiva**).
- Transformación en calor: Aprovechamiento de la radiación solar para calentar fluidos que circular por el interior de captadores solares térmicos (**energía solar térmica**).Aplicaciones: agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas,...
- Transformación en electricidad: Transformación de la radiación solar en electricidad por medio de células fotovoltaicas integrantes de módulos solares (**energía solar fotovoltaica**). A grandes rasgos, la energía solar puede dividirse en dos tipos: la solar fotovoltaica que se encarga de transformar directamente la radiación en electricidad gracias al efecto fotovoltaico y la solar térmica que utiliza la capacidad directa de calentamiento del sol.

La energía solar termoeléctrica agrupa un conjunto de tecnologías diferenciadas que se caracterizan por realizar concentración solar con el fin de alcanzar temperaturas que permitan la generación eléctrica. Su aplicación puede llegar a constituir una forma de generación de energía

competitiva y con las ventajas que corresponde a una fuente renovable y respetuosa con el medio ambiente.

Se trata por tanto de una tecnología que actualmente se encuentra en los inicios de un posible desarrollo comercial, y en la cual España cuenta con unas favorables condiciones de partida debido a la importante trayectoria tecnológica que se ha llevado a cabo mediante proyectos de investigación y desarrollo y a los recursos disponibles.

También cabe destacar el apoyo vía prima disponible y la presencia de empresas interesadas en el desarrollo tecnológico del sector y la promoción de proyectos

En el contexto internacional se vienen llevando a cabo desde distintos estamentos iniciativas para conseguir el lanzamiento de la energía solar termoeléctrica. Entre ellos se encuentra la iniciativa de Mercado Global (GMI) cuya finalidad es conseguir que en el año 2014 existan en el mundo plantas que totalicen 5.000 MW.

La energía solar termoeléctrica puede ser una de las tecnologías que se vea más favorecidas por la búsqueda global de soluciones energéticas limpias, fruto de acuerdos internacionales para el desarrollo acelerado de tecnologías limpias sobre todo en cuanto a emisiones de dióxido de carbono.

En este contexto, es una opción que está empezando a ser considerada por importantes actores en el campo de las inversiones energéticas en los países en vías de desarrollo como son el Banco Europeo de Inversiones (EIB), el Global Environment Facility (GEF) del Banco Mundial, etc.

Alternativas

En función del rango de aprovechamiento térmico, se distinguen tres tipos de energía solar térmica: de baja, media y alta temperatura.

- La energía solar térmica de baja temperatura se aplica cuando las temperaturas no son superiores a 80°C, tal es el caso de la obtención de agua caliente sanitaria y la de agua o aire caliente para calefacción de viviendas.
- La de media temperatura, con temperaturas entre 80°C y 250°C, es la empleada en la producción de vapor para procesos industriales, producción de energía eléctrica a pequeña escala, detoxificación solar (descontaminación de gases y aguas residuales), desalación de agua de mar y refrigeración por absorción (compresores térmicos).
- Finalmente, la de alta temperatura es la que se utiliza cuando se requieren temperaturas superiores a 250°C, aplicándose, fundamentalmente, para la producción de electricidad a gran escala. No obstante, en este rango se contemplan otros usos como por ejemplo la síntesis y/o tratamiento superficial de materiales en hornos solares, producción de hidrógeno y otros combustibles solares (bioetanol, biodiesel, etc.) e, incluso, experimentos astrofísicos.

Los colectores solares térmicos son los dispositivos empleados para captar la radiación solar y transmitírsela a un fluido termoportador para su posterior aprovechamiento. Se dividen en dos grandes grupos:

- Colectores solares sin concentración: No superan los 80°C, aproximadamente², por lo que se utilizan en las aplicaciones de la energía solar térmica de baja temperatura. Se caracterizan por no poseer sistemas de concentración, por lo que la relación entre la

superficie del colector y la superficie de absorción es prácticamente la unidad.

- **Colectores solares de concentración:** Haciendo uso de los métodos de concentración con elementos ópticos (lentes y espejos), estos dispositivos, de diseño más complejo, son capaces de captar y concentrarla radiación solar, consiguiendo elevar la temperatura del fluido termoportador por encima de 80°C. Se aplican en el campo de la energía solar térmica de media y alta temperatura. La principal complicación que presentan es la necesidad de un sistema de seguimiento para conseguir que el colector esté permanentemente orientado en dirección al sol.

Dado que nuestro objetivo es la producción de electricidad, nos centraremos en los colectores solares de concentración y en el estudio de sus diferentes tipos.

Colectores Solares de Concentración

Los sistemas termosolares de concentración son, de forma general, sistemas de aprovechamiento de la energía solar de media y alta temperaturas basados en la concentración de la radiación directa. Su aplicación más común es la generación de electricidad. Estos sistemas de generación se denominan centrales energéticas termosolares (CET). Conceptualmente, una CET se compone de un sistema colector, un sistema receptor y un sistema de conversión de potencia, pudiendo además incluir un sistema de almacenamiento térmico y un sistema de combustible fósil.

La función del colector, como ya se ha señalado, es captar y concentrar la radiación sobre el receptor, donde la energía radiante se convierte en energía térmica (normalmente en forma del aumento de entalpía de un fluido) que, finalmente, se convierte en energía eléctrica en el sistema de

conversión de potencia. La existencia de almacenamiento térmico permite a la central operar en períodos de ausencia de radiación solar. El colector y el receptor son específicos de cada CET, constituyendo lo que habitualmente se denomina campo solar, mientras que los sistemas de almacenamiento térmico y conversión de potencia pueden considerarse convencionales.

La radiación solar de una CET puede complementarse con el aporte energético de un combustible fósil, dando lugar a las centrales conocidas como híbridas. El grado de hibridación puede ser muy variable: desde plantas que sólo recurren al combustible fósil para eliminar o reducir al mínimo imprescindible el almacenamiento térmico y cuya función principal es absorber los transitorios producidos por variaciones más o menos bruscas de la radiación solar y garantizar la producción de acuerdo con la estrategia de operación establecida, hasta ciclos combinados convencionales apoyados por energía solar, en los que el aporte de esta última fuente energética está entre el 10 % y el 20 % de la producción.

Se distinguen tres tipos de sistemas de concentración solar térmica:

- Colectores cilindro-parabólicos



Figura 1.4 – Colector cilindro-parabólico

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

- Sistemas de receptor central/ centrales de torre

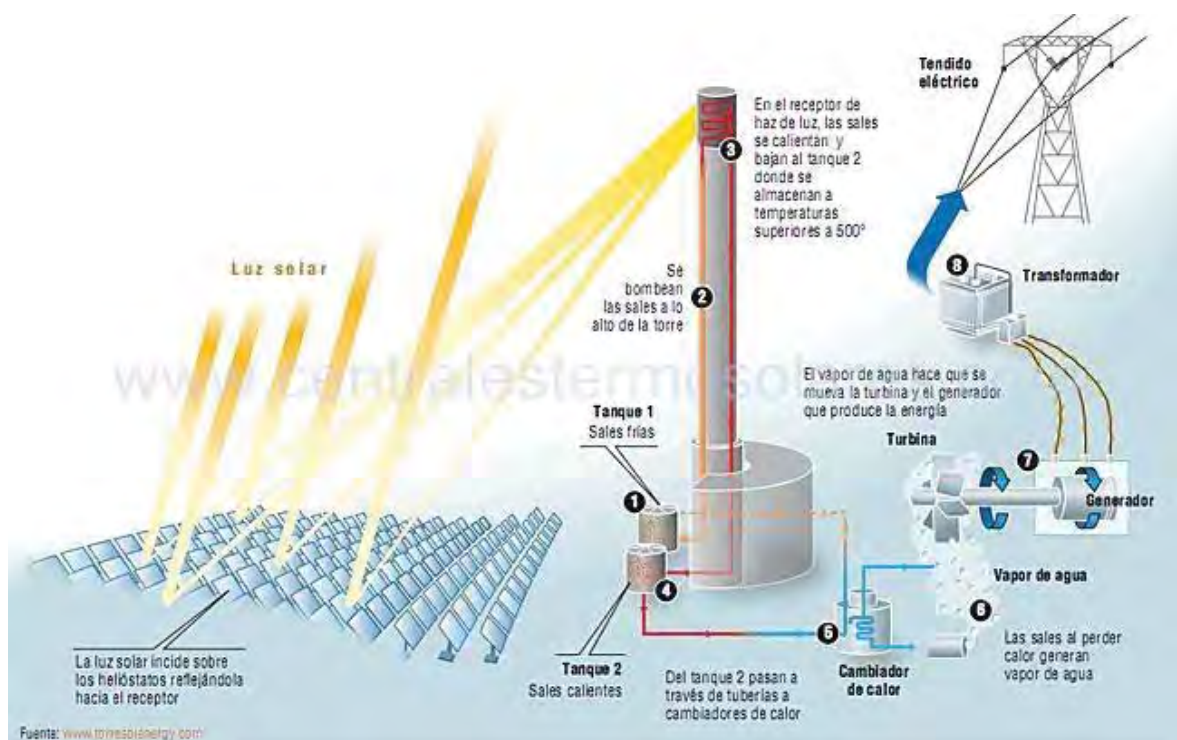


Figura 1.5 – Central termo-solar de torre central

- Discos parabólicos

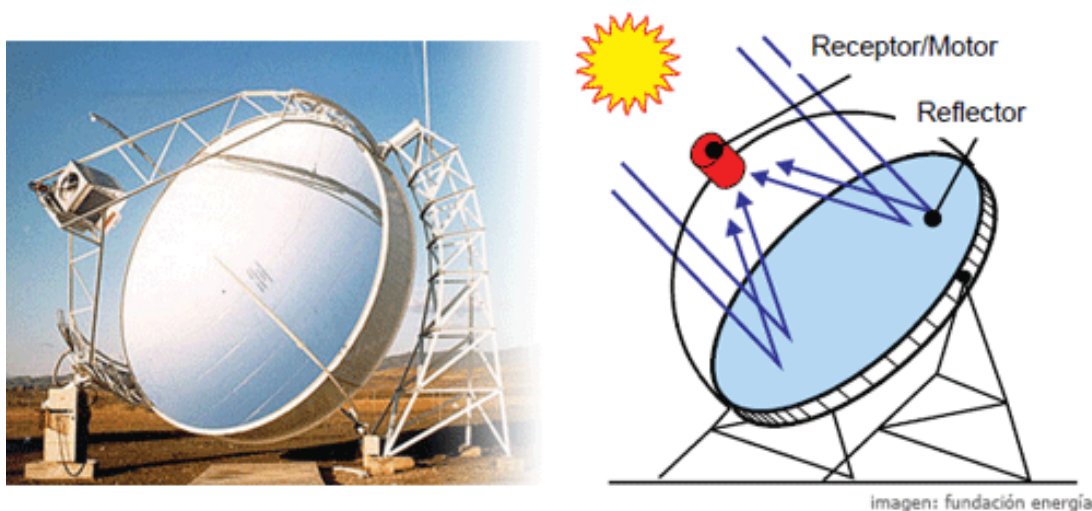


Figura 1.6 – Generador termo-solar Disco-Stirling

El primero de ellos pertenece al rango de aprovechamiento térmico de media-alta temperatura (125-450°C) y los dos últimos al que podíamos denominar de alta y/o muy alta temperatura (> 450°C).

Cilindro-parabólicos:

Los colectores cilindro-parabólicos (CCP) están compuestos, básicamente, por un espejo cilindro parabólico que refleja la radiación solar directa concentrándola sobre un tubo receptor absorbedor colocado en la línea focal de la parábola. Esta radiación concentrada provoca que el fluido que circula por el interior del tubo (generalmente aceite sintético o agua) se caliente hasta valores del orden de los 425°C.

Finalmente, éste se conduce a un intercambiador de calor para la generación de vapor que alimente a una turbina para la obtención de electricidad. El sistema de seguimiento solar más común consiste en un dispositivo que gira los reflectores cilindro- parabólicos alrededor de un eje. Las temperaturas que puede alcanzar el fluido termoportador convierten, además, al CCP en un colector ideal para acoplarlo a una gran diversidad de procesos industriales.



Figura 1.7 – Colectores cilindro-parabólicos

Central de Torre:

Una *central de torre*, también conocida como *sistema de receptor central*, está compuesta por un sistema colector concentrador o campo de helióstatos, provistos de sistemas de seguimiento en dos ejes, que capta y concentra la componente directa de la radiación solar sobre un receptor que suele instalarse en la parte superior de una torre. El fluido termoportador puede ser, entre otros, aire, vapor de agua, sodio fundido o sales fundidas, según la tecnología escogida.

En las de vapor de agua, éste mueve directamente una turbina. En los otros, el fluido transporta el calor a un generador de vapor de agua, con el que se hace funcionar una turbina que mueve al generador eléctrico. El número de helióstatos de una planta depende del diseño del helióstato y del ciclo térmico específico del receptor.



Figura 1.8 – Visión aérea de central termo-solar de torre central

El funcionamiento de la planta es sencillo, el receptor solar central genera vapor a alta temperatura el cual es posteriormente utilizado para mover una turbina que produce electricidad.

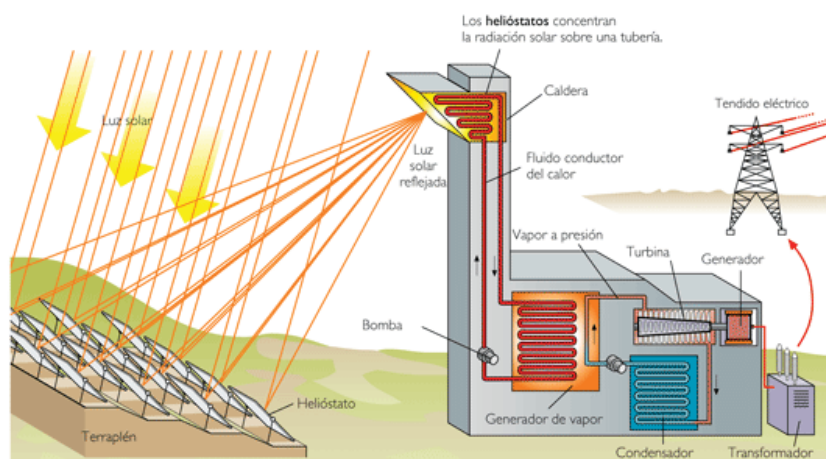


Figura 1.9 – Funcionamiento de una central de torre central

Sistema disco-Stirling:

Un sistema *disco/Stirling* consta de un espejo parabólico de gran diámetro con un motor de combustión externa tipo “Stirling” emplazado en su área focal. El espejo/disco parabólico realiza seguimiento solar continuado, de manera que los rayos solares son reflejados en su plano focal, obteniéndose así un mapa de energía solar concentrada, de forma gaussiana y varias decenas de kW. El motor Stirling lleva acoplado un alternador, de manera que dentro de un mismo bloque situado en el foco del disco concentrador se realiza la transformación de la energía luminosa en electricidad, que se puede inyectar en la red eléctrica o bien destinarla a consumo directo en alguna aplicación próxima al lugar de emplazamiento.



Figura 1.10 – Disco parabolic de 9 kW de la marca “Infinia”

Comparativa de las diferentes tecnologías:

Las centrales de torre y los colectores cilíndrico-parabólicos son más apropiados para proyectos de gran tamaño conectados a red, en el rango de 30-200 MW, mientras que los sistemas disco-parabólicos son modulares y pueden ser usados en aplicaciones individuales o en grandes grupos.

Las centrales de sistemas cilíndrico- parabólicos son las tecnologías más maduras disponibles hoy y las que más probablemente serán utilizadas a corto plazo. Las torres de potencia, con bajo coste relativo y eficientes en almacenamiento térmico, prometen una capacidad de suministro de energía a la red eléctrica con alta capacidad en un futuro próximo. La naturaleza modular de los discos permite que sean usados en aplicaciones pequeñas de alto valor añadido.

Las Torres y los discos ofrecen una oportunidad de conseguir altas eficiencias de conversión solar-eléctrica a un coste inferior a los cilindros parabólicos, pero todavía permanecen las incógnitas sobre si estas tecnologías pueden llegar a conseguir las necesarias reducciones de los costes y mejoras en sus rendimientos. Los cilindro-parabólicos requieren que la operatividad y mantenibilidad de la tecnología de las sales fundidas sea demostrada, así como que se desarrollen en el futuro heliostatos de bajo coste. Los sistemas disco-motor por su parte requieren el desarrollo de al menos un motor comercial, así como el desarrollo de un concentrador de bajo coste.

Observando la siguiente Tabla, se pueden observar las características más representativas de cada uno de los tipos y las diferencias existentes entre ellos.

En función del grado de penetración en el mercado, las distintas tecnologías se pueden encuadrar en distintas etapas de desarrollo. Ninguna tecnología

se puede considerar en un estado de competición, ya que en casi todos los países se requiere de algún tipo de incentivos para su instalación. En fase de mercado se puede considerar la tecnología de torre y cilindro- parabólico, ésta segunda quizá un poco más adelantada aunque perdiendo terreno en relación con la tecnología de torre. La tecnología de disco ya empieza a ser comercializada por un cierto número de empresas.

Por último, mostramos las principales características de cada uno de los sistemas para facilitar la elección del sistema que más nos convenga.

En nuestro caso, dadas las características de cada una de las opciones podemos concluir que la que más nos satisface es el sistema disco/motor Stirling ya que:

- Nos permite la instalación de centrales de pequeña potencia. - es de carácter modular.
- Es ideal para la producción de electricidad en núcleos aislados (donde no llegue la red eléctrica), para autoconsumo.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

	Concentrador (CCP)	Central de Torre	Disco Parabólico Stirling
Aplicaciones	Centrales conectadas a la red, calor de proceso (unidad mayor construida hasta la fecha: 200MW _e)	Centrales conectadas a la red, calor de proceso a alta temperatura (unidad mayor construida hasta la fecha: 10MW _e)	Aplicaciones independientes o pequeños sistemas eléctricos aislados (unidad mayor construida hasta la fecha: 50kW _e)
Ventajas	• Comercialmente disponible: 354 (SEGS)+64 (Nevada Solar One) kW instalados de experiencia operacional, operan a una temperatura potencial de hasta 500°C (400°C comercialmente probados) • Rendimiento anual comercialmente probado del 14% • Costes de inversión y operación comercialmente probados. • Modularidad • Mejor empleo del terreno. • Menor demanda de material • Concepto híbrido probado • Capacidad de almacenamiento.	• Buenas perspectivas a medio plazo de altas eficiencias de conversión con colección solar operando a temperatura de hasta 1000°C potenciales (565°C probados a 10MW) • Almacenamiento a altas T • Operación híbrida posible	• Eficiencia de conversión muy alta de hasta un 30% • Modularidad • Experiencia operacional de los primeros prototipos. • No existe factor coseno. • Buen aprovechamiento del terreno.
Desventajas	El uso de aceites como fluido de transferencia de calor restringe las temperaturas de operación a 400°C, lo que origina calidades de vapor moderadas.	Costes de inversión y operación todavía no vistos en operación comercial.	Ha de mejorar su fiabilidad, y se han de corroborar los costes proyectados para construcción en serie.

Figura 1.11 – Confrontación de las diferentes tecnologías de concentración solar

Es un terreno llano, al Este de la ciudad de Sevilla, los edificios contiguos miden 10 metros de altura, luego no supondrán un obstáculo para el concentrador, nos encontramos a una altura de casi 1.200 metros de altura, idóneo para la colocación de este tipo de generadores.

Se ha elegido un Disco-Stirling de 25 kW cuyo motor ha sido fabricado por “Stirling Energy Systemas” y cuyo receptor lo ha diseñado un empresa que colabora con la NASA, llamada “Sandia National Laboratories”, esta empresa lleva investigando en este sector desde el comienzo del descubrimiento de la tecnología.

El motor proporciona los 25 kW citados a una velocidad nominal de 1.800 r.p.m, y el receptor es del tipo “pool boiler reciever” y su fluido de transferencia es sodio-potasio. El concentrador será parabólico con 11 metros de diámetro con un sistema de rastreo azimutal.

Cuenta con un sistema de seguimiento solar automático con múltiple sensores para determinar unas condiciones climáticas adversas, ante las cuales, el concentrador se colocará en posición pasiva oponiendo la mínima resistencia al viento y con la pantalla concentradora mirando hacia el suelo, para evitar un deterioro de la superficie de espejos.

También se podrá colocar en esta posición cuando el empleado de mantenimiento lo necesite para realizar sus tareas correspondientes.

En cuanto a la cimentación se ha escogido una cimentación del tipo losa de forma circular cuyas dimensiones se han calculado en su correspondiente anexo, el resultado obtenido es el siguiente:



Figura 1.14 – Diseño de la losa de cimentación

Zapata circular con radio 2,5 metros, de ancho variable con un primer tramo recto de canto 0,3 metros y luego un ancho variable hasta 1 metro de radio con el mismo canto 0,3 metros, por lo que nuestro canto total será de 0,6 metros. Para hacernos una idea, será como en la siguiente figura.

El hormigón a utilizar será HA-25/B/20/IIa y se armará con acero B-500. Teniendo en cuenta las especificaciones de la nueva EHE-08 el armado definitivo será

:

- Armadura Radial: 10 ϕ 16
- Armadura circular: 4 ϕ 20

En la selección de los cableados subterráneos, los cables han sido dimensionados por caída máxima y por la intensidad máxima que puede circular por ellos, determinando una instalación eléctrica segura.

1.9 – PERMISOS Y LICENCIAS

VISADO COLEGIAL:

El visado colegial es un acto de control sujeto al derecho administrativo y realizado por los Colegios en ejercicio de una función pública atribuida por ley, mediante el cual se comprueba la adecuación de cualquier tipo de proyecto o trabajo profesional de un colegiado a la normativa general o corporativa que lo regula, así como el cumplimiento de los requisitos subjetivos de su autor para suscribirlo y asumir ante el Estado y la sociedad la responsabilidad facultativa dimanante, todo ello en garantía de los intereses de los clientes y del interés público en general.

Tal como indica el artículo 6 del RD 1332/2000, de 7 de julio, de los Estatutos Generales de los Colegios oficiales de Ingenieros Industriales.

1. El visado colegial garantiza la identidad, la titulación y la habilitación del que suscribe el trabajo. Asimismo acredita la autenticación, el registro, la corrección formal de presentación de los documentos y que se ha contemplado la normativa aplicables, pero no sanciona el contenido del trabajo profesional ni su corrección técnica.

Igualmente deberá incluir aquellos aspectos que la Administración General del Estado o de las Comunidades Autónomas encomiende a los Colegios, siempre dentro del ordenamiento del ejercicio de la profesión.

Los Colegios definirán el contenido administrativo del visado de cada tipo de trabajo, así como la cuota colegial correspondiente de acuerdo con los criterios básicos que establezca el Consejo General e fin de armonizar el ejercicio de la profesión en todo el territorio del Estado.

2. El visado no comprenderá los honorarios ni las demás condiciones contractuales, cuya determinación se deja el libre acuerdo de las partes.

PERMISOS Y LICENCIAS

Licencia de obra:

Para solicitar el permiso de obras es necesario obtener primero el visado colegial. Para ello se deberá acudir al Ayuntamiento de Sevilla, para solicitar el permiso de obras de edificación. Éste permiso es obligatorio para la realización de cualquier tipo de obra.

Se dispone en el R.D. 604/2006 un conjunto de disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en los que se tendrá que realizar planes de prevención de riesgos laborales y estudios de seguridad y salud, para poder obtener dicha licencia.

Evaluación de impacto ambiental:

En toda obra es necesario tener en cuenta la evaluación del impacto ambiental, y para ello se requiere la solicitud a la Consejería de Medio Ambiente de Andalucía.

El proyecto se someterá a una declaración de impacto ambiental, tal como establece el Decreto 50/1991, en el caso de que en el parque industrial donde se va a localizar la actividad, no haya industrias químicas preexistentes, como es el caso.

Licencia de actividad e instalaciones:

Es necesario obtener la licencia urbanística municipal que apruebe el Ayuntamiento que abarque el lugar donde se realizará la obra.

Su aprobación implica que la actividad reúne todos los requisitos exigidos por la normativa sectorial de aplicación.

Licencia de primera ocupación y de funcionamiento:

La licencia de funcionamiento autoriza la puesta en marcha de edificios, locales o instalaciones, tras la comprobación de que se han realizado de acuerdo a las condiciones de la licencia de actividades e instalaciones y de que se encuentran correctamente terminados y aptos, según las condiciones urbanísticas, ambientales y de seguridad de su destino específico.

Para obtener esta licencia es necesario que la obra este finalizada al completo y que tenga el certificado final de obra.

Otros:

3.1 Instalación eléctrica de Baja o alta tensión

Los permisos referentes a éste aspecto tendrán que ser solicitados a la Consejería de Industria.

Alta tensión:

- RD 3151/1968, de 28 de noviembre Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión.

Baja tensión:

- RD 842/2002, de 2 de agosto. Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- RD 7/1988 de 8 de Enero, por el que se establecen las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión, modificado por RD 154/1995, de 3 de Febrero.
- RD 2018/1999, de 29 de Diciembre. Reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica.
- RD 138/1989, de 27 de enero. Reglamento de perturbaciones radioeléctricas e interferencias. Modificado por RD 444/1994.

3.2 Instalación de red de agua y de red de saneamiento

- Los permisos referentes a este aspecto tendrán que ser solicitados a la consejería de industria.

1.10 – PLANIFICACIÓN

OBRA CIVIL

Para realizar una correcta planificación a la hora de comenzar las actividades de obra, es importante definir las actividades que son necesarias para llevar a cabo dicha obra. Una vez definidas éstas, definiremos la duración de cada etapa y la mano de obra necesaria para su correcto desempeño. También determinaremos cuales son las actividades previas, las que necesariamente deben finalizar para el comienzo de la siguiente.

En la siguiente tabla se muestra una tabla con las tareas que hay que ejecutar para llevar a cabo la instalación del generador:

	Actividades	Actividades previas	Duración (días)	Mano de Obra
1	Desbroce	-	2	5 Operarios
2	Replanteo	Desbroce	1	Jefe de Obra
3	Movimiento de Tierras	Replanteo	2	3 Operarios
4	Excavación y hormigón de limpieza	Movimiento de Tierras	2	3 Operarios
5	Armadura	Excavación y hormigón de limpieza	1	4 Operarios
6	Hormigonado	Armadura	1	3 Operarios
7	Curado	Hormigonado	7	2 Operarios
8	Montaje de la caseta	Movimiento de Tierras	1	3 Operarios
9	Montaje del Soporte	Curado	1	3 Operarios
10	Montaje del Disco- Stirling	Montaje del Soporte	1	3 Operarios

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

11	Instalación equipos eléctricos	Montaje de la caseta	2	3 Operarios
12	Distribución del cableado	Montaje de la caseta	2	3 Operarios
13	Tomas de corriente y bombillas	Distribución cableado	1	2 Operarios
14	Conexión del motor	Montaje Disco-Stirling	2	3 Operarios
15	Comprobaciones	Conexión	3	Jefe de Obra

Tabla 1.2 – Tareas y mano de Obra para la ejecución de las obras

Además el Jefe de Obra deberá colaborar en todas las tareas como supervisor, revisando la correcta realización de los diferentes trabajos.

Una vez que estos datos se han dado a conocer, se puede conocer el plazo de ejecución del proyecto y cuáles son las actividades críticas, aquellas que definen la ruta crítica y las más importantes a la hora de ejecutar un proyecto en un plazo convenido, ya que si se prolongan estas, se prolonga la duración total del proyecto.

Para hacernos una idea de cuales serán estos plazos, se realiza un diagrama de Gantt del proyecto constructivo, a partir del cual determinaremos esta ruta crítica y el plazo de ejecución del proyecto.

Como resumen, en la página siguiente, se muestra una tabla:

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

Nombre de la Tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
Instalación el generador	23 días	Jueves 24 de Julio		
Desbroce	2	Jueves 24 de Julio	Viernes 25 de Julio	
Replanteo	1	Lunes 28 de Julio	Lunes 28 de Julio	1
Movimiento de tierras	2	Martes 29 de Julio	Miércoles 30 de Julio	2
Excavación y hormigón de limpieza	2	Jueves 31 de Julio	Viernes 01 de Agosto	3
Armadura	1	Lunes 4 de Agosto	Lunes 4 de Agosto	4
Hormigonado	1	Martes 5 de Agosto	Martes 5 de Agosto	5
Curado	7	Miércoles 6 de Agosto	Jueves 14 de Agosto	6
Montaje de la Caseta	1	Martes 29 de Julio	Martes 29 de Julio	3
Montaje del Soporte	1	Lunes 18 de Agosto	Lunes 18 de Agosto	7

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

Montaje de los elementos del Disco-Stirling	1	Martes 19 de Agosto	Martes 19 de Agosto	9
Instalación de los equipos eléctricos	2	Miércoles 30 de Julio	Jueves 31 de Julio	8
Distribución cableado	2	Miércoles 30 de Julio	Miércoles 30 de Julio	8
Tomas de corriente y bobillas	1	Viernes 1 de Julio	Viernes 23 de Julio	12
Conexión	2	Miércoles 20 de Agosto	Jueves 21 de Agosto	13; 12; 10
Comprobaciones	3	Viernes 22 de Agosto	Martes 26 de Agosto	14

Tabla 1.3 – Duración de cada tarea en la fase de obras

El diagrama de Gantt correspondiente se muestra en la siguiente página.

INSTALACIÓN DEL GENERADOR TERMO-SOLAR

DIAGRAMA DE GANTT

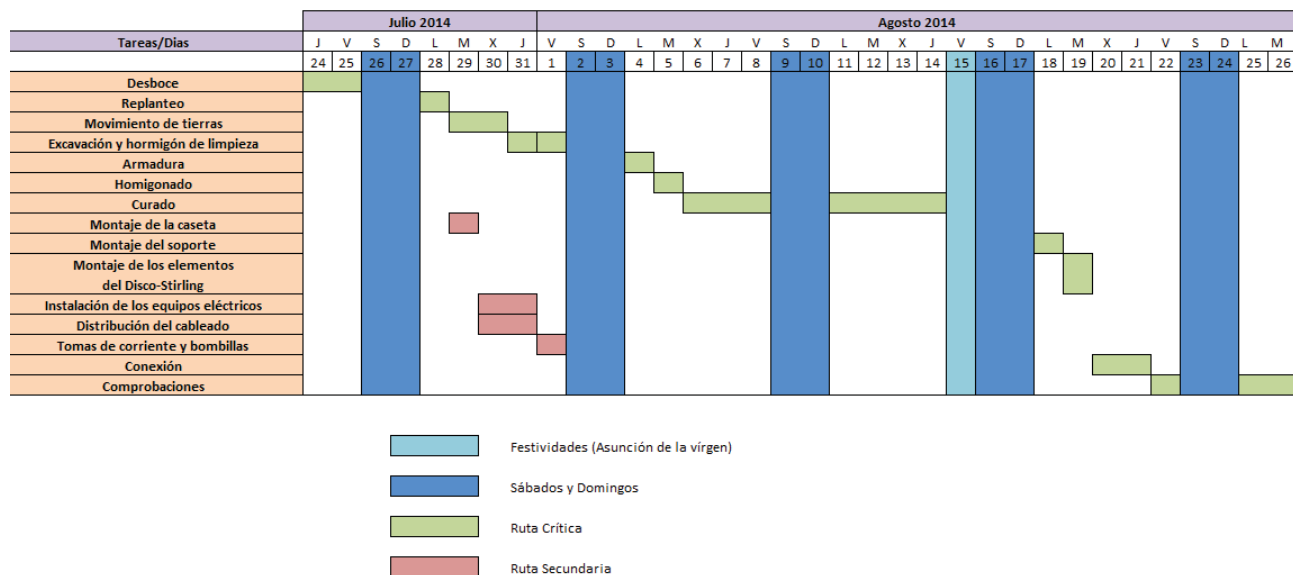


Figura 1.14 – Diagrama de Gantt de la obra civil

La duración total del proyecto será de 23 días hábiles. Comenzando el día 24 de Julio y finalizando el día 26 de Agosto.

Para la determinación de esta duración se ha tenido en cuenta que no se trabajará en Sábado, Domingo o día Festivo. Durante este periodo habrá diez días de descanso por Fin de Semana más el Viernes 15 de Agosto que coincide con la Festividad de la Asunción de la Virgen.

Las actividades críticas son:

- Desbroce
- Replanteo
- Movimiento de Tierras
- Excavación y hormigón de limpieza
- Armadura
- Hormigonado
- Curado
- Montaje del soporte
- Montaje de los elementos del Disco-Stirling
- Conexión
- Comprobaciones

PUESTA EN SERVICIO

Una vez finalizadas las obras de la instalación de la central termo-solar Disco-Stirling, después de realizar las verificaciones e inspección inicial de la misma y antes de su puesta en servicio, se deberá comunicar al Organismo competente local la nueva instalación.

Para ello, se deberá presentar la documentación requerida, que varía según las características de la instalación, debidamente cumplimentada y solicitar la puesta en servicio de la misma.

Los servicios técnicos oficiales la revisarán y darán posteriormente la autorización de la puesta en servicio de la instalación.

La puesta en funcionamiento efectiva de las instalaciones, con independencia de haberse comunicado la acreditación del cumplimiento de las condiciones de seguridad industrial sobre instalaciones eléctricas de baja tensión, estará supeditada en su caso, a la acreditación del cumplimiento de otros Reglamentos de seguridad que la afecten, y/o a la obtención de las correspondientes autorizaciones.

1.11 – RENTABILIDAD ECONOMICA DEL PROYECTO

Al igual que todos los sistemas de producción de energía eléctrica a partir de energías renovables, el coste de la inversión inicial del sistema Disco-Stirling es fuerte, Sin embargo, los costes de operación son relativamente bajos porque no existe consumo de combustible.

El coste normalizado de la energía eléctrica depende de los tipos de interés y el periodo de amortización, así como de la radiación solar en el emplazamiento.

Análisis de Rentabilidad:

El presente estudio pretende analizar la viabilidad económica del sistema Disco-Stirling.

Los gastos que contempla una instalación termo-solar de estas características son:

- Coste de inversión
- Coste de mantenimiento
- Coste derivado del consumo del sistema de seguimiento solar.

El coste de inversión es fijo y único para toda la vida de la instalación. El consumo del sistema de seguimiento solar y del inversor es constante a lo largo de la vida del sistema, sin embargo, el coste de consumo varía anualmente en función del incremento del precio de la electricidad.

Coste de la Inversión:

Es el coste de la instalación, considerados los elementos característicos de la misma de acuerdo con las condiciones de materiales, diseño y montaje

$$\text{Inversión Inicial} = 86.032,88 \text{ €}$$

Coste de Operación y Mantenimiento:

Representa el valor anual de los gastos relacionados con el funcionamiento de la instalación solar, así como los que derivan de las operaciones de mantenimiento de la misma.

Este coste supone, en torno a un 1% del coste total correspondiente solamente a los discos solares.

$$\text{Coste de Operación y mantenimiento} = 135 \text{ €}$$

Además de las primas, la investigación en I+D+i sobre energía solar está subvencionada por distintos organismos públicos. El Ministerio de Industria de España también impulsa subvenciones como los proyectos CENIT, PROFIT y el Proyecto de Investigación Industrial Concertada y sus Fondos Tecnológicos.

EIDAE (Instituto para la diversificación y Ahorro Energético) otorga subvenciones y, a través de convenios con el ICO (Instituto de Crédito Oficial), concede créditos blandos, es decir, préstamos con un tipo de interés inferior al de cualquier préstamos personal. Por desgracia, en el momento actual, carecemos de subvenciones para tecnologías de generación de electricidad mediante centrales solares termoeléctricas. Es de suponer que, con el crecimiento de este tipo de sistemas, el Estado proporcionará en un futuro ayudas similares a las de instalaciones fotovoltaicas, térmicas o de biomasa.

A falta de subvenciones o financiaciones especiales por parte del Estado, la financiación será 100% personal, por parte de la empresa Iberdrola, que dispone de la parcela contigua a la subestación eléctrica del parque Tecnológico y Aeroespacial de Sevilla, por lo que esto no supondrá un coste adicional.

Los indicadores de rentabilidad que analizaremos son los siguientes:

INVERSIÓN

Inversión Inicial: 86.032,88 €

PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN

Ingresos = 0,12€/kWh · 5.000h · 25kW = 14.060,81 €

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraíta Fernández

$$Gastos = Costes + Amortización = 135€ + 5.000€ = 5.135 €$$

INDICADORES:

$$BAI: 14.060,81€ - 5.135€ = 8.898,83 €$$

$$BDI: 8.898,83€ - 0,21\% = 7.354,41 €$$

$$FG: 15.354,41 €$$

$$F.G_0: -86.032,88 €$$

$$F.G_{.1}: 15.354,41 €$$

Calculamos el VAN (Valor Actual Neto)

VAN (t=10%)	8.313,32

Calculamos el TIR (Tasa Interna de Retorno):

Para calcular la Tasa Interna de Retorno variaremos la tasa de interés, para que nos quede un VAN negativo, de esta manera interpretaremos una recta, el punto de esta recta que coincida con VAN=0, corresponderá al TIR, por su propia definición, haciendo esto nos queda lo siguiente:

$$VAN (t=20\%) = -21.659,94$$

TIR	12,77%

Con estos indicadores podemos anticipar que el proyecto es RENTABLE, tenemos un VAN positivo y una tasa interna de retorno mayor que la tasa de interés.

Estudiaremos a continuación, cuanto tiempo tardaremos en recuperar el capital invertido una vez pongamos el proyecto en funcionamiento, para esto jugaremos con los flujos de caja.

$$F.C_1 = -86.032,88€$$

$$F.C_2 = -70.678,47€$$

$$F.C_3 = -55.324,06€$$

$$F.C_4 = -39.969,65€$$

$$F.C_5 = -24.615,24€$$

$$F.C_6 = -9.260€$$

$$F.C_7 = 6.093,58€$$

Visualizando los flujos de caja anteriores, de la misma manera que hicimos anteriormente, representaremos los dos últimos valores en una recta para determinar en que punto el flujo de caja es cero, será en este momento cuando habremos recuperado completamente la inversión.

PRC(Periodo de recuperación de capital)= **6 años, 7 meses y 7 días.**

1.12 - ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS

1. Planos
2. Memoria
3. Pliego de Condiciones
4. Presupuesto

DOCUMENTO N°2

ANEXOS

ANEXO A

ESTADO DEL ARTE

INDICE

ANEXO A – ESTADO DEL ARTE:

A.1 – INTRODUCCIÓN.....	56
A.2 - CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y LLUVIA ÁCIDA	58
A.3 - EFECTO INVERNADERO Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	59
A.4 - LA ENERGÍA EN ESPAÑA Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	62
A.5 – ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	65
A.5.1 – Energías renovables.....	65
A.5.1.1 - Energía eólica.....	65
A.5.1.2 - Energía solar	71
A.5.1.2.1 - Energía solar térmica.....	73
A.5.1.2.2 - Central termosolar	76
A.5.1.3 - Energía del mar	81
A.5.1.3.1 - Energía mareomotriz	81
A.5.1.3.2 - Energía de las olas.....	83
A.5.1.3.3 - Energía de las corrientes marinas.....	86
A.5.1.3.4 - Energía térmica y osmótica del mar	87
A.5.1.4 - Energía geotérmica	88
A.5.1.4.1 - Captadores geotérmicos	90
A.5.1.5 – Biomasa.....	91
A.5.1.5.1 - Procesos industriales	93
A.5.1.5.2 - Tipos de biocombustibles	95
A.5.1.6 - Centrales hidroeléctricas	99
A.5.1.6.1 – Funcionamiento	101
A.5.1.6.2 – Elementos.....	106
A.5.2 – Energías no renovables.....	111
A.5.2.1 – Fósil.....	111
A.5.2.1.1 - Central térmica convencional	111
A.5.2.1.1.1 – Definición	111

A.5.2.1.1.2 - Impacto en el medio ambiente.....	113
A.5.2.1.2 - Central de gas de ciclo combinado.....	116
A.5.2.1.2.1 - Definición.....	116
A.5.2.1.2.2 – Funcionamiento	119
A.5.2.1.2.3 - Impacto en el medio ambiente.....	121
A.5.2.1.3 - Central de cogeneración	122
A.5.2.2 – Nuclear	126
A.5.2.2.1 - Energía nuclear en el mundo.....	126
A.5.2.2.2 - Fisión nuclear	127
A.5.2.2.3 - Fusión nuclear	129
A.5.2.2.4 - Reactores nucleares.....	133
A.5.2.2.5 - Protección radiológica	143
A.5.2.2.6 - Gestión transporte y almacenamiento	146
A.5.2.2.7 - Impacto en el medio ambiente.....	149

A.1 - INTRODUCCIÓN

Las fuentes de energía comerciales más utilizadas actualmente en el mundo son el petróleo, el carbón, el gas natural, la energía hidráulica y la nuclear. Son los tipos de energía que hoy en día responden mejor, por su disponibilidad y costes de utilización, a las necesidades energéticas de la humanidad, y son las mas conocidas por todos.

Las energías renovables, aunque cuantitativamente tienen hoy en el plano comercial una importancia relativa (salvo la hidráulica y la eólica) están llamadas a jugar un papel importante a medida que se vayan agotando las reservas de las energías fósiles.

Estas energías renovables utilizan como energía primaria la energía hidráulica (aprovechamiento de la energía del agua), la energía eólica (aprovechamiento del potencial del viento), la energía solar, tanto en usos térmicos (calentamiento de fluidos) como en usos fotovoltaicos (producción de energía eléctrica), la energía geotérmica y las energías marinas (olas, mareas y corrientes marinas). Junto a estas modalidades se incluye también la Biomasa, la cual aunque en su uso emite CO₂, éste ha sido previamente fijado en el combustible, por lo que su balance global a este respecto se considera neutro.

De éstas, son conocidos los aprovechamientos de la energía hidroeléctrica para la generación de electricidad y el uso de la biomasa en los países emergentes como Brasil. Aunque tradicionalmente constituyeron una pequeña parte de la aportación a los sistemas energéticos, desde finales de los años ochenta, con el desarrollo de nuevas tecnologías, como las de la energía eólica, la solar o la utilización de residuos urbanos, este tipo de energías incrementa paulatinamente su participación en el mercado de la generación eléctrica.

Los países desarrollados comenzaron a impulsar este tipo de energías como consecuencia de la crisis de los hidrocarburos de los años setenta. Esta crisis había causado efectos negativos muy importantes en sus economías. En aquellos momentos, la participación del petróleo en los balances de energía primaria de estos países alcanzaba tasas mayoritarias del orden del 50% o mas, en el caso de España el 70%, la elevación de los precios del petróleo era continua, había una influencia muy negativa en sus balances de pagos, etc...

Los responsables de las políticas energéticas de estos países centraron su atención en el ahorro energético y, además, en la posibilidad del desarrollo de las energías renovables, por ser fuentes energéticas autóctonas y no agotables.

Mas recientemente, durante la década de los noventa, el principal argumento para la promoción de estas energías ha sido el medioambiental. El objetivo de un desarrollo sostenible exigía, entre otras cosas, la imitación de emisiones de gases de efecto invernadero y, por ello, el cumplimiento del "Protocolo de Kyoto" es uno de los argumentos que más se esgrimen para el fomento de estas energías.

Finalmente, entre otros motivos que justifican la promoción de este tipo de energías se puede mencionar el hecho de que favorecen un mayor enlace social y económico, como la fijación de población en áreas rurales, la creación de puestos de trabajo (en muchos casos en zonas no industrializadas), el desarrollo tecnológico y el de la industria de bienes de equipo.

A.2 - CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y LLUVIA ACIDA

Teniendo en cuenta que la naturaleza tiene su propia capacidad de auto depuración y reciclaje y que, por tanto, las emisiones, inmisiones o vertidos de productos contaminantes pueden variar de una lugar a otro afectando de forma diferente, la contaminación ambiental podría definirse como “la incorporación de sustancias o energía al medio por encima de su capacidad de asimilación o de recuperación”.

Un ejemplo de contaminación ambiental se puede encontrar en las centrales eléctricas al devolver al medio (rio o embalse), el agua utilizada para refrigerar en el proceso de generación de energía. Se controla rigurosamente que esta agua no sea la causa de una variación significativa de la temperatura del medio.

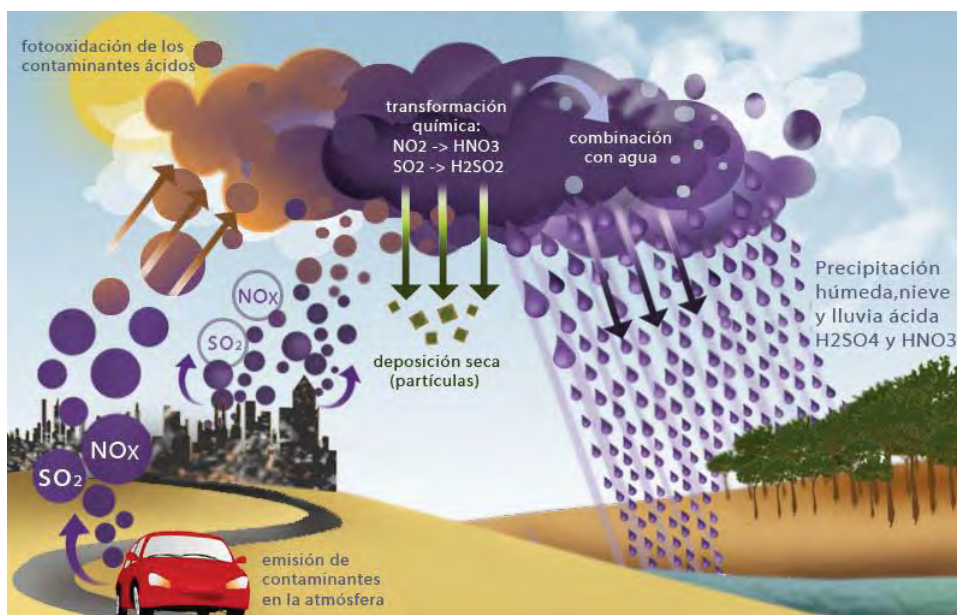


Figura A.1 - Lluvia Ácida

Cuando esas sustancias o energías se introducen en la atmosfera de forma artificial en unas determinadas condiciones y por encima de los umbrales considerados limite, hablamos de contaminación atmosférica. Uno de los

episodios mas estudiados de contaminación atmosférica es la denominada lluvia ácida, que se produce al combinarse con el agua de las nubes los óxidos de nitrógeno y azufre, emitidos como resultado de la combustión de combustibles fósiles, y precipitar. Esta lluvia acidificada puede dañar de manera importante los bosques, ríos y lagos.

Entre los años 1960 y 1970 se observaron fuertes indicios de daños por acidificación en ecosistemas de ríos y lagos del Norte de Europa, por lo que se dio importancia a este tipo de contaminante y se introdujeron políticas y actuaciones tendientes a la prevención y control de este fenómeno, que condujeron al establecimiento de unos estrictos límites de emisión en las instalaciones de combustión que emiten contaminantes acidificantes vigentes en la actualidad.

El sector eléctrico español lleva trabajando muchos años en el campo de la contaminación atmosférica, y para evitar este fenómeno, las centrales térmicas de combustibles fósiles disponen de equipos de descontaminación para limpiar los gases de la combustión, y emplean cada vez mas combustibles de mejor calidad ambiental.

A.3 - EFECTO INVERNADERO Y CAMBIO CLIMÁTICO

El llamado efecto invernadero es un fenómeno natural que permite a los seres vivos la vida en el Planeta al mantener la temperatura en la superficie terrestre, reflejando parte de la radiación solar y devolviendo parte de la energía, reteniendo solamente la necesaria. Esta reflexión se produce por la existencia de una capa de gases de efecto invernadero que permite mantener el equilibrio térmico. Parte de las radiaciones se reflejan en la parte exterior de la capa de gases y parte la atraviesan, siendo estas últimas reflejadas, en parte, por la propia superficie terrestre y devueltas al espacio.

Aunque al clima mundial siempre ha evolucionado de forma natural, los científicos creen que esa capa de gases que envuelve el planeta presenta una concentración superior a los umbrales que se consideran naturales.

Cuanto mayor sea la concentración de CO₂ en la atmósfera, mayor será la energía que se refleja, en la parte interna de la capa, en relación a la que se devuelve al espacio, con lo que aumenta la temperatura de la Tierra provocando cambios en el clima que no responden a pautas naturales.



Figura A.2 - Efecto Invernadero

La producción de electricidad, al quemar combustibles como el petróleo, carbón o gas, que contienen carbono, está añadiendo un exceso de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Las concentraciones de CO₂ en la atmósfera a lo largo de los últimos 200 años han aumentado en casi una tercera parte, principalmente debido al empleo de combustibles fósiles y a la tala de bosques. Mas de la mitad del efecto invernadero creado por el ser humano puede atribuirse al CO₂ y tres cuartas partes de este CO₂ proceden del uso de combustibles fósiles.

La intensificación de este fenómeno ha provocado el consecuente aumento de la temperatura global, el derretimiento de los hielos polares y el aumento del nivel de los océanos.

Aunque hace mas de una década que la alarma del Cambio Climático había sido anunciada ante la opinión pública, la preocupación oficial no se inicia hasta la celebración en 1992, de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Clima, como consecuencia de la Conferencia de Rio de Janeiro(Brasil). En ella, la mayoría de los países industrializados se comprometieron a reducir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Este esfuerzo común internacional se ha plasmado en la firma del Protocolo de Kyoto en Diciembre de 1997, que supone la aparición del primer instrumento legislativo de carácter vinculante para los firmantes, y mediante el cual, los países industrializados se comprometen a reducir un 5,2% sus emisiones de gases de efecto invernadero en el periodo 2008-2012, con respecto a los niveles de 1990.

Asimismo, establecen para ello una serie de mecanismos encaminados a la reducción mas efectiva posible, creando mercados de permisos de emisión y toda una infraestructura administrativa para la obtención de créditos de emisión a través de transferencia de tecnologías limpias a loas países de desarrollo. Si el Protocolo de Kyoto fuera aceptado por la mayoría de los países, se habría alcanzado un gran hito en la forma de afrontar los problemas ambientales globalmente.

En el año 2001, en España, de acuerdo con los datos del Ministerio de Medio Ambiente, las emisiones de CO₂ del Sector de la Transformación y Producción de Energía representaron el 27,7% del total, dentro del cual el Sector Transporte es responsable del 56,7%. En 2004, se ha aprobado un Plan de Asignación de Emisiones para los sectores industriales de nuestro país, y el Sector Eléctrico deberá continuar esforzándose en la solución de este problema.

Actualmente el cambio climático se perfila como el mayor reto ambiental para la humanidad.

El desafío mundial para este milenio es satisfacer la creciente demanda de energía, limitando las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono (CO₂), a través del desarrollo de políticas que orienten la economía y la sociedad hacia un consumo energético responsable, favoreciendo la eficiencia energética y haciendo un uso racional de la energía mediante el ahorro y la utilización de sistemas no contaminantes, especialmente fuentes limpias y renovables.

A.4 - LA ENERGIA EN ESPAÑA Y LA EFICIENCIA ENERGETICA

En España, dada la falta de fuentes propias de materia prima del tipo al petróleo, gas, etc. Se sufre una fuerte dependencias de terceros países en el abastecimiento energético, lo cual ocasiona una fuerte variación de precios en el mercado interno y con vistas a la exportación.

Alrededor de la segunda mitad del siglo pasado se crearon con las centrales hidroeléctricas y nucleares que existen en la actualidad y hasta hace muy poco tiempo, lo mas significativo en España como materia prima energética era el agua y el carbón de las minas de Asturias y León.

Actualmente, para cubrir el exceso de demanda energética, se esta apostando por el gas como materia prima a importar de terceros (dado su menor impacto ambiental) y por la compra de energía eléctrica a países vecinos como Francia.

Europa considera que España tiene un potencial importante en energía eólica y solar, animando y subvencionando su implantación.

Por lo tanto, la ampliación de la generación eléctrica en España se fundamenta en la actualidad, en las centrales de turbinas de gas y en las energías renovables del tipo a la eólica, solar o las mini centrales hidroeléctricas.

Algunas asociaciones del mundo energético, están animando a la construcción de centrales nucleares debido a que son, dentro de las no renovables las que, con referencia al impacto ambiental, menos contaminan, aunque por otro lado sean las que mas seguridad y control requieran. Presentándolas, como están realizando en otros países como Gran Bretaña, las compañeras de las centrales renovables y así suplir la carencia de estas ultimas para hacer frente a la potencia demandada, siendo además esta ultima, una generación variable incapaz de presentarse como una central del tipo base o principal.

Por ultimo, comentar que en España, se está impulsando la Eficiencia Energética, “La energía mas segura en términos de suministro, mas barata, y mas respetuosa con el medio ambiente es aquella que no se consume”.

La Eficiencia Energética debe ser una de las políticas clave para intentar conciliar las necesidades energéticas del mundo en desarrollo, que trata de impulsar el crecimiento y mejorar las condiciones de vida, con la necesidad de asegurar la sostenibilidad medioambiental.

El Plan de Acción para la eficiencia energética se publico en Octubre de 2008 con el objetivo de introducir medidas concretas que ayuden a conseguir el 20% de ahorro en 2020 y mantener la posición de Europa como una de las regiones mas competitivas y eficientes en el uso de la energía.

El Plan de Acción plantea que la Eficiencia Energética debe controlar y reducir la demanda energética, para lo que se proponen acciones tanto en el lado de la demanda como en el de la oferta energética, incluyendo 10 acciones prioritarias.

- Etiquetado de aparatos y equipos y normas mínimas de eficiencia energética.
- Establecer requisitos de eficiencia y construir edificios de bajo consumo de energía.
- Aumentar la eficiencia de la generación y distribución de electricidad.
- Consumo eficiente del combustible de vehículos.
- Facilitar una financiación adecuada de las Inversiones en Eficiencia Energética para pequeñas y medianas empresas y empresas de servicios energéticos.
- Estimular la Eficiencia Energética en los nuevos Estados Miembros.
- Uso coherente de los impuestos.
- Sensibilización respecto a la eficiencia energética.
- Eficiencia Energética en zonas urbanizadas.
- Impulsar la Eficiencia Energética en todo el mundo.

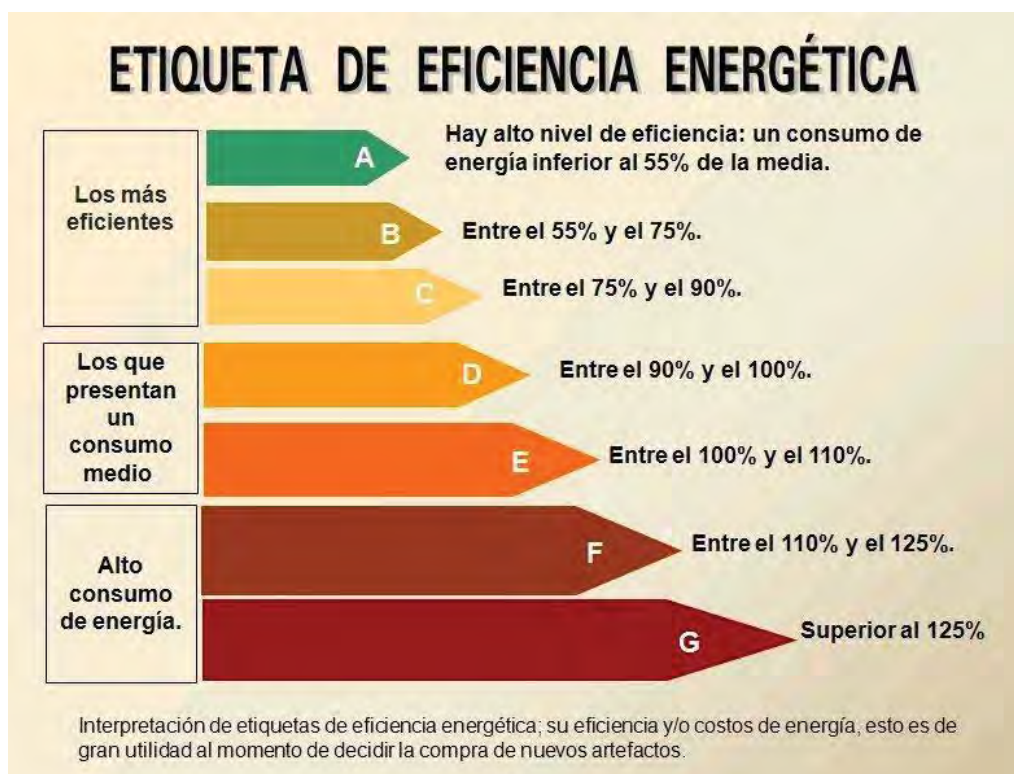


Figura A.3 - Etiquetado de Eficiencia Energética

La Eficiencia Energética debe buscarse en toda la cadena de valor del sector energético, desde la generación, pasando por el transporte y la distribución, hasta el consumo final realizado por los usuarios. En cada uno de estos eslabones existe un potencial de mejora y por ello se han establecido medidas y políticas para impulsar la eficiencia y lograr el mejor uso de la energía.

En el lado de la oferta energética existe un gran potencial de ahorro a través del impulso al desarrollo de unas tecnologías mas eficientes energéticamente y con las menores emisiones posibles en:

- El transporte de la electricidad supone un 10% de pérdida de la energía producida en barras de central.
- La producción de electricidad supone unas pérdidas medias del orden de un 33%. El uso de centrales de ciclo combinado supone un incremento en los rendimientos de hasta el 60% frente al 40% que tradicionalmente se ha obtenido con la generación termoeléctrica.
- La cogeneración tiene también un potencial importante. En 2006, solo el 13% de la electricidad consumida en la UE se producía aprovechando esta posibilidad.

A.5 – ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGIA

A.5.1 – ENERGÍAS RENOVABLES

A.5.1.1 - ENERGIA EOLICA

La energía eólica tiene su origen en el sol, ya que este es el responsable de que se produzca el viento.

Entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. Si se aprovechara en su totalidad, sería suficiente para abastecer cinco veces la necesidad energética mundial anual. Pero la tecnología actual solo permite aprovechar los vientos horizontales, próximos al suelo, siempre que su velocidad no sea demasiado elevada ni demasiado baja.

Una central eólica convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica.

Los aerogeneradores son los aparatos empleados para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad.

El viento mueve un conjunto de aspas que van colocadas en el extremo superior de una torre a una determinada altura, mas bien elevada para mejorar su rendimiento, debido a que a mas altura, mayor velocidad del viento.



Figura A.4 - Campo Eólico

La torre soporta las hélices y la góndola con el mecanismo y suele medir entre 40 y 60 metros lo que equivale a un edificio de 15 plantas.

Se suelen colocar lejos de obstáculos como arboles o edificios que pueden crear turbulencias en el aire.

La mayoría de los generadores actuales son tripala ya que, al día de hoy, se ha demostrado que son los mas eficientes debido a su menor rozamiento con el aire.

El material de las palas mas usual es la fibra de vidrio y el poliéster, lo que permite una significativa reducción de peso, aumento de su resistencia y disminución del ruido generado.

Las palas se orientan y diseñan para optimizar el rendimiento o llegar a participar en la parada del sistema. También se las prepara para poder hacer frente a posibles problemas del tipo al de las sobretensiones atmosféricas.

En la “góndola” se encuentra el mecanismo rotor así como diversos aparatos de medición.

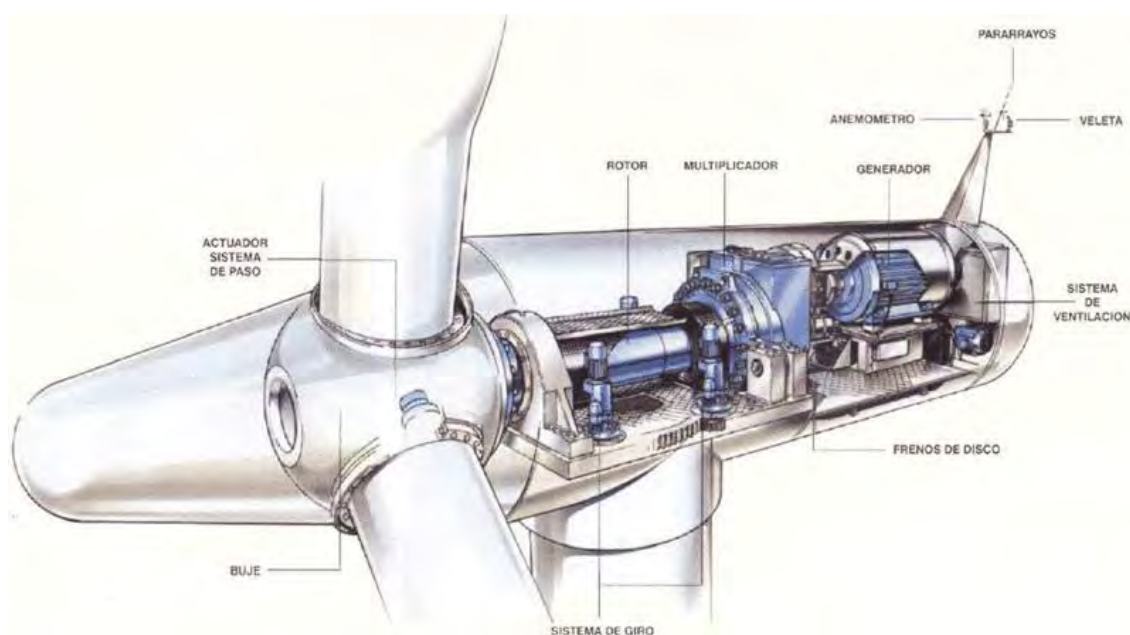


Figura A.5: Interior de la góndola de un aerogenerador convencional

Debido a la altura en la que se encuentra el generador y al rozamiento que el aire produce sobre éste, es conveniente que el equipo tenga una toma de tierra para evitar la electricidad estática. Del mismo modo se prepara la derivación a tierra del pararrayos ante una posible descarga atmosférica.

El anemómetro medirá la velocidad del aire asegurando el funcionamiento entre unos valores de 5-20 m/sg.

Se denomina “rotor” al conjunto formado por las palas y el eje al que van unidas, a través de una pieza llamada buje.

Una parte importante del sistema de transmisión es el “multiplicador de vueltas”, que será el encargado de transmitir un numero de revoluciones adecuado al generador, para el funcionamiento correcto de este.

La maquina eléctrica encargada de la conversión de energía, tendrá acoplada a su salida un sistema eléctrico-electrónico de conversión, encargado de producir una señal eléctrica en buena calidad por debajo de 1 kV de alterna y preparada para la siguiente etapa de transformación.

La señal obtenida será nuevamente tratada para su transmisión y acoplamiento a las rede eléctrica, para lo cual se utiliza un transformador eléctrico situado, en la mayoría de los casos, en la base de la torre eólica, con las adecuados sistemas de seguridad y protección. Posteriormente se transportara a la subestación eléctrica transformadora si fuera necesario o la conexión con la red eléctrica próxima.



Figura A.6 - Subestación Eléctrica y Campo Eólico.

Dado el carácter aleatorio de la producción de energía eléctrica por vía eólica, las centrales de este tipo deben disponer de una fuente auxiliar para tener garantizado en todo momento el suministro de energía eléctrica en el centro de control.

Normalmente, los aerogeneradores se instalan agrupados en parques eólicos para aprovechar mejor las posibilidades energéticas del lugar, reducir costes y evacuar la energía desde un solo punto y reducir así el impacto ambiental.

Por lo general se suelen instalar en zonas de montaña aunque últimamente en muchos países se están instalando parques en el mar, frente a las costas, ya que pese a su coste mas elevado, la fuerza el viento también es mayor.

Dada la ubicación habitual de las centrales eólicas y el tamaño significativo de las torres, de las aspas, etc... cobra suma importancia, el coste del

transporte y colocación de los generadores, así como su conexión a la red eléctrica. De hecho en las ofertas de los proveedores siempre aparecen como “No Incluidas”.

BENEFICIOS:

- No produce emisiones dañinas para el medio ambiente.
- El parque eólico español evita la emisión de 9.000.000 de toneladas de CO₂ anuales.
- Los parques eólicos son compatibles con otros usuarios.
- En poco tiempo el aerogenerador recupera la energía gastada en su fabricación, instalación y mantenimiento.
- Los aerogeneradores no requieren suministro de combustible por lo que son ideales para países en vías de desarrollo.
- Su mantenimiento es escaso.

CRITICAS:

- Respecto al posible impacto medioambiental:
 - o Los aerogeneradores provocan un gran impacto paisajístico.
 - o Las hélices pueden provocar daños en las aves que chocan con ellas.
 - o Contaminación acústica generada por el giro de las turbinas.
 - o Los parques se instalan a menudo en zonas salvajes o vírgenes que quedan modificadas por las obras de instalación.
- Alteraciones en la calidad del sistema eléctrico.



Figura A.7 - Potencia eólica instalada en España

A.5.1.2 - ENERGIA SOLAR

El Sol es una esfera gaseosa, formada fundamentalmente por helio, hidrógeno y carbono. Su masa es del orden de 330.000 veces la de la Tierra. Se estima su edad en unos 6.000 millones de años y en la misma magnitud se calcula su probable duración de vida. A escala humana, su radiación puede considerarse prácticamente inagotable.

En el seno del Sol se producen continuas reacciones nucleares de fusión en las que el hidrógeno se transforma en helio, liberándose en esta reacción nuclear la correspondiente cantidad de energía. Por tanto, el Sol se comporta como un reactor nuclear que “quema” masa y la convierte en energía de acuerdo con la fórmula $E=mc^2$. Una parte de ella se recoge en la cara iluminada de la Tierra, a la cual llega en forma de radiación.

La radiación solar es casi fija en el exterior de la atmósfera terrestre. Se llama constante solar y vale $I=1.350 \text{ W/m}^2$. No toda esta energía llega a la superficie terrestre, ya que al atravesar la atmósfera pierde intensidad debido a la absorción,

difusión y reflexión por acción de los gases, vapor de agua y partículas en suspensión que tiene nuestra capa atmosférica.

Por tanto, la radiación global que recibe la Tierra del Sol, se divide en:

- o Radiación directa, que es la que atraviesa la atmósfera sin sufrir cambio alguno la dirección.
- o Radiación dispersa o difusa que es la recibida después de los fenómenos de reflexión y difusión.

La energía solar que finalmente llega a la Tierra en forma de radiaciones es enorme, aunque su densidad media a lo largo del año es baja: un promedio de unos 100 W/m^2 en la zona Norte de Europa, y de unos 200 W/m^2 en el sur de nuestro continente.

Por tanto, este recurso energético en España es importante. A título únicamente anecdótico, podría decirse que la energía eléctrica total consumida en un año en la Península equivaldría a la energía solar que se recibe en un área de 2.000 Km^2 .

Sin embargo, el carácter aleatorio y muy disperso de esta energía tiene numerosas limitaciones a la hora de su aprovechamiento.

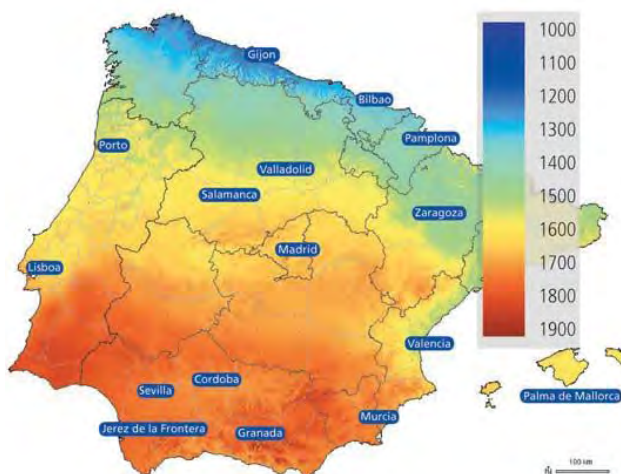


Figura A.8 - Mapa de radiación solar en España

En el gráfico adjunto se refleja un mapa de España con las líneas iso-energéticas solares, y en donde se pueden apreciar los valores medios registrados en nuestra geografía.

En la actualidad existen dos vías principales de aprovechamiento de la energía solar, la energía térmica y la energía fotovoltaica.

A.5.1.2.1 - ENERGIA SOLAR TERMICA

El aprovechamiento de la energía solar térmica consiste en utilizar la radiación del Sol para calentar un fluido que, en función de su temperatura, se emplea para producir agua caliente, vapor o energía eléctrica. Tiene así lugar una absorción de energía solar y su transformación en calor.

Los sistemas de aprovechamiento de la energía solar por vía térmica se suelen dividir en tres grupos:

1. Sistemas de utilización de energía solar a baja temperatura, en los que el calentamiento del agua se produce por debajo de su punto de ebullición, es decir, de 100 °C. La mayor parte de los equipos basados en esta tecnología se aplican a la producción de agua caliente sanitaria y a climatización. Para estas temperaturas se utilizan como equipos de captación los llamados "colectores planos solares", que son instalaciones muy sencillas que se sitúan en los tejados de los edificios o en lugares despejados, de forma que puedan recibir las radiaciones solares directamente y transmitir las en forma de calor a un fluido.

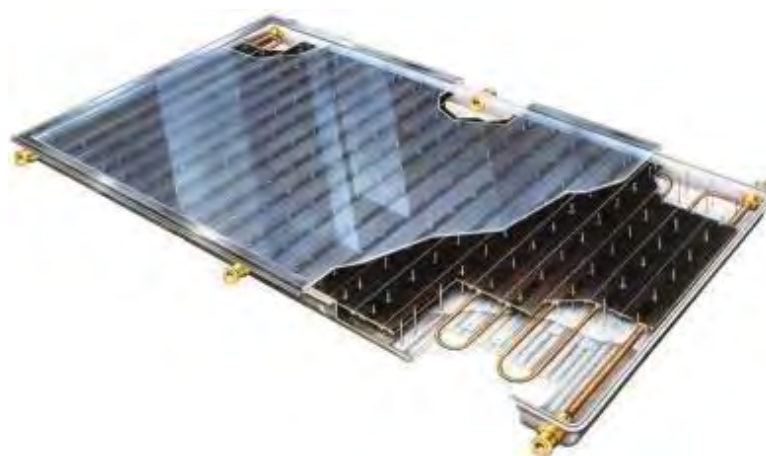


Figura A.9 - Placa solar térmica

Estos paneles constan, fundamentalmente, de los siguientes elementos:

- o Una superficie captadora de la radiación solar que está constituida, normalmente, por un material metálico de color negro (para temperatura <50° C pueden utilizarse plásticos). Los objetivos son: absorber la máxima radiación solar, convirtiéndola en energía térmica con el mayor rendimiento posible, y transferir la mayor cantidad de calor posible al fluido portador.

- o Un circuito por donde circula el fluido capaz de transferir el calor captado. Suele ser líquido o gas.
- o Una cubierta transparente y protectora.
- o Un aislante térmico y una caja protectora para adaptarse al resto de la instalación.

Empleando unos colectores de luz que se instalan sobre el tejado de las casas, es posible calentar agua y dotar de agua caliente sanitaria ACS a la vivienda.

En el hemisferio norte se orientan hacia el sur y en el hemisferio sur hacia el norte.

2. Sistemas de utilización de energía solar a media temperatura que se emplean en aquellas aplicaciones que requieren temperaturas de entre 100°C y 300°C para calefacción, para proporcionar calor en procesos industriales, suministro de vapor, etc. Se realiza con los llamados "colectores de concentración".

3. Sistemas de utilización de energía solar a alta temperatura que se aplican, entre otros usos, en climatización, producción de vapor para uso directo y producción de energía eléctrica en centrales termosolares, alternativa que requiere temperaturas superiores a los 250°C – 300°C. En este caso, los requisitos de concentración de la radiación solar son superiores a los que se obtienen con los procedimientos de media temperatura.

Estos sistemas permiten conseguir temperaturas superiores, incluso, a los 2.000°C (Hornos solares).



Figura A.10 - Esquema de placas solares para ACS

A.5.1.2.2 - CENTRAL TERMOSOLAR

Una Central Termosolar es una instalación que permite el aprovechamiento de la energía del sol para la producción de electricidad. Tiene un ciclo térmico semejante al de las centrales termoeléctricas convencionales: la energía calorífica que se produce en un determinado foco es transformada en energía mecánica mediante una turbina y, posteriormente, en energía eléctrica mediante un alternador.

La única diferencia es que mientras en las centrales termoeléctricas convencionales el foco calorífico se consigue por medio de la combustión de una fuente fósil de energía (carbón, gas, fuel óleo), en las solares, el foco calorífico se obtiene mediante la acción de la radiación solar que incide sobre un fluido.

Hay diversos esquemas de centrales termosolares. Entre los tipos desarrollados de mayor interés, cabe mencionar, especialmente, las centrales de tipo torre central y las de colectores distribuidos.

Centrales de Colectores Cilindro Parabólicos (CCP).

En este tipo de centrales se constituyen filas paralelas de colectores cilindro

parabólicos compuestos cada uno de ellos por un espejo cilindro parabólico que refleja la radiación solar directa sobre un tubo receptor por el que circula un fluido. La radiación solar concentrada calienta el fluido logrando temperaturas de trabajo de hasta 400 °C. Como cualquier otro captador de concentración, los CCP solo pueden aprovechar la radiación solar directa, lo que exige que el colector vaya modificando su posición durante el día. Este movimiento se consigue mediante el giro alrededor de un eje paralelo a su línea focal. En la figura se observa un CCP típico.



Figura A.11 - Colector Cilindro Parabólicos (CCP)

La producción de energía eléctrica en estos sistemas se basa en la evaporación de agua mediante el intercambio de calor con el fluido que circula por los tubos de los colectores. Después, el vapor de agua obtenido mueve una turbina de vapor que genera electricidad. En la Figura se muestra dicho funcionamiento. Este tipo de centrales solares son en la actualidad las que presentan una mayor experiencia comercial al existir una planta de este tipo de 354 MWe en California.

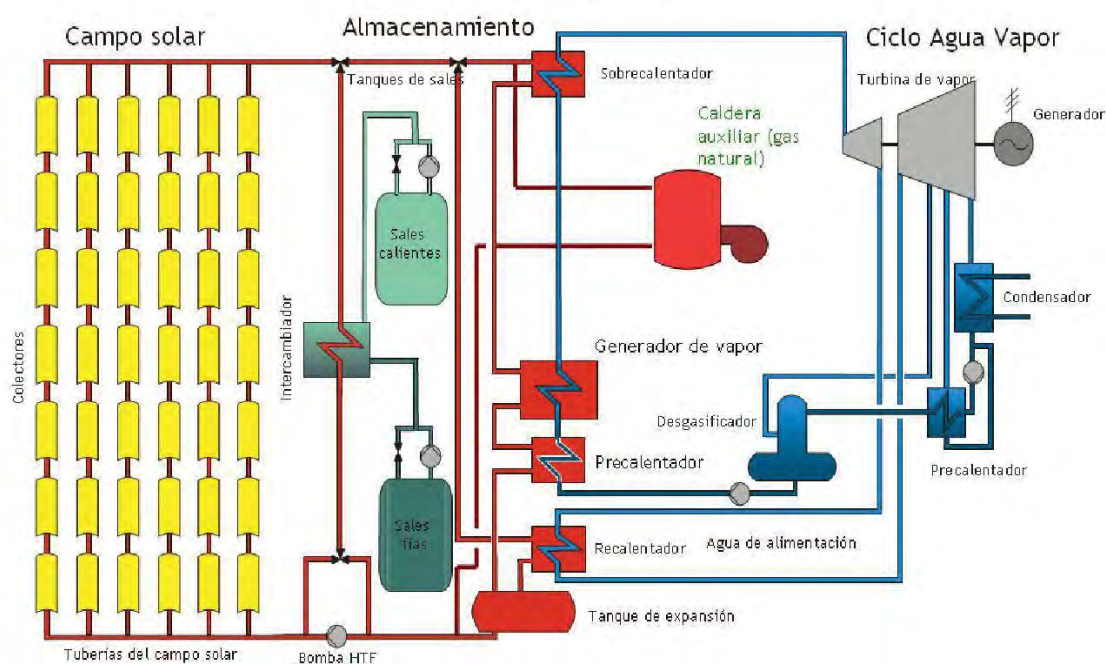


Figura A.12 - Esquema central de CCP

Sistemas de receptor central con campo de helióstatos.

En estos sistemas el intercambio de calor radiativo/convectivo se realiza en un intercambiador de calor ubicado encima de una torre. Los altos flujos de radiación incidente permiten trabajar a altas temperaturas, almacenando el calor recibido en fluidos de trabajo a partir de los cuales se obtiene vapor. Dicho vapor moverá turbinas a las que irán unidos generadores eléctricos que generarán la energía eléctrica que se suministrará a la red. Entre los fluidos de trabajo que pueden ser utilizados destacan determinados tipos de sales de nitratos o de sodio, aunque en la actualidad cogen fuerza el vapor de agua y el aire. Las figuras 3 y 4 muestran una central de con campo de helióstatos y su funcionamiento simplificado respectivamente.

Uno de los principales problemas de esta tecnología solar radica en que la demanda energética no coincide con la producción, por lo que el almacenamiento es necesario. Para ello se utilizan acumuladores de calor con sales como las anteriormente mencionadas. Además de regular la producción, este tipo de sistemas mejoran el funcionamiento de la

instalación al reducir los transitorios. Como en la actualidad los campos de helióstatos no son rentables de por sí, podemos encontrar instalaciones híbridas de este tipo.



Figura A.13 - Central solar de Torre Central de Almería

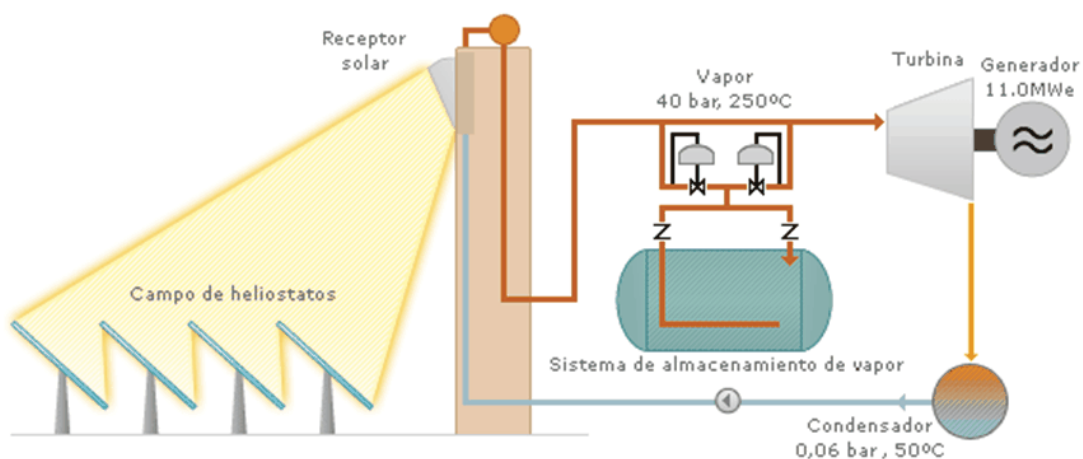


Figura A.14: Esquema de funcionamiento de un central solar de torre central

En España existen instalaciones pioneras⁵ como la planta TSA, de 1 MW de potencia y aire como fluido de trabajo, y la planta PS10 en San Lúcar la Mayor (Sevilla), propiedad de Abengoa. Dicha instalación usa tecnología de receptor volumétrico de aire y un sistema de almacenamiento térmico con lecho cerámico de alúmina, probados satisfactoriamente en la instalación TSA de la PSA entre 1993 y 1996. La planta cuenta con un total de 981 helióstatos de 91m² cada uno y un receptor volumétrico de aire de 41 MW y se espera que llegue a producir 22 GWh eléctricos anuales.

Sistemas de disco parabólico.

Los discos parabólicos han evolucionado tanto en EEUU como en Europa hacia la construcción de unidades autónomas conectadas a motores Stirling situados en el foco. Los sistemas disco/Stirling han demostrado la mayor eficiencia de conversión de radiación solar en energía eléctrica con valores máximos del 30 % y hasta un 25 % de promedio diario en unidades de 7 a 25kW. Debido a la curvatura parabólica del concentrador y a la baja relación distancia focal/diámetro ($f/D = 0,6$), se pueden conseguir altas relaciones de concentración por encima de 3.000. Esto permite alcanzar muy altas temperaturas de operación entre 650 y 800 oC, dando lugar a eficiencias en el motor Stirling del orden del 30 al 40 %. La superficie cóncava del concentrador está cubierta por espejos de vidrio de segunda superficie con su correspondiente curvatura parabólica o bien por espejos delgados o polímeros metalizados de primera superficie soportados sobre una estructura de fibra de vidrio o de membrana tensionada. Los receptores para sistemas disco/Stirling son de tipo cavidad, con una pequeña apertura y su correspondiente sistema de aislamiento. En los capítulos siguientes se detallarán al máximo todos los elementos que componen este tipo de sistemas y su funcionamiento. En la Figura 5 se puede observar una de estas unidades.



Figura A.15 - Sistema Disco Stirling

A.5.1.3 - ENERGIA DEL MAR

El mar se puede aprovechar como una fuente de energía eléctrica, principalmente de cinco maneras diferentes, estas son:

- Aprovechando la diferencia de alturas ocasionadas entre la bajamar y la pleamar (Energía Mareomotriz).
- Utilizando el movimiento de las olas del mar (Energía de las olas).
- Beneficiándose de las corrientes marinas (Energía de las corrientes marinas).
- Mediante el gradiente térmico de las aguas del mar a distintas profundidades.
- Por ultimo, gracias a la distinta concentración salina habida en distintas zonas marinas, como por ejemplo un estuario.

A.5.1.3.1 - ENERGIA MAREOMOTRIZ

El ascenso y descenso de las mareas es producido por las acciones gravitatorias del sol y la luna. La variación entre la marea baja y la marea alta, se da en un periodo aproximado de 12 horas y 30 minutos. El nivel de la superficie del mar puede variar entre 2 y 15 metros entre la pleamar y la bajamar.

La instalación de un central mareomotriz solo es posible en lugares con una diferencia de al menos 5 metros entre la marea baja y la alta. Hay pocos puntos en el globo donde ocurre este fenómeno.

En la figura podemos observar la distribución geográfica de la energía mareomotriz disponible.

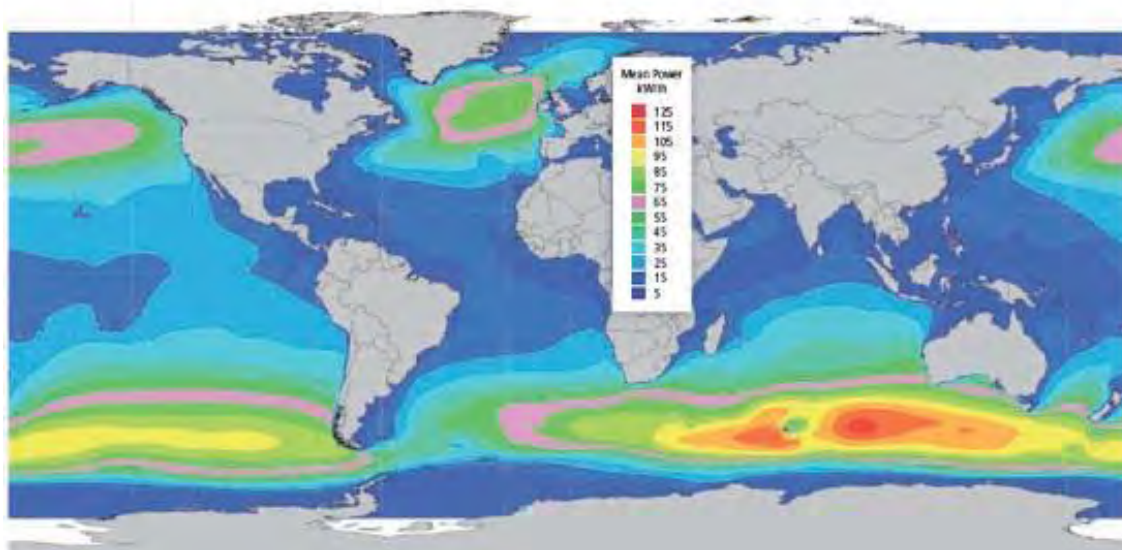


Figura A.16 - Zonas potenciales de aprovechamiento de energía mareomotriz

La ubicación ideal para instalar una central mareomotriz es un estuario, una bahía o una ría donde el agua del mar penetre, ya que se ha de construir un dique y la bocana debe ser estrecha para que la construcción sea viable. El dique deja pasar el agua para permitir el aumento del nivel de la superficie y posteriormente es cerrado creando un deposito estanco.

Aquí podemos ver la ubicación de un dique.



Figura A.17 - Ubicación típica de un dique

En España existen proyectos donde se desarrolla esta tecnología, abundando mas en la zona norte de la península.



Figura A.18 - Potencia mareomotriz instalada en las costas de España

FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL MAREOMOTRIZ

En un principio con las compuertas abiertas se permite la subida del nivel del mar. Cuando este nivel ha llegado a su máximo valor, las compuertas se cerraran. Una vez están cerradas, el nivel del mar descenderá hasta llegar a la máxima diferencia de alturas entre ambos lados del dique. Llegados a este punto se facilitara el pasa del agua a través de las turbinas, aprovechando su energía y transformándola en energía eléctrica.

A.5.1.3.2 - ENERGIA DE LAS OLAS

Consiste en el aprovechamiento de la oscilación y de la fuerza de las olas.

Por un lado se emplean una serie de construcciones en la línea de la costa diseñadas para aprovechar el movimiento del oleaje y generar electricidad.

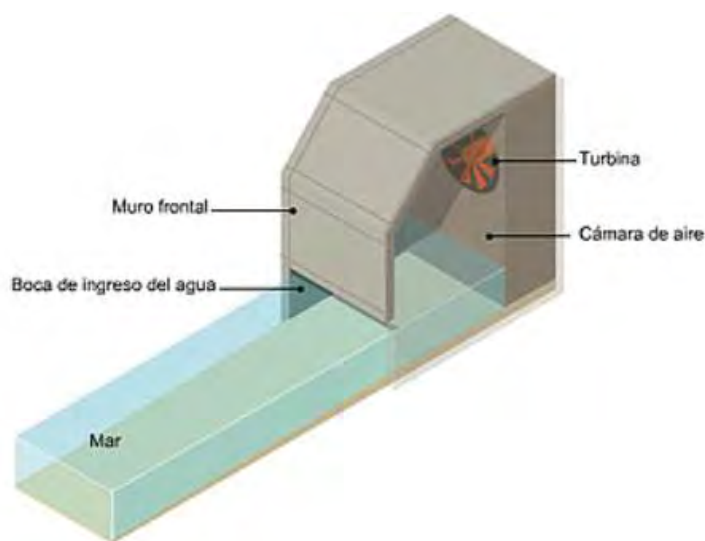


Figura A.19 - Construcción típica para extraer energía de las olas

El empuje generado por las olas es aprovechado, canalizando el agua y el aire desplazado por ellas, para mover unas turbinas que permitan la generación de energía eléctrica.

A la hora de elegir la turbina esta debe tener las palas simétricas para que gire en una única dirección al aumentar y disminuir la presión en la cámara de aire.

La estructura, generalmente de hormigón, es sólida y resistente a la notable corrosión del mar.

Otra manera de obtener energía eléctrica a partir de las olas, es a partir de su movimiento ondulatorio y su correspondiente variación de altura en la superficie.

Un sistema de este tipo es el denominado “Pelamis”, el cual consiste en la unión de varios brazos cilíndricos, unidos por unas articulaciones, que permiten la flexión en sentido vertical y horizontal y así poder acompañar la forma de la ola en su movimiento.

Al tiempo permitir la flexión, las articulaciones en su movimiento accionan unos sistemas hidráulicos para generar electricidad.



Figura A.20 - Sistemas Pelamis

Las dimensiones del Pelamis son del orden de 50 m de largo y unos 3,5 m de diámetro.

Existen sistemas del tipo boya, formado principalmente por dos partes. Una de las partes permanece fija, la otra parte que es móvil, y se desplaza sobre la anterior, se mueve verticalmente siguiendo, en todo momento, el nivel de la superficie de las olas.

De tal forma que la parte móvil se eleva y descienda sobre una estructura similar a un pistón, donde se instala una bomba hidráulica. El fluido entra y sale de la bomba con el movimiento e impulsa un generador que produce energía eléctrica.

Como se puede ver, la energía generada es llevada a tierra a través de un cable submarino, hasta la subestación correspondiente.

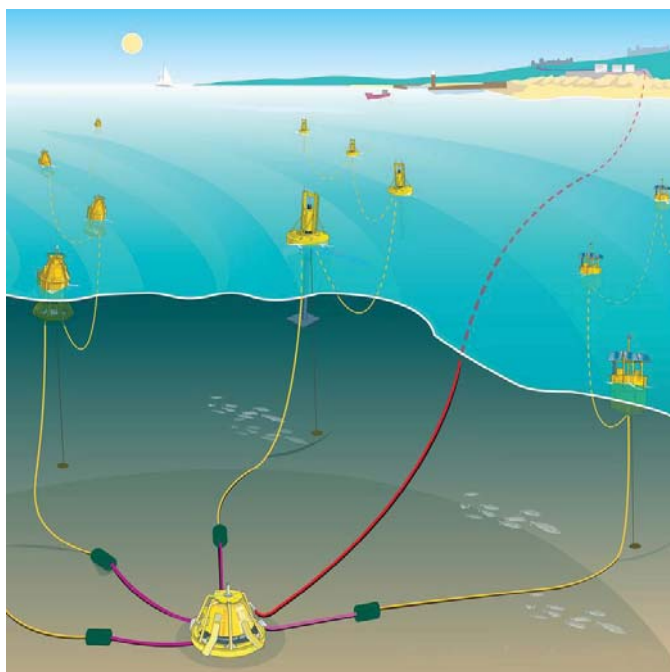


Figura A.21 - Sistemas de tipo boya y cableado hasta la subestación

A.5.1.3.3 - ENERGIA DE LAS CORRIENTES MARINAS

Otra forma de beneficiarse de la energía del mar, es el aprovechamiento del movimiento de las significativas masas de agua que forman las corrientes marinas.

Las centrales consisten en molinos marinos del tipo boya, que aprovechan dichas corrientes, como los siguientes:



Figura A.22 - Molinos marinos de tipo boya

A.5.1.3.4 - ENERGÍAS TÉRMICA Y OSMÓTICA DEL MAR

La diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y las del fondo es resultado del grado de penetración del calor solar en el agua del mar. Así, en la superficie, la temperatura puede superar holgadamente los 20°C mientras que, en el fondo, esta oscila entre 0 y 7°C. En las zonas tropicales próximas al Ecuador y con profundidades superiores a los 500 metros la diferencia de temperaturas puede alcanzar los 25°C.

En Japón y Hawai existen proyectos de hasta 5 MW.

Ambas tecnologías se encuentran aún en fase de investigación para su optimización y desarrollo, siendo en la actualidad las menos utilizadas.

VENTAJAS

- Como fuente renovable, el Mar, ocupa un 70% de la superficie terrestre.
- Es una fuente renovable de energía, no contaminante y silenciosa.
- Disponible en cualquier época del año y en cualquier clima.

DESVENTAJAS

- Depende de la amplitud de las mareas.
- Impacto sobre la fauna y flora, especialmente en el caso de la energía mareomotriz.
- Potencia limitada
- Se encuentran en contacto permanente con uno de los agentes más corrosivos que existen, el agua de mar.
- Alto costo de transporte, mantenimiento, reparación e instalación.

A.5.1.4 - ENERGIA GEOTERMICA

La energía geotérmica aprovecha el calor acumulado en la corteza terrestre.

Los yacimientos geotérmicos se dividen en tres categorías, de alta, media y baja temperatura.

Las dos primeras categorías, poco frecuentes, se utilizan para la conversión de la energía geotérmica en energía eléctrica.

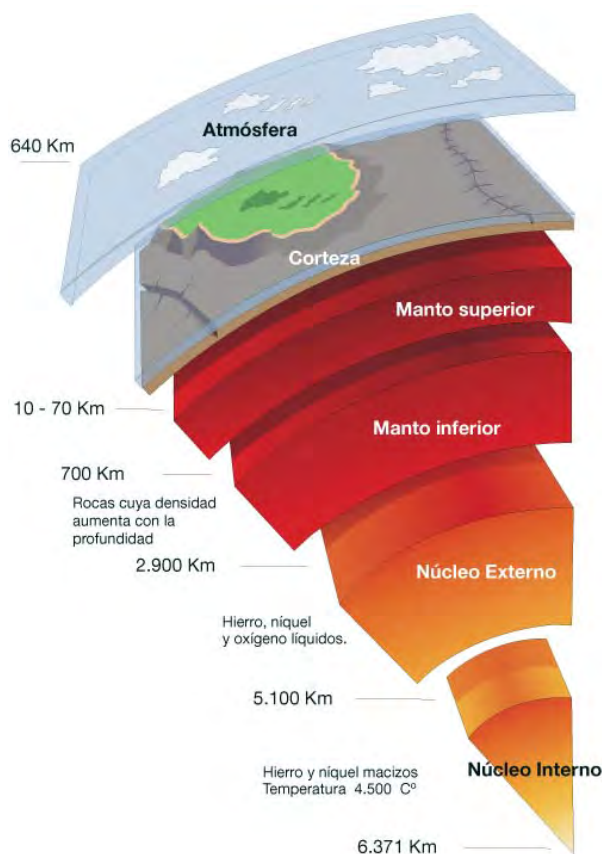


Figura A.23 - Diferentes capas de La Tierra

Las principales aplicaciones de los yacimientos de tercera categoría se encuentran en el sector residencial e industrial, como son el suministro de calor a sistemas de calefacción o de agua caliente (Captadores Geotérmicos).

En la actualidad, para los yacimientos geotérmicos de alta y media temperatura, la tecnología no permite la extracción del calor directamente sino que precisa de la existencia de algún fluido en la proximidad a la zona cálida que permita el intercambio o el accionamiento en la superficie.

Su hallazgo es harto complicado, encontrándose principalmente en zonas de reciente actividad volcánica o sísmica.

El funcionamiento de una planta geotermal se describe en la siguiente figura:

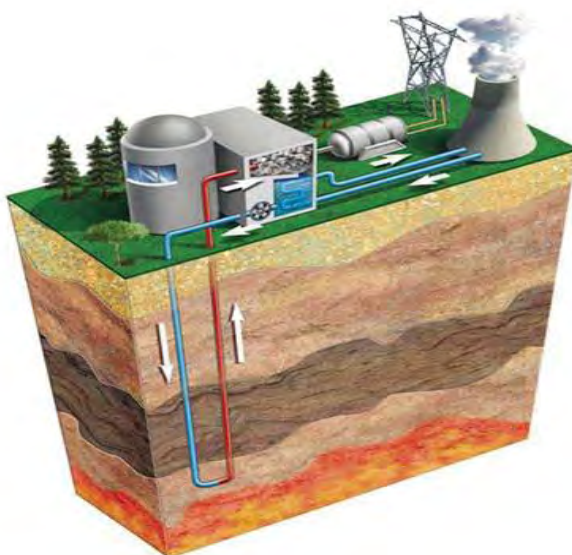


Figura A.24 - Planta Geotermal

Las plantas geotérmicas tienen una ventaja de no producir ningún tipo de combustión como si lo hacen las de petróleo y las de carbón.

El inconveniente que tiene este tipo de energía es que el agua caliente extraída del subsuelo es liberada en la superficie contaminando térmicamente los ecosistemas, al aumentar su temperatura natural.

A.5.1.4.1 - CAPTADORES GEOTÉRMICOS

La posibilidad de aprovechar la energía geotérmica, a poca profundidad, se consigue mediante los captadores geotérmicos.

CAPTADOR HORIZONTAL

Esta solución se recomienda en caso de no querer realizar una perforación, por cualquier motivo. La transferencia de energía se produce a través de un circuito de tubos que se entierran en el terreno, a 1,2 – 1,5 metros de profundidad. De igual forma la transferencia de calor se hace por medio de un fluido portador de calor.

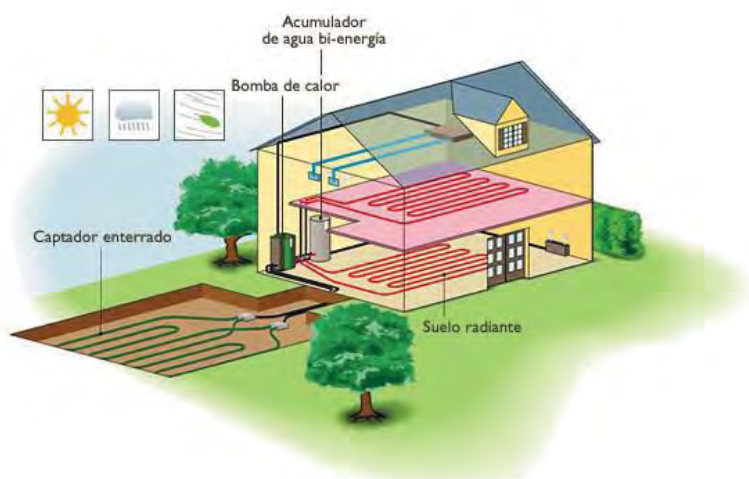


Figura A.25 - Captadores Geotérmicos horizontales

CAPTADOR VERTICAL

Esta solución es la más utilizada. Para esto se realiza una perforación de 110 – 140 milímetros de diámetro y 50 – 100 metros de profundidad. Luego se coloca una sonda (de 2 a 4 tubos) para el intercambio de calor mediante la circulación de un fluido portador de calor.

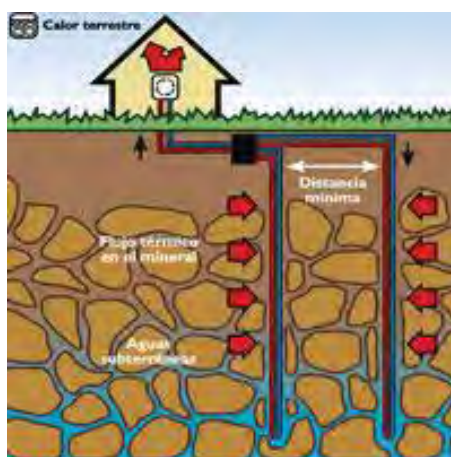


Figura A.26 - Captadores geotérmicos verticales

A.5.1.5 - BIOMASA

La biomasa es el proceso de transformación que sufre la materia orgánica de origen animal o vegetal. Por medio de este proceso, que puede hacerse de forma natural o artificial, se generan subproductos que no tienen valor para la cadena nutritiva o no sirven para la fabricación de productos de mercado, pero pueden utilizarse como combustible.

Según la procedencia de la materia se puede desarrollar la clasificación mostrada en el siguiente esquema.

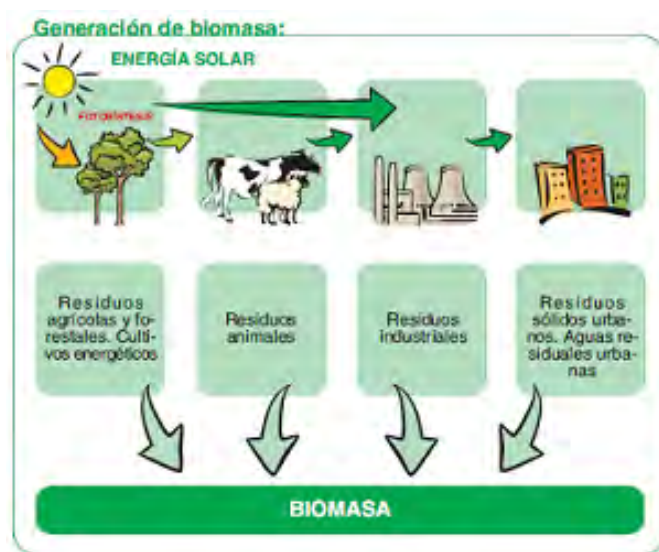


Figura A.27 - Procedencia de la Biomasa

Se denomina “Biomasa residual” al proceso destinado a transformar residuos con la posibilidad de generar energía.

- Residuos agrícolas y forestales. Cultivos energéticos.
- Residuos de animales
- Residuos de industrias agrícolas y forestales.
- Residuos sólidos urbanos. Aguas residuales.

Otra clasificación se encuentra al diferenciar los procesos y los productos generados:

- Combustión: Producción de calor.
- Gasificación: Combustión incompleta con poco oxígeno. (Se obtiene gas pobre).
- Pirolisis: Combustión a altas temperaturas y ausencia total de oxígeno, obteniéndose carbón, alquitrán, combustible gaseoso...
- Procesos bioquímicos y químicos: obtención de biocombustible.

Normalmente el término “Biomasa” estará referido a la obtención de combustible.

Biocombustible será el combustible energético obtenido directa o indirectamente de recursos biológicos y sus características serán:

- Tendrá 1/3 del valor energético del combustible fósil.
- Sus aplicaciones serán en motores de poca potencia y bajo rendimiento.
- Su utilización es muy reciente por lo cual tanto la recogida de la materia como la distribución del biocombustible es deficitaria.
- No emite ni CO ni CO₂. (Contaminación y efecto invernadero).

- Tampoco dióxido de azufre. (lluvia ácida).

A.5.1.5.1 - PROCESOS INDUSTRIALES

PROCESO DE COMBUSTIÓN:

Empleada tanto en generación de calor como en calor de proceso (vapor).
Se utilizan residuos y algún cultivo energético.



Figura A.28 - Caldera para generación de Biomasa

Este tipo de caldera está preparada para a problemática generación de cenizas que aparece en la combustión de biomasa.

PROCESO DE GASIFICACIÓN

Proceso de oxidación parcial (presencia de oxígeno controlada) que transforma la materia orgánica en productos gaseosos.

PROCESOS BIOQUIMICOS Y QUIMICOS

Dentro de los procesos bioquímicos se encuentran:

- Digestión Anaerobia, la cual consiste en la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno.

Se consigue un gas combustible (biogás) y un residuo utilizado como fertilizante.



Utilizándose bien como gas natural, bien en automoción.

De esta forma se tratarán la biomasa residual procedente de ganaderías y granjas, aguas residuales, etc. (un alto grado de humedad).

- Fermentación Aeróbica (Se obtiene el Etanol).

El proceso consiste en:

- Trituración y molienda.
- Fermentación (acción de determinados microorganismos)
- Destilación para obtener una mayor pureza.

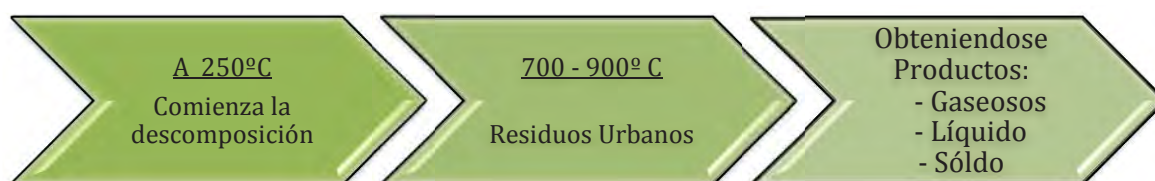
Utilizado en Biomasa con alto contenido en azúcares o almidones.

El etanol es utilizado en motores, mezclado con gasolina y en una proporción no superior al 20%, sin precisar la preparación del automóvil.

PROCESO PIROLISIS

Proceso que consiste en la descomposición térmica de la biomasa en ausencia total de oxígeno.

En el proceso endotérmico puede aprovecharse, a la hora de precisar calor, materia obtenida anteriormente o similares.



Se utilizará para los residuos agrícolas, forestales y residuos sólidos urbanos.

A.5.1.5.2 - TIPOS DE BIOCOMBUSTIBLES

- Biogás: Gas combustible generado en medio natural o en la biodegradación de la materia mediante la acción de microorganismos en ausencia de oxígeno (ambiente anaeróbico).

Este combustible se obtendrá a partir de biomasa residual procedente de ganaderías y granjas, aguas residuales, excrementos, etc...

- Biodiesel: A partir de aceites vegetales usados o sin usar y grasas animales (sustituirá al gasóleo).

Se genera mediante un proceso químico. Un ejemplo de ello es la obtención , que es la reacción química de los aceites vegetales con el metanol.

Durante el proceso también se puede obtener glicerina, compuesto utilizado en la industria cosmética.

La mayor desventaja de este tipo de biocombustible es la utilización de cultivo denominado energético, para lo cual, se están destinando amplias extensiones de terreno que en un principio su utilización estaba orientada para otro tipo de cultivo.

Es utilizado como combustible en automoción mezclado con el diesel en distintas proporciones. En algunos países europeos utilizan el residuo tratado del aceite usado de cocinar, como combustible en los autobuses públicos desde hace un tiempo.

Con la utilización de biodiesel las empresas de transporte, quieren dar un paso mas en la implantación de si Sistemas de Gestión Medioambiental, y colaborar al cumplimiento de la Normativa Europea 2003/30/CE sobre el fomento del uso de biocarburantes en el transporte, así como a las derivadas de la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto.

- Bioetanol: Obtenido mediante un proceso bioquímico (fermentación aeróbica) a partir de biomasa con alto contenido en azúcares, almidones o celulosas.

Es utilizado como combustible en automoción (se mezcla con la gasolina al 5-15%, permitiéndose con diesel mediante un aditivo).



Figura A.29: Biobus en la Estación de Santander

- Biobutanol: Ofrece la ventaja de que es un combustible no corrosivo y puede ser distribuido en canalizaciones.

APLICACIONES DE LA BIOMASA

Como principales aplicaciones de la biomasa se encuentra la generación de diversos tipos de energía, siendo las mas usuales los siguientes tipos:

- **Energía Térmica/Eléctrica**: Una central de biomasa es una instalación que permite el aprovechamiento de la biomasa para la producción de electricidad. Tiene un ciclo térmico similar al de las centrales térmicas convencionales: la energía calorífica que se produce en un determinado foco es transformada en energía mecánica rotatoria mediante una turbina y, posteriormente, en energía eléctrica a través de un generador.

La diferencia está en que el combustible principal utilizado para producir la energía calorífica en el caso de las centrales de biomasa (centrales de poca potencia y bajo rendimiento) lo constituyen principalmente los residuos forestales, los cultivos de plantas energéticas, o los residuos agrícolas.

Al respecto de este tipo de energía, en los últimos años, aparece la aplicación doméstica-industrial de la calefacción y también de la producción de agua caliente sanitaria mediante biomasa.

- Energía mecánica: Motores de vehículos alimentados con biocarburantes.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA BIOMASA

Como ventajas se encuentran:

- Desde el punto de vista de cambio climático, se considera que los gases de invernadero emitidos en la producción de electricidad a partir de la biomasa no tienen impacto negativo, ya que el CO₂ producido en la combustión es aproximadamente el mismo que la cantidad fijada por la masa vegetal durante su crecimiento. En cualquier caso, en la hipótesis de no utilizarse la biomasa en una central, el CO₂ volvería a la atmósfera a través del proceso natural de descomposición de la materia orgánica.
- Tiene contenidos de azufre prácticamente nulos por lo que la emisión de dióxido de azufre es mínima.
- El uso de la biomasa como carburante en motores de combustión interna reduce el empleo de los motores alimentados por combustibles fósiles que provocan altos índices de contaminación.

Por otro lado, como desventajas se indican las siguientes:

- El rendimiento de las calderas de biomasa es inferior al de las que usan combustible fósil.
- Se necesita mayor cantidad de biomasa para conseguir la misma cantidad de energía con otras fuentes.
- Los canales de distribución de la biomasa están menos desarrollados que los de los combustibles fósiles.

A.5.1.6 - CENTRALES HIDROELECTRICAS

Una central hidroeléctrica es aquella instalación cuya función es generar energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía cinética o potencial de un cierto caudal de agua.



FiguraA.43 - Presa de La Cohilla en Cantabria

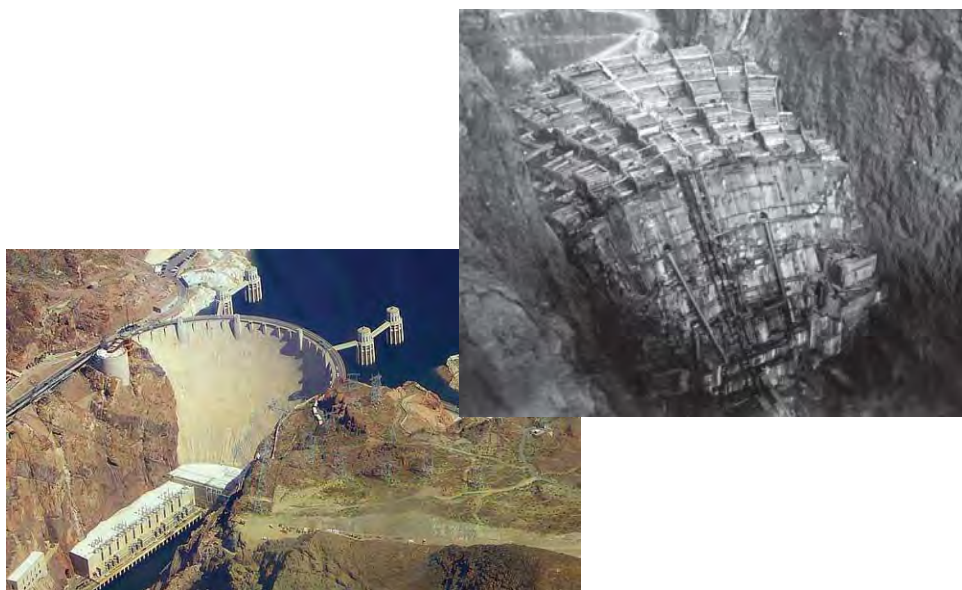


Figura A.44 - Presa Hoover (Nevada, EEUU), en construcción y finalizada

Existe una gran variedad de centrales hidroeléctricas en función de su ubicación, tipo de aprovechamiento, tipo de mando, potencia generada, etc...

Este tipo de centrales presenta ventajas muy significativas desde el punto de vista medioambiental y técnico, ventajas que se irán exponiendo y detallando a lo largo de este punto, aunque su construcción (algunas de grandes dimensiones) también requiere, en la mayor parte de los casos, obras de ingeniería civil muy importantes, obligando a la realización de otras infraestructuras en su entorno y a un estudio previo, durante y en fase de explotación del posible impacto medioambiental originado.

En España existen alrededor de 800 centrales hidroeléctricas instaladas, de las cuales 20 de ellas son de mas de 200 MW, mientras que también existen centrales con potencias menores de 20 MW.



Figura A.45 - Centrales hidroeléctricas instaladas en España mayores de 20 MW

A.5.1.6.1 - FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA

El funcionamiento de una central hidroeléctrica se va a describir, realizando previamente una distinción de tipología según la forma de obtener el salto hidráulico, es decir, el desnivel de las aguas que permite a estas adquirir una energía potencial que posteriormente se utilizará para su conversión en energía eléctrica.

De esta forma, se distingue un primer tipo de central hidroeléctrica, que además facilita la descripción de todos sus componentes, la central de “Agua embalsamada o a pie de presa”.

Este tipo de central crea el salto hidráulico mediante el atajamiento de la corriente natural del río gracias a una barrera artificial denominada presa o azud. La presa más las características del terreno facilitaran la sucesiva acumulación de agua generando un embalse de un determinado volumen y a una determinada altura. La central se encargará de aprovechar la energía potencial del agua embalsada.

El funcionamiento se detalla a continuación, siguiendo la siguiente figura:

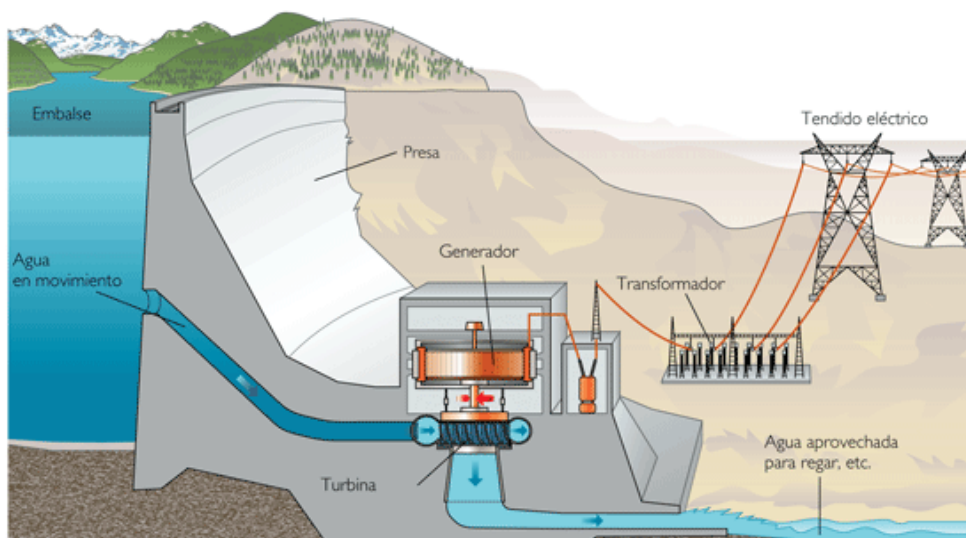


Figura A.46 - Central hidroeléctrica a pie de presa

La presa situada en el lecho del río, favoreciéndose de la orografía del terreno, acumula artificialmente un volumen de agua que sirve para formar un embalse, lo que permite que el agua embalsada vaya alcanzando cierta altura, adquiriendo una energía potencial, transformable en energía eléctrica.

Para ello, se sitúa en el paramento aguas arriba de la presa unas tomas de agua formadas por una bocina de admisión, protegida por una rejilla metálica filtradora, y por una cámara de compuertas que permite controlar la entrada del agua en la galería de presión, previo a una tubería forzada que conduce finalmente el agua hasta la turbina situada en la sala de máquinas de la central.

El agua a presión de la tubería forzada va transformando su energía potencial en cinética, es decir, perdiendo altura y adquiriendo velocidad. Al llegar a las máquinas, actúa sobre las paletas de la turbina hidráulica, transformando su energía cinética en energía mecánica de rotación. El eje de la turbina está unido al del operador eléctrico que al girar convierte la

energía mecánica giratoria en energía eléctrica alterna de media tensión y alta intensidad.

Esta energía eléctrica es convertida mediante transformadores en corriente de baja intensidad y alta tensión para incorporarla al sistema eléctrico mediante las líneas de transporte. El agua una vez que ha cedido su energía es restituida al río aguas debajo de la central a través del desagüe.

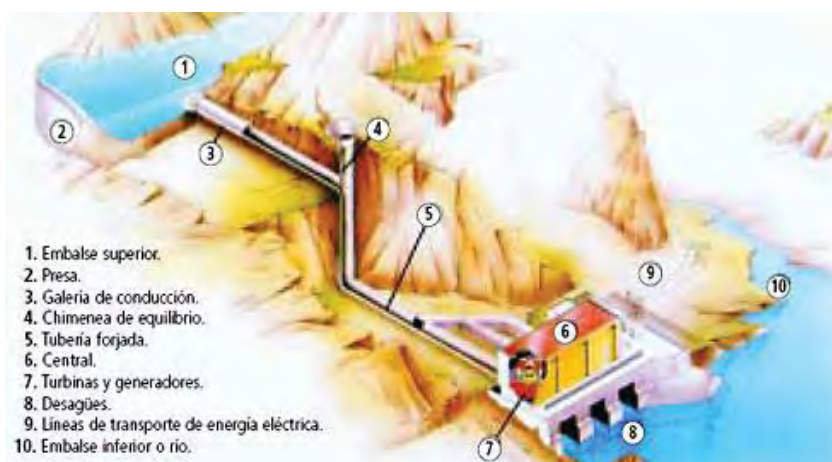


Figura A.47 - Central hidroeléctrica de Bombeo

Una ampliación de este tipo de central es la llamada “Central de bombeo o reversible” la cual incorpora un segundo embalse situado a distinta cota.

Este segundo embalse permite la recuperación del agua turbinada aguas arriba con el grupo eléctrico en funcionamiento como motor.

Para la construcción de estas centrales es preciso incorporar una conducción abierta o pozo vertical, denominada “Chimenea de equilibrio”, que permita evitar los fenómenos denominados como “Golpe de Ariete” originados por los cambios bruscos de velocidad, del agua a presión que transportan las tuberías, al abrir y cerrar las válvulas.



Figura A.48 - Chimenea de equilibrio de la central del embalse de Prada (Galicia)

Los cambios bruscos de velocidad en las tuberías de presión también pueden aparecer, en regulación, por los cambios de carga en el grupo turbina-generador.

Desde el punto de vista económico, el funcionamiento óptimo de la central será funcionando como generador de energía eléctrica en las horas de mayor consumo y actuando como motor, consumiendo energía, embalsando agua a cota superior, cuando la energía eléctrica tenga un coste inferior.

Un segundo tipo de centrales hidroeléctricas son aquellas que utilizan un canal de transporte de agua, denominado canal de derivación, encargado de llevar el agua por un camino alternativo a su cauce natural, con menor pendiente y rugosidad que este y así ir creando a lo largo de su extensión una mayor diferencia de alturas entre ambos.

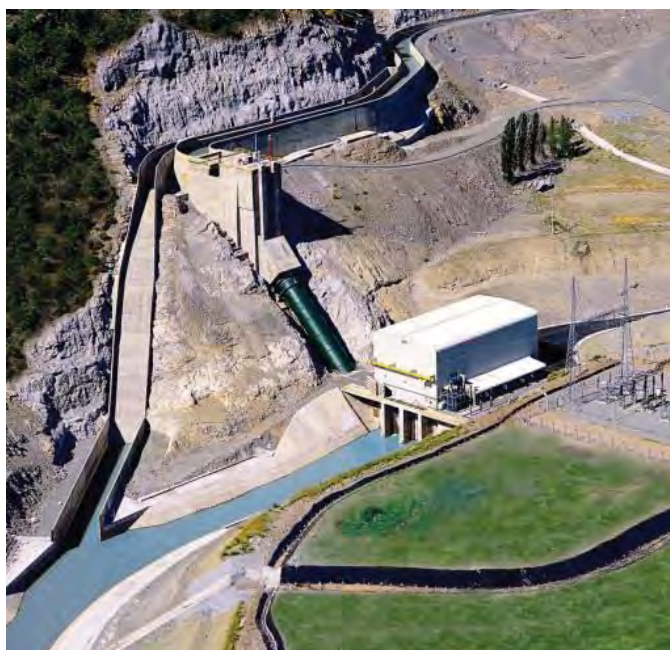


Figura A.49 - Central hidroeléctrica de derivación del río Cachapoal, Chile

De esta forma en un punto adecuado, se procederá a la devolución de las aguas al río previo paso por una tubería de presión y el grupo turbina-generador y así aprovechar el salto hidráulico originado.

Entre los tipos de centrales comentados, se encuentran las soluciones mixtas que posiblemente sean las más utilizadas pues en su construcción se pueden adaptar mejor a las posibilidades.

En este tipo de centrales se embalsa el agua dándole salida a través de una galería de presión, similar a un canal de derivación, lo que permite seguir ganando altura respecto al cauce del río, siguiéndole una tubería de presión forzada que lleva el agua al grupo turbina-generador.

Dada la importancia de neutralizar los cambios de presión originados en la tubería forzada es preciso incluir también la chimenea de equilibrio.

Por último y cuando no exista la posibilidad de aprovechar un salto hidráulico, pero en cambio si se tenga abundante caudal con la energía cinética necesaria, aparecen las centrales denominadas de “Agua fluyente”.

Estas centrales aprovechan directamente el cauce natural del río para accionar las turbinas, son poco frecuentes pues requieren caudales importantes en cualquier época del año.

El estudio y diseño de la central y de su caudal de equipamiento se desarrolla a partir del caudal medio estimado, obtenido de las épocas de mínimo y máximo caudal. Cuando se supera el máximo caudal, este pasará a través de los aliviaderos, trabajando el resto del año a un rendimiento aceptable.



Figura A.50 - Central de agua fluyente de Yaciretá, Argentina

A.5.1.5.6.2 - ELEMENTOS DE LAS CENTRALES HIDROELECTRICAS

1. PRESA, construcción encargada de atajar el cauce natural del río, bien para embalsar (presas de embalse) o bien para desviar (presas de derivación) las aguas. Es el elemento más importante de la central y depende en gran medida de las condiciones orográficas del terreno donde se realiza la instalación.

Según el material utilizado en su construcción se tienen distintos tipos de presas, incoherentes (de tierra, de escollera, mixtas) y coherentes, proporcionan resistencia e impermeabilidad al conjunto (de mampostería, de hormigón armado), siendo estas últimas de hormigón las más utilizadas en la actualidad dada su gran aportación.

Dentro de este tipo de presas, coherentes de hormigón, se encuentran diversos tipos según la disposición constructiva, teniendo:

- Presa de gravedad: En las cuales la fuerza antivuelco la soporta el propio peso de la presa.



Figura A.51 - Presa de arco de Salamanca

- Presa de arco sencilla, las cuales forman un arco transmitiendo las fuerzas a los laterales del valle. Suelen situarse en valles angostos con laderas rocosas de buena calidad. La sección de estas presas es una sección recta.
- Presa de bóveda, es una variedad de las anteriores, en la cual, la sección también es curva. El ahorro de hormigón es significativo.

- Presas a contrafuerte, son el resultado de estudios realizados para la reducción del hormigón empleado.
2. Canal de derivación, de poca pendiente y rozamiento al agua, utilizado para conseguir una cierta altura o salto, previo paso a la cámara de presión y posterior tubería forzada.

Los canales van revestidos interiormente de mampostería u hormigón para facilitar el deslizamiento de agua en su interior.

Los canales pueden realizarse :

- En desmonte, es decir, excavando el terreno, formando paredes de material natural, aportando estabilidad.
- A media ladera, utilizando terraplenes a ambas laderas.
- En túnel, el cual consiste en una galería subterránea por donde el agua circula por gravedad sin ningún tipo de presión.

La pendiente de los canales de derivación ha de ser mínima para no afectar en lo menos posible al salto útil, del aprovechamiento hidráulico.

3. Tuberías forzadas de presión, son la tubería cerrada que libera el salto, conduciendo el agua hasta las turbinas.

Pueden ser metálicas o de hormigón, y suelen encontrarse instaladas en la superficie del terreno.



Figura A.52 - Ejemplo de tubería de presión

La elección del número de tuberías forzadas depende a su vez del número de grupos turbina-generador instalados y de la oportunidad de mantener la independencia del funcionamiento de dichos grupos. Pero desde el punto de vista económico es conveniente reducir su número al máximo.

Una vez seleccionado el número de tuberías es necesario determinar su diámetro. Este puede ser constante a lo largo de toda su longitud o decreciente a medida que disminuye la altura. Esta solución es la más adecuada para grandes saltos.

La determinación del diámetro óptimo se basa en un compromiso económico entre el coste de los materiales y el coste asociado a las pérdidas de carga que se produzcan. Es evidente que a mayor diámetro mayor coste, pero menores pérdidas, es decir, más capacidad de producción de energía.

La construcción y el montaje de las tuberías forzadas ha de desarrollarse con sumo cuidado de no perder las características de diseño para que no existan posibles escapes y pérdidas añadidas y en el caso de las metálicas debe desarrollarse especial atención a su mantenimiento, dada la posible corrosión de los agentes atmosféricos.

4. Aliviaderos, son elementos de seguridad vitales de la presa, previstos para evacuar el caudal máximo de crecida, evitando de este modo, que se produzcan inundaciones y daños en la presa y en el lugar.

Podrían atender también, a las necesidades mínimas ecológicas o de riego, en el caso de que fuera necesario.

Se distinguen básicamente tres tipos:

- Aliviaderos de Superficie, utilizados en presas de tierra, se disponen independientemente de la presa.
- Vertederos, son aliviaderos fijos (sin partes móviles) cuya estructura forma parte de la presa.

Para evitar que el agua pueda producir desperfectos al caer desde gran altura, por efecto de la energía cinética del agua vertiente, los vertederos se diseñan para que la mayoría de esta energía se pierda en una cuenca que se encuentra en el pie de la presa, llamada de amortiguación.

- Aliviadores móviles, también denominados compuertas, poseen una parte móvil que permite su apertura, cierre y regulación, en algunos casos, según necesidad.
5. Toma de agua, es un elemento de funcionamiento, su misión es captar agua para el funcionamiento de las turbinas de la central su número y capacidad dependen del volumen y altura del embalse y de los servicios que debe abastecer, además es recomendable tener siempre alguna opción de reserva en el caso de avería.

Su ubicación se encontrará en la máxima profundidad útil del aprovechamiento de la presa.

6. Desagües de fondo, elementos que, aunque puedan ayudar a las tareas de los aliviaderos, en el caso e necesidad o emergencia, su principal misión es el posible vaciado del embalse.
7. Chimeneas de equilibrio, ya explicada en apartados anteriores.

A.4.2 – ENERGÍAS NO RENOVABLES

A.5.2.1 – FÓSIL

A.5.2.1.1 – ENERGÍAS NO RENOVABLES

A.5.2.1.1.1 – DEFINICIÓN

Las centrales térmicas convencionales producen energía eléctrica a partir de combustibles fósiles, como son el carbón, el fuel o el gas. Además, utilizan tecnologías clásicas para la producción de electricidad, es decir, mediante un ciclo termodinámico de agua/vapor.

Por consiguiente el apelativo de “convencionales” se refiere al hecho de que emplean combustibles y tecnología tradicionales, que fueron la base de las primeras experiencias de producción de electricidad. Y sirve, asimismo, para diferenciarlas de otras centrales termoeléctricas que se han incorporado al abastecimiento eléctrico en fechas mas recientes y merced a tecnologías mas modernas.

Este tipo de centrales también se diferencian de las instalaciones que generan electricidad mediante gas, utilizando nuevas tecnologías de ciclo

combinado (turbina de gas y turbina de vapor), y que están teniendo una implantación importante a lo largo de los últimos años.

El gas utilizado puede ser gas natural transportado a la central, o bien, obtenido a través de un proceso de gasificación del carbón.

El funcionamiento de una central térmica convencional se detalla a continuación, tomando como ejemplo una central de carbón, un esquema simplificado de su funcionamiento es el siguiente:

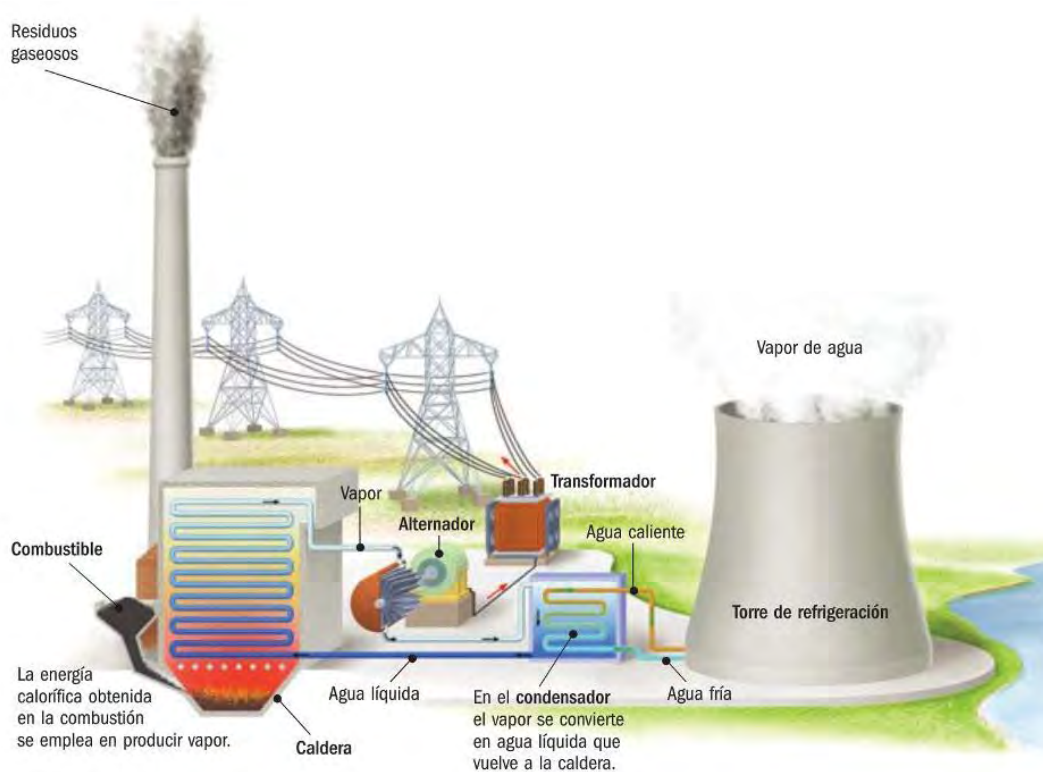


Figura A.53 - Esquema de una central térmica convencional

El carbón almacenado en el parque cerca de la central es conducido mediante una cinta transportadora hacia una tolva que alimenta al molino. Aquí el carbón es pulverizado finamente para aumentar la superficie de combustión y así mejorar la eficiencia de su combustión.

La caldera está formada por numerosos tubos por donde circula agua, que es convertida en vapor a alta temperatura. Los residuos sólidos de esta combustión caen al cenicero para ser posteriormente transportados a un vertedero. Las partículas finas y los humos se hacen pasar por los precipitadores y los equipos de desulfuración, con el objeto de retener un elevado porcentaje de los contaminantes que en caso contrario llegarían a la atmosfera a través de la chimenea.

El vapor de agua generado en la caldera pasa a accionar los álabes de las distintas turbinas de vapor puestas según presión de trabajo, haciendo girar el eje de estas turbinas que se mueve solidariamente con el rotor del generador eléctrico. En el generador, la energía mecánica rotatoria es convertida en electricidad de media tensión y alta intensidad. Con el objetivo de disminuir las perdidas en el transporte a los puntos de consumo, la tensión de la electricidad generada es elevada en un transformador, antes de ser enviada a la red general mediante las líneas de transporte de alta tensión.

Después de accionar las turbinas, el vapor de agua se convierte en líquido en el condensador. El agua que refrigera el condensador proviene de un río o del mar, y puede operar en circuito cerrado, es decir, transfiriendo, el calor extraído del condensador a la atmosfera mediante torres de refrigeración o, en circuito abierto, descargando dicho calor directamente a su origen.

A.5.2.1.1.2 - IMPACTO DE LAS CENTRALES TERMICAS EN EL MEDIO AMBIENTE

Los efectos sobre el medio ambiente de las centrales de carbón se derivan de las emisiones a la atmosféricas y residuos que se producen en la combustión del mineral (óxidos de azufre, nitrógeno y carbono, así como partículas, principalmente), del tratamiento del agua que se transforma en vapor (vertidos químicos) y de la refrigeración necesario para condensar el

vapor (efecto térmico). Estos problemas ambientales están regulados, y las empresas eléctricas disponen de los medios necesarios para su minimización.

El establecimiento en las centrales eléctricas de niveles específicos de emisión de SO₂, NO_x y partículas, y los criterios sobre los niveles de inmisión que deben ser respetados en cualquier tipo de condiciones, llevaron hace tiempo a la adopción de sistemas de protección: equipos de desulfuración, retención de partículas mediante precipitadores electrostáticos, difusión atmosférica mediante chimeneas de elevada altura, sistemas de vigilancia continua de la calidad ambiental en el entorno de las centrales, etc...

Actualmente se están desarrollando nuevas tecnologías que permitan una combustión “limpia” del carbón, como son las de lecho fluidificado, la gasificación del carbón, etc...

Por su parte, los riesgos de contaminación química a causa de los vertidos procedentes del sistema de tratamiento del agua para su conversión en vapor, se tratan mediante depuración de las aguas residuales hasta los límites establecidos por la normativa existente en cada momento.

La elevación de la temperatura del medio líquido que se produce por el vertido del agua de refrigeración utilizada para condensar el vapor (contaminación térmica), es actualmente despreciable, pues la refrigeración se efectúa generalmente en circuito cerrado, es decir, empleando torres de refrigeración. En algunas centrales antiguas, que tienen circuito abierto, el sistema de refrigeración está calculado en forma tal que la elevación de la temperatura del agua queda dentro de los límites legislados no produce una significativa alteración del ecosistema.

En cuanto a las centrales de fuel-óleo inciden sobre el medio ambiente de manera bastante similar a las de carbón, ya que el proceso de generación de energía eléctrica es muy parecido: la diferencia sustancial es que estas centrales, en vez de quemar carbón, queman fuel.

No obstante, su efecto medioambiental es algo menor, ya que el contenido en partículas sólidas del fuel es inferior al del carbón y la combustión de fuel implica menores emisiones de óxidos de nitrógeno y de carbono que la combustión de carbón. Por el contrario, suele ser mayor su emisión de óxidos de azufre aunque actualmente se ha mejorado este tema con la utilización de fuel-óleos con menor contenido de azufre.

Estos efectos medioambientales son neutralizados en las centrales de fuel con instalaciones de equipos de descontaminación parecidos a los de las centrales de carbón.

Además, conviene señalar que bastantes instalaciones de este tipo se han reconvertido para poder utilizar también como combustible el gas natural. El gas natural es la materia prima menos contaminante de las utilizadas en las centrales del tipo térmico.

También debe ser tomado en consideración un último efecto sobre el medio ambiente, común a muchas otras industrias, que es la llamada contaminación acústica, debida al nivel de ruido producido por cierto equipos de la central. En la actualidad, la mayoría de las centrales tienen instalados insonorizadores en su maquinaria mas ruidosa, de forma que el ruido del exterior de la central no es significativo.

A.5.2.1.2 - CENTRAL DE GAS DE CICLO COMBINADO

A.5.2.1.2.1 – DEFINICIÓN

Es una central en la que la energía térmica del combustible es transformada en electricidad mediante dos ciclos termodinámicos: el correspondiente a una turbina de gas (ciclo Brayton) y el convencional de agua/turbina vapor (ciclo Rankine).

Fundamentalmente consta de un compresor de aire que permite la combustión del gas natural, alcanzando los gases de combustión una temperatura de unos 1.300°C. Posteriormente, se expanden estos gases en una turbina de gas hasta la presión atmosférica, y esta energía mueve tanto el compresor de aire como un generador, que producirá una parte de la energía eléctrica de la planta. Como los gases de escape de la turbina de gas tienen todavía temperaturas del orden de los 600°C, permiten su aprovechamiento en una caldera de recuperación de calor para la generación de vapor de agua, que, mediante su expansión en la correspondiente turbina de vapor, acciona también un generador eléctrico.

Por lo tanto, los tres equipos principales de una planta de ciclo combinado son. La turbina de gas, la caldera de recuperación y la turbina de vapor. Se hace, a continuación una breve descripción de cada uno de estos elementos:

- La turbina de gas proviene del desarrollo para uso energético de los turbogeneradores y consta de: compresor, cámaras de combustión y la propia turbina.
 - El compresor es rotativo y es arrastrado por el mismo eje que la turbina, con un numero de etapas variable según las diferentes

tecnologías. Su función es inyectar aire a presión para la combustión del gas y la refrigeración de las zonas calientes.

- Las cámaras de combustión producen la mezcla del gas natural y el aire y la combustión de la misma. El diseño de este elemento es muy variable según los distintos fabricantes, tratando de potenciar unas variables u otras (temperatura de entrada en turbina, producción de NO_x) con el fin de mejorar el diseño y el rendimiento de la turbina de gas.
- La turbina de gas recibe los gases de la cámara de combustión y se produce la expansión de los mismos en las tres o cuatro etapas de las que consta. Cada etapa de expansión esta constituida por una corona de alabes fijos, seguida de una corona de alabes sujetos al rotor. En los alabes fijos se transforma la entalpia de los gases en energía cinética, mientras que en los alabes rotóricos se recupera esta energía cinética y se transforma en energía mecánica de rotación, que se transmite a un eje. Parte de la potencia transmitida a este eje es consumida en arrastrar al compresor (2/3), mientras que el resto mueve el generador eléctrico.

El rendimiento de una turbina de gas aumenta con la temperatura de los gases de entrada a la misma. Esto ha motivado el continuo aumento de esta magnitud, exigiendo el desarrollo de materiales capaces de soportar altas temperaturas. En la actualidad, la temperatura de entrada está alrededor de los $1.300/1.400^{\circ}\text{C}$, saliendo los gases de la última etapa a temperaturas superiores a los 600°C , por lo que se llevan a la caldera de recuperación de calor.

- La caldera de recuperación es un intercambiador de calor en el que al fluido caliente lo constituyen los gases de escape procedentes de la turbina de gas y que circulan por el exterior y el fluido frío es el agua-vapor que circula por el interior de los tubos

Posee, generalmente, los mismos componentes de una caldera convencional (precalentadores, economizadores, evaporadores, sobrecalentadores y calderines) y, en algunos casos, incorporan by-pass de gases. Mediante este dispositivo se puede aislar la caldera del escape de la turbina de gas, de forma que ésta pueda funcionar en ciclo abierto cuando se revise o repare la caldera.

También existe la posibilidad de aportar combustible adicional a la caldera para aumentar la potencia total del ciclo.

- La turbina de vapor suele ser de tres cuerpos. Se trata de máquinas convencionales, las cuales han alcanzado una gran madurez en su diseño, y que deben adaptarse a las condiciones específicas de cada instalación en cuanto a presión de escape y caudal de vapor disponible. Las variantes que se emplean son las llamadas de “acción” o “reacción”, según el modo en que se realice la expansión del vapor.

Conviene señalar que el desarrollo actual de esta tecnología tiende a acoplar las turbinas de gas y de vapor a un mismo eje, accionando así, conjuntamente, un único generador eléctrico.

El desarrollo tecnológico de este tipo de centrales ha sido espectacular en los últimos años.

El alto rendimiento que tienen, las buenas prestaciones que ofrecen en su explotación y el menor impacto ambiental, hacen que este tipo de centrales sean de las mas interesantes en la expansión de los

sistemas eléctricos de gran parte de los países del entorno, incluido España.

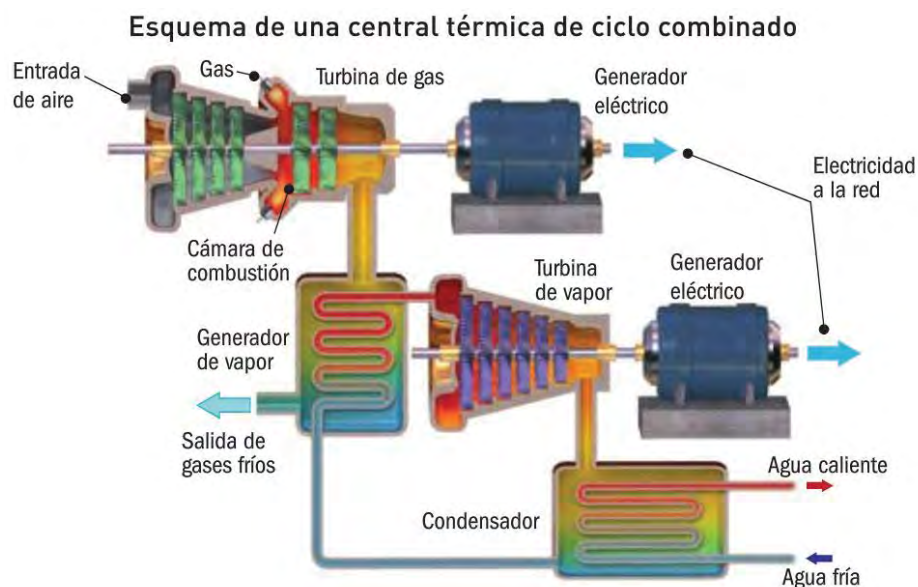


Figura A.54 - Esquema de una central térmica de ciclo combinado

A.5.2.1.2.2 - FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL DE GAS DE CICLO COMBINADO

La central de gas de ciclo combinado es una central en que la energía térmica del combustible es transformada en electricidad mediante dos ciclos termodinámicos, el esquema de funcionamiento es el que se detalla a continuación.

La turbina de gas consta de un compresor de aire, una cámara de combustión y la cámara de expansión. El compresor comprime el aire a alta presión para mezclarlo posteriormente en la cámara de combustión con el gas. En esta cámara se produce la combustión del combustible en unas condiciones de temperatura y presión que permiten mejorar el rendimiento del proceso, con el menor impacto ambiental posible.

Posteriormente, los gases de combustión se conducen hasta la turbina de gas para su expansión. La energía se transforma, a través de los alabes, en energía mecánica de rotación que se transmite a su eje. Parte de esta potencia es consumida en arrastrar e compresor (aproximadamente los dos tercios) y el resto mueve el generador eléctrico, que está acoplado a la turbina de gas para la producción de electricidad. El rendimiento de la turbina aumenta con la temperatura de entrada de los gases, que alcanzan unos 1.300°C , y que salen de la última etapa de expansión en la turbina a unos 600°C . Por tanto, para aprovechar la energía que todavía tienen, se conducen a la caldera de recuperación para su utilización.



Figura A.55 - Funcionamiento central de gas de ciclo combinado

La caldera de recuperación tiene los mismos componentes que una caldera convencional (precalentador, economizador, etc...) y, en ella, los gases de escape de la turbina de gas transfieren su energía a un fluido, que en este caso es el agua, que circula por el interior de los tubos para su transformación en vapor de agua.

A partir de este momento se pasa a un ciclo convencional de vapor/agua. Por consiguiente, este vapor se expande en una turbinad e vapor que acciona, a través de su eje, el rotor de una generador eléctrico que, a su

vez, transforma la energía mecánica rotatoria en electricidad de media tensión y alta intensidad. A fin de disminuir las pérdidas de transporte, al igual que ocurre con la electricidad producida en el generador de la turbina de gas, se eleva su tensión en los transformadores, para ser llevada a la red general mediante las líneas de transporte.

El vapor saliente de la turbina pasa al condensador para su licuación mediante agua fría que proviene de un río o mar. El agua de refrigeración se devuelve posteriormente a su origen, río o mar (ciclo abierto), o se hace pasar a través de torres de refrigeración para su enfriamiento, en el caso de ser un ciclo cerrado.

Conviene señalar que el desarrollo actual de esta tecnología tiende a acoplar las turbinas de gas y de vapor al mismo eje, accionando así conjuntamente el mismo generador eléctrico.

A.5.2.1.2.3 - IMPACTO DE LAS CENTRALES DE CICLO COMBINADO EN EL MEDIO AMBIENTE

El fomento de la utilización del gas natural para la generación de electricidad en centrales de ciclo combinado está dentro de las políticas medioambientales de numerosos países de la UE, por sus ventajas en comparación con otro tipo de centrales. Asimismo, estas centrales tienen un rendimiento térmico superior a las plantas convencionales, ya que este rendimiento puede aumentar de un 38/40%, hasta el 60%.

En efecto, la combustión de gas natural implica una menor emisión por kWh producido de óxidos de nitrógeno y, sobre todo, de óxidos de carbono. En concreto cabe destacar que la relación (CO_2 emitido/kWh producido) en el caso del gas natural utilizado en las centrales de ciclo combinado, es algo

menos de la mitad de lo emitido por una central térmica convencional de carbón.

Por todo ello, en el documento “Planificación de los sectores de la electricidad y gas. Desarrollo de las redes de transporte 2002-2011”, aprobado por el Gobierno en Octubre de 2002, además del establecimiento de un Plan de Ahorro y Eficiencia Energética y del fomento de la cogeneración, se apuesta por una penetración importante del gas natural en la generación de electricidad que, junto a las energías renovables, supondrá una considerable reducción de las emisiones del Sector Eléctrico. Esta estrategia supone una de las mayores aportaciones de España para hacer frente al Cambio Climático.

A.5.2.1.3 - CENTRAL DE COGENERACIÓN

Las centrales de cogeneración permiten la producción y aprovechamiento combinado de calor y electricidad. Es una forma de aprovechamiento energético con elevado rendimiento, utilizada ya desde principios de siglo. Es, por tanto, una solución atractiva cuando existen necesidades de energía térmica y eléctrica de forma prácticamente continua.

Las instalaciones de cogeneración están diseñadas de forma que el vapor producido en la caldera, además de ser enviado a los turbogeneradores para producir electricidad, puede ser extraído en determinados puntos de la turbina o del escape de la turbina, para suministrar calor a procesos industriales (en los países nórdicos de climas muy fríos, se utiliza este calor también para los sistemas de calefacción urbana –District Heating-).

Los sistemas de cogeneración hacen posible la obtención de rendimientos energéticos mayores que los que se consiguen con producciones separadas de electricidad y calor, llegando el rendimiento en algunos casos al 80%.

Tienen, lógicamente, un menor impacto medioambiental que los procesos convencionales debido a este alto rendimiento y especialmente en aquellas instalaciones de cogeneración que utilizan gas natural como combustible.

Existen diversos sistemas de cogeneración según el tipo de turbogeneradores y combustibles que se empleen, de su situación en el proceso productivo, de la estructura energética de la fábrica en la que se aplican, del horario laboral de esta, de su nivel de demanda energética, de la disponibilidad de combustibles, etc... Así, hay sistemas de cogeneración basados en el ciclo de turbina de gas, el ciclo con motor diesel, el ciclo con turbina de vapor, el ciclo combinado y el aprovechamiento de calor residual con turbina de vapor.

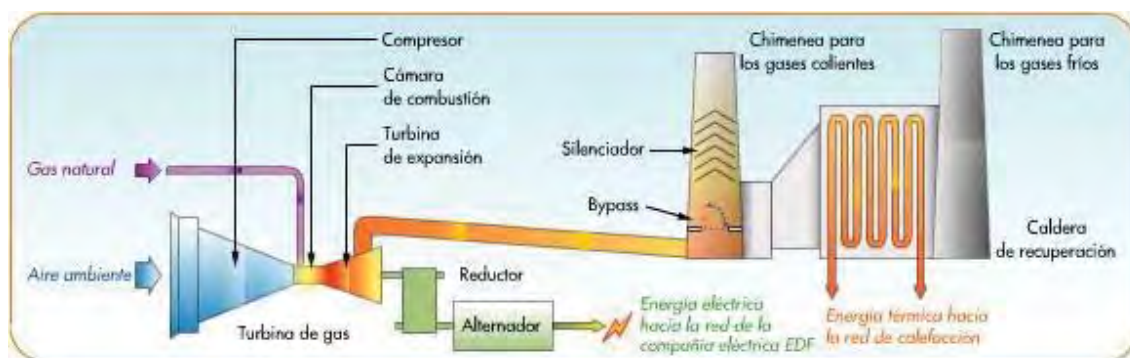


Figura A.56 - Esquema de una central de cogeneración

La cogeneración con turbina de gas permite maximizar la producción de calor útil frente a la producción eléctrica, permitiendo suministrar la demanda térmica a alta temperatura. Por sus características se utilizan en los sectores de refino, químico y en la fabricación de pasta de papel, en los que se exige un funcionamiento continuo y elevadas necesidades energéticas. Las gamas de potencia pueden variar entre 5 y 50 MW.

La cogeneración mediante motor alternativo de gas, gasóleo o fuél-óleo es, en general, atractiva cuando la demanda térmica es baja frente a la demanda eléctrica. Proporciona vapor y agua caliente a 85-95°C.

Presenta la ventaja frente a las turbinas de gas de que el rendimiento apenas disminuye con el tamaño. Se utilizan habitualmente en sectores con ciclo de funcionamiento diario o semanal, como es el caso de los sectores Terciario y Servicios, en la industria de la alimentación y en la Textil.

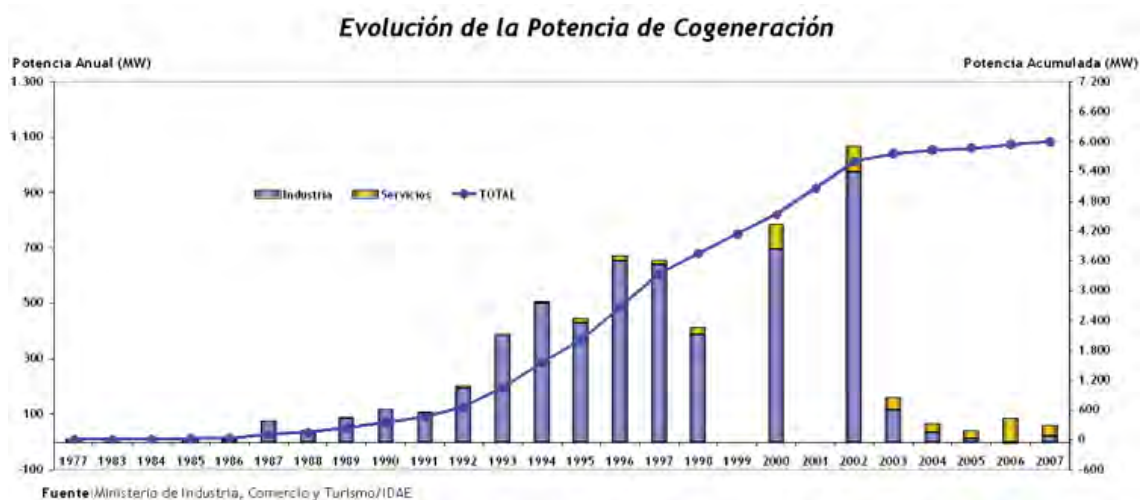


Figura A.57 - Evolución de la cogeneración entre los años 1977-2007

También hay posibilidad de cogeneración en procesos industriales donde existe una elevada cantidad de calor (altos hornos, fabricación de ladrillos, etc...) El aprovechamiento del calor residual con un sistema de turbina de vapor, permite la generación eléctrica, bien para la demanda interna de la propia instalación, bien para vender a la red eléctrica.

En esta situación se observa que la energía principal es la térmica, frente a la energía eléctrica.

Finalmente, otras posibilidades que presentan las instalaciones de cogeneración son: La utilización de los gases calientes de escape de la turbina de gas o de motor alternativo, para el secado, o para la producción de frío en maquinas de absorción.

VENTAJAS

- Mejora el rendimiento de la instalación.
- Menor inversión que otras centrales como las nucleares.
- Se reduce la contaminación a nivel global.
- Diversificación energética (varias formas de producir electricidad).
- Ahorro económico (Se puede autoabastecer y/o vender la electricidad).
- Incremento de la garantía de abastecimiento.
- Legislación favorable.
- Diseño modular.
- Desarrollo de la industria del gas.
- Ahorro de energía primaria.

INCONVENIENTES

- Nuevo competidor (para las compañías eléctricas).
- Arranque de la central problemático. Los motores o turbinas deben producir la electricidad en fase con la de la red y esto no lo hacen instantáneamente.
- Aumento de la contaminación a nivel local.
- Sigue contaminando (se mejora el rendimiento, pero la contaminación es la misma).
- Requiere la construcción de gasoductos.

A.5.2.2 - CENTRAL NUCLEAR

La energía nuclear es la energía liberada en los procesos controlados bien de ruptura (Fisión Nuclear) o bien de formación (Fusión Nuclear) de los núcleos atómicos que constituyen los elementos.

En la actualidad el proceso utilizado para la obtención de energía nuclear es el de la fisión, encontrándose el de la fusión en periodo de prueba y estudio.

Una central nuclear es una instalación que aprovecha la energía liberada en forma de calor, en la fisión de núcleos de uranio, para producir energía eléctrica.

En la siguiente figura están ubicadas las centrales nucleares españolas.



Figura A.58 - Centrales nucleares instaladas en España

A.5.2.2.1 - ENERGIA NUCLEAR EN EL MUNDO

Son muchos los países industrializados que apuestan por la energía nuclear. Algunos ejemplos los encontramos en las nuevas centrales de Estados Unidos (Texas y Alabama), China (Dalian), Rusia (Sosnovy), Francia, Inglaterra, la última incorporación de Italia, etc...

Además han sido numerosas las llamadas a los países industrializados para que ayuden a los países en desarrollo que desean disponer de reactores nucleares tanto en su financiación como en el asesoramiento para establecer los programas de los equipamientos, servicios y personal necesario.

Una de las facetas mas importantes de esta cooperación es la selección del modelo, y tamaño del reactor a instalar. La tendencia al aumento de la potencia de los reactores en los países que tienen grandes demandas de electricidad, y en consecuencia, redes adecuadas de transmisión y distribución, choca con las posibilidades de muchos países en desarrollo, cuyas redes no pueden soportar a veces centros de generación con tales capacidades y se recuerda que una de las grandes problemáticas en el mundo energético es la imposibilidad de almacenar la energía eléctrica.

Las necesidades de estos países son de reactores de tamaño menor, cuyo desarrollo aun no esta suficientemente avanzado para estar disponible de manera inmediata. Así ocurre en el caso de reactores modulares con potencias comprendidas entre 165 y 300 MW, actualmente desarrollándose en África del Sur.

A.5.2.2.2 - FISIÓN NUCLEAR

La fisión nuclear es aquella reacción en la que núcleos de átomos pesados, al capturar un neutrón incidente, pueden dividirse en dos fragmentos (raramente en tres) formados por núcleos de átomos mas ligeros, llamados productos de fisión, con emisiones de neutrones, rayos gamma y con un gran desprendimiento de energía.

Los neutrones son partículas de gran eficacia para producir reacciones nucleares, porque además de poseer una masa considerable, no poseen

carga eléctrica y por lo tanto, no están sujetos a los efectos de la repulsión electrostática.

El núcleo blanco al capturar el neutrón se vuelve inestable, produciéndose su escisión, y dando lugar a una situación de mayor estabilidad con la producción de los fragmentos mas ligeros.

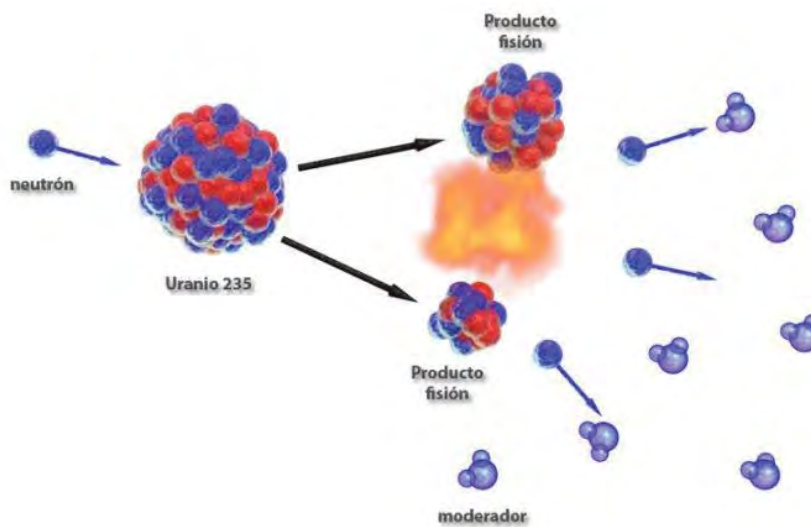


Figura A.59 - Descripción del proceso de Fisión Nuclear

En un proceso de fisión, como consecuencia de la reacción, se producen varios neutrones que a su vez inciden sobre otros núcleos fisionables generando así mas neutrones que producirían mas sucesivos choques con otros núcleos. Este efecto multiplicador se conoce como “reacción en cadena”.

Para que se produzca la reacción de fisión en cadena es necesario que se cumplan determinadas condiciones de cantidad de material fisionable (masa crítica) y geometría del mismo.

La fisión nuclear puede producirse de forma espontanea, pero en general es provocada por un neutro incidente con una determinada energía, y viene

acompañada de emisiones de neutrones y de radiaciones gamma, y de la liberación de una importante cantidad de energía.

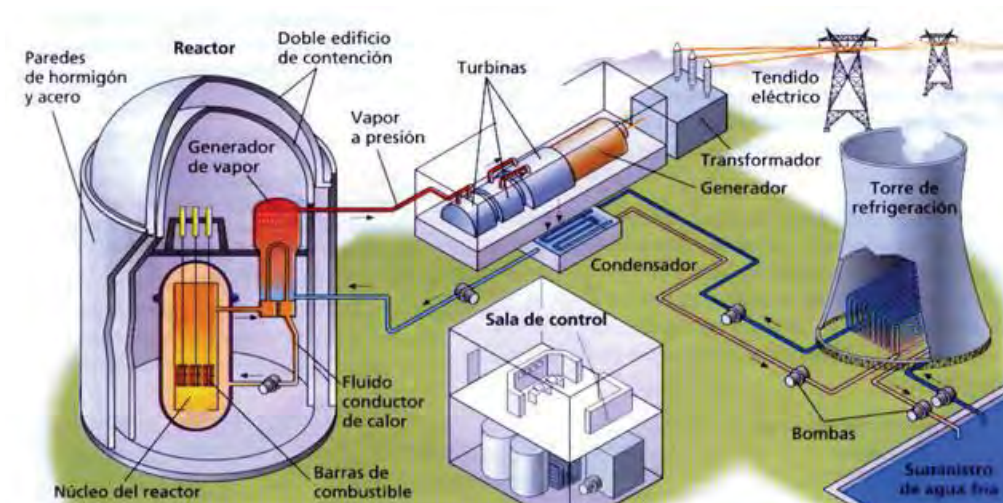


Figura A.60 - Funcionamiento de una central nuclear de fisión

Las reacciones mas importantes son las que utilizan como núcleo fisionable el uranio-235, siendo la energía liberada en estos procesos de unos 200 MeV por reacción. Esta energía se manifiesta en forma de calor.

A.5.2.2.3 - FUSIÓN NUCLEAR

La fusión nuclear es una reacción nuclear en la que dos núcleos de átomos ligeros, en general el hidrógeno y sus isótopos (deuterio y tritio), se unen para formar otro núcleo mas pesado, liberando una gran cantidad de energía.

La energía solar tiene su origen en la fusión de núcleos de hidrógeno, generándose helio y liberándose una gran cantidad de energía que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética.

El interés práctico de la fusión nuclear se encuentra en la cantidad de energía obtenida y en la abundancia de los elementos atómicos empleados, lo que le da el carácter de energía inagotable.

En las reacciones nucleares de fusión se suelen emplear el hidrógeno y sus isótopos. El deuterio se encuentra en el agua del mar y el tritio se puede obtener mediante reacciones nucleares de neutrones con los dos isótopos del litio (material abundante en la corteza terrestre).

Además, un reactor de fusión es intrínsecamente segura ya que la propia reacción se detiene al cortar el suministro de combustible. No depende de ningún sistema externo de seguridad susceptible de errores.

Para efectuar las reacciones de fusión, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Temperatura muy elevada para separar los electrones del núcleo y que éste se aproxime a otro venciendo las fuerzas de repulsión electrostáticas. La masa gaseosa compuesta por electrones libres y átomos altamente ionizados se denomina PLASMA.
- Confinamiento necesario para mantener el plasma a elevada temperatura durante un tiempo mínimo.
- Densidad del plasma suficiente para que los núcleos estén cerca unos de otros y puedan dar lugar a reacciones de fusión.

Los confinamientos convencionales, como las paredes de una vasija, no son factibles debido a las altas temperaturas del plasma. Por este motivo, se encuentran en desarrollo dos métodos de confinamiento:

- Fusión por confinamiento magnético (FCM): Las partículas eléctricamente cargadas del plasma son atrapadas en un espacio reducido por la acción de un campo magnético. El dispositivo mas desarrollado tiene forma toroidal y se denomina TOKAMAK.

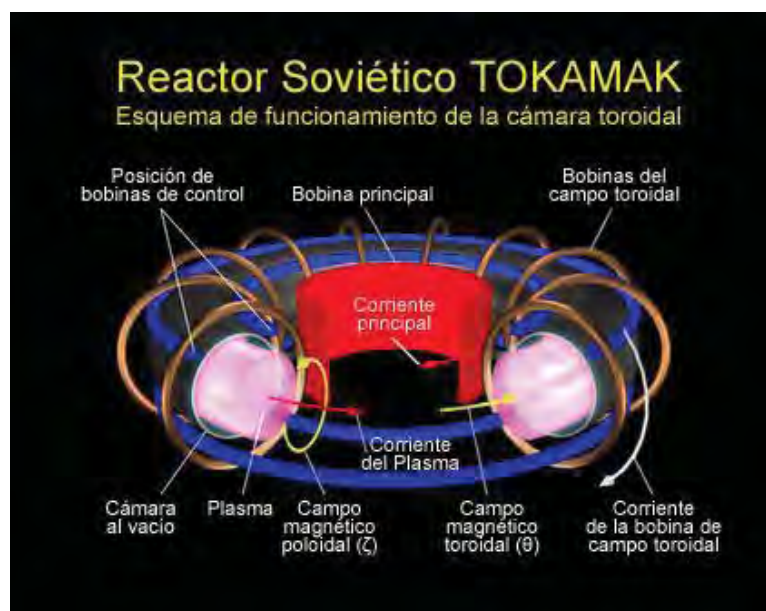


Figura A.61 - Confinador magnético de Plasma TOKAMAK

- Fusión por confinamiento inercial (FCI): Consiste en crear un medio tan denso que las partículas no tengan casi ninguna posibilidad de escapar sin chocar entre si. Una pequeña esfera compuesta por deuterio y tritio es impactada por un haz de láser, provocando su implosión. Así, se hace cientos de veces mas densa y explota bajo los efectos de la reacción de fusión.

La fusión nuclear tiene lugar cuando dos núcleos de átomos ligeros se unen para formar otro núcleo mas pesado, liberando una gran cantidad de energía.

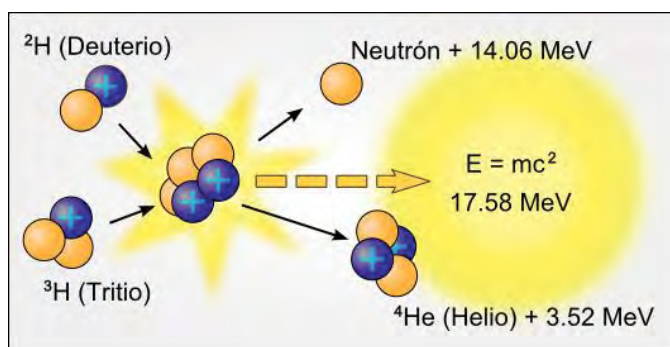


Figura A.62 - Proceso de Fusión nuclear

Para que tengan lugar estas reacciones debe suministrarse a los núcleos la energía cinética necesaria para que se aproximen los núcleos que reaccionan, venciendo así las fuerzas de repulsión electrostáticas. Para ello es preciso calentar el gas hasta temperaturas muy elevadas (10^7 ó 10^8 °C), como las que se supone que tienen lugar en el centro de las estrellas. En la tierra, para reproducir estos procesos de una manera eficiente, es necesario calentar el combustible a una temperatura 10 veces mayor que la del sol.

El gas sobrecalentado a tan elevadas temperaturas, de modo que los átomos estarán altamente ionizados, donde la materia se encuentra en un cuarto estado, diferente del sólido, líquido o gaseoso, recibe el nombre de plasma.

El requisito de cualquier reactor de fusión es confinar dicho plasma con la temperatura y densidad lo bastante elevadas y durante el tiempo justo, a fin de permitir que ocurran suficientes reacciones de fusión, evitando que escapen las partículas, para obtener una ganancia neta de energía.

Esta ganancia neta de energía depende de que la energía necesaria para calentar y confinar el plasma, sea menor que la energía liberada por las reacciones de la fusión. En principio, por cada miligramos de deuterio-tritio se pueden obtener 335 MJ.

El objetivo final de la investigación en este campo, al igual que la fisión nuclear, es construir plantas de generación de energía eléctrica.

A.5.2.2.4 - REACTORES NUCLEARES

Se define un reactor nuclear como una instalación capaz de iniciar, mantener y controlar las reacciones de fisión en cadena que tienen lugar en el núcleo del reactor, compuesto por el combustible, el refrigerante, los elementos de control, los materiales estructurales, y el moderador en el caso de los reactores nucleares térmicos.

Hay dos formas de diseñar un reactor nuclear, bien sea retardando los neutrones veloces o bien incrementando la proporción de átomos fisibles. Para la tarea de retardar los neutrones se emplea un moderador (agua ligera, agua pesada, grafito) y a los neutrones lentos resultantes se les

denomina térmico, de modo que los reactores basados en esta técnica se conocen como reactores térmicos, a diferencia de los que emplean neutrones veloces, denominados reactores rápidos.



A la hora de construir un reactor, es necesario tener una masa crítica de combustible, esto es, suficiente materia fisible, en una óptima disposición del combustible y del resto de los materiales del núcleo, para mantener la reacción en cadena. La disposición de los absorbentes de neutrones y de las barras de control permite mantener la criticidad en operación y la subcriticidad en parada y puesta en marcha.

COMPONENTES DEL NÚCLEO DEL REACTOR

El núcleo es la parte del reactor donde se produce y se mantiene la reacción nuclear en cadena liberando energía. Su objetivo es calentar el agua del

circuito primario. Se diseña para operar de forma segura y controlada, de modo que se maximice la cantidad de energía extraída del combustible.

Cada componente del núcleo del reactor juega un papel importante en la generación del calor.

- **Combustible**

El combustible de un reactor nuclear puede ser de dos tipos de materiales, uno de ellos un material fisionable en cantidades tales que se alcance la masa crítica, y colocado de tal forma que sea posible extraer rápidamente el calor que se produce en su interior debido a la reacción nuclear en cadena.

También se encuentra el material fértil que mediante reacciones de captura radiactiva con neutrones de alta velocidad generan material fisionable, necesario para desarrollar la reacción de fisión.



Figura A.63 - Barras de combustible de Dióxido de Uranio

Los combustibles empleados en las centrales nucleares están en forma sólida, aunque varían desde el dióxido de uranio cerámico ligeramente enriquecido, uranio en tubos de aleación de magnesio

hasta dióxido de uranio enriquecido o natural en tubos de aleación de zirconio, todo depende del tipo de reactor.

- **Barras de control**

Los haces de barras de control proporcionan un medio rápido para el control de la reacción nuclear, permitiendo efectuar cambios rápidos de potencia del reactor y su parada eventual en caso de emergencia. Tienen forma cilíndrica y están fabricadas con materiales captadores de neutrones y suelen tener las mismas dimensiones que las varillas de combustible. La reactividad del núcleo aumenta o disminuye subiendo o bajando las barras de control.

Para que un reactor funcione durante un periodo de tiempo tiene que tener un exceso de reactividad, que es máximo con el combustible fresco y va disminuyendo con la vida del mismo hasta que se anula, momento en el que se hace la recarga del combustible.

En funcionamiento normal, un reactor nuclear, tiene las barras de control extraídas del núcleo, pero el diseño de las centrales nucleares es tal que ante un fallo en un sistema de seguridad o de control del reactor, siempre actúa en el sentido de la seguridad del reactor introduciéndose las barras de control en el núcleo y llevando el reactor a parada segura en pocos segundos.

- **Moderador**

Los neutrones producidos en la fisión tienen una elevada energía en forma de velocidad. Para que se produzcan nuevos choques conviene disminuir su velocidad de modo que aumente la probabilidad de que sean capturados por otro átomo fisionable y no se rompa la reacción en cadena.

Se usa como moderador un elemento con un número másico pequeño que frene a los neutrones mediante dispersiones elásticas y con poca tendencia a capturarlos. Entre los moderadores mas utilizados están el agua ligera, agua pesada y el grafito.

- **Refrigerante**

La mayor parte de la energía desprendida por fisión es en forma de calor. a fin de poder emplear este, por el centro del reactor debe pasar un refrigerante que generalmente transmite el calor a un intercambiador o generador de vapor, en el caso de existir circuito secundario. el refrigerante debe ser anticorrosivo, tener una gran capacidad calorífica y no debe absorber los neutrones. los refrigerantes mas usuales son gases, como el anhídrido carbónico y el helio, y líquidos como el agua ligera y el agua pesada. incluso hay algunos compuestos orgánicos y metales líquidos como el sodio que también pueden emplearse para este fin.

- **Reflector**

En una reacción nuclear en cadena, un cierto número de neutrones tiende a escapar de la región donde esta se produce. Esta fuga neutrónica puede reducirse con la existencia de un medio reflector, aumentando así la eficiencia del reactor. El medio reflector que rodea al núcleo debe tener poca tendencia a la captura neutrónica.

La elección del material depende del tipo de reactor. Si tenemos un reactor térmico, el reflector puede ser el moderador, pero si tenemos un reactor rápido el material del reflector debe tener una cierta masa atómica grande para que los neutrones se reflejen en el núcleo con su velocidad original.

- **Blindaje**

Cuando un reactor está en operación, sale gran cantidad de radiación en todas las direcciones. Es necesaria una protección para proteger al público y a los trabajadores de la instalación de las radiaciones de neutrones y rayos gamma ocasionados por los productos de fisión. Por ello, es necesario colocar un blindaje biológico alrededor del reactor para interceptar estas emisiones. Por otro lado, también es preciso preparar la instalación ante un posible incremento de temperatura accidental.

Los materiales más usados para construir este blindaje son el hormigón, el agua y el plomo.

FAMILIAS DE REACTORES NUCLEARES

- **Reactor de agua a presión (PWR)**

Es el tipo de reactor más utilizado en el mundo, el combustible empleado es dióxido de uranio enriquecido que va envainado en tubos de aleaciones de zirconio. El combustible ocupa la zona inferior del espacio hueco de la vasija, estando en la parte superior los elementos guía de las barras de control.

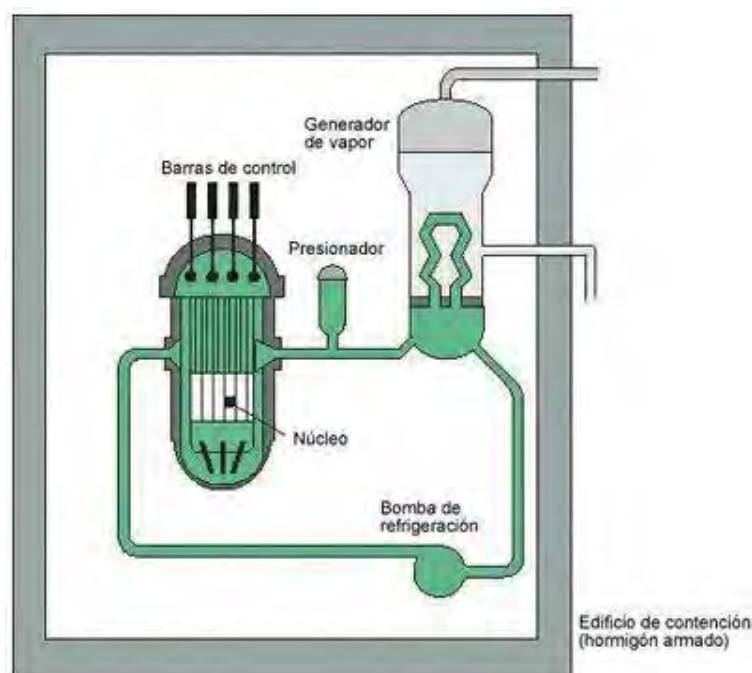


Figura A.64 - Esquema de un reactor de agua a presión (PWR)

En este tipo de reactor el agua ligera actúa tanto de refrigerante como de moderador, pudiéndose emplear como moderador el grafito también.

Puede ajustarse el nivel de potencia del reactor e incluso pararlo introduciendo parcial o totalmente las barras de control.

El edificio de contención contiene todo aquello que puede haber estado en contacto con el material radioactivo, por tanto, todo el circuito primario, incluido el intercambiador, deberán encontrarse en su interior.

Al final de cada ciclo de operación (entre 12 y 24 meses) tiene lugar la recarga del reactor, momento en el que se extraen los elementos combustibles y se insertan los elementos nuevos o frescos.

- **Reactor de agua en ebullición (BWR)**

El reactor de agua en ebullición, al igual que el anterior, es muy utilizado también. El combustible empleado en este tipo de reactores es el UO_2 enriquecido y va envainado en tubos de aleaciones de zirconio.

Este reactor utiliza agua ligera como moderador y como refrigerante. La ebullición del agua ligera tiene lugar en el interior del núcleo reactor. El vapor producido se separa del caudal del agua refrigerante por medio de unos separadores y unos secadores y a continuación fluye a la turbina principal.

Una particularidad de estas centrales es que las barras de control están situadas y se introducen por la parte inferior de la vasija. Esto es así dado que el acceso al núcleo del reactor desde la parte superior de la vasija es imposible, debido a la presencia de los separadores y secadores de vapor.

El movimiento de subida o bajada de las barras de control para regular el reactor y controlar la fisión y la reacción en cadena, se realiza mediante un sistema hidráulico maniobrado desde el exterior y preparado ante un posible parada de emergencia.

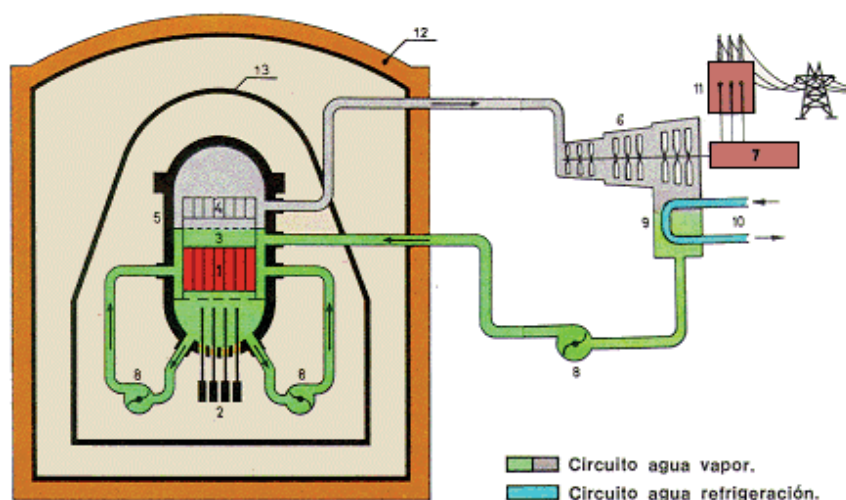


Figura A.65 - Esquema de un reactor de agua en ebullición (BWR)

- **Reactor de agua pesada (HWR)**

Este tipo de reactor ha sido desarrollado principalmente en Canadá y en la India.

Emplea como combustible uranio natural o enriquecido, en forma de óxido, introducido en tubos de zirconio aleado.

Su principal característica es el uso de agua pesada (D_2O) como moderador, existiendo versiones que utilizan como refrigerante agua pesada a presión o agua ligera en ebullición.

En su diseño mas habitual, el moderador se encuentra separado del refrigerante en una calandria, un tanque amplio atravesado por los tubos de presión que contienen el combustible.

El refrigerante pasa por los tubos manteniéndose a una cierta presión para que no entre en ebullición, produciéndose el vapor en los intercambiadores de calor por los que circula agua ligera.

El control del reactor se puede realizar variando el nivel del moderador o mediante las barras de control.

- **Reactor de Grafito-Gas (GCR)**

Este tipo de reactores, genera vapor mediante un circuito intercambiador de calor, exterior o interior a la vasija que contienen el núcleo.

Se emplea Uranio natural como combustible, grafito como moderador y CO_2 como refrigerante.

El moderador de grafito se dispone en forma de cubos de ladrillos con canales verticales que lo atraviesan. Los elementos de combustible se alojan en dichos canales, uno encima del otro, en tanto que algunos están ocupados por las varillas de control, compuestas de acero al boro.

El refrigerante es anhídrido carbónico y sale de los canales sobre los elementos de combustible. Este transporta el calor desde el reactor (entre 350 y 400°C) y por ello, se emplea para hervir el agua que producirá el vapor para el turbogenerador. El gas, una vez ha entregado el calor, es devuelto al reactor.

El núcleo de un reactor con refrigeración a gas está rodeado por un reflector de grafito que devuelve parte de los neutrones que intentan escapar. El intercambiador de calor no posee protección contra radiaciones, pues aunque el anhídrido carbónico pasa por el centro del reactor, no se vuelve radiactivo.

La mayoría de los reactores con refrigerantes gaseosos tienen máquinas muy complicadas encima del reactor para repostarlo mientras funciona.

- **Reactores nucleares avanzados**

Los diseños de reactores avanzados incorporan mejoras de la seguridad en cuanto a una mayor protección ante la emisión de radiación al medio ambiente y en cuanto a la seguridad pasiva, basada en fuerzas naturales como la convección y la gravedad que permite reducir la dependencia de sistemas y componentes activos, tales como bombas y válvulas.

Ante la existencia de perturbaciones y accidentes, los sistemas de control, vigilancia y protección, ampliamente digitalizados, pondrán de nuevo a funcionar a la central en condiciones normales o en un estado de cierre seguro, de manera automática, sin la intervención del operador.

En lo que respecta a la seguridad pasiva, sus funciones serán independientes del suministro de la corriente eléctrica, aprovechando mecanismos termo-hidráulicos tales como la diferencia de densidad debidas a diferentes temperaturas y tanques de agua elevados, a fin de permitir el flujo del refrigerante al sistema del reactor por gravedad para alcanzar niveles máximos de refrigerante.

Los reactores evolutivos están caracterizados por un nuevo diseño basado en los conceptos clásicos de las centrales que están actualmente en operación. Es decir, se incorporan componentes probados, que con anterioridad han demostrado su fiabilidad, y se diseña una estructura óptima pero redundante y diversificada, que hace innecesario el diseño de un prototipo previo.

Se les denomina “evolutivos” porque son una evolución de los reactores actualmente en funcionamiento. Esto favorece un importante ahorro económico, además de una reducción del tiempo necesario para el licenciamiento y el comienzo de la construcción de las primeras unidades.

Los reactores pasivos incorporan innovaciones relacionadas con los sistemas de seguridad pasivos basados en la circulación natural para realizar la refrigeración y en la gravedad para los sistemas de fluido de emergencia. Se caracterizan por su menor complejidad, lo cual facilita su manejo, y porque reducen considerablemente el riesgo a cualquier posible error humano.

El concepto de reactor pasivo se lleva al máximo exponente de seguridad si se hacen diseños intrínsecamente seguros. Este nuevo concepto, a diferencia de los dos anteriores, si necesita de prototipos, con lo cual su desarrollo es más lento y el proceso de licenciamiento es más largo.

Reactores del tipo avanzado son: Reactor avanzado de gas (AGR), Reactor avanzado de agua a presión (APWR), Reactor avanzado de agua en ebullición (ABWR), etc.

A.5.2.2.5 - PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Las distintas fuentes de radiación que existen a nuestro alrededor emiten radiaciones de diversos tipos. Incluso en nuestro entorno cotidiano, los objetos que nos rodean (micro-ondas, teléfonos móviles, etc.) son emisores de radiación.

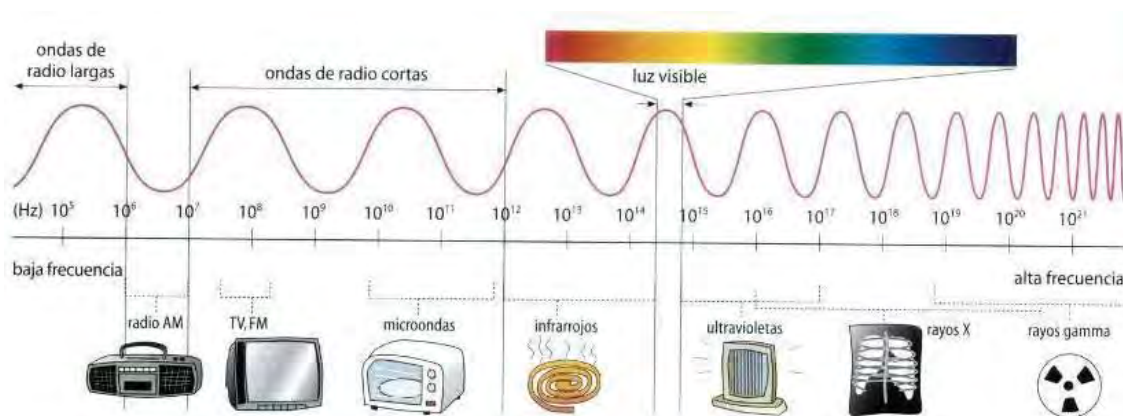


Figura A.66 - El espectro electromagnético

Si bien existen radiaciones inocuas para los seres vivos, hay otras que tienen la suficiente energía como para arrancar electrones de los átomos, convirtiendo a estos últimos en iones. A estas radiaciones se las denomina "ionizantes".

En la radiación no ionizante, los enlaces atómicos permanecen estables, no así con la radiación ionizante con la cual, los enlaces atómicos se rompen.

Las radiaciones electromagnéticas tienen una doble naturaleza, son ondas, pero también partículas (fotones).

El tipo de onda y su energía están relacionados con su frecuencia.

Las radiaciones ionizantes pueden ser partículas subatómicas cargadas, a estas se las denominan radiaciones directamente ionizantes. Pero también pueden estar constituidas por ondas electromagnéticas de alta frecuencia y energía (tipo rayos X) o por neutrones, siendo estas las denominadas radiaciones indirectamente ionizantes.

Las radiaciones indirectamente ionizantes se originan principalmente, como posteriormente se estudiará, en la desintegración de los núcleos de los átomos inestables de sustancias radiactivas como el uranio.

Los núcleos de átomos radiactivos emiten principalmente los siguientes tipos de radiaciones:

- Radiación tipo α , constituida por una radiación corpuscular, donde cada corpúsculo está cargado positivamente con 2 neutrones y 2 protones.
- Radiaciones tipo β , cuyo flujo estará formado por electrones o positrones, también de naturaleza corpuscular.
- Radiaciones tipo γ , cuyo flujo de ondas electromagnéticas de naturaleza ondulatoria, carentes de masa en reposo y de carga. Esta radiación es energía que se emite como consecuencia de un reajuste energético del núcleo.
- En la fisión como en otro tipo de reacciones nucleares, se produce una radiación de neutrones, las cuales tendrán masa pero sin carga.
Recibe el nombre de irradiación, la acción de someter a una persona u objeto a las radiaciones ionizantes.

Como consecuencia de lo anterior, la protección contra la irradiación por una fuente externa se consigue mediante la combinación de tres factores: tiempo de exposición, distancia y blindaje.

El tiempo de exposición ha de reducirse de modo que la persona permanezca en la zona de irradiación durante el periodo mínimo que sea imprescindible, y debe controlarse el tiempo en que se permanece en dicha zona.

La distancia entre la fuente y la persona ha de controlarse también, procurando que se esté lo más lejos que sea posible de la fuente.

Como no siempre es posible que la combinación entre tiempo de exposición y distancia den lugar a una dosis admisible, la protección se consigue interponiendo una sustancia que absorba la radiación entre la fuente y el sujeto, a esto es a lo que se llama un blindaje contra la radiación.

- Las radiaciones alfa son absorbidas fácilmente por todos los cuerpos, bastan para ello unos centímetros de aire o algunas centésimas de milímetro de agua, por lo que la protección frente a la radiación alfa no necesita ningún blindaje.
- La radiación beta, aunque algo más penetrante, se absorbe también con facilidad, bastando para ello algunos metros de aire, un milímetro de agua, o un sólido delgado.
- Por el contrario, la radiación gamma es muy penetrante, por lo que, para protegerse de ella, son necesarios blindajes de un material pesado, como pueden ser el plomo o el hormigón, de gran espesor.
- Los neutrones son también muy penetrantes, sin que sean

absorbidos por el aire, pero sí por el agua. Los compuestos de algunos elementos químicos, como el boro y el cadmio, son buenos absorbentes de neutrones.

En las centrales nucleares el reactor está rodeado de un fuerte blindaje, que absorbe gran parte de la radiación gamma y los neutrones, y la central se divide en áreas, según los niveles de radiación que hay en ellas. El acceso al interior de aquellas áreas en las que el nivel de radiación es apreciable está rigurosamente controlado y sólo se permite el acceso a ellas al personal que ha de realizar allí un trabajo concreto; a la vez se limita su tiempo de permanencia en la zona y se mide la dosis recibida, que nunca puede rebasar los límites autorizados por la reglamentación. En el interior de la central, al igual que en las zonas de oficinas, descanso, etc., el nivel de radiación es nulo.

A.5.2.2.6 – GESTIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS

RADIATIVOS DE BAJA Y MEDIA ACTIVIDAD

Se entiende por gestión de residuos como el conjunto de actividades que conducen a su reutilización, su desaparición o su neutralización y evacuación a lugares adecuados, garantizando la seguridad a largo plazo.

La gestión de residuos radiactivos engloba todas las tareas administrativas y técnicas necesarias para la manipulación, tratamiento, acondicionamiento, transporte y almacenamiento de los residuos radiactivos, teniendo en cuenta tanto los factores económicos como los de seguridad.

El almacenamiento de los residuos de baja y media actividad está basado en la interposición de barreras naturales y artificiales entre dichos residuos y el medio ambiente, de modo que estén perfectamente aislados durante el

tiempo necesario hasta que su radiactividad decaiga a niveles inofensivos. Para almacenar los residuos radiactivos de baja y media actividad generados en España, ENRESA dispone del Centro de Almacenamiento de El Cabril, en la provincia de Córdoba, en funcionamiento desde 1992, y con capacidad de llenado hasta 2020.

El aislamiento de residuos se realiza mediante la interposición de barreras naturales y artificiales entre los residuos y el ser humano, de forma que impidan el escape de radionucleidos.

Las barreras artificiales se diseñan, construyen y colocan considerando el diseño del repositorio por el que se haya optado y tienen en consideración las características y la conexión con el sistema de barreras naturales.

Las barreras naturales no han sido construidas por el hombre, pero si seleccionadas y caracterizadas de forma que, reúnan los requisitos funcionales necesarios para que, en conjunción con las barreras de ingeniería artificiales, confieran al sistema la seguridad adecuada. Las barreras naturales son las responsables a mas largo plazo de la seguridad del sistema, aun considerando la degradación de las barreras de ingeniería y el acontecimiento de eventos no deseables, pero si previsibles. Las barreras naturales están constituidas por las formaciones geológicas donde se ubica el repositorio y las aguas y gases que contienen, y las barreras artificiales están compuestas por matrices de inmovilización, paredes de hormigón y arcillas compactadas especiales (Bentonita) utilizadas como material de relleno y sellado.

Las cuatro barreras empleadas son las siguientes:

- **Barrera de ingeniería:** Constituida por las estructuras, blindajes y sistemas de almacenamiento.

Los requisitos funcionales y las características de las componentes de las barreras de ingeniería deben ser:

- o Aislar el repositorio del agua procedente de la barrera geológica.
- o Suministrar protección mecánica frente a posibles eventos sísmicos o de otros orígenes.
- o Retardar al máximo la salida de los radionucleidos almacenados.

El diseño de las barreras de ingeniería deberá tener en cuenta tanto las características de la formación geológica donde se encuentra el repositorio como las condiciones de presión, temperatura y radiación a las que estarán sometidas en las distintas fases del funcionamiento a largo plazo de la instalación.

- **Barrera química:** La composición química del residuo, bien como elementos combustibles o como residuos vitrificados constituye la primera barrera. Se inmoviliza el residuo en una matriz sólida, estable y duradera, que sea químicamente inerte. Esta operación se conoce como acondicionamiento. Los materiales más empleados para la matriz son: cemento, asfalto y polímeros.
- **Barrera física:** Es el contenedor donde están confinados los residuos inmovilizados evitando así su contacto con el exterior y su posible dispersión. Los contenedores son bidones metálicos, los cuales deben ser resistentes a la corrosión para retardar la llegada del agua al combustible, durables para proteger mecánicamente a los elementos combustibles, y de materiales que disipen bien el calor y sean estables frente al calor y la radiación.

- **Barrera geológica:** se compone por las barreras naturales seleccionadas en la ubicación del repositorio y se deben caracterizar por tener:
 - o Profundidad y extensión suficiente para aislar al repositorio de procesos naturales no deseados.
 - o Estabilidad tectónica (carencia de fallas activas) y zonas de bajo nivel sísmico.
 - o Poca complejidad estructural (simplicidad).
 - o Homogeneidad litológica.
 - o Baja permeabilidad y gradiente hidráulico.
 - o Condiciones adecuadas de retención de radionucleidos (capacidad reductora y de retardo, inmovilización).

El abanico de litologías que cumplen estos requisitos es muy amplio, si bien las más extendidas son: granitos, arcillas y sales.

A.5.2.2.7 - IMPACTO DE LAS CENTRALES NUCLEARES EN EL MEDIO AMBIENTE

Las centrales nucleares transforman la energía térmica en eléctrica al igual que lo hacen las centrales térmicas convencionales, pero la diferencia está en la manera de producir esa energía. En las centrales nucleares, la energía térmica se genera por un proceso de fisión nuclear, mientras que en las centrales convencionales se produce por la reacción química de combustión del carbón, fuel óleo o gas natural. Por ello, las centrales nucleares no generan CO₂ ni SO₂ ni NO_x, ni ningún otro tipo de gases contaminantes de la atmosfera.

El efecto diferenciador fundamental es el del impacto radiológico que puedan producir en su operación las centrales nucleares, así como los

residuos radioactivos que generen y el agravante, por su carácter radiactivo, en el proceso de desmantelamiento de dicha central.

Por tanto, deben estudiarse los efectos ambientales que puedan producir los efluentes líquidos y gaseosos, los residuos sólidos de baja y media actividad y los residuos sólidos de alta actividad.

Durante la operación de una central se exige un seguimiento continuo y exhaustivo de los niveles de radioactividad nuclear de los efluentes y de los residuos generados.

Además, el impacto radiológico que pueden producir en el entorno se debe controlar a través de Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA), cuyos resultados son evaluados y controlados por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Tal y como se ha visto anteriormente, según la clasificación del residuo se deberá realizar un tipo de tratamiento para su almacenamiento, con la seguridad, gestión y control adecuados y asegurados.

Por otro lado, al igual que en otros tipos de centrales eléctricas se consumen cantidades importantes de agua en el proceso de refrigeración. Cantidades que se deberán disminuir lo más posible con las técnicas más adecuadas (por ejemplo de torres de refrigeración).

ANEXO B

FUNDAMENTOS
FÍSICOS

INDICE

ANEXO B – FUNDAMENTOS FÍSICOS:

B.1 – RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA	153
B.1.1 – Ecuaciones de Maxwell	153
B.1.2 – Ondas planas en un medio continuo e isótropo.....	155
B.1.3 – Velocidad de fase	158
B.1.4 – Velocidad de grupo.....	159
B.1.5 – Vector de Poynting	160
B.1.6 – Formulación cuántica.....	161
B.1.7 – El espectro electromagnético	162
 B.2 – RADIACIONES Y MAGNITUDES RADIOMÉTRICAS	165
B.2.1 – Fuentes de radiación	165
B.2.2 – Magnitudes radiométricas.....	166
 B.3 – LEYES FUNDAMENTALES DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	172
B.3.1 – Presión de la radiación	172
B.3.2 – Ley de Stefan y tratamiento de Boltzman	173
B.3.3 – Leyes de Wien.....	176
B.3.4 – Tratamiento de Plank.....	179
 B.4 – LA RADIACIÓN SOLAR Y LOS EFECTOS ATMOSFÉRICOS	183
B.4.1 – El sol como fuente de radiación.....	183
B.4.2 – Efectos atmosféricos	185
B.4.2.1 – La dispersión de Rayleigh	186
B.4.2.2 – La dispersión de Mie.....	187
B.4.2.3 – La dispersión no selectiva	188
B.4.3 – Absorción.....	189
B.4.4 – Ventanas atmosféricas	190

B.1 - RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

B.1.1 - ECUACIONES DE MAXWELL.

Todos los esfuerzos realizados desde la antigüedad, encaminados al estudio y unificación de los fenómenos electromagnéticos, culminaron a mediados del siglo XIX con la síntesis realizada por el gran físico escocés James Clerk Maxwell, quien en su obra *“Treatise on Electricity and Magnetism”* estableció el fundamento de toda la teoría electromagnética.

Los experimentos realizados desde entonces han confirmado siempre la validez de las leyes de Maxwell, cuya formulación matemática se reduce a las cuatro ecuaciones diferenciales siguientes:

$$\begin{aligned}\Delta \cdot \vec{D} &= \rho & \Delta \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \Delta \cdot \vec{B} &= 0 & \Delta \times \vec{H} &= \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\end{aligned}$$

En ellas, $\vec{D}$ es el vector de desplazamiento eléctrico, $\vec{B}$ el vector inducción magnética, $\vec{E}$ el vector de intensidad de campo eléctrico y $\vec{H}$ la intensidad de campo magnético.

En la primera ecuación se designa por ρ la densidad volumétrica de carga eléctrica (considerada desde un punto de vista macroscópico) y en la cuarta, $\vec{J}$ representa el vector densidad de corriente eléctrica.

Los medios materiales se caracterizan por unos parámetros típicos que describen su comportamiento cuando se les somete a la acción de un campo electromagnético. Estos parámetros son:

ε = La permitividad o constante dialéctica del medio, que describe en cierto modo la capacidad de polarización eléctrica del medio, al ser sumergido en un campo eléctrico. En el vacío

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cong \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \text{ F/m}$$

μ = La permeabilidad magnética, que da idea del reforzamiento (o disminución) del campo magnético en el medio, cuando se le somete a un campo magnético exterior. Para el vacío

$$\mu = \mu_0 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

σ = La conductividad, indicadora de la capacidad del medio para transportar una corriente eléctrica; se mide en *Siemens/m* $= (\Omega \cdot m)^{-1}$

Suponemos que el medio queda caracterizado por los parámetros ε, μ, σ , y que el comportamiento del medio es de naturaleza lineal, de modo que pueden escribirse las siguientes relaciones:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} ; \quad \vec{B} = \mu \vec{H} ; \quad \vec{J} = \sigma \vec{E}$$

Si además el medio es homogéneo, los valores de ε, μ , y σ , no varían de un punto a otro del mismo, y si imponemos la condición de isotropía, tampoco cambia con la dirección que se considere.

A partir de aquí, se hace un breve resumen de la formulación de las ondas en los medios.

B.1.2 - ONDAS PLANAS EN UN MEDIO HOMOGÉNEO E

ISÓTROPO.

Las ecuaciones del campo en una dirección arbitraria Z, son:

$$\frac{\partial^2 \bar{E}}{\partial Z^2} - \epsilon\mu \frac{\partial^2 \bar{E}}{\partial t^2} - \sigma\mu \frac{\partial \bar{E}}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial^2 \bar{H}}{\partial Z^2} - \epsilon\mu \frac{\partial^2 \bar{H}}{\partial t^2} - \sigma\mu \frac{\partial \bar{H}}{\partial t} = 0$$

El campo electromagnético es transversal, es decir, si se cumple la condición de ondas planas, los campos están situados en planos perpendiculares al eje Z (arbitrario).

Los casos prácticos de propagación de ondas pueden estudiarse según dos modelos:

a) *Ondas de naturaleza periódica en el tiempo.*

Se representa mediante una serie de Fourier, será suma de infinitos términos, numerables de amplitudes finitas.

Su aspecto estará constituido por un conjunto de rayas separadas por intervalos fijos de frecuencias, múltiplos de una fundamental. Es pues un espectro discreto.

b) *Ondas impulso o de naturaleza no periódica.*

Se representa mediante una integral de Fourier, y su espectro será continuo. La onda estará representada como una superposición de

infinitos términos (no numerables) que son componentes monocromáticas de la señal.

Vemos la gran importancia del estudio de las ondas planas monocromáticas, ya que podemos deducir o prever el comportamiento real a partir del estudio de estas componentes, superponiéndolas.

La variación temporal de los campos eléctrico y magnético está dada por las ecuaciones:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 e^{ikZ - pt} + \vec{E}_2 e^{-ikZ - pt}$$

$$\vec{H} = \vec{H}_1 e^{ikZ - pt} + \vec{H}_2 e^{-ikZ - pt}$$

donde p ha de satisfacer la ecuación:

$$p^2 - \frac{\sigma}{\varepsilon} p + \frac{k^2}{\mu\varepsilon} = 0 \quad (\text{al fijar } k \text{ queda fijado } p)$$

Para que la variación temporal sea armónica p ha de ser imaginario puro, es decir: $p = i\omega$

$$\text{luego } -\omega^2 - i\frac{\sigma}{\varepsilon}\omega + \frac{k^2}{\mu\varepsilon} = 0; \quad k^2 = \mu\varepsilon\omega^2 + i\mu\sigma\omega$$

que es un número complejo

elegiremos como solución $k = \alpha + i\beta$, con $\beta > 0$

Sustituyendo en las ecuaciones de los campos k y p quedarían las nuevas expresiones en las que se vería que el módulo o amplitud de la onda es de la forma: $Ae^{-\beta Z}$, que indica que la amplitud va disminuyendo a medida que se propaga la onda,

β = constante o factor de atenuación,

$\Phi = \omega t - \alpha Z - \alpha$ fase (α = constante de fase),

$f = \frac{\omega}{2\pi}$ frecuencia $T = \frac{2\pi}{\omega}$ período

Las constantes de fase (α) y atenuación (β) pueden determinarse:

$$k = \alpha + i\beta; \quad k^2 = \alpha^2 + i2\alpha\beta - \beta^2 = \mu\epsilon\omega^2 + i\mu\sigma\omega$$

separando partes reales e imaginarias,

$$\alpha^2 - \beta^2 = \mu\epsilon\omega^2$$

$$2\alpha\beta = \mu\sigma\omega$$

Así:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \omega \left[\frac{\mu\epsilon}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\sigma^2}{\omega^2 \epsilon^2}} \right) \right]^{1/2} \\ \beta &= \omega \left[\frac{\mu\epsilon}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{\sigma^2}{\omega^2 \epsilon^2}} - 1 \right) \right]^{1/2} \end{aligned} \right\} \text{ dependen del medio y la frecuencia } (\omega)$$

B.1.3 - VELOCIDAD DE FASE.

Es la velocidad a la que se ha de mover el plano de la onda para mantener constante la fase.

$$\Phi = \omega t - \alpha Z - \varphi(\omega) = \text{constante}, \quad \text{diferenciando: } d\Phi = \omega dt - \alpha dZ = 0$$

$$\text{luego } dZ \cdot \alpha = \omega dt, \quad \text{así: } \frac{dZ}{dt} = \frac{\omega}{\alpha} = V_{\text{fase}} = V_f$$

$$\text{En el vacío: } \sigma = 0; \quad \varepsilon = \varepsilon_0; \quad \mu = \mu_0 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \alpha = \omega \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \\ \beta = 0 \end{cases}$$

$$\text{Y así } V_f = \frac{\omega}{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = c$$

$$\text{Para un dieléctrico perfecto con } \begin{cases} \varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r \\ \mu = \mu_0 \mu_r \end{cases}$$

$$\alpha = \omega \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \sqrt{\varepsilon_r \mu_r} \quad \Rightarrow \quad V_f = \frac{\omega}{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}$$

$$\text{a } \frac{c}{V_f}, \quad \text{se le llama índice de refracción, = "n" ; } \quad n = \sqrt{\varepsilon_r \mu_r} = \frac{\alpha}{\omega}$$

Si los parámetros ε_r , μ_r varían con la frecuencia, como sucede en el aire, el medio se llama dispersivo, y por tanto n varía con la frecuencia.

Si el medio tiene σ finita,

$$V_f = \frac{\omega}{\alpha} = \left[\frac{\mu\epsilon}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{\sigma^2}{\omega^2 \epsilon^2}} + 1 \right) \right]^{-1/2} = c \left[\frac{\mu_r \epsilon_r}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{\sigma^2}{\omega^2 \epsilon^2}} + 1 \right) \right]^{-1/2}$$

(no tiene sentido mecánico, pues según la fórmula V_f , puede ser mayor que c , pero no es así, pues la energía se propaga con V_g que siempre es menor que c)

B.1.4 - VELOCIDAD DE GRUPO.

Consideramos dos ondas armónicas de frecuencias poco diferentes:

$$\begin{aligned}\psi_1 &= \cos(kx - \omega t) \\ \psi_2 &= \cos\left[(k + \delta k)x - (\omega + \delta\omega)t\right]\end{aligned}$$

$$\text{sumando: } \psi_1 + \psi_2 = 2 \cos\left[\left(k + \frac{\delta k}{2}\right)x - \left(\omega + \frac{\delta\omega}{2}\right)t\right] \cos(x\delta k - t\delta\omega)$$

La amplitud varía entre la suma y cero, según la expresión $2 \cos(x\delta k - t\delta\omega)$. Las superficies en que la amplitud es constante, serán

$$x\delta k - t\delta\omega = \text{constante, y diferenciado respecto a } t, \Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{\delta\omega}{\delta k} = V_g$$

(Si el medio no es dispersivo coincide con V_f).

Si consideramos un paquete de ondas, que difieren incrementos infinitesimales de frecuencia y las amplitudes son $A(k)dk$.

$$\psi(x,t) = \int_{-\infty}^{\infty} A(k) e^{i(kx - \omega t)} dk \quad \text{con } \omega = \omega(k)$$

desarrollando en serie Taylor en el entorno de $\omega(k_0)$ la función $\omega(k)$

$$\psi(xt) = \int_{k_0-\delta k}^{k_0+\delta k} A(k) e^{i(k_0 x - \omega_0 t)} e^{i(k-k_0)} \left[x - \left(\frac{d\omega}{dk} \right)_{k_0} t \right] dk$$

La amplitud media del paquete es constante en las superficies, tales que:

$$x - \left(\frac{d\omega}{dk} \right)_{k_0} t = \text{constante}; \quad \text{y} \quad \text{que se propagan con}$$

$$Vg = \frac{dx}{dt} = \left(\frac{d\omega}{dk} \right)_{k_0}$$

B.1.5 - VECTOR DE POYNTING.

$$(\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H})$$

Representa la potencia transportada por la radiación electromagnética.

Sea V el volumen, $\vec{E}$ y $\vec{H}$ los campos; S la superficie que encierra

$$\text{Calculemos } \int_S [\vec{E} \times \vec{H}] \cdot d\vec{S} = \int_V \nabla \cdot [\vec{E} \times \vec{H}] dV =$$

$$= \int_V (\vec{H} \cdot [\nabla \times \vec{E}]) dV - \int_V (\vec{E} \cdot [\nabla \times \vec{H}]) dV, \text{ sustituyendo } [\nabla \times \vec{H}] \text{ y } [\nabla \times \vec{E}]$$

de las ecuaciones de Maxwell

$$= - \int_V \left(\vec{H} \mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \right) dV - \int_V (\vec{E} \cdot (\sigma \cdot \vec{E})) dV - \int_V \left(\vec{E} \cdot \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) dV$$

admitiendo la continuidad de $\vec{E}$ y $\vec{H}$, y sus derivadas, y que se trata de un medio homogéneo e isótropo, será:

$$= -\frac{\partial}{\partial t} \int_V \frac{1}{2} \mu |\vec{H}|^2 dV - \frac{\partial}{\partial t} \int_V \frac{1}{2} \varepsilon |\vec{E}|^2 dV - \int_V (\vec{J} \cdot \vec{E}) dV$$

$= \int_S \vec{P} dS$ energía que por unidad de tiempo abandona el volumen V en forma de radiación electromagnética.

B.1.6 - FORMULACIÓN CUÁNTICA.

La formulación Maxwell de la radiación electromagnética, como modelo matemático de movimiento de campos electromagnéticos, falla cuando trata de explicar ciertos fenómenos significativos de interacción de la radiación electromagnética con la materia; el fallo se hace más evidente cuanto menor se hace la longitud de onda.

Los experimentos realizados ya desde los tiempos de Maxwell, chocaron con los resultados de la teoría clásica cuando trataron de explicar a través de ésta los fenómenos puestos de manifiesto por aquéllos. Así, la teoría clásica fue incapaz de explicar el comportamiento de la radiación del cuerpo negro para frecuencias altas (catástrofe ultravioleta), la existencia de una frecuencia umbral, mínima, en la emisión del efecto fotoeléctrico así como una longitud de onda mínima en el espectro de rayos X obtenidos por un bombardeo de ánodos con haces de electrones y otros muchos experimentos más.

Todo ello llevó a la elaboración de la teoría cuántica de la radiación enunciada por primera vez por Max Planck, cuando trataba de explicar el

espectro de radiación del cuerpo negro, que le llevó a modificar la Ley de distribución de energía de Boltzmann en el sentido de considerar que la energía de los posibles estados que puede ocupar un ente dotado de un sólo grado de libertad (oscilador armónico), está cuantizada y varía en incrementos constantes de la frecuencia: $E = h f$, donde h es la constante de Planck: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J/s}$.

Más tarde, Einstein consiguió explicar los fenómenos observados en el efecto fotoeléctrico, considerando que la energía absorbida por los electrones como resultado de la captura o choque con un fotón, era igualmente $h f$.

Finalmente, Louis De Broglie postuló la existencia de las ondas de materia o principio de la dualidad onda-partícula, según el cual, tanto para las partículas materiales como para los paquetes de ondas de radiación, la energía asociada a un ente está relacionada con la frecuencia f de la onda asociada a su movimiento mediante: $E = h f$, y la cantidad de movimiento (o momento lineal) $\vec{p}$ de dicho ente, se relaciona con la longitud de onda λ de la onda asociada, por $p = h/\lambda$, dando origen a la teoría de las ondas de materia, que sirvió de base para el desarrollo posterior de la mecánica cuántica.

Se utiliza entonces el término fotón, para poner de manifiesto las propiedades cuánticas y estadísticas de la radiación, y el término *onda*, para representar el efecto medio global de la radiación.

B.1.7 - EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

Conforme puede observarse en la figura, el espectro electromagnético se considera extendido, normalmente, entre longitudes de onda de $10^{-10} \mu\text{m}$,

que corresponde a las ondas de rayos cósmicos, hasta las ondas muy largas de radio, de $10^{10} \mu m$ (kilométricas).

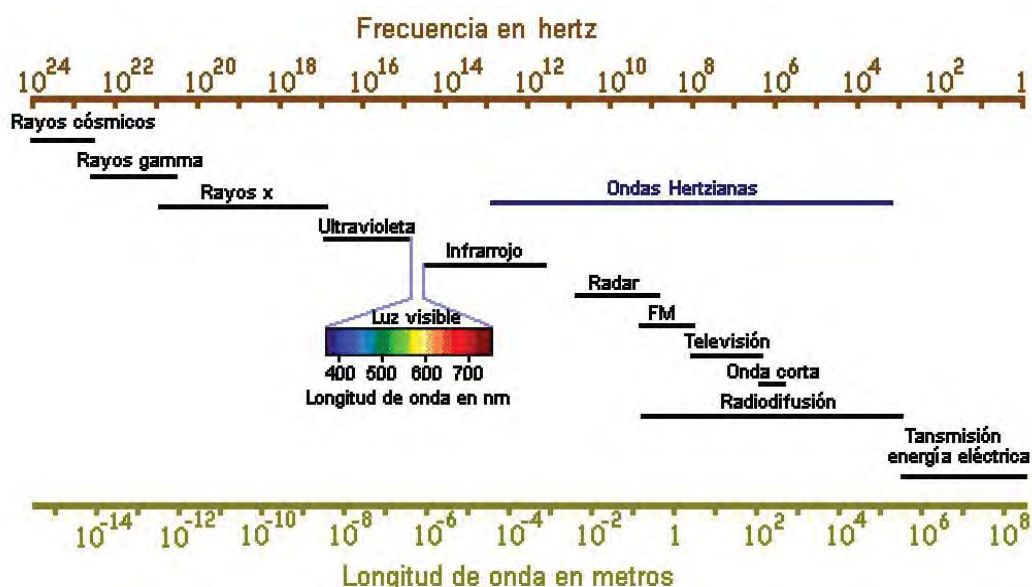


Figura A 1. 4. El espectro electro magnético.

En los sensores que nos interesan, las longitudes de onda de mayor interés son las ópticas, que se extienden entre $0,3 \mu m$ y $15 \mu m$, y las microondas que podemos englobar a grandes rasgos entre $1 mm$. y $1 m$. A este respecto, cabe reseñar que, gracias a los avances en las técnicas de microondas y en la electrónica, la región de las microondas se ve incrementada casi cada año.

En la región óptica, podemos hacer una subdivisión clara, como aparece en la figura siguiente, en una zona óptica de reflexión, que abarca desde $0,38 \mu m$, hasta $3 \mu m$, y una zona de emisión o térmica, entre $7 \mu m$ y $15 \mu m$.

La primera región mencionada constituye la zona de energía solar reflejada por los objetos terrestres y detectada por los sensores. Se divide a su vez en una porción visible cuya radiación detecta directamente el ojo humano y se

extiende entre $0,38\mu m$ y $0,72\mu m$, y una banda comprendida entre $0,72\mu m$ y $1,3\mu m$, que conforma el infrarrojo próximo y medio.

La banda comprendida entre $3,0\mu m$ y $7,0\mu m$ aparece vacía debido a que los efectos atmosféricos la inutilizan para el estudio terrestre desde satélites.

Finalmente, entre $7\mu m$ y $15\mu m$ aparece la zona del infrarrojo lejano o térmico. Se denomina impropia, de emisión, por ser ésta la banda de emitancia máxima terrestre, si bien, la emisión se produce también a otras longitudes de onda fuera de ella.

Por último, a grandes rasgos, el espectro de microondas, se utiliza por dos tipos de sensores: los radiómetros de microondas, que operan en la banda de $1mm$. a $100mm$. , y los radares de microondas, que operan entre $3mm$. y $1m$.

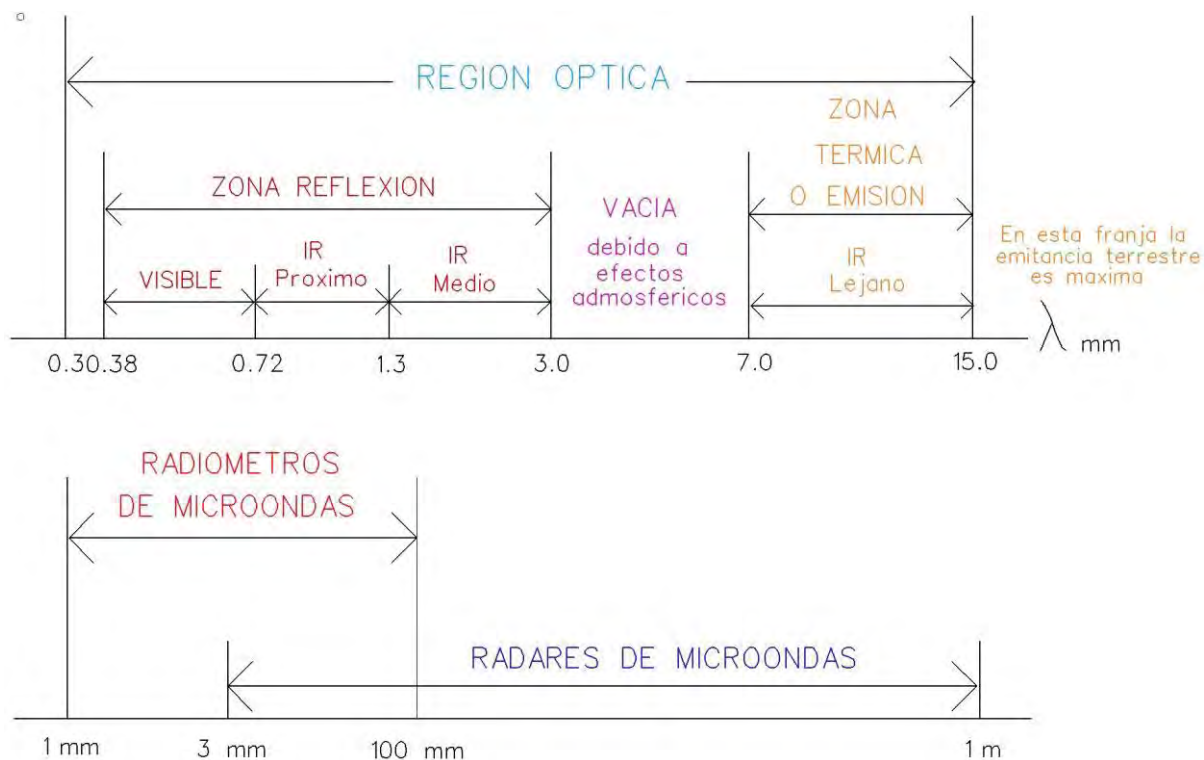


Figura A.1. 5. Longitudes de Onda de interés.

B.2 - RADIACIÓN Y MAGNITUDES RADIOMÉTRICAS

B.2.1 - FUENTES DE RADIACIÓN

Las fuentes de radiación son generadores o emisores de radiación. El radiador o emisor primario es el sol que emite energía que llega a la Tierra, parte de ella se refleja y parte de ella es absorbida por los objetos, que al calentarse emiten energía constituyéndose en radiadores secundarios.

Si consideramos una superficie atravesada por la radiación, la energía en un tiempo dt que atraviesa un área A , será:

$$dW = [\vec{E} \times \vec{H}] A \cdot dt = \vec{P} \cdot A \cdot dt$$

Si experimentalmente se representa la energía irradiada por una superficie A en la unidad de tiempo, para cada longitud de onda aparecen gráficas que son parecidas para todos los elementos.

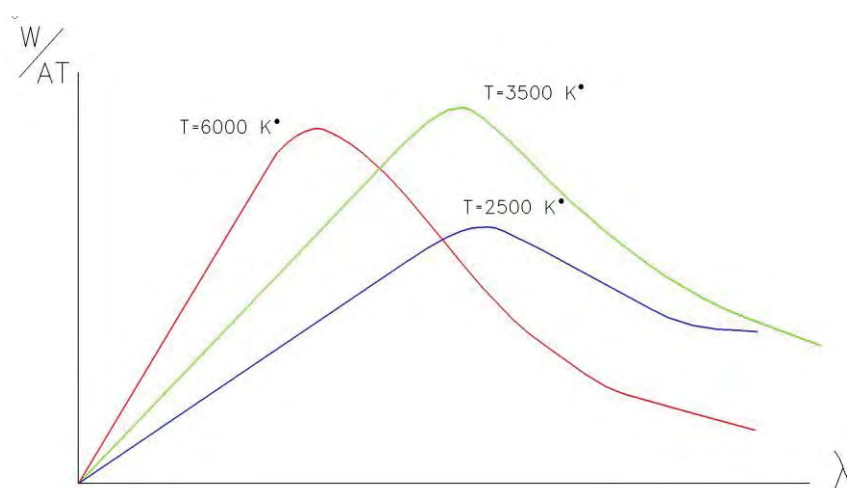


Figura A.1. 6. Energía Irradiada para distintas longitudes de onda.

Esta característica hace pensar en la elección de un modelo tipo.

Kirchoff en 1857 observó que todo cuerpo es capaz de absorber a una temperatura dada, una cantidad de energía igual a la que es capaz de emitir.

B.2.2 - MAGNITUDES RADIOMÉTRICAS.

Flujo energético = (Φ) .

Es la energía emitida por un radiador en la unidad de tiempo: $\Phi = \frac{W}{t}$

(Se mide en Watios pues es potencia).

Intensidad energética = (dI) .

Se considera un punto emisor P , que en un ángulo sólido $d\Omega$, emite un flujo $(d\Phi)$.:

$$dI = \frac{d\Phi}{d\Omega}; \quad \frac{\text{Watios}}{\text{Estereorradianes}}$$

Intensidad específica de la radiación = (J) .

Si el centro emisor no es un punto sino un elemento de superficie dA , se define la Intensidad Específica de Radiación como el cociente entre la intensidad energética y el elemento de superficie de esa dirección, que será $dA \cos \alpha$, así:

$$J = \frac{dI}{dA \cdot \cos \alpha} = \frac{d\Phi}{d\Omega \cdot dA \cos \alpha}; \quad \frac{\text{Watios}}{\text{Estereorradian} \cdot m^2}$$

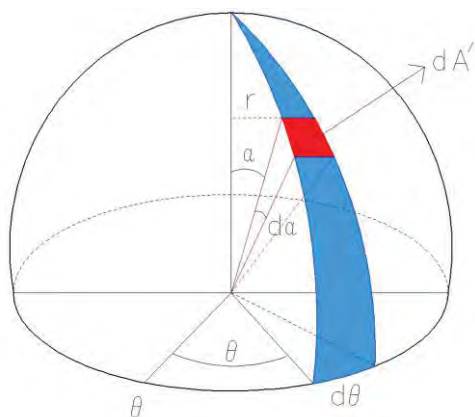
o bien
$$J = \frac{dW}{d\Omega \cdot dA \cdot \cos \alpha \cdot dt}$$

Si se pretende estudiar la energía radiada en todas las direcciones, la expresión $dW = J \cdot d\Omega \cdot dA \cdot \cos \alpha \cdot dt$, habría que integrar en un ángulo sólido que ocupase el semiespacio.

En coordenadas esféricas será:

$$dA' = r d\theta \cdot R \cdot d\alpha$$

como $r = R \cdot \sin \alpha$



$$dA' = R^2 \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha \cdot d\theta$$

luego
$$d\Omega = \frac{dA'}{R^2} = \sin \alpha \cdot d\alpha \cdot d\theta$$

Figura A.1. 7. Coordenadas esféricas.

Así $dW = J \cdot dA \cdot dt \cdot \sin \alpha \cdot \sin \theta \cdot d\epsilon \cdot d\theta$

Integrando en el semiespacio:

$$dW = J \cdot dA \cdot dt \cdot \frac{1}{2} \int_0^{\pi/2} 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha \int_0^{2\pi} d\theta$$

$$dW = J \cdot dA \cdot dt \cdot \pi ,$$

que es energía radiada por unidad de superficie en la unidad de tiempo en todas las direcciones.

Todo esto planteado bajo la hipótesis de que la intensidad no depende de la dirección, se llama a esta situación condiciones Lambert.

En estas condiciones, el flujo elemental por unidad de área será:

$$d\Phi = \frac{dW}{dt} = \pi \cdot J \cdot dA$$

y el flujo total: $\Phi_T = J \cdot \pi \cdot A$

Se llama Radiancia al flujo por unidad e superficie: $R = \frac{\Phi}{A} = \pi \cdot J$

Aún en condiciones Lambert, el planteamiento es válido para radiaciones monocromáticas. Luego el planteamiento general ha de hacerse para cada frecuencia y cada dirección.

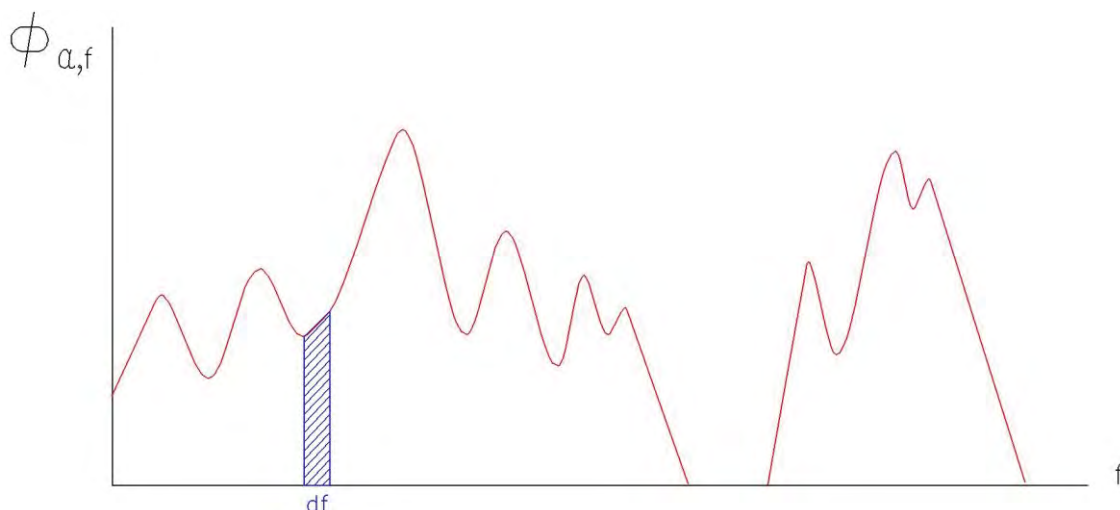


Figura A.1. 8. Flujo energético para cada frecuencia.

Así $d\Phi_{\alpha} = \Phi_{\alpha f} \cdot df$, luego $\Phi_{\alpha} = \int_0^{\alpha} \Phi_{\alpha f} \cdot df = \text{Área}$

Para la intensidad específica habrá que hacer lo mismo: $J = \int_0^\alpha J_f \cdot df$

Densidad de energía radiante

Sea un cubo elemental y una esfera de radio R .

La energía irradiada será:

$$dW = J \cdot d\Omega \cdot dt \cdot dA \cdot \cos\alpha.$$

como $\cos\alpha = 1$, por ser R normal a la esfera.

$$d\Omega = \frac{dA'}{R^2}; \quad dW = J \cdot dt \cdot dA \cdot \frac{dA'}{R^2}$$

En toda la esfera, $dA' = 4\pi R^2 \Rightarrow dW = 4\pi J \cdot dt \cdot dA$

El cubo elemental tendrá de longitud de arista $dl = c \cdot dt$,

luego
$$dW = \frac{4\pi \cdot J}{c} \cdot dl \cdot dA$$

Como $dl \cdot dA = dV$, será:
$$dW = \frac{4\pi \cdot J}{c} dV$$

Así a
$$\frac{4\pi \cdot J}{c} = U$$
, que es la densidad de energía Radiante.

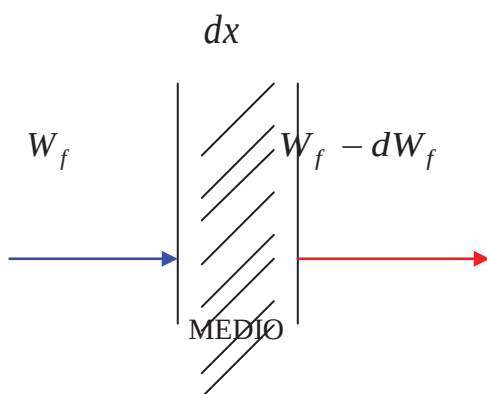
En función de la Radiancia, $R = \pi J$, será: $U = \frac{4 \cdot R}{c}$

Coeficiente de emisión (ε_f)



$$\varepsilon_f = \frac{dW}{dV d\Omega dt df}$$

Coeficiente de absorción (α_f) de un medio d



$$\alpha_f = \frac{-dW_f}{W_f dx}$$

$$\frac{dW_f}{W_f} = -\alpha_f dx \quad \Rightarrow \quad \ln \frac{W_f}{W_{0f}} = -\alpha x$$

Ley de Beer: $W_f = W_{0f} \cdot e^{-\alpha_f x}$

Donde W_{0f} = Energía incidente de frecuencia f .

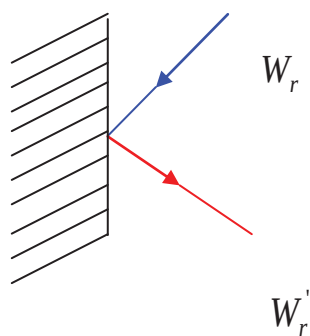
W_f = Energía transmitida.

α_f = Coeficiente de absorción para esa frecuencia.

Integrando por todas las frecuencias se obtendría un coeficiente de absorción medio.

Factor de Reflexión

Se define como la relación entre la energía reflejada y la incidente. (En el cuerpo negro $r_f = 0$).



$$r_f = \frac{W_r'}{W_f}$$

Poder absorbente (A_f)

Se define como $A_f = 1 - r_f$

En el cuerpo negro $A_f = 1$

B.3 - LEYES FUNDAMENTALES DE LA RADIACIÓN

ELECTROMAGNÉTICA

B.3.1 - PRESIÓN DE LA RADIACIÓN.

Sea una partícula de momento $\vec{P}$ y que choca contra un plano.

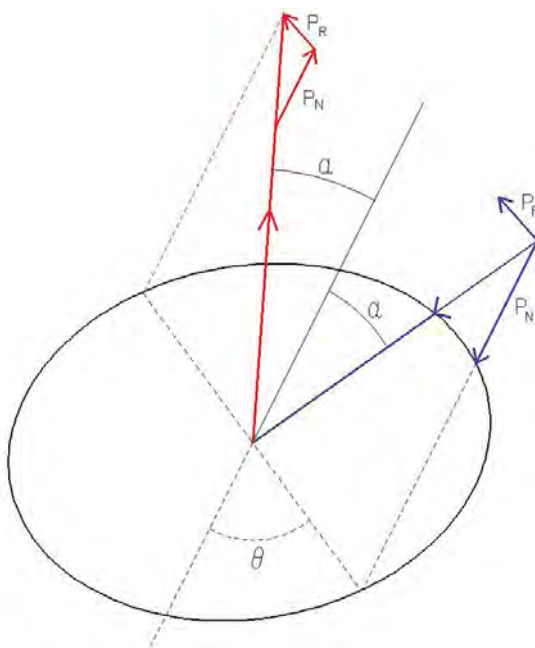


Figura I. 9. Choque de una partícula.

Descomponiendo en sus componentes normales y tangenciales.

El impulso se debe a la variación de la componente normal; y será por ello la variación en cada choque.

$$\Delta P = P_N - (-P_N) = 2P_N = 2P \cdot \cos \alpha$$

como
$$P = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{cT} = \frac{h}{c} \cdot f = \frac{\text{energía}}{c} = \frac{W}{c}$$

será :
$$\Delta P = \frac{2dW}{c} \cos \alpha = \frac{2}{c} \cdot J \cdot dA \cdot \cos^2 \alpha \cdot d\Omega \cdot dt$$

El impulso es *Fuerza* $\times$ *tiempo* , luego la Fuerza será:

$$\frac{2}{c} \cdot J \cdot dA \cdot \cos^2 \alpha \cdot d\Omega$$

como *Presión* = $\frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}}$, será:
$$P = \frac{2}{c} \cdot J \cdot \cos^2 \alpha \cdot d\Omega$$

como $d\Omega = \sin \alpha \cdot d\alpha \cdot d\theta$

$$P = \frac{2J}{c} \int_0^{\pi/2} \cos^2 2\alpha \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha \int_0^{2\pi} d\theta \quad \text{que es la presión en todas las direcciones.}$$

$$P = \frac{2J}{c} \cdot \frac{1}{3} \cdot 2\pi = \frac{4}{3} \cdot \frac{\pi \cdot J}{c}$$

como la densidad de energía es $U = \frac{4\pi J}{c}$, luego $P = \frac{U}{3}$

B.3.2 - LEY DE STEFAN Y TRATAMIENTO DE BOLTZMANN (ECUACIÓN DE ESTADO).

Stefan encontró que cuando un cuerpo se ponía incandescente, la energía que emitía a T , constante por unidad de superficie y de tiempo, era proporcional a T^4 .

Boltzmann consideró un émbolo y en su interior hay una radiación en unas condiciones de PVT .

Aplicando el método de los ciclos, se considera el de Carnot.

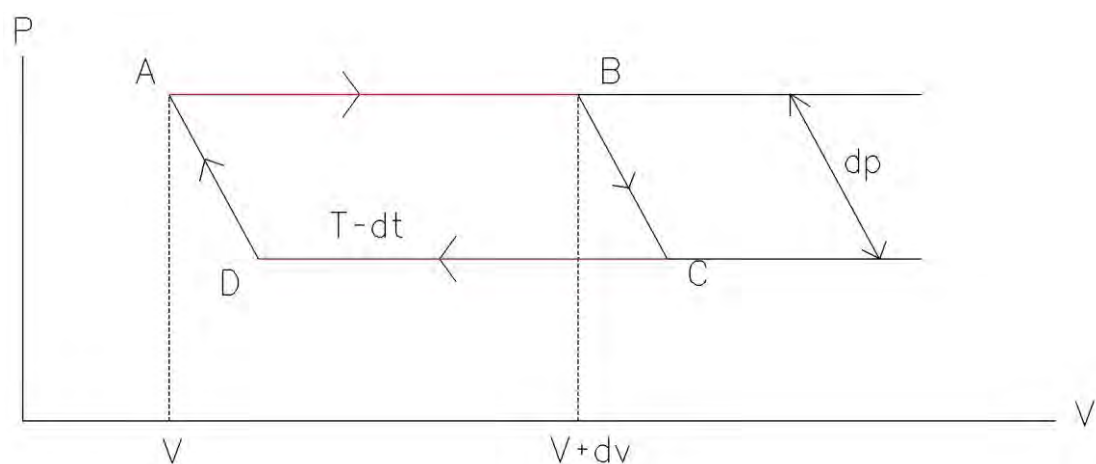


Figura I. 10. Ciclo de Carnot.

De **A** a **B** - La expansión es isoterma.

El trabajo realizado será: $\delta W_1^2 = PdV$, o bien: $W_1^2 = \frac{1}{3}U dV$

La variación de energía interna : $dU_1^2 = U dV$

$$\text{luego } \delta Q = dU_1^2 + W_1^2 = \frac{4}{3}U dV$$

Se pasa de $T \rightarrow T - dT$, y de $P \rightarrow P - dP$.

De **C** a **D** - Compresión isoterma.

De **D** a **A** - Compresión adiabática.

El rendimiento del ciclo es:

$$d\eta = \frac{dT}{T} = \frac{\delta W}{\delta Q} = \frac{dP}{4/3} \frac{dV}{UdV} = \frac{3}{4} \frac{dP}{U}$$

Como :

$$\left. \begin{array}{l} P = \frac{U}{3} \\ \text{será } dP = -\frac{dU}{3} \end{array} \right\} \Rightarrow d\eta = \frac{dU}{4U},$$

Así: $dn = \frac{dT}{T} = \frac{dU}{4U}$ tomando logaritmos

$4 \ln T = \ln U - \ln cts \Rightarrow U = cts \cdot T^4$, que es la Ley de Stefan,
 que puede enunciarse como:

“La densidad de energía de la radiación es proporcional a la cuarta potencia de la Temperatura”.

La radiación $R = \pi J$, al ser $U = \frac{4\pi J}{c} \Rightarrow J = \frac{Uc}{4\pi} \Rightarrow R = \frac{Uc}{4}$,

Luego: $R = \sigma \cdot T^4$

Siendo σ la constante de Stefan – Boltzmann, que se determinó experimentalmente utilizando el cuerpo negro (horno de Kirchoff).

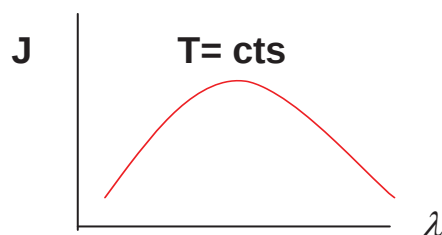
$$\sigma = 5,6693 \cdot 10^{-8} \cdot \text{Julio} \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} \cdot k^{-4}$$

Así la constante de Stefan será:

Como $\sigma = \frac{c \cdot cts}{4}$; $cts = \frac{4\sigma}{c} = 7,56 \cdot 10^{-16} \cdot \text{Julio} \cdot m^{-3} \cdot k^{-4}$

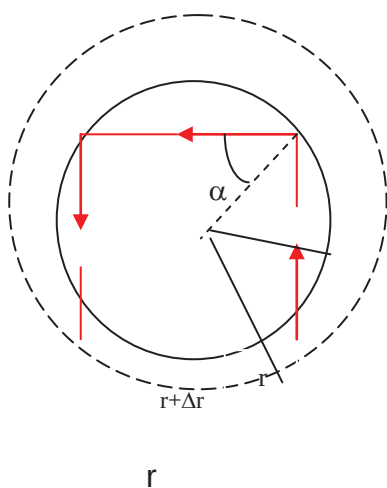
B.3.3 - LEYES DE WIEN.

Un cuerpo, por el hecho de estar a una temperatura T , emite una radiación.



*Esto, termodinámicamente
no se puede demostrar.*

Para explicar la relación entre T y λ , Wien consideró una esfera con expansión adiabática, en un tiempo ΔT . Las paredes se mueven con V pequeña.



Debido al efecto Doppler, varía λ

$$\lambda' = \lambda \frac{c+v}{c-v} = \lambda \left(1 + \frac{2v}{c-v} \right) \cong \lambda \left(1 + \frac{2v}{c} \right)$$

al incidir con ángulo α , la parte efectiva será:

$$\lambda' = \lambda \left(1 + \frac{2v}{c} \cos \alpha \right)$$

luego $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{2\lambda v}{c} \cos \alpha$, que es la variación de λ en cada reflexión.

El radio aumenta Δr en un Δt , tal que $\Delta t = \frac{\Delta r}{V}$

El tiempo entre dos reflexiones $\tau = \frac{l}{c} = \frac{2r \cos \alpha}{c}$

en un Δt , el número de reflexiones será: $N = \frac{\Delta t}{\tau} = \frac{c \Delta r}{v \cdot 2r \cos \alpha}$

La variación total de λ , será el número de reflexiones por la variación en cada una de ellas.

$$\Delta \lambda_T = N \cdot \Delta \lambda_r = \frac{c \cdot \Delta r}{v \cdot 2 \cdot r \cos \alpha} \cdot \frac{2 \lambda v}{c} \cos \alpha = \lambda \frac{\Delta r}{r}$$

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{\Delta r}{r}, \quad \text{de otra forma:} \quad \frac{dr}{r} = \frac{d\lambda}{\lambda}$$

La variación del volumen es $V = \frac{4}{3} \pi r^3$

$$dV = 4\pi r^2 dr; \quad \text{luego} \quad \frac{dV}{V} = \frac{3dr}{r} = \frac{3d\lambda}{\lambda}$$

Así: $\ln V = 3 \ln \lambda + \ln cts$, luego $\lambda^3 V^{-1} = cts$

por ser la expansión adiabática se ha de cumplir $\delta Q = 0 = dU + \delta W$

$$\text{luego:} \quad dT = -\frac{1}{3} T \frac{dV}{V} \Rightarrow \frac{3dT}{T} = -\frac{dV}{V}$$

$$\ln T^3 + \ln V = \ln cts \Rightarrow VT^3 = cts$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Como} \quad \lambda^3 V^{-1} = cts \\ \\ T^3 V = cts \end{array} \right\} \text{multiplicando} \quad \lambda^3 T^3 = cts$$

es decir $\lambda T = b$, *Primera Ley de Wien*

Por otro lado, la densidad total de energía de la radiación sería:

$$U = \int_0^{\infty} U_{\lambda} d\lambda = cts T^4 , \quad \text{según la Ley de Stefan – Boltzmann.}$$

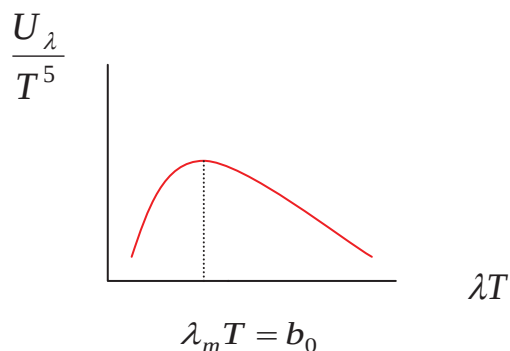
$$\text{diferenciando } U_{\lambda} d\lambda = 4cts T^3 dT ; \quad U_{\lambda} = cts T^3 \frac{dT}{d\lambda}$$

$$\text{Como } T = \frac{b}{\lambda} \Rightarrow \frac{dT}{d\lambda} = -\frac{b}{\lambda^2} = -\frac{b^2}{\lambda^2} \frac{1}{b} = \frac{-T^2}{b}$$

$$\text{Así: } U_{\lambda} = cts T^3 \left(\frac{-T^2}{b} \right) = \frac{-cts}{b} T^5 = f(b) \cdot T^5$$

$$\frac{U_{\lambda}}{T^5} = b' = f(b) = F(\lambda T) , \quad \text{Segunda Ley de Wien.}$$

Gráficamente:



$$b_0 = 2,897 \cdot 10^{-3} mK^0$$

A cualquier temperatura, el cociente $\frac{U_{\lambda}}{T^5}$ es una función exclusiva de λT , magnitud que permanece constante en la transformación adiabática. Resulta así la misma curva para todas las temperaturas.

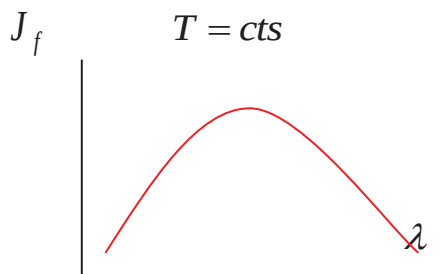
Por ejemplo, en el caso del Sol, $\lambda m_{ax} = 0,5\mu = 5 \cdot 10^{-7} m$, como $\lambda T = b_0$,

la temperatura del Sol sería: $5 \cdot 10^{-7} m T_{sol} = 2,89710^{-3} mK^0$

Luego $T_{sol} = 5600 K^0$

B.3.4 - TRATAMIENTO DE PLANCK.

La gráfica aún no ha sido explicada.



Se sabe:
$$U_{\lambda} = \frac{4\pi J_{\lambda}}{c} = b' T^5 = \frac{f(\lambda T)}{\lambda^5}$$

Así:
$$J_{\lambda} = \frac{c}{4\pi} f(\lambda T) \frac{1}{\lambda^5}$$

Hasta aquí, se puede estudiar por la termodinámica, pero no se puede calcular $f(\lambda T)$

Rayleigh y Jeans son los primeros que intentan explicar esta curva, dando una expresión de:

$$J_{\lambda} = \frac{2cKT}{\lambda^4}$$

Esta expresión se ajustaba bien para altas temperaturas, pero no para las bajas. Se cumplía bien para grandes λ (infrarrojos), pero no para $\lambda \rightarrow 0$ ($U \cdot V$, RX), pues entonces $J \rightarrow \infty$

Posteriormente, Wien dio una expresión del tipo $J = \frac{C_1}{\lambda^5} \cdot e^{\frac{-C_2}{\lambda T}}$

$$\text{Con } \begin{cases} C_1 = 2hc^2 = 1,192 \cdot 10^{-6} \text{ Watt } m^2 \\ C_2 = \frac{hc}{K} = 14,38 \cdot 10^{-6} m K^0 \end{cases}$$

Esta expresión se ajustaba bien para bajas temperaturas, pero iba mal para las altas.

Planck con estos resultados obtuvo una expresión: $J_{\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5} \frac{l}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1}$,

que ajustaba bien en todos los casos.

La discrepancia era que los osciladores lineales no emiten energía de modo continuo, sino que lo hacen de forma discreta $0, \Delta W, 2\Delta W, 3\Delta W \dots$, y además que el salto variaba con la frecuencia, es decir $\Delta W = h \cdot f$

Con $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Julio} \cdot \text{segundo}$, constante de Planck (esto fue el fin de la mecánica clásica).

Así:
$$J_{\lambda} = \frac{8\pi h \cdot c}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1}$$

Así se entiende el desplazamiento de las curvas que Wien encontró.

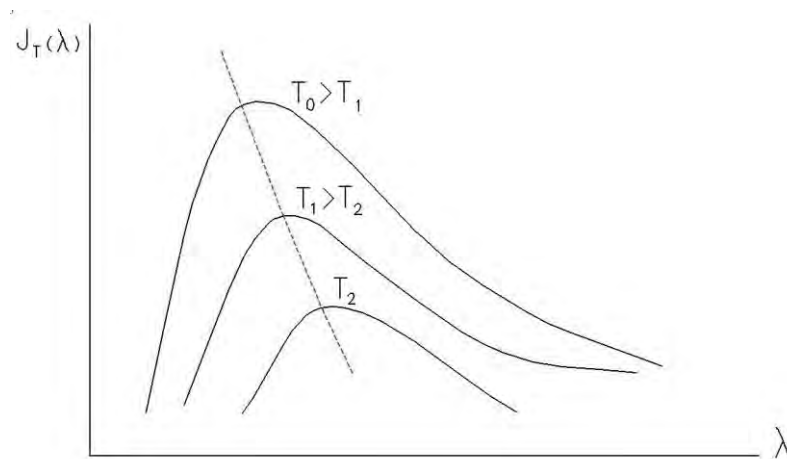


Figura A.1. 11 Dependencia de λ con la temperatura

Derivando con respecto a λ , y anulándola, nos da la dependencia de $\lambda_{\max}$ con T .

$$J_T(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1}$$

Llamando a $\frac{hc}{\lambda T} = x$; $J_T(x) = \frac{8\pi(KT)^5}{(hc)^4} \cdot \frac{x^5}{e^x - 1}$, derivando:

$$\frac{dJ}{d\lambda} = \frac{dJ}{dx} \cdot \frac{dx}{d\lambda} = \frac{8\pi(KT)^5}{(hc)^4} \cdot \frac{5x^4(e^x - 1) - x^5 e^x}{(e^x - 1)^2} \left(-\frac{KT}{hc} x^2 \right) = 0$$

de aquí: $5(e^x - 1) - x e^x = 0 \Rightarrow e^{-x} + \frac{x}{5} = 1$

Resolviendo la ecuación por el método de Newton:

$$\Rightarrow x \cong 4,965 \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{hc}{4,965 \cdot K \cdot T}$$

$$\lambda_{\max} \approx \frac{2,9}{T} \quad \text{hipérbola equilátera, nos indica que al crecer la}$$

temperatura, la emisión máxima se desplaza hacia ondas más cortas.

Los cuerpos al calentarse comienzan por rojo y, al aumentar la temperatura, tienden al blanco.

Su composición gráfica de las tres Leyes, sería la siguiente:

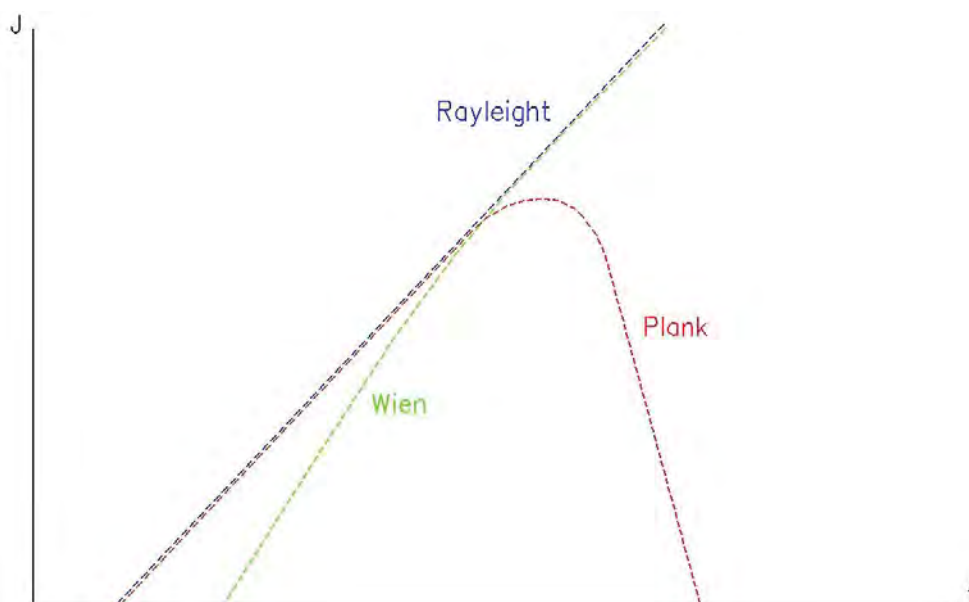


Figura A.1. 12. Leyes de Plank, Wien y Rayleigh.

B.4 - LA RADIACIÓN SOLAR Y LOS EFECTOS ATMOSFÉRICOS

B.4.1 - EL SOL COMO FUENTE DE RADIACIÓN.

La energía del Sol proviene de la conversión de hidrógeno en helio (fusión) a una temperatura de unos $15 \times 10^6 \text{ K}^\circ$ en la zona profunda del núcleo solar, a presiones de muchos miles de millones de atmósferas y con una densidad de más de 150 g/cm^3 .

El Sol radia una potencia de $3,86 \cdot 10^{26} \text{ W}$ que, de acuerdo con la ecuación de Einstein $E = mc^2$, significa una pérdida de masa de $4,7 \cdot 10^9 \text{ kg}$. por segundo, ó 10^{-11} veces la masa del Sol en un año. La fuente de esta energía son las reacciones nucleares de fusión que tienen lugar en el núcleo del Sol. El proceso nuclear más importante que tiene lugar allí es la llamada reacción protón-protón, o fusión de dos núcleos de *Hidrógeno*, produciendo un átomo de Deuterio, un positrón y un neutrino.

El neutrino escapa con la velocidad de la luz, y el positrón se aniquila rápidamente en choque con un electrón, produciendo un fotón γ de alta energía. La colisión del átomo de Deuterio con otro protón produce un átomo del isótopo de Helio ligero, de masa atómica 3, y otro fotón γ .

Eventualmente, el choque de dos átomos de Helio 3 producen un átomo estable de Helio ordinario de masa atómica 4, y la liberación de dos protones y un fotón γ .

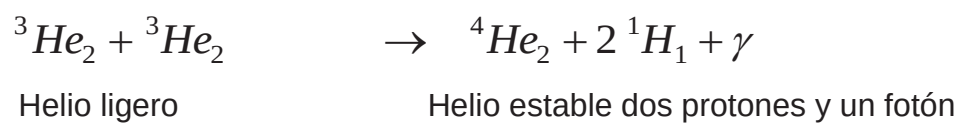
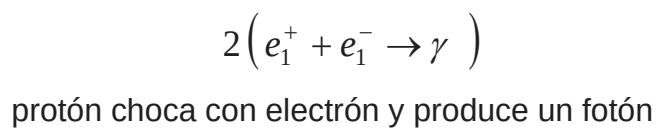
En el proceso se consumen dos electrones y seis protones, para formar un átomo estable de Helio; se generan dos nuevos protones, y se liberan dos neutrinos y cinco fotones γ que proporcionan la energía radiada en la superficie del Sol.

Se representan las reacciones apuntadas:

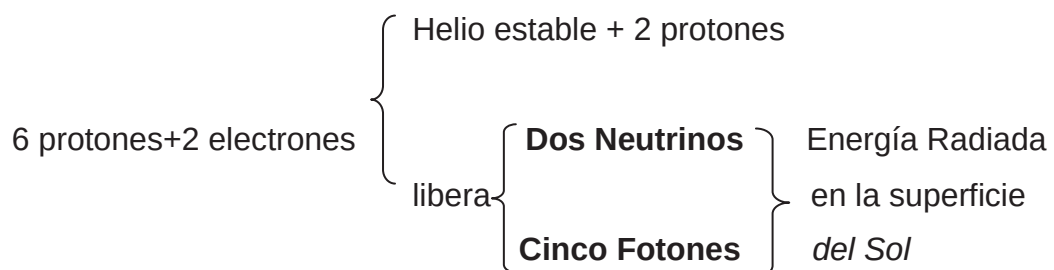
HIDRÓGENO



HELIO



En resumen:



De toda la energía liberada por el Sol, la Tierra sólo intercepta una parte en $4,5 \cdot 10^{-10}$, como puede deducirse de la relación:

$$\text{Fracción de energía interceptada} = \frac{\text{sección ecuatorial terrestre}}{\text{superficie esférica de radio 1UA}} =$$
$$= \frac{\pi \cdot 6,37^2 \cdot 10^6}{4\pi \cdot 149,6^2 \cdot 10^{12}} \cong 4 \cdot 5 \cdot 10^{-10}$$

La distribución espectral de la energía que nos llega del Sol, es:

Aproximadamente el 40% de la energía está en la zona visible del espectro, el 50% en el infrarrojo, y el resto en el ultravioleta. La temperatura equivalente o efectiva del Sol es de unos 5.700 K°, que sería la de una esfera igual al Sol que radiara la misma cantidad de energía de acuerdo con la Ley de Planck, esto es como un cuerpo negro.

B.4.2 - EFECTOS ATMOSFÉRICOS.

Desde el punto de vista de la radiación que alcanza la superficie de la Tierra, la atmósfera se comporta como un filtro selectivo en frecuencias. Podemos esquematizar el proceso como se indica en la figura siguiente:



Básicamente son dos los fenómenos que tienen lugar en la atmósfera que afectan a la radiación que incide en ella: la *Dispersión* y la *Absorción*.

La *Dispersión* tiene lugar cuando la radiación es reflejada y/o refractada por las partículas presentes en la atmósfera. Éstas van desde las moléculas de los gases que la forman hasta partículas de polvo y gotas de agua.

Se acepta normalmente que la radiación dispersada, tanto si proviene del Sol como si viene de la Tierra, no se atenúa, sino que cambia de dirección, cambio que depende de la longitud de onda. Precisamente, aquella porción de radiación que no se dispersa, se absorbe, también de forma selectiva en frecuencia, como luego veremos.

Desde el punto de vista teórico, la *Dispersión* puede dividirse en tres categorías diferentes, dependiendo de la relación entre la longitud de onda de la radiación

Dispersada y del tamaño de las partículas que originan la dispersión. Los mecanismos de dispersión dan nombre a estas tres categorías, y son:

- *La Dispersión de Rayleigh*
- *La Dispersión de Mie*
- *La Dispersión no selectiva*

B.4.2.1 - LA DISPERSIÓN DE RAYLEIGH.

Tiene lugar cuando la longitud de onda de la radiación incidente es mucho mayor que el tamaño de las partículas dispersantes. El coeficiente de dispersión volumétrico, σ_λ , está dado según Swain y Davis, por

$$\sigma_\lambda = \frac{4\pi^2 NV^2}{\lambda^4} \cdot \frac{(n^2 - n_0^2)^2}{(n^2 + n_0^2)^2},$$

Donde: N = Número de partículas por cm^3

V = Volumen de las partículas

λ = Longitud de onda de la radiación

n = Índice de refracción de las partículas

n_0 = Índice de refracción del medio

que es una magnitud espectral, es decir, una función de densidad, variable para cada longitud de onda. Para encontrar la dispersión total habría que integrar $\sigma_\lambda(\lambda) d\lambda$ en toda la banda del espectro, para todos los valores de λ , sujeta a la restricción de que λ sea mucho mayor que la dimensión transversal de las partículas.

La dispersión de Rayleigh hace que el cielo aparezca azul, ya que, debido a la dependencia con λ^{-4} , las longitudes de onda más cortas (la zona de azul) se dispersan más fuertemente hacia el suelo que las rojas. Sucede algo parecido con el rojo de la puesta de Sol, en que los rayos de luz siguen trayectorias más largas, dispersándose las longitudes del azul y quedando las rojas. Debido a la dispersión Rayleigh, los datos multiespectrales de la porción azul del espectro, son poco útiles. De hecho, en la fotografía aérea hay que utilizar filtros especiales para eliminar la radiación azul dispersa de la atmósfera.

B.4.2.2 - LA DISPERSIÓN DE MIE.

Aparece cuando la λ es comparable en tamaño con las dimensiones de las partículas dispersantes.

En este caso, el coeficiente de dispersión es un coeficiente superficial definido como la relación entre el frente de onda incidente afectado por la partícula, a la sección recta de la propia partícula.

Suponiendo una distribución continua de tamaños de partículas, el coeficiente está dado por :

$$\sigma_\lambda = 10^5 \pi \int_{a_1}^{a_2} N(a) \cdot K(a, n) \cdot a^2 \cdot da$$

Con σ_λ = coeficiente de dispersión para la longitud de onda λ

$N(a)$ = número de partículas con radio entre a y $a + da$

$K(a, n)$ = coeficientes de dispersión (sección recta)

a = radio de las partículas, consideradas esféricas

n = índice de refracción de las partículas

La dependencia del coeficiente de Mie con la longitud de onda está dada fundamentalmente por el valor de K . En teledetección, la dispersión de Mie se manifiesta normalmente como un deterioro general de las imágenes multiespectrales en el espectro óptico, bajo condiciones de fuerte neblina, en que las gotas de agua son mucho mayores que las que ocasionan dispersión Rayleigh.

B.4.2.3 - LA DISPERSIÓN NO SELECTIVA.

Ocurre cuando el tamaño de las partículas es mucho mayor que la λ de la radiación.

El efecto global, en este caso, es suma de las contribuciones de los tres fenómenos de interacción de la radiación con las partículas: Reflexión en la superficie de la partícula sin penetración; paso de la radiación a través de la partícula con o sin reflexiones internas; y refracción o difracción en los bordes de la partícula.

Este tipo de dispersión se presenta cuando la atmósfera está muy cargada de polvo en suspensión, produciendo una gran atenuación en la señal recibida.

B.4.3 - ABSORCIÓN.

La absorción implica una transferencia de energía desde la radiación incidente al movimiento molecular de los gases atmosféricos.

Las moléculas que conforman la atmósfera pueden absorber energía, bien como movimiento de vibración, bien en los mecanismos de rotación.

La estructura molecular de los gases atmosféricos es suficientemente compleja como para que puedan darse varias frecuencias de resonancia de absorción para cada tipo de gas.

Los absorbentes más importantes de la atmósfera son:

- Oxígeno y Ozono.

Al nivel del suelo no se observan radiaciones de $\lambda < 0,3 \mu m$

Casi toda esta radiación que alcanza la parte superior de la atmósfera, se absorbe en las capas altas y el resto es dispersado hacia el espacio exterior. Para $\lambda < 0,1 \mu m$, la radiación es absorbida por el O y el O_2 en la ionosfera, y para $0,1 \mu m < \lambda < 0,3 \mu m$, la absorción la realiza el O_3 en la ozonósfera.

Otras bandas de absorción, aunque no tan interesantes, tienen lugar en $0,32 < \lambda < 0,36 \mu m$ y en $0,6 \mu m$ (en el visible), así como picos en $4,75 \mu m$, $9,6 \mu m$ y $14,1 \mu m$ (infrarrojo), también por O_3 .

- Dióxido de Carbono.

Tiene importancia especial en la baja estratosfera. Se distribuye más uniformemente que los demás gases en las distintas capas, pero resulta enmascarado en las zonas altas por el O_2 y O_3 , y en las zonas bajas por el vapor de agua.

Las bandas de absorción, débiles, están en torno a los $4\mu\text{m}$ y $10\mu\text{m}$, y una muy fuerte, alrededor de los $15\mu\text{m}$, ampliamente explotada en sondeos atmosféricos.

- Vapor de Agua.

Este es el mayor absorbente de todos los gases atmosféricos. Existen varias líneas de absorción, débiles, por debajo de $0,7\mu\text{m}$, habiéndose identificado varias bandas más anchas e intensas, entre $0,7\mu\text{m}$ y $8\mu\text{m}$.

La absorción más intensa tiene lugar alrededor de los $6\mu\text{m}$, donde puede llegar al 100%, si la humedad atmosférica es suficiente.

B.4.4 - VENTANAS ATMOSFÉRICAS.

De lo dicho anteriormente y observando la figura se deduce que la atmósfera es bastante transparente en la banda del espectro visible. Posteriormente, avanzando en la dirección de las λ crecientes, vemos una sucesión de bandas de absorción más o menos agudas, alternando con regiones de transparencia relativa, que son las ventanas atmosféricas más útiles del espectro de absorción. No obstante, también las zonas de absorción tienen utilidad en ciertos estudios meteorológicos y climatológicos.

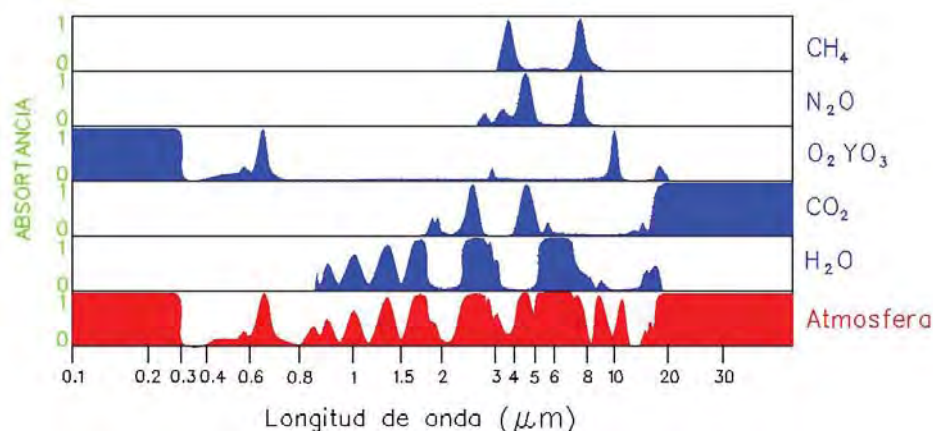


Figura A.1. 13. Absorción de la atmósfera.

ANEXO C

ASTRONOMÍA DE
POSICIÓN

INDICE

ANEXO C – ASTRONOMÍA DE POSICIÓN:

C.1 - INTRODUCCIÓN A LA ASTRONOMÍA.....	194
C.1.1 - Objeto y división de la astronomía	194
C.1.2 - Nociones de cosmografía.....	195
C.1.2.1 - Base observacional	195
C.1.2.2 - Definiciones en la esfera terrestre	196
C.1.3 - Movimientos en la tierra	201
C.1.3.1 - Traslación y rotación	201
C.1.3.2 - Equinoccios y solsticios.....	202
C.1.3.3 - Signos del zodiaco	205
C.1.4 - Coordenadas geográficas	205
C.1.4.1 - Elementos constituyentes	205
C.1.4.2 - Longitud y latitud	207
C.2 - SISTEMAS DE COORDENADAS	209
C.2.1 - Coordenadas horizontales	209
C.2.2 - Coordenadas ecuatoriales horarias	211
C.2.3 - Coordenadas ecuatoriales absolutas	213
C.2.4 - Coordenadas elípticas.....	214
C.2.5 - Resumen de los sistemas de coordenadas.....	215
C.3 - LA MEDIDA DEL TIEMPO	217
C.3.1 – Introducción.....	217
C.3.2 - Formas de medir el tiempo.....	218
C.3.2.1 - El tiempo sidéreo.....	218
C.3.2.2 - El tiempo solar.....	220
C.3.2.3 - La hora legal	223
C.3.2.4 - La hora oficial.....	224
C.3.2.5 - El tiempo universal	225

C.3.3 - Formas de medir el tiempo, independientes de la rotación	
Terrestre	225
C.3.3.1 - Tiempo de efemérides.....	226
C.3.3.2 - Tiempo atómico.....	226
C.3.3.3 - Tiempo universal coordinado	226
C.3.3.4 - Tiempo dinámico terrestre.....	227
 C.4 - RELACIONES ENTRE LOS TIPOS DE TIEMPO	
EXPRESIONES DE PASO	228
C.4.1 - Día medio y día sidéreo	228
C.4.2 - Cambios de horas	230
C.4.2.1 - Representación inicial	230
C.4.2.2 - Aplicaciones significativas	231

C.1 - INTRODUCCION A LA ASTRONOMIA

C.1.1 - OBJETO Y DIVISION DE LA ASTRONOMIA

La astronomía es la ciencia que analiza la estructura interna y evoluciones estelares, el movimiento y posición de los astros y la composición química de los mismos. El estudio global puede ser dividido en varias partes:

- COSMOGRAFIA O ASTRONOMIA DE OBSERVACION

Analiza todo cuanto configura el cielo en una simple observación. Describe y estudia las constelaciones, el movimiento del sol en órbita aparente, la inclinación de la eclíptica, los paralajes, las aberraciones, la medida del tiempo, etc...

- ASTROFISICA

Estudia la estructura interna y todo el proceso de evolución estelar y su medio, estableciéndolos modelos cosmológicos y analizando la física del Universo.

- ASTRONOMIA MATEMATICA O MECANICA CELESTE

Estudia el conjunto de leyes que regulan el estado de equilibrio de los cuerpos celestes.

- ASTRONOMIA DE POSICION

Estudia la resolución de los problemas relacionados con la determinación del Norte (acimut de una dirección) y las coordenadas geográficas de un lugar (posicionamiento de un punto en la superficie terrestre).

Esta última parte de la Astronomía va a permitir no sólo obtener la longitud y latitud geográficas de un punto sino también fijar el norte geográfico, aconsejable en todo levantamiento topográfico.

C.1.2 - NOCIONES DE COSMOGRAFIA

C.1.2.1 - BASE OBSERVACIONAL

Se denomina esfera celeste a una esfera ideal, con centro y radio arbitrario, donde se suponen situados todos los astros que existen en el universo.

Para fijar la posición de un punto sobre la esfera es necesario definir unos círculos de referencia. Para ello se elige un círculo máximo fundamental, determinado por la intersección de la esfera con un plano que pase por el centro. La normal a ese plano por el centro de la esfera corta a ésta en dos puntos, en general llamados polos. Todos los círculos máximos que contengan a los polos les llamaremos círculos secundarios.

Así la posición de un punto en la esfera, queda determinado por dos coordenadas esféricas.

- La distancia angular EB, arco incluido en el círculo secundario que pasa por el punto desde el círculo fundamental al punto.
- La distancia angular BC arco medio en el círculo fundamental entre el punto de intersección de círculo fundamental con el círculo secundario y un punto arbitrario C en el círculo fundamental que se toma como origen. (Fig. 1).

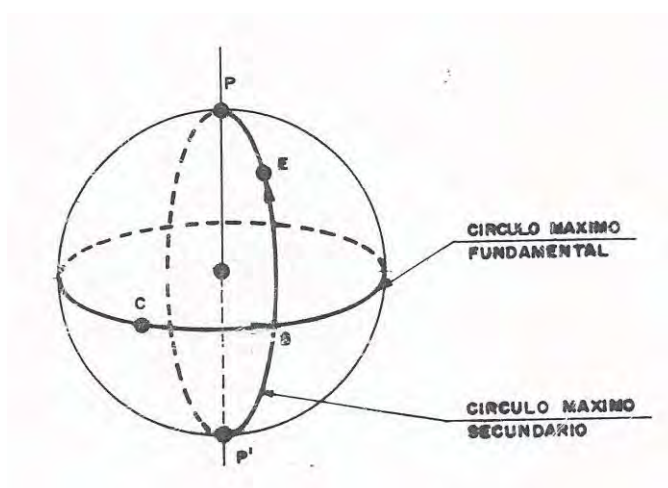


Figura C.1 - Coordenadas esféricas

Según la definición dada de la esfera celeste el centro es arbitrario, pero en astronomía de posición se usan preferentemente tres puntos:

- a) El lugar de observación, punto de la superficie terrestre, dando lugar a las coordenadas Topocéntricas .
- b) El centro de masas de la tierra, dando lugar a las coordenadas Geocéntricas.
- c) El centro de masas del sistema solar, dando lugar a las coordenadas Heliocéntricas.

La posición relativa de los astros en la esfera se determina por los ángulos que forman entre sí las visuales dirigidas por el observador a ellos, denominadas distancias angulares.

Los astros se clasifican en fijos o errantes según conserven entre sí o no las distancias angulares constantes (o con una variación poco perceptible a los largo de los siglos). Al grupo de los errantes pertenecen los planetas que se caracterizan por tener movimientos propios de traslación apreciables por hallarse mucho más cercanos a la Tierra.

C.1.2.2 - DEFINICIONES EN LA ESFERA CELESTE

Aparentemente la esfera celeste gira en torno a la Tierra, con un movimiento uniforme de Este o de Oeste, llamado movimiento diurno. Este giro aparente es debido al giro real de la Tierra en sentido contrario y se realiza alrededor de una línea que pasa por su centro denominada eje del mundo, siendo los polos celestes los puntos de intersección del mencionado eje con la esfera celeste. La intersección del eje con la Tierra determina los polos terrestres. Siendo los polos Norte y Sur celeste de los polos del Ecuador (círculo máximo fundamental). (Fig.2).

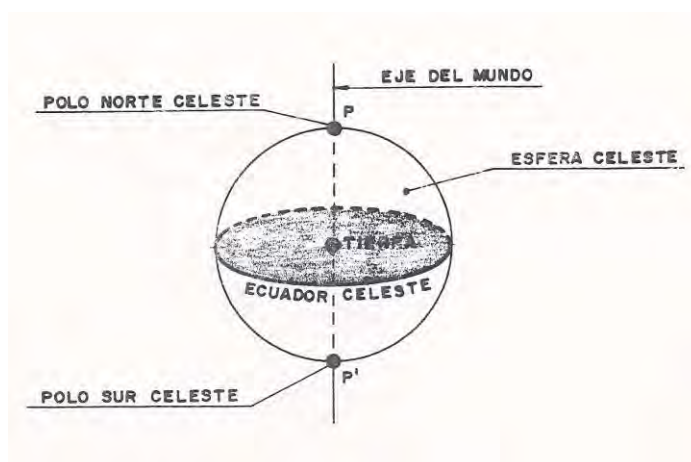


Figura C.2 - Elementos básicos del movimiento diario

El plano perpendicular al eje del mundo que pasa por el centro de la esfera celeste se denomina ecuador celeste.

Los círculos originados por la intersección de la esfera celeste con los planos que contienen a la recta PP' se denominan meridianos celestes y los círculos menores intersección de la esfera celeste con los planos paralelos al ecuador se denominan paralelos celestes (Fig.3).

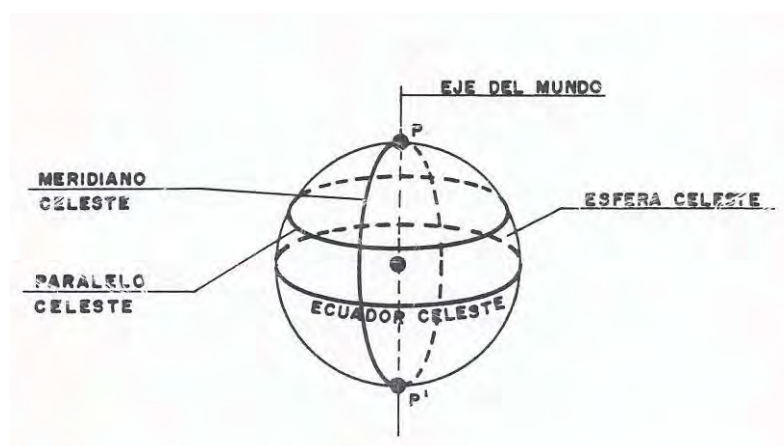


Figura C.3 - Meridianos y paralelos celestes

Entre el lugar de observación, Tierra y el espacio observado, esfera celeste, existen unas interdependencias que son preciso definir antes de establecer

los sistemas referenciales. Entre los conceptos a manejar destacan los siguientes:

- VERTICAL DE UN LUGAR

En la dirección de la gravedad en cada lugar. En un punto de observación la vertical es la normal al geoide en ese punto y está materializada por la dirección de la plomada.

Esta vertical, corta a la esfera celeste en dos puntos diametralmente opuestos cénit, por encima del observador y nadir por debajo (fig.4).

- HORIZONTE DE UN LUGAR

Es el plano normal a la vertical de un lugar que pasa por el lugar de observación. Se suele denominar también horizonte al círculo máximo en que dicho plano corta a la esfera celeste.

Divide a ésta en dos hemisferios el superior o visible y el inferior o invisible (Fig.4).

- VERTICALES DE UN LUGAR

Son los planos que contienen la vertical del lugar. Se suele denominar también verticales a los círculos máximos intersección de dichos planos con la esfera celeste (Fig.4).

- ALMICANTARAT

Son círculos menores resultantes de la intersección de la esfera celeste con planos paralelos al horizonte del lugar (Fig.4).

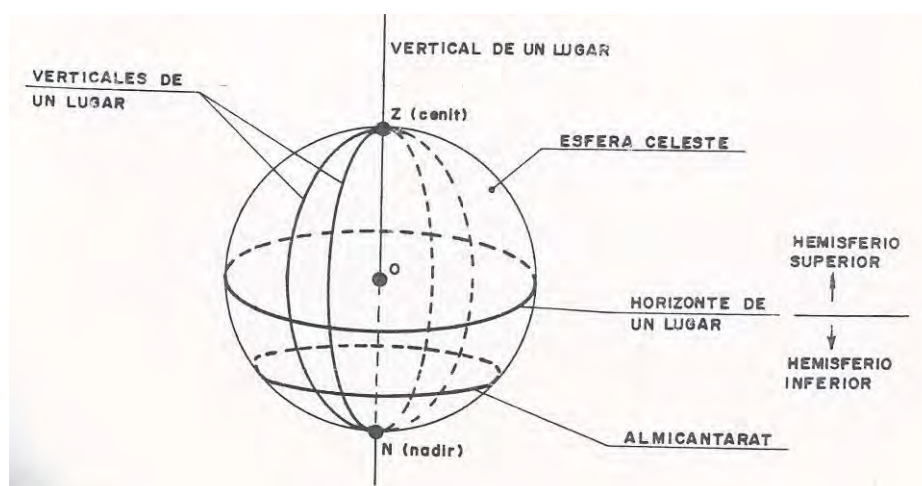


Figura C.4 - Líneas y planos notables en la esfera celeste

- MERIDIANO DE UN LUGAR

De todos los meridianos posibles es aquel que contiene a la vertical del lugar. Se puede también definir como el vertical que contiene al eje del mundo PP' .

Su intersección con el plano horizontal determina a la línea Norte-Sur llamada meridiana (fig.5).

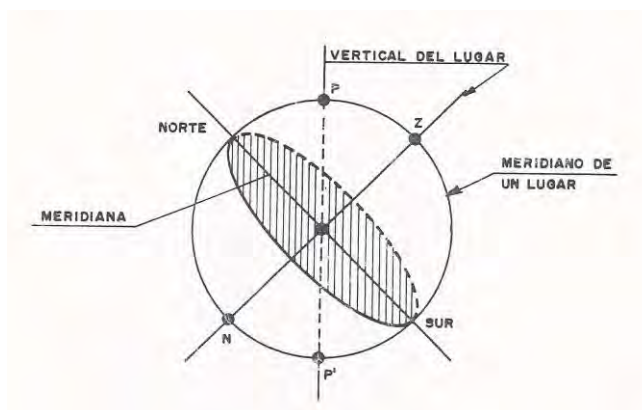


Figura C.5 - Meridiano de un lugar y meridiana

Se denomina meridiano superior al semimeridiano que contiene al Cénit y meridiano inferior al semimeridiano que contiene al Nadir.

- PRIMER VERTICAL

Es el vertical perpendicular al meridiano de un lugar. Su intersección con el plano horizontal determina la línea Este-Oeste normal a la Norte- Sur (Fig.6).

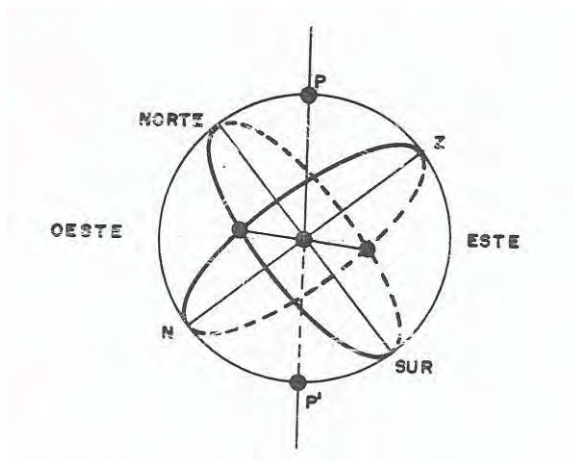


Figura C.6 - Primer vertical y línea Este-Oeste

La línea Este-Oeste es perpendicular a la meridiana.

- TRIÁNGULO DE POSICION

Se denomina triángulo de posición de un astro al triángulo constituido por los vértices: Cénit, Polo celeste y Astro (Z/P/E). Los tres lados se caracterizan por ser arcos de círculos máximos de la esfera celeste.

- El arco PZ está sobre el meridiano celeste que pasa por el Cénit.
- El arco ZE está sobre el vertical que contiene al astro.
- El arco PE está sobre el meridiano celeste que contiene al astro. A este círculo se le suele denominar círculo horario del astro (Fig.7).

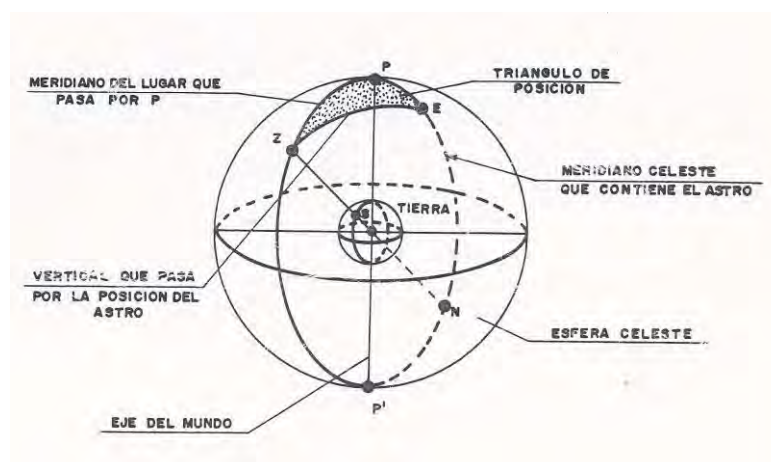


Figura C.7 - Triángulo de posición y círculo horario

C.1.3 - MOVIMIENTOS DE LA TIERRA

C.1.3.1 - ROTACION Y TRASLACION

La Tierra tiene un movimiento de rotación alrededor de la línea de los polos que origina el movimiento aparente de los astros fijos denominado diurno en sentido contrario y por tanto cada astro fijo describirá aparentemente en un día un paralelo celeste.

El movimiento es constante y uniforme en primera aproximación y por tanto también lo es el intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de un meridiano cualquiera por el mismo lugar, tomándose su valor como patrón para evaluar el tiempo denominándose día sidéreo.

También tiene la Tierra un movimiento de traslación alrededor del Sol a una distancia media de 149.504.201 Km. , describiendo una elipse en la que el centro de gravedad común (situado en el interior de la masa solar) ocupa uno de sus focos. Este movimiento real de la Tierra produce aparentemente un movimiento de traslación del Sol en una trayectoria ideal simétrica a la de la Tierra, ocupando ésta uno de los focos, y recorrida en idéntico sentido (Fig.8).

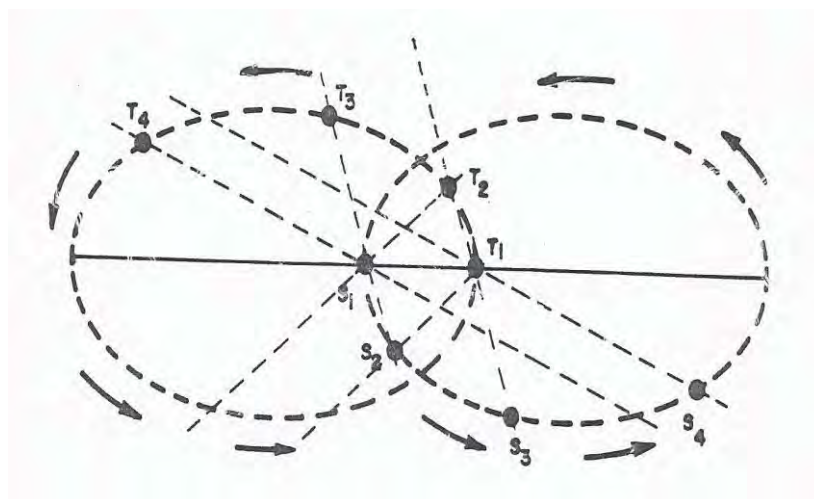


Figura C.8 - Reciprocidad en los movimientos Tierra-Sol

El plano que contiene la órbita de la Tierra, se llama Plano de la Eclíptica. Su intersección con la esfera celeste determina un círculo máximo llamado Eclíptica.

La intersección de este plano corta al plano del Ecuador según un diámetro de la esfera celeste que intercepta a esta en dos puntos: Aries y Libra. Ambos puntos no son fijos pero su posición se conoce siempre exactamente. La velocidad media de la traslación es de 29,76 km/s.

Cuando el Sol se halla más próximo a la Tierra se dice que está en su perigeo y la Tierra en su perihelio; cuando se encuentran más alejados, se dice que el Sol está en su apogeo y la Tierra en su afelio.

La Tierra tiene otro movimiento de traslación, común a todo el sistema planetario como parte integrante de la Galaxia.

C.1.3.2 - EQUINOCIOS Y SOLSTICIOS

El plano de la órbita terrestre (plano de la eclíptica) forma con el ecuador un ángulo denominado oblicuidad de la eclíptica, que varía muy lentamente con

el transcurso de los siglos siendo su valor medio: $23^{\circ} 26' 50''$, disminuyendo $48''$ por siglo.

Se denomina punto vernal o punto Aries (γ) al equinoccio de primavera, que es el punto en el que el Sol, en su movimiento aparente corta el ecuador para pasar del hemisferio Sur al Norte.

Se denomina punto Libra (Ω) al equinoccio de otoño que es el lugar que ocupa el Sol cuando atraviesa el ecuador al pasar del hemisferio Norte al Sur (Fig.9).

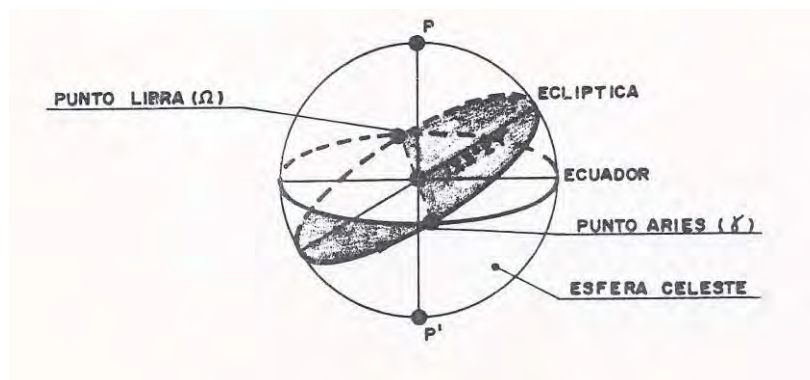


Figura C.9 - Eclíptica y puntos significativos

El eje que une el punto Aries y el punto Libra se denomina línea de los equinoccios.

El diámetro de la eclíptica perpendicular a la línea de los equinoccios se denomina línea de los solsticios y sus extremos son los puntos solsticiales de igual forma que en el caso anterior se definían los puntos equinocciales.

El eje de mayor órbita se denomina línea de los ápsides que forma un ángulo de 11° con la línea de los solsticios (Fig.10).

C.1.3.3 - SIGNOS DEL ZODIACO

Se denomina zodiaco a una zona limitada por los planos paralelos a la eclíptica cuya distancia angular es de unos 16° . Dentro de esta zona los primitivos astrónomos seleccionaron doce constelaciones conocidas de la esfera celeste repartida de 30° en 30° a las que atribuyeron los conocidos signos. En la actualidad no existe coincidencia a consecuencia del desplazamiento del punto vernal.

C.1.4 - COORDENADAS GEOGRAFICAS

C.1.4.1 - ELEMENTOS CONSTITUYENTES

Para situar un punto en la superficie terrestre se utilizan las coordenadas geográficas. Bueno es saber desde el principio y dejar claro para lo que sigue que hay tres sistemas de coordenadas geográficas:

- COORDENADAS GEOGRAFICAS ASTRONOMICAS

Son completamente independientes de la forma y dimensiones de la Tierra. Se pueden definir sin hacer ninguna hipótesis y se determinan mediante la vertical astronómica en un punto, línea inequívoca materializada por la dirección de la plomada.

- COORDENADAS GEOGRAFICAS GEODESICAS

Dependen de la forma y dimensiones de la Tierra. Se determinan mediante la normal a una superficie matemática adoptada arbitrariamente (elipsoide que se aproxima a la forma real de la Tierra).

- COORDENADAS GEOGRAFICAS GEOCENTRICAS

Representan la posición de los puntos de la superficie terrestre respecto al centro de la Tierra.

Consideramos la superficie de la Tierra representada por un elipsoide de revolución y en ella un lugar S (Fig.12).

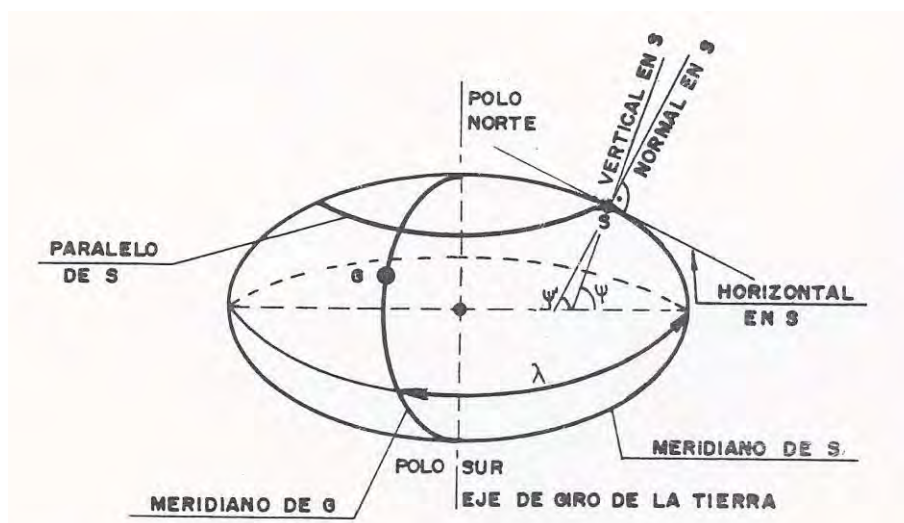


Figura C.12 - Elementos sobre el elipsoide

El eje mayor del elipsoide describe al plano del ecuador. Su intersección con el elipsoide define una circunferencia llamada ecuador.

Las elipses que pasan por los polos Norte y Sur son los meridianos terrestres.

Los paralelos son las circunferencias resultantes de la intersección del elipsoide con planos paralelos al plano del ecuador.

Por cada punto de la superficie del elipsoide pasa un meridiano y un paralelo. Adoptaremos un paralelo y un meridiano como origen para medir las coordenadas; como paralelo adoptamos el ecuador y como meridiano el que pasa por el observatorio de Greenwich.

C.1.4.2 - LONGITUD Y LATITUD

Aunque se establecen las definiciones de geodésicas y astronómicas, tan sólo quedarán definidas con rigor las geodésicas. Las astronómicas serían, tan sólo en una primera aproximación.

Es preciso definir y diferenciar los conceptos siguientes, referidos a un punto S sobre la superficie terrestre.

- LONGITUD GEOGRAFICA

El ángulo diedro formado entre el plano meridiano de G y el plano meridiano superior de S que viene medido por el arco de circunferencia que ambos meridianos determinan sobre el ecuador λ .

Se suele evaluar entre 0° y 180° al Este y Oeste de G, siendo positiva o negativa. También se evalúa de 0 h. a 24 h.

- LATITUD ASTRONOMICA

Es el ángulo que la vertical en S (dirección de la plomada) forma con el plano del ecuador Ψ . La vertical en S se confunde con la normal del geoide en el punto pero difiere de la normal al elipsoide.

Se puede determinar con gran exactitud por observaciones astronómicas.

- LATITUD GEODESICA

Es el ángulo que la normal al elipsoide de referencia, previamente definido, forma con el plano del ecuador Ψ' .

No se pueden determinar por observación directa, sino por cálculos geodésicos (Fig.13).

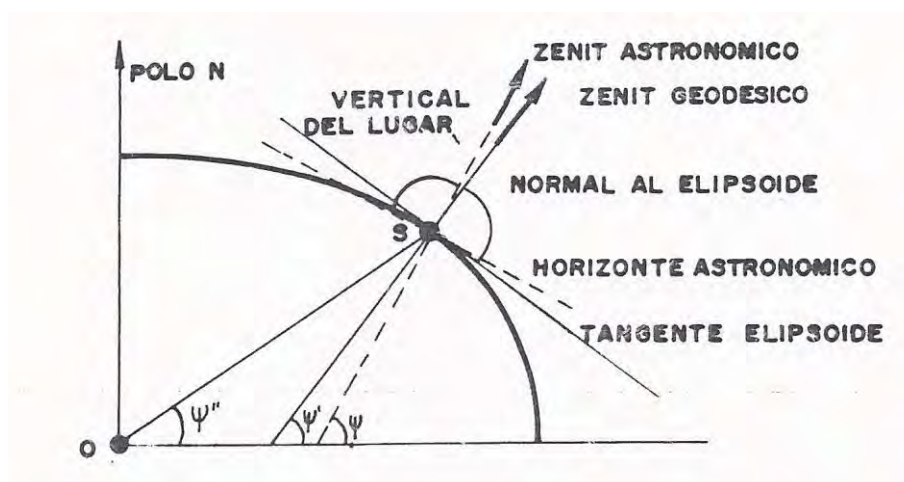


Figura C.13 - Diferentes conceptos de latitud

- LATITUD GEOCENTRICA

Es el ángulo formado por el radio en el centro con el plano Ecuador ψ'' .

La definición rigurosa de la coordenada astronómica se puede hacer a través de la esfera celeste, definida con centro al punto de observación (S).

- LATITUD ASTRONOMICA

Es el ángulo formado por la vertical astronómica en (S) con el plano del ecuador celeste (Fig.14).

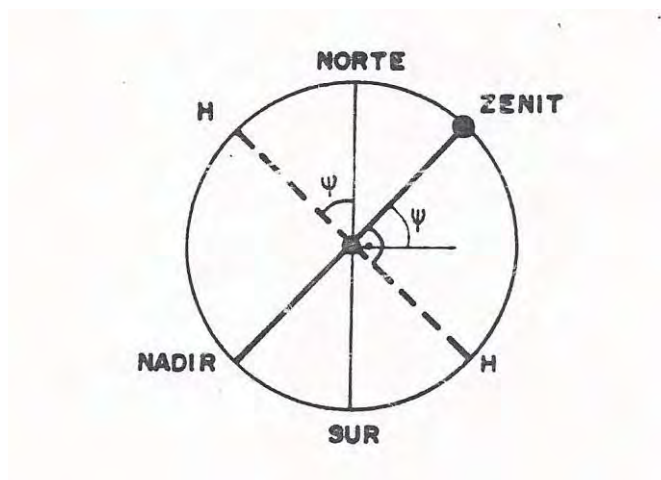


Figura C.14 - Latitud astronómica

- LONGITUD ASTRONOMICA

Es el ángulo diedro entre el plano meridiano en S y el plano meridiano en otro punto arbitrario de la superficie terrestre que se toma como origen.

Se puede deducir la relación existente entre las coordenadas astronómicas y geodésicas, importantísimo en geodesia, pues de ellas se obtienen la ecuación de Laplace que relaciona los acimutes geodésicos y astronómicos en función de dichas coordenadas. Este tema será tratado en la unidad didáctica VI.

C.2 - SISTEMAS DE COORDENADAS

La posición de los astros en la esfera celeste se fija por medio de sus coordenadas utilizándose para ello diversos sistemas, aplicables según el instrumento utilizado en la observación y el objetivo final del análisis.

C.2.1 - COORDENADAS HORIZONTALES

La posición de un astro queda fijada por el acimut y la altura:

- Acimut (A): es el arco medido sobre el horizonte entre el meridiano del lugar y el vertical del astro, contado a partir del punto Sur y en sentido retrógrado.
- Altura (h): es el arco medido sobre el vertical del astro desde el horizonte al astro, puede ser positiva o negativa según el astro esté por encima o debajo del horizonte. Otra manera de dar la segunda coordenada es por la distancia cenital Z; siendo $Z = 90^\circ - h$. (Fig.15).

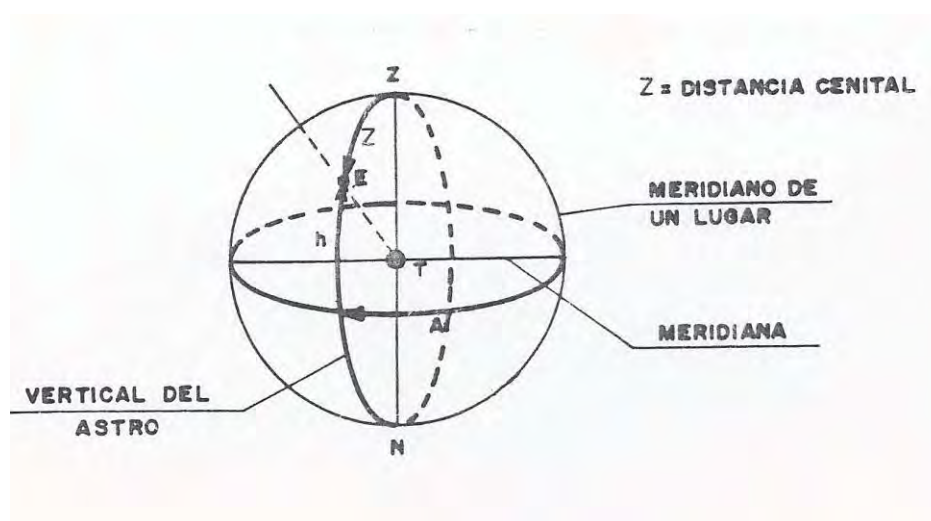


Figura C.15 - Coordenadas horizontales y distancia cenital

Entre las ventajas e inconvenientes de este sistema pueden destacarse las siguientes:

- Para un instante dado la posición de un astro queda perfectamente fijada por su acimut y altura.
- Es fácil su medida, ya que con un teodolito, su puesta en estación materializa la vertical del lugar y por tanto define el plano horizontal donde podemos medir A , si se tiene materializada la dirección N-S o bien alguna otra referencia del a que conozcamos u acimut, y desde donde medimos h .
- Para un mismo instante y lugares diferentes ambas coordenadas son diferentes por no ser el mismo horizonte.
- Debido al movimiento diurno (aparente) para un mismo lugar, las coordenadas del astro varían con el tiempo.

C.2.2 - COORDENADAS ECUATORIALES HORARIAS

La posición de un astro queda establecida por el ángulo horario y la declinación.

- Ángulo horario (H): es el ángulo medido sobre el ecuador desde el meridiano superior del lugar al meridiano del astro, en sentido retrógrado. Varía de 0 a 360° o bien de 0 a 24 horas.
- Declinación (δ): es el ángulo medido sobre el meridiano del astro desde el ecuador al astro. Puede ser positiva o negativa según que el astro se encuentre por encima o debajo del ecuador (boreal o austral). Otra manera de dar esta segunda coordenada es con la "distancia polar" (es el arco del meridiano del astro comprendido entre el polo Norte y el astro $P = 90^\circ - \delta$). (Fig.16).

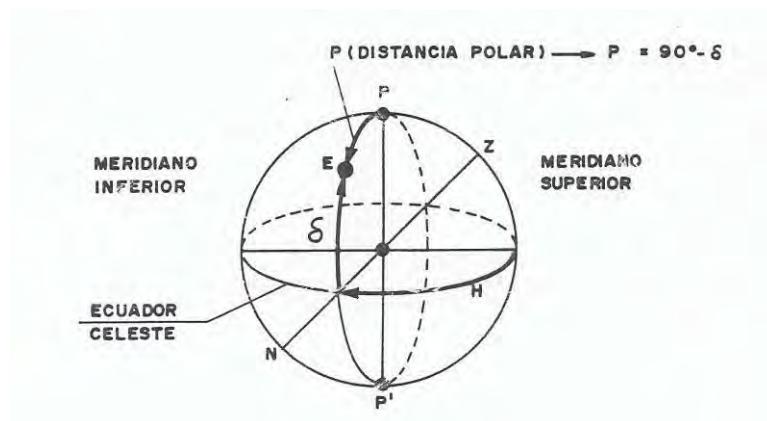


Figura C.16 - Coordenadas ecuatoriales horarias y distancia polar

Algunas de las ventajas e inconvenientes del sistema son:

- a) Como la esfera celeste tiene un movimiento aparente (suponiendo la Tierra fija) en sentido retrógrado, y suponemos que el movimiento es

- uniforme, ocurrirá que para un lugar de observación el ángulo horario de un astro variará uniformemente en función del tiempo.
- b) Como el movimiento aparente de las estrellas es a lo largo de paralelos celestes, el valor de la declinación para una estrella, es una coordenada fija, independiente del observatorio y del instante de la observación.
- c) Para diferentes observatorios, la variación del ángulo horario de un astro en un instante fijado, es proporcional a la diferencia de longitudes geográficas de ambos observatorios.
- d) Su mayor inconveniente es que para la observación necesitamos colocar el plano horizontal del aparato paralelo al plano del ecuador, es decir, el eje vertical del aparato paralelo al eje del mundo. El teodolito así colocado se llama ecuatorial. (Fig.17).

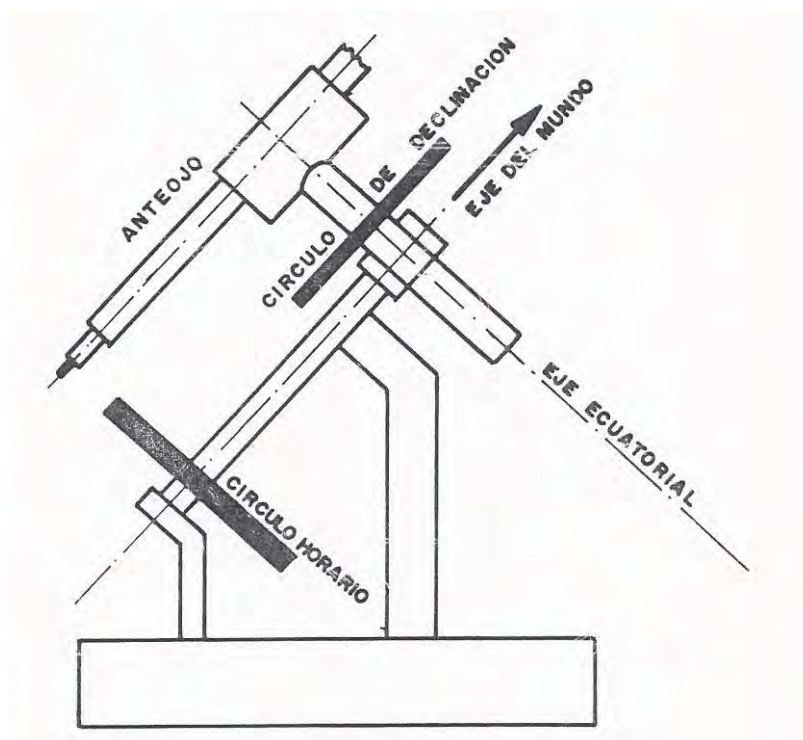


Figura C.17 - Colocación en posición del aparato de observación

C.2.3 - COORDENADAS ECUATORIALES ABSOLUTAS

La posición de un astro queda fijada por la ascensión recta y la declinación.

- Ascensión recta (α) es el ángulo medido en el ecuador y en sentido directo desde el punto Aries al meridiano del astro.
- Declinación (δ) es la misma del sistema anterior. (Fig.18).

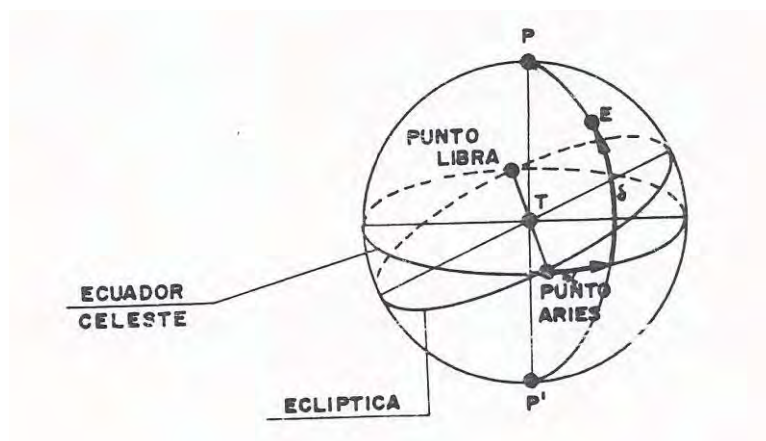


Figura C.18 - Coordenadas ecuatoriales absolutas

Este sistema posee una relación de ventajas e inconvenientes entre los que destacan:

- a) La gran ventaja de este sistema, es que tanto la ascensión recta como la declinación son coordenadas fijas para un astro independientes del instante y lugar de observación.
- b) Para la observación se podría hacer con un anteojo ecuatorial, pero carece de precisión. Para conseguir precisiones adecuadas cada coordenada se mide independientemente con un instrumento: un “antejo meridiano” en conexión con un “cronómetro” o “péndulo

sideral” (de tiempo sidéreo), con ellos se mide la ascensión recta, y con un “círculo nural” se mide la declinación.

C.2.4 - COORDENADAS ECLIPTICAS

La posición de un astro queda caracterizada por la longitud eclíptica y por la latitud eclíptica.

- Longitud eclíptica (X): es el ángulo medido en la eclíptica desde el punto Aries al punto de intersección de la eclíptica con el coluro del astro, o mejor el ángulo del diedro formado por el coluro del punto Aries y el coluro del astro. se mide en sentido directo.
- Latitud eclíptica (Y): es el ángulo medido en el coluro del astro desde la eclíptica al astro. Puede ser positiva o negativa según que el astro esté por encima o debajo de la eclíptica (Fig.19).

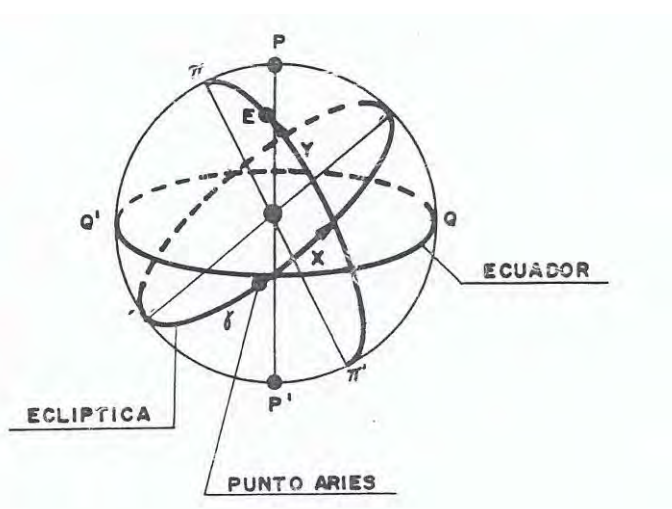


Figura C.19 - Coordenadas eclípticas

Este sistema referencial tiene las ventajas e inconvenientes siguientes:

- a) Este sistema es independiente del lugar de observación.

- b) Depende del instante de la observación. Normalmente se emplean para estudiar los movimientos del Sol y los planetas.
- c) No se obtienen por observación directa de los astros por no existir instrumentos apropiados para ello.

C.2.5 - RESUMEN DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS

Los sistemas de coordenadas analizados se sustentan en una serie de círculos máximos, notables, que han ido definiéndose en la esfera celeste: horizonte, ecuador, eclíptica, verticales, meridiano, coluros (Fig.20).

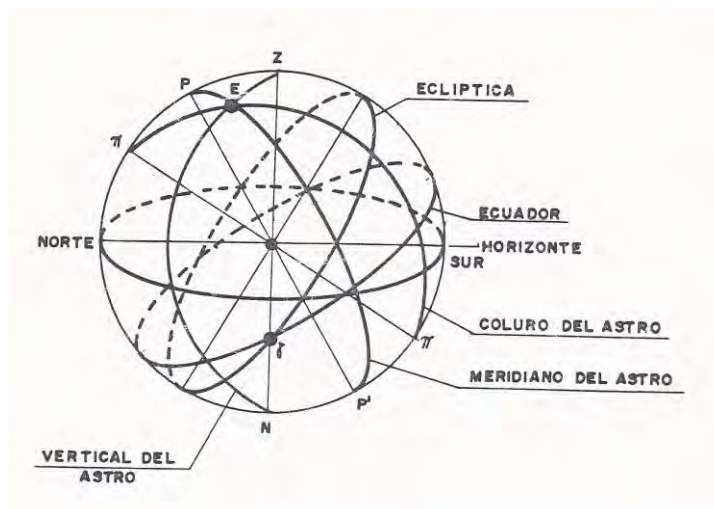


Figura C.20 - Círculos máximos sustentadores de las coordenadas astronómicas

El resumen de los sistemas de coordenadas astronómicas queda reflejado en el cuadro siguiente y esquematizado en representación conjunta (Fig.21).

SISTEMAS	COORDENADAS	ANOTACIONES	ORIGEN	SENTIDO
HORIZONTALES	Acimut	A	Sur	Retrógrado Hacia el
	Altura	h	Horizonte	Cénit o Nadir
E.HORARIAS	Ángulo horario	H	Meridiano Sup.	Retrógrado Hacia los polos
	Declinación	δ	Ecuador	
E.ABSOLUTAS	Ascensión recta	α	Punto Aries	Directo Hacia los polos
	Declinación	δ	Ecuador	
ECLIPTICAS	Longitud eclíptica	X	Punto Aries	Directo Hacia los polos de la eclíptica
	Latitud eclíptica	Y	Eclíptica	

Tabla C.1 – Sistemas de coordenadas astronómicas

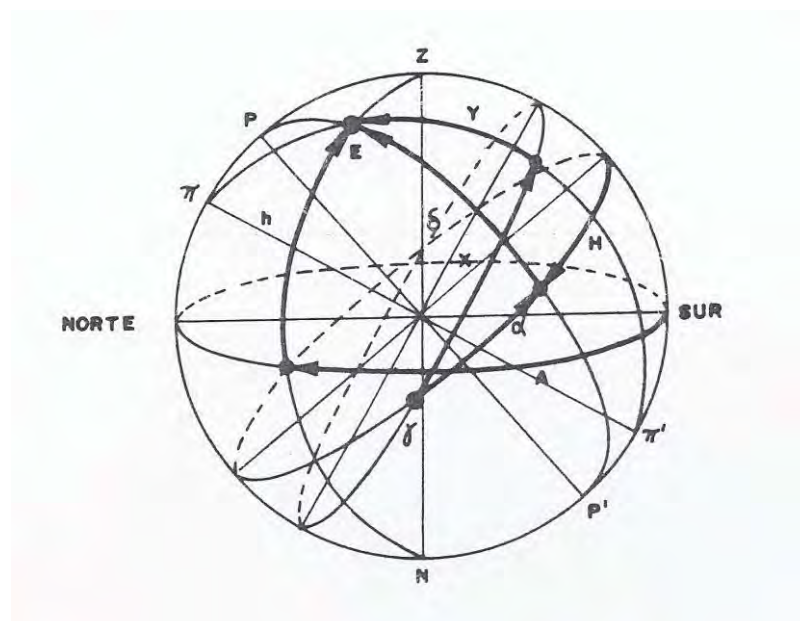


Figura C.21 - Representación conjunta de las coordenadas astronómicas

C.3 - LA MEDIDA DEL TIEMPO

C.3.1 – INTRODUCCION

En este capítulo de contenido suficiente para configurar una unidad didáctica se trata de dar unas definiciones y clarificar el problema de la medida del tiempo, en primera aproximación.

El problema planteado, desde la antigüedad, se enfoca desde el punto de vista astronómico. Si se pretende fijar mediante una cifra el instante en que ocurre un fenómeno astronómico, será necesario configurar una escala a la que referir dicha cifra. Para formar esa escala de medida de tiempo es preciso fijar su origen o cero de la escala y la unidad de medida.

Planteado así el problema no es extraño que se eligiesen fenómenos naturales fácilmente observables y de periodicidad constante para resolver el problema; de estos más significativos han sido:

- El movimiento de rotación de la Tierra y como consecuencia de él, el Parente de la esfera celeste alrededor nuestro.
- El movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol.

Así nace la primera definición de día que es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de un astro (cualquiera) por el medido superior de un lugar. Según el astro elegido se tiene una variada tipología. De esta forma se tiene el “día solar” si el astro es el Sol, “día sidéreo” si el astro es una estrella (o el punto Aries), “día lunar” si es la Luna, etc.

El día como unidad resultaba a veces pequeño y se recurrió al otro fenómeno apuntado de traslación de la Tierra alrededor del Sol para definir otra unidad, el año, que es el intervalo de tiempo transcurrido entre dos

pasos consecutivos del Sol por un determinado punto de su órbita. Su duración aproximada es de 365 días solares.

Estas unidades tienen múltiplos como son el lustro, la década y el siglo y los submúltiplos del día que son hora ($1/24$ día), el minuto ($1/60$ hora), el segundo ($1/60$ de minuto). Según sea el día (solar, sidéreo, etc.).

Con este planteamiento previo se puede abordar el tratamiento de los principales tipos de tiempo y de su evaluación.

C.3.2 - FORMAS DE MEDIR EL TIEMPO

Entre las formas usuales de definir y medir el tiempo existen varias que es preciso analizar y desarrollar.

C.3.2.1 - TIEMPO SIDEREO

Tomando como origen en la esfera celeste el punto Aries, se define el día sidéreo y la hora sidérea.

- DIA SIDEREO

Es el intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del meridiano superior de un lugar por el punto Aries. Las cero horas sidéreas de un día (en un lugar) coinciden con el paso del meridiano superior del lugar por el punto Aries.

- LA HORA SIDEREA

Hora sidérea de un lugar será el tiempo transcurrido desde que el punto Aries pasó por el meridiano superior del lugar. También se puede definir

como el ángulo horario que en ese lugar en ese instante tiene el punto Aries (Fig.22).

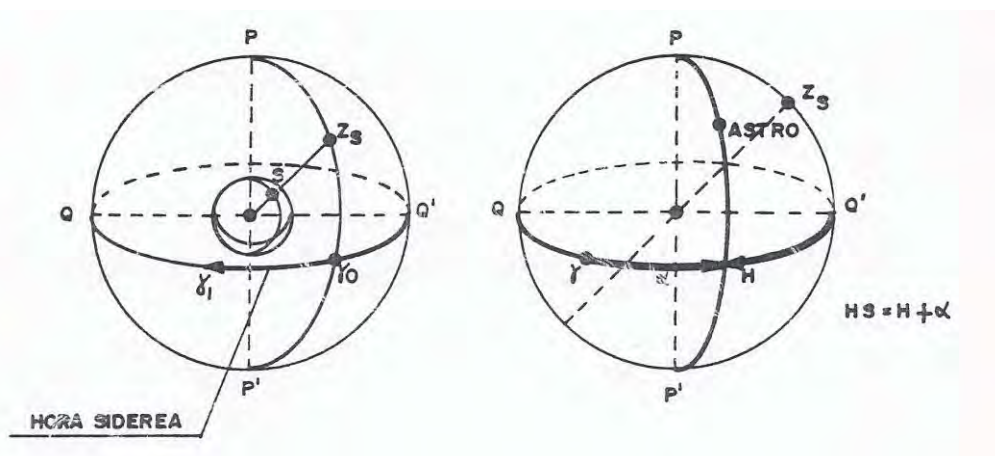


Figura C.22 - La hora Siderea. Variación con la longitud

La diferencia de hora siderea en dos observatorios será igual a la diferencia de longitudes geográficas entre ambos, siendo menor la del observatorio que esté más al Oeste, por ejemplo, entre los observatorios de Santander y La Coruña, se verifica: (Fig.23).

$$HS \text{ (Santander)} = HS \text{ (La Coruña)} + \Delta \lambda$$

Este tiempo sidéreo definido no es rigurosamente uniforme a causa de los movimientos del punto Aries sobre la esfera celeste, debido a los fenómenos de nutación y a las variaciones que experimenta la velocidad de rotación de la Tierra.

Teniendo en cuenta estos factores se obtiene un tiempo sidéreo más uniforme, denominado tiempo sidéreo más uniforme, denominado tiempo sidéreo medio.

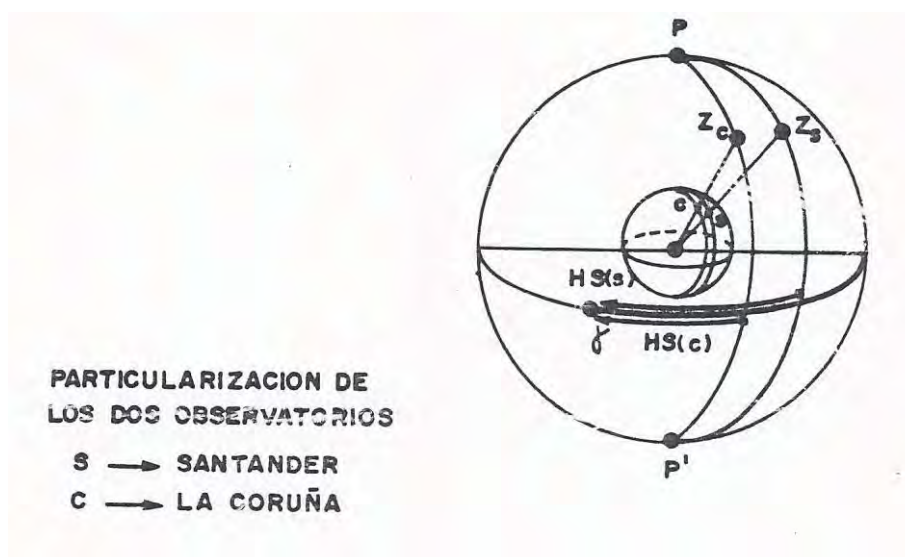


Figura C.23 - Diferencia tiempo sidéreo en dos observatorios

C.3.2.2 - TIEMPO SOLAR

Eligiendo al Sol como astro de referencia se define el día verdadero.

Día verdadero, es el intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol verdadero por el meridiano superior de un lugar.

El movimiento del Sol sobre la esfera celeste no es uniforme, luego la duración del día verdadero tampoco lo será, por lo que es imposible adaptar a él la marcha de los relojes.

Este primer concepto de Sol (Sol verdadero) que recorre la eclíptica con velocidad areolar constante (2ª Ley de Kepler), no es operativo.

Por ello se define el Sol ficticio que recorre la eclíptica con velocidad uniforme y condicionada tan sólo a coincidir con el Sol verdadero en el perigeo y en el apogeo. Pero este nuevo concepto tampoco es operativo ya que no recorre el ecuador (su proyección) con velocidad uniforme. Es preciso introducir el concepto de Sol medio.

El concepto de Sol medio, configura la esencia de un astro, totalmente ideal, que se mueve sobre el ecuador con velocidad uniforme, obligado a coincidir con el ficticio en los puntos Aries y Libra.

El tiempo solar verdadero y el tiempo solar medio están relacionados mediante la denominada ecuación del tiempo, que es la diferencia existente entre la ascensión recta del Sol verdadero y el Sol medio. (Fig.24).

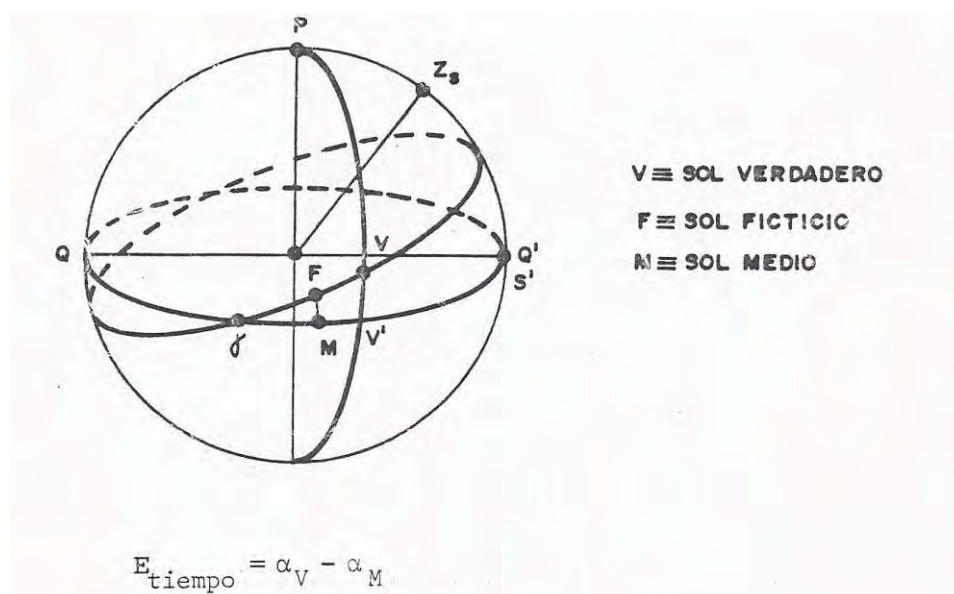


Figura C.24 - Diferenciación de tiempo solar

Si el meridiano de Santander es el situado en el plano del papel, $\overline{E'V'}$ será la hora verdadera (tiempo que hace que el Sol verdadero pasó por el meridiano superior de S) y $\overline{S'M'}$ sería la hora media en dicha ciudad.

$$E_T = H_{\text{media}} - H_{\text{verdadera}}$$

Se puede deducir el valor a la expresión, que normalmente se descompone en dos términos:

$$E_T = D - B$$

- Ecuación de centro (D), es la diferencia de longitudes eclípticas entre el Sol verdadero y el Sol medio.
- Reducción al ecuador (B), es la diferencia entre la longitud eclíptica del Sol verdadero menos su ascensión recta.

Con ambos valores se suele construir unos gráficos y así solucionar la transformación de manera gráfica. (Fig.25).

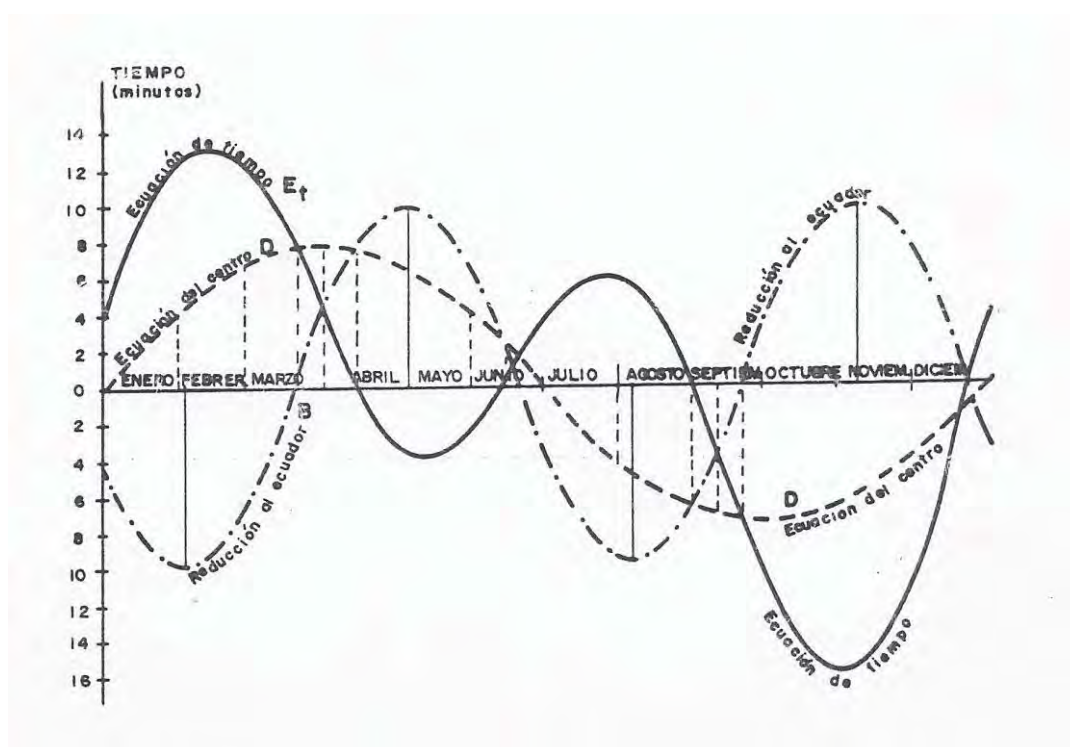


Figura C.25 - Ecuación de tiempo

Una vez definido el Sol medio, se define el día medio como el intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del sol medio por el meridiano superior de un lugar.

Así, el tiempo medio u hora media en Santander será el tiempo transcurrido desde que el Sol pasó por el meridiano superior del lugar.

La diferencia de horas medias entre dos lugares será la diferencia de longitudes geográficas.

El problema de la hora media es que las cero horas coinciden cuando el Sol medio pasa por el meridiano superior del lugar y por lo tanto, el cambio de fechas se verificaría con luz solar. Por ello se definió el día civil de igual duración que el medio pero comenzando el día al pasar el sol medio por el meridiano inferior del lugar.

$$HC = HM \pm 12 \text{ h.}$$

C.3.2.3 - HORA LEGAL

El inconveniente de la hora civil definida lo constituye su carácter de local y por tanto se tiene un mismo instante en cada lugar de la Tierra, a no ser que tuviesen el mismo meridiano, diferente hora civil.

Para salvar esta dispersión en un congreso en Washington (1884), se pretendió adoptar un meridiano origen internacional y tomar como hora universal para todos los habitantes de la Tierra, la referida a él. Esta propuesta no prosperó, ya que en lugares del Planeta con longitudes grandes respecto al meridiano origen no se acomodaba la hora a los conceptos vulgares de día y noche.

En París en la llamada conferencia internacional de la hora (1912) se encontró la solución al problema mediante el establecimiento de “sistema de husos horarios”, consistente en dividir la superficie terrestre en 24 husos esféricos de 15° o una hora. De amplitud, eligiendo como origen el meridiano de Greenwich, que es el centro de huso cero, siendo así la diferencia de hora entre dos lugares de husos diferentes un número exacto de horas.

Ocurre en algunas naciones que los límites de husos no coinciden con los límites administrativos y se ha tenido que modificar el huso de modo que las naciones que quedan entre dos husos, queden cada una de ellas dentro de uno, únicamente.(Fig.26).

Esta hora así definida es la hora legal que es igual para todos los lugares de un huso y es la hora civil del meridiano central del huso.

Las horas legales en todos los lugares de la Tierra difieren en un número exacto de horas, por ello en todos los relojes del mundo, los minutos y segundos en un instante coinciden.

C.3.2.4 - HORA OFICIAL

Con objeto de aprovechar al máximo la hora de luz solar, se adelantó la hora de los relojes y por tanto la de la actividad oficial, una hora. En un principio se denominaba hora de verano (de Abril a Octubre), posteriormente el adelanto se mantuvo todo el año y el periodo Abril-Octubre es de dos horas.

Así pues, la hora de nuestros relojes, es la hora oficial y es la legal de nuestro huso, adelantada una o dos horas según la época del año.

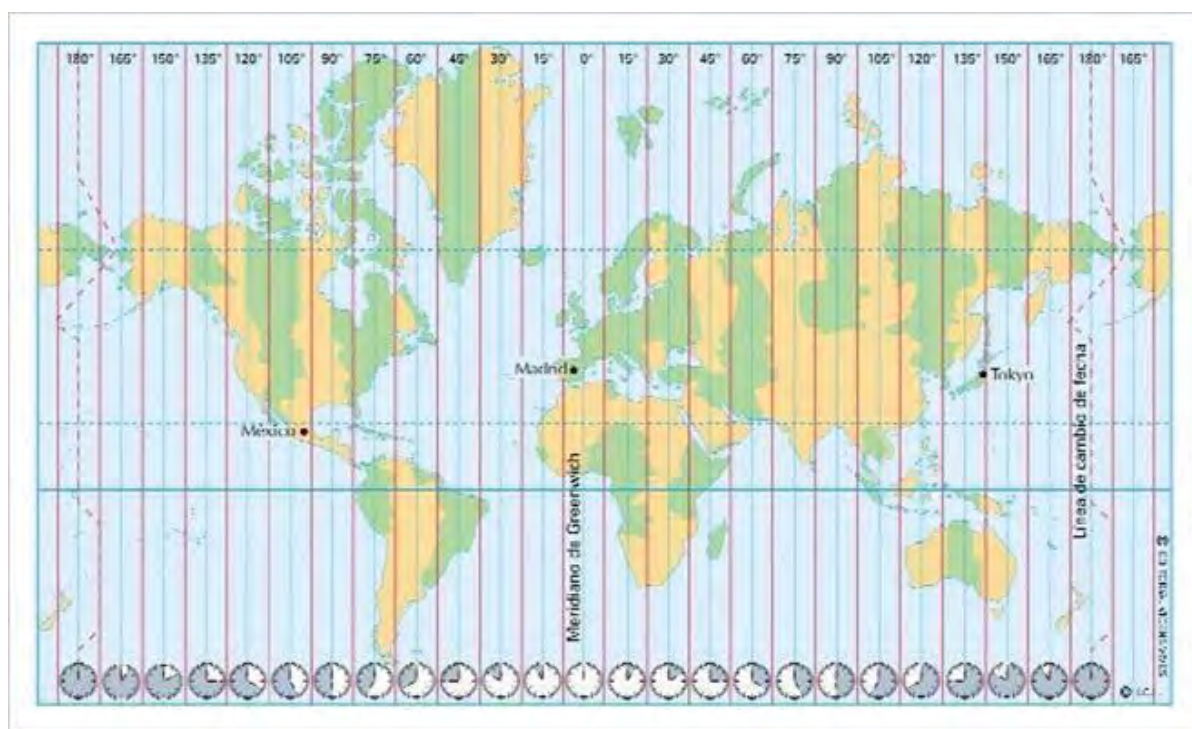


Figura C.26 - Planisferio con división horaria

C.3.2.5 - TIEMPO UNIVERSAL

Es el tiempo civil (hora civil) de Greenwich y será por tanto, el tiempo transcurrido desde que el sol medio pasó por el meridiano inferior del lugar (Greenwich).

España al estar en el huso 0 su hora legal es el tiempo universal. Es decir, que para pasar de tiempo universal la hora de nuestro reloj bastaría quitarle una o dos horas según la época del año.

C.3.3 - FORMAS DE MEDIR EL TIEMPO, INDEPENDIENTES DE LA ROTACION TERRESTRE

Hasta ahora, los diversos tipos de tiempos que se han definido están ligados con el movimiento de rotación de la Tierra, por tanto vendrán afectados de todas las irregularidades que tiene esa rotación no siendo por ello un tiempo totalmente uniforme.

C.3.3.1 - TIEMPO DE EFEMERIDES

Para soslayar el problema, se introdujo el tiempo de efemérides (T E) estudiado por Newcomb. Su unidad fundamental es el año trópico de 1900 y su divisor es el segundo de efemérides = $1/31556925,9747$ del año trópico en 1900.

Este intervalo se eligió de modo que hubiera la máxima coincidencia entre el segundo de efemérides (constante por definición) con el segundo de tiempo medio (no rigurosamente constante).

C.3.3.2 - TIEMPO ATOMICO

En 1967 quedó establecido el segundo como unidad de medida del tiempo definido como la duración, al nivel medio del mar, de 9192631770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de Cesio 133.

Surge así el tiempo atómico internacional (TAI), establecido por la oficina internacional de la hora (BIH).

El acceso al TAI se hace por medio de señales horarias radiotelegráficas y con mayor precisión a través de comparaciones con escalas atómicas de determinados laboratorios científicos que posee cada país.

C.3.3.3 - TIEMPO UNIVERSAL COORDINADO

Las señales horarias transmitidas por radio pueden constituís por su fácil recepción y suficiente exactitud un cómodo reloj. Así la Unión Astronómica Internacional y el Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones

controlan desde el 1 de Enero de 1972 la difusión del TUC. Anteriormente se hacía con menor rigor.

Los aspectos más significativos se establecen a continuación:

- El intervalo de tiempo entre cada dos señales consecutivas es exactamente un segundo atómico (se regula con osciladores atómicos).
- Puesto que el segundo atómico no coincide con el segundo de tiempo medio, esta escala se irá diferenciando día a día del TU. Esta diferencia nunca excederá de 0,9 segundos, para ello las fechas que decida el BIH, las señales de TUC experimentarán ajustes por saltos que valdrán un segundo y se comunicarán con la debida antelación.
- Como en astronomía geodésica es indispensable conocer la diferencia TU-TUC, este dato, con precisión de la décima de segundo, se puede saber mediante los códigos de emisión de las señales, o bien a través de boletines informativos de los centros emisores.

En España, las circulares del observatorio de la Marina de San Fernando (perteneciente a la serie de observatorios integrados en el BIH), suministran estas diferencias de las señales horarias que dicho centro emite.

C.3.3.4 - TIEMPO DINAMICO TERRESTRE

Se introduce como sustituto del tiempo de efemérides, como argumento de las efemérides geocéntricas aparentes, en la XVI Asamblea de la Unión Astronómica Internacional (IAU) en 1976 recomendando su uso a partir de 1984.

Se define T.D.T. coincidente con el Tiempo Atómico Internacional (TAI) con excepción de sus ceros que no coinciden. Para evitar discontinuidades en las tablas de efemérides entre las del año 1983 referidas al TE y las de 1984 referidas al T.D.T. hubo que hacer:

$$\text{TDT} = \text{TAI} + 32,184\text{s}$$

El día se definió como un múltiplo del segundo atómico igual a 86.400 segundos.

En 1986 el incremento de tiempo tenía por valor:

$$\Delta T = \text{TDT} - \text{TU} = + 56\text{s}$$

C.4 - RELACIONES ENTRE LOS TIPOS DE TIEMPO. EXPRESIONES DE PASO

C.4.1 - DIA MEDIO Y DIA SIDEREO

En su movimiento aparente de traslación del Sol medio alrededor de la Tierra, en un año, ocurrirá el meridiano del lugar al volver a encontrar al final del día al Sol para finalizar un día medio, el Sol estará desplazado respecto a la posición que tenía en el paso anterior por el meridiano.

Suponiendo que en el inicio de un día coinciden el punto Y y el Sol, el día sidéreo acabará cuando el meridiano superior vuelva a pasar por Y pero el día medio no acabará hasta que el meridiano pase por el Sol (2), luego día medio > día sidéreo. (Fig.27).

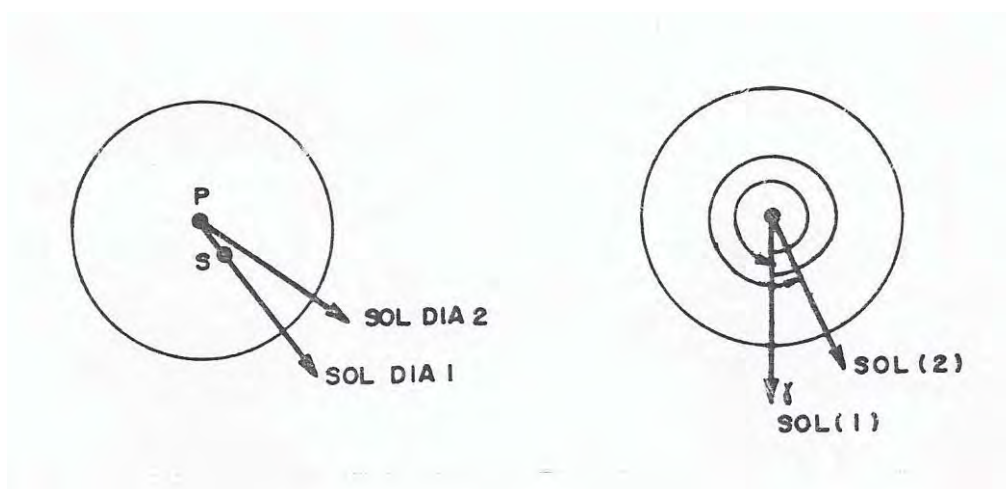


Figura C.27 - Desigualdad entre día medio y día sidéreo

El Sol en un año trópico (es igual a 365,2422 días medios) aumenta su ascensión recta en 24 horas sidéreas (no ha recorrido 360° porque γ se mueve cada año unos $50''$).

La variación diaria en ascensión recta del sol será:

$$24/365,2422 = 3,9426m = 3m\ 56,56s \text{ de tiempo sidéreo, por lo tanto:}$$

$$24 \text{ horas medias} = 24h\ 3m\ 56,56s \text{ sidéreas.}$$

Se denomina aceleración de las fijes al valor 3m 56,56s

El problema también se puede plantear viendo que en un año trópico hay n días medios y $n+1$ sidéreos:

$$365,2422 \text{ días medios es igual a } 366,2422 \text{ días sidéreos.}$$

$$1 \text{ día sidéreo} = 365,2422/366,2422 = 23h\ 56m\ 4,09s \text{ medio}$$

$$1 \text{ día medio} = 366,2422/365,2422 = 24h\ 56,56s \text{ sidéreo}$$

C.4.2 - CAMBIOS DE HORAS

C.4.2.1.-REFERENCIACION INICIAL

Para establecer la base de referencia de los distintos sistemas, se detallan en esquema las rectas verticales que corresponden a los respectivos meridianos en un instante. (Fig.28).

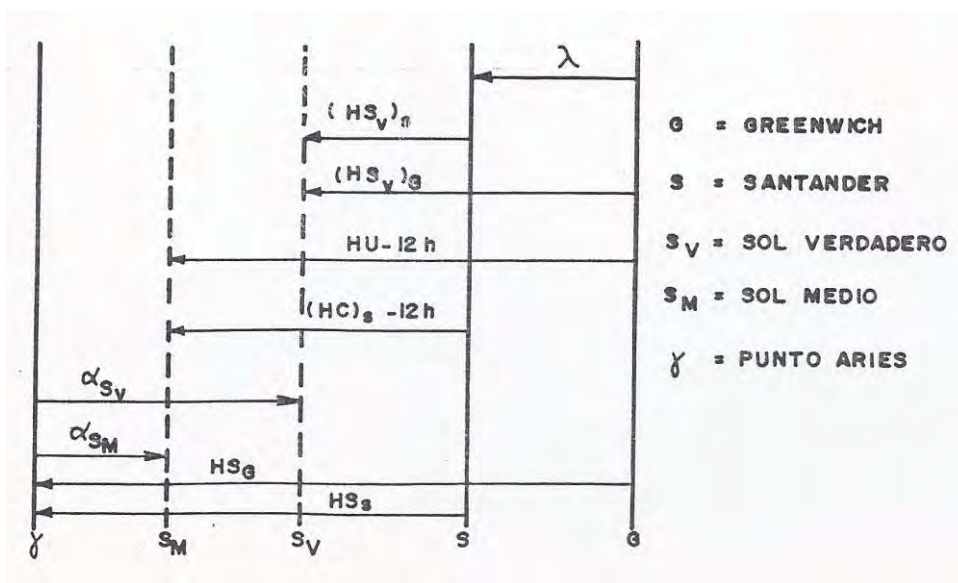


Figura C.28 - Esquema de las horas

La nomenclatura utilizada se especifica a continuación:

HS_{VS} = Hora Solar Verdadera Local (Santander)

HS_{VG} = Hora Solar Verdadera de Greenwich

HU = Hora Universal

HC_S = Hora Civil Local (Santander)

α_{Sv} = Ascensión recta del Sol verdadero

α_{Sm} = Ascensión recta del Sol medio

HS_G = Hora sidérea de Greenwich

HS_S = Hora sidérea local (Santander)

C.4.2.2.-APLICACIONES SIGNIFICATIVAS

- MISMA CLASE DE TIEMPO

En dos lugares diferentes, pasar de la misma clase de tiempo de un lugar a otro basta sólo con sumar o restar la diferencia de longitud geográfica según que el lugar a calcular su hora esté al Este o al Oeste del que se conoce el dato.

Cuando se trate de paso de tiempo legal en función del $\Delta \lambda$ se sabe el número de husos que se salta y así se suma o se resta ese número de horas.

- HORA MEDIA A CIVIL

El paso de hora media a civil basta con sumar o restar 12h.

- HORA LEGAL A CIVIL

En España la hora legal coincide con la civil en Greenwich, por estar en el mismo huso.

La situación de los meridianos local de Santander, de Greenwich y de Madrid quedan caracterizados en la figura 29.

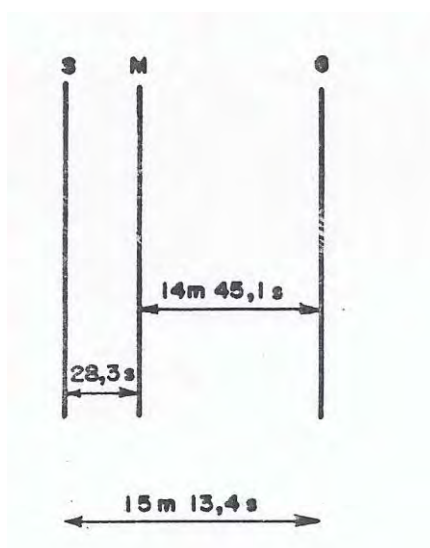


Figura C.29 - Posiciones significativas de los meridianos significativos

Se planteó la disposición de meridianos de la forma definida ya que las tablas en los Anuarios dan los valores en esta forma usual. Los datos presentan las diferencias de longitud de Greenwich respecto a las capitales del mundo y de Madrid respecto a las capitales de España.

$$\Delta \lambda \text{ G-S} = 15\text{m } 13,4\text{s}$$

La hora civil en Santander será siempre 15m 13,4s menos la hora legal.

- HORA LEGAL A HORA MEDIA

El paso de legal a media es evidente sabiendo que $h_m = h_c \pm 12h$.

- HORA CIVIL A SIDEREA

Supongamos que el lugar es Greenwich:

Cuando el Sol está en S_1 empieza el día civil; luego son – las 0 horas en G.

en ese instante la hora sidérea en G es Y_G .

Este valor nos lo proporciona el anuario en las efemérides del Sol (última columna) (Anexo II).

ANEXO D

CÁLCULOS

ÍNDICE

ANEXO D – CÁLCULOS:

D.1 – CIMENTACIÓN	236
D.1.1 – Introducción	236
D.1.2 – Hipótesis 1: Posición mas desfavorable para la nieve	241
D.1.2.1 - Cargas	242
D.1.2.1.1 - Cargas permanentes	242
D.1.2.1.2 - Cargas variables	243
D.1.2.2 – Armado de la zapata	245
D.1.2.3 – Selección	250
D.1.3 – Hipótesis 2: Posición mas desfavorable para el viento	252
D.1.3.1 – Cargas	252
D.1.3.1.1 – Cargas permanentes	252
D.1.3.1.2 – Cargas variables	252
D.1.4 – Armado definitivo de la zapata	256
D.2 – INSTALACIÓN ELECTRICA	257
D.2.1 – Cableado	257
D.2.1.1 – Introducción	257
D.2.1.2 – Cableado exterior	257
D.2.1.2.1 – Cálculos justificativos	257
D.2.1.3 – Canalización subterránea	259
D.2.1.3.1 – Calculos Justificativos	259
D.2.2 – ACCESORIOS	260
D.2.2.1 – Cálculos Justificativos	260
D.2.3 – PUESTA A TIERRA	261
D.2.3.1 – Datos De Partida	261
D.2.3.2 – Definiciones	261
D.2.3.3 – Investigación De Las Características Del Suelo	262
D.2.3.4 – Determinación De Las Corrientes Máximas De Puesta A Tierra Y Tiempo Maximo Correspondiente	

De Eliminación De Defecto	263
D.2.3.5 – Diseño Preliminar De La Instalación De Tierra.....	264
D.2.3.5.1 – Introducción	264
D.2.3.5.1.1 – Tierra De Protección.....	264
D.2.3.5.1.2 – Tierra De Servicio	265
D.2.3.5.2 – Calculos.....	266
D.2.3.5.2.1 – Tierra De Protección.....	266
D.2.3.5.2.2 – Tierra De Servicio	267
D.2.3.6 – Calculo De Las Tensiones En El Exterior De La Instalacion	267
D.2.3.7 – Calculo De Las Tensiones En El Interior De La Instalación	268
D.2.3.8 – Calculo De Las Tensiones Aplicadas	269
D.2.3.9 – Investigación De Tensiones Transferibles Al Exterior.....	271
D.2.3.10 – Corrección Y Ajuste Del Diseño Inicial, Estableciendo Definitivo	271
D.2.3.11 – Revisión De La Toma De Tierras	272
 D.3 – SELECCIÓN DE ELEMENTOS.....	 273
D.3.1 – Introducción	273
D.3.2 – Motor	273
D.3.3 – Receptor	275
D.3.4 – Concentrador.....	276

D.1 - CIMENTACIÓN

D.1.1 - INTRODUCCIÓN

Se dispondrá de unas cargas fijas(peso propio) y unas cargas variables (viento, nieve):

Según el anexo D del Código Técnico de Edificación (DB-SE AE) Sevilla es una zona A y se toma como velocidad básica del viento 26 m/s.



Figura D.1 – Velocidad básica del viento en España

Dependiendo de la vida del proyecto, se aplicará un coeficiente de reducción de esta velocidad, como nuestro proyecto es a priori a 25 años, interpolando en la siguiente tabla obtendremos un valor de reducción de 0,958, por lo que nos quedará una velocidad básica del viento de 24, 908 m/s.

Periodo de retorno (años)	1	2	5	10	20	50	200
Coefficiente corrector	0,41	0,78	0,85	0,90	0,95	1,00	1,08

Para dicha zona, la presión dinámica del viento es de 0,42 KN/m².

Calculándola, nos quedaría:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot V_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 24,908^2 = 0,3875 \text{ KN/m}^2$$

Escogeremos el valor de 0,42 ya que es mas desfavorable.

Se deberán realizar los estudios necesarios según el código técnico de la edificación para el cálculo de la tensión admisible por el suelo. Mientras tanto se usarán unos valores admisibles dados también por dicho código. Según el Instituto Geológico y Minero de España y representado en el plano 4, el tipo de tierra que se encuentra en esta zona es conglomerados y arenas por lo que según el código técnico de la edificación supone una tensión admisible de 2 a 4 MPa. Por lo que se considera el caso mas desfavorable, por lo que el terreno posee una presión de 2 MPa.

Se analizarán las dos Hipótesis, Viento y Nieve para obtener la mas desfavorable.

Se deben conocer cuáles son las situaciones críticas que pueden condicionar el diseño de nuestra zapata, a continuación se desarrollarán de manera teórica estos factores.

- Pérdida de capacidad portante por hundimiento.
- Pérdida de estabilidad global del terreno próximo.
- Pérdida de capacidad resistente a la cimentación por fallo estructural.
- Movimientos excesivos de la cimentación.
- Vibraciones que al transmitirse a la estructura produzca falta de confort.

- Daños que afecten a la apariencia, durabilidad o funcionalidad de la obra.

Los criterios específicos a tener en cuenta son:

- **Hundimiento:** El hundimiento de una cimentación, puede definirse como la movilización de la máxima resistencia al esfuerzo cortante en el suelo, a lo largo de una superficie de deslizamiento, acompañada con deformaciones verticales (asientos) elevadas y, generalmente, acompañadas de giros o incluso vuelcos de la estructura sustentada.

De los resultados y posterior análisis de la campana de prospección geotécnica, se obtendrán magnitudes referidas a cargas o presiones teóricas, a través de las cuales el terreno de apoyo de la estructura de cimentación alcanza un estado de rotura. Una vez calculada la presión de hundimiento, se establece una presión de trabajo admisible máxima dividiendo la presión de hundimiento por un factor de seguridad global.

$$\sigma_{ADMISIBLE} = \frac{P.H.}{F.S.}$$

Donde P.H. es la presión de hundimiento y F.S. el coeficiente de seguridad para cimentaciones superficiales, se acerca a 3. En nuestro caso esta presión admisible la calculamos directamente a través de una tabla proporcionada por el Instituto Geotécnico.

- **Estabilidad estructural frente a vuelco y deslizamiento:** Se refiere a la capacidad de una estructura según sus fuerzas que actúan sobre ella, de alcanzar un estado de equilibrio estable. Las combinaciones de fuerzas o acciones bajo las cuales una estructura pierde su estabilidad se denominan inestabilidades y pueden ser de varios tipos conduciendo a:

- Estabilidad frente a vuelco: Para el cálculo de la estabilidad al vuelco y siguiendo las recomendaciones de la guía del Ministerio de Fomento de Cimentaciones, se ha creído conveniente valorar la seguridad al vuelco según criterios plásticos. Esta suposición es mas realista que la definida mediante el vuelco rígido.

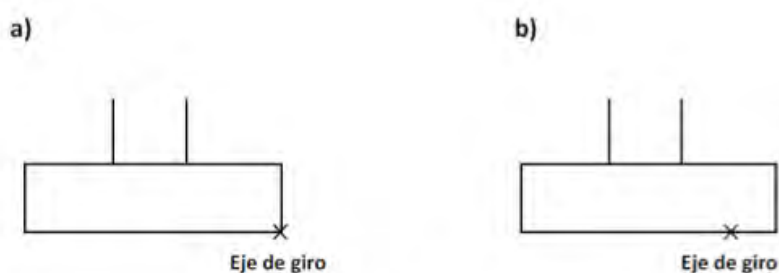
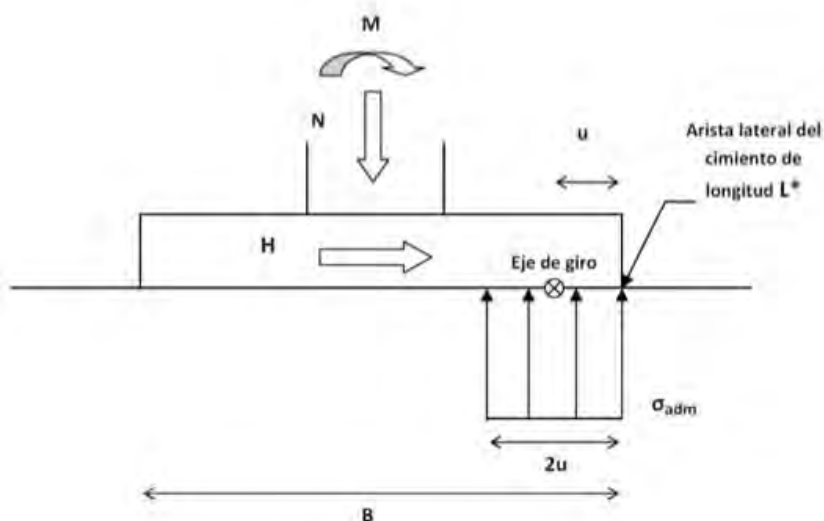


Figura 3.6 a) vuelco rígido, b) vuelco plástico

El retranqueo “u” es por lo tanto, la distancia entre el borde y el eje de giro y se calcula según la siguiente ecuación:



$$u = \frac{1}{2} \cdot \frac{N}{3 \cdot \sigma_{ADM} \cdot L}$$

La comprobación a vuelco respecto a este nuevo eje se hará de la siguiente manera, recogida en la EHE-08.

$$\frac{M_{estab}}{M_{desestab}} \geq 1 = FS$$

- Estabilidad frente a deslizamiento: Teniendo en cuenta los esfuerzos producidos en la zapata:

$$\frac{F_{estab}}{F_{desestab}} \geq FS = 1$$

- **Capacidad estructural del cimiento:** En este momento se debe diferenciar entre las zapatas rígidas y las flexibles, porque cada una de ellas se resolverá mediante unas ecuaciones e hipótesis determinadas.

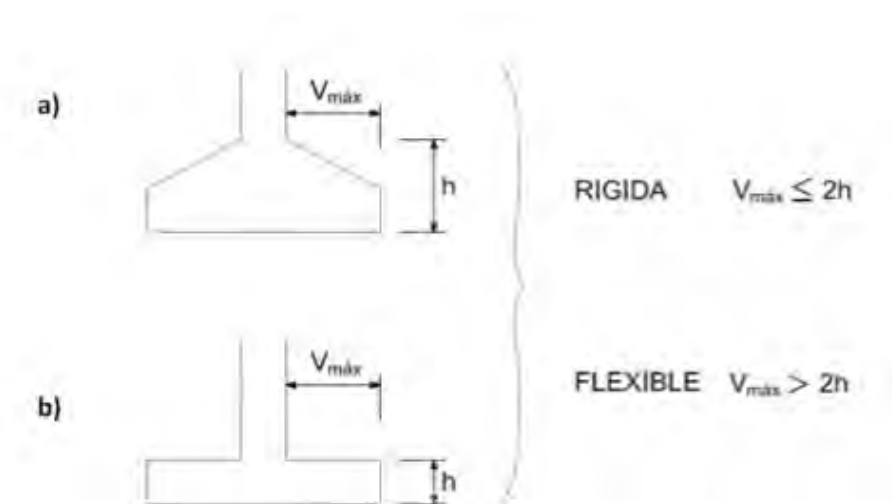


Figura 3.8 a) zapata rígida, b) zapata flexible.

Nos decantaremos por una zapata rígida para que el terreno nos ofrezca una respuesta uniforme.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Los datos de partida son:

Datos	Medidas
Diámetro Parabólica	11 m.
Altura Parabólica	17,2 m.
Peso Motor + Receptor	1.825 kg.
Peso Estructura + Espejos	12.000 kg.

D.1.2 - HIPOTESIS 1: POSICIÓN MAS DESFAVORABLE PARA LA NIEVE

La posición mas desfavorable para nuestro generador, se corresponde con la posición del espejo completamente horizontal.

Sevilla se encuentra a una altitud de 90 metros sobre el nivel del mar y se encuentra en la zona climática 6, (según el anejo E del documento técnico de la edificación nombrado anteriormente).



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Figura D.2 – División por zonas climáticas en España

Como se observa en el siguiente cuadro, la sobrecarga de nieve para un terreno horizontal (como es nuestro espejo en esta situación) es de 1,56 kN/m²

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Tabla D.1 – Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal

D.1.2.1 - CARGAS

D.1.2.1.1 - CARGAS PERMANENTES:

Peso del motor + receptor:

$$1.825 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ N/Kg} \cdot \text{kN}/1000\text{N} = 17,98 \text{ kN}$$

Peso estructura mas espejo:

$$12.000 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ N/Kg} \cdot \text{kN}/1000\text{N} = 117,6 \text{ kN}$$

Total de cargas permanentes (sin mayorar): 135,485 kN.

D.1.2.1.2 - CARGAS VARIABLES:

Sobre carga de nieve:

$$\frac{1,6 \text{ kN}}{\text{m}^2} \cdot \pi \cdot \frac{11^2}{4} = 152 \text{ kN}$$

Total de cargas de cargas variables (sin mayorar): 152 kN

NOTA: En este caso concreto , las cargas no producen momento ya que su resultante se produce en el centro de la estructura.

La presión a la que estará sometida debido a los pesos de los aparatos, será:

$$C_p + C_v = 135,583 \text{ kN} + 148,28 \text{ kN} = 283,863 \text{ kN} \approx 29.000 \text{ Kg}$$

Aplicando un coeficiente de seguridad de 1,7:

$$P_T = 50 \text{ Tn}$$

El área de la zapata resulta ser:

$$q_a = \frac{P}{A} \rightarrow A = \frac{P}{q_a} = \frac{50 \text{ Tn}}{1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 50.000 \text{ cm}^2$$

Luego el radio es:

$$A = \pi \cdot r^2 = 50.000 \text{ cm}^2 \rightarrow r = 126,15 \text{ cm}$$

Normalizando:

$$\phi = 3 \text{ metros}$$



Fijo unos valores a la cimentación para cumplir con la condición de que la zapata sea flexible en cuanto a su comportamiento estructural:

Diámetro de la sección inferior: 2,5 m.

Diámetro sección superior: 1m.

Canto total de la zapata: 0,6 m.

El hormigón a utilizar será HA-25/B/20/IIa, y se armará con acero B-500.

Por lo tanto el P.P. de la zapata, haciendo la suposición de que las tierras por encima de la zapata tienen la densidad del hormigón (lado de la seguridad), será:

$$P \cdot P_{ZAPATA} = 2.500 \text{ kg/m}^3 \cdot \left(\pi \cdot 2,5^2 / 4 \right) \cdot 0,6 = 7363,1 \text{ kg} \approx 72,16 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{N.Total}{Area Zapata} = \frac{(287,5 + 72,16)}{\pi \cdot 2,5^2 / 4} = 73,27 \text{ kN/m}^2$$

Este valor lo tenemos que comparar con la presión admisible del terreno, para ello convertimos este valor a las mismas unidades:

$$73,27 \text{ kN/m}^2 = 0,732 \text{ kg/cm}^2$$

$$Presión máxima admisible = 2 \text{ kg/cm}^2$$

Luego cumple esta restricción, sobradamente.

Los cálculos que se desarrollan a continuación para el armado de la zapata se realizarán por metro de cimentación, resultando el sistema equivalente el siguiente:

D.1.2.3 - ARMADO DE LA ZAPATA

Dado que la zapata en estudio es del tipo rígido el dimensionamiento de la armadura se realizará aplicando el Método de Bielas y Tirantes (Ministerio de Fomento, 2008), el cual se observa en la figura D.3, en la página siguiente.

Haciendo caso a los siguientes coeficientes parciales, hallamos los esfuerzos de cálculo:

Coefficientes parciales de seguridad para las acciones en ELU:

Tipo de acción	Situación persistente o transitoria		Situación accidental	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G=1,00$	$\gamma_G=1,35$	$\gamma_G=1,00$	$\gamma_G=1,00$
Pretensado	$\gamma_P=1,00$	$\gamma_P=1,00$	$\gamma_P=1,00$	$\gamma_P=1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*}=1,00$	$\gamma_{G^*}=1,50$	$\gamma_{G^*}=1,00$	$\gamma_{G^*}=1,00$
Variable	$\gamma_Q=0,00$	$\gamma_Q=1,50$	$\gamma_Q=0,00$	$\gamma_Q=1,00$
Accidental	-	-	$\gamma_A=1,00$	$\gamma_A=1,00$

Tabla 3.1 Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de Estados Límites Últimos (EHE-08).

Coefficientes parciales de seguridad para las acciones en ELS:

Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G=1,00$	$\gamma_G=1,00$
Pretensado armadura pretesa	$\gamma_P=0,95$	$\gamma_P=1,05$
Pretensado armadura postesa	$\gamma_P=0,90$	$\gamma_P=1,10$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*}=1,00$	$\gamma_{G^*}=1,00$
Variable	$\gamma_Q=0,00$	$\gamma_Q=1,00$

Tabla 3.2 Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de Estados Límites de Servicio (EHE-08).

Coefficientes parciales de seguridad de los materiales en ELU:

Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero pasivo y activo γ_s
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

Tabla 3.3 Coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límite Últimos (EHE-08).

$$N_d = 135,485 \cdot 1,35 + 152 \cdot 1,60 = 410,90 \text{ kN}$$

$$M_d = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_d = 0,00 \text{ kN}$$

Según la EHE-08, para zapatas rectangulares sometidas a flexo-compresión recta, siempre que se pueda despreciar el efecto del peso de la zapata y de las tierras situadas sobre ésta, el modelo a utilizar es el representado en la figura.

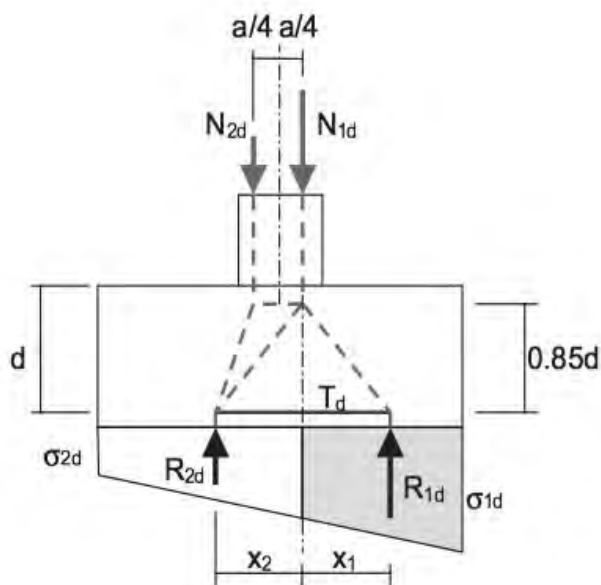


Figura D.3 – Modelo de bielas y tirantes para armado de zapatas

Considerando que la carga N_d se distribuye uniformemente a lo largo de todo el diámetro del soporte, por lo que por un metro de zapata, el axil resultante es de:

$$N_d = \frac{410,9 \text{ kN}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{2,5}{2}} = 52,3 \text{ kN/m}$$

La armadura principal se obtiene para resistir la tracción T_d indicada en el modelo, que resulta:

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85d} (x_1 - 0,20a) = A_s f_{yd}$$

tomando como $f_{yd} < 400 \text{ N/mm}^2$, donde R_{1d} es la resultante de las tensiones del trapecio sombreado en el ancho de la zapata, y x_1 , la distancia del centro de gravedad del trapecio a la línea de carga de N_{1d} y siendo el significado del resto de las variables el representado en la figura, y las

tensiones σ_{1d} y σ_{2d} las obtenidas, teniendo en cuenta sólo las cargas transmitidas por la estructura.

Calculamos las tensiones (sin el peso propio de la zapata ni el relleno de tierras) y mayorando las acciones con los coeficientes de mayoración de acciones:

$$N_d = 52,3 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 0 \text{ kNm}$$

$$V_d = 0 \text{ kN}$$

$$\sigma_{MAXIMA} = \sigma_{MINIMA} = \sigma_{MEDIA} = \frac{N}{A} + \frac{M}{I} y = \frac{410,9 \text{ kN}}{4,9 \text{ m}^2} = 83,7 \text{ kN/m}^2$$

$$R_{1d} = \frac{\sigma_{MAX} + \sigma_{MIN}}{2} \cdot ((2,5 \cdot 0,3) + (1 \cdot 0,3) + 2(0,50 \cdot 0,3)) = 113 \text{ kN}$$

$$x_{cdg} = \frac{H}{3} \cdot \frac{2b + B}{b + B}$$

$$x_1 = H - \frac{H}{3} \cdot \frac{2b + B}{b + B} = 0,60 - \frac{0,60}{3} \cdot \frac{2 \cdot 83,7 + 83,7}{83,7 + 83,7} = 0,3 \text{ m}$$

La elección del recubrimiento mínimo, en la nueva Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) depende de la vida útil que se le asigne al elemento estructural. Nuestra cimentación que englobada en el grupo: “Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media” a las que se le asigna una vida útil de 50 años”.

Entrando en la tabla 37,2,4,1,a Recubrimientos mínimos de la EHE-08, con la clase de exposición, el tipo de cemento a utilizar, la resistencia característica del hormigón, y la vida útil, obtenemos un recubrimiento mínimo de 20mm.

**Tabla 37.2.4.1.a Recubrimientos mínimos (mm)
para las clases generales de exposición I y II**

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm ²]	Vida útil de proyecto (t _g), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
II a	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
II b	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

Tabla D.2 – Recurbimientos mínimos

$$r_{nom} = r_{min} + \Delta r = 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$d = h - r_{nom} - \frac{\Phi_L}{2} = 600 - 30 - \frac{16}{2} = 562 \text{ mm}$$

Por lo que:

$$T_d = \frac{113}{0,85 \cdot 0,562} (0,3 - 0,2 \cdot 0,5) = 47,31 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{47,31 \cdot 10^3}{400} = 118,275 \text{ mm}^2$$

Resulta una cuantía sumamente rara y pequeña, por lo que haremos la flexión simple y/o compuesta por el método de flexión.

D.1.2.4 - SELECCIÓN

FLEXION SIMPLE O COMPUESTA

$$A_s f_{yd} = \frac{W_1}{z} f_{ct,m,fl}$$

Donde conocemos:

$$f_{yd} = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$W_1 = \frac{I_z}{y_g} = \frac{0,0381 \text{ m}^4}{0,26 \text{ m}} = 0,1465 \text{ m}^3$$

$$z = 0,8 \text{ m.}$$

$$h = 0,48 \text{ m.}$$

$$f_{ctm,fl} = 0,3 f_{ck}^{2/3} = 2,57 \text{ MPa} = 2,57 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s \geq \frac{\frac{W_1}{z} \cdot f_{ctm,fl}}{f_{yd}} = 19,6 \text{ cm}^2$$

Cuantía mínima geométrica: Según la EHE-08 se obtiene que para “Losas y zapatas armadas se adopta el dos por mil de la sección total de hormigón de armaduras longitudinal y transversal. Se adoptará la mitad de este porcentaje para cada uno de estos tipos”.

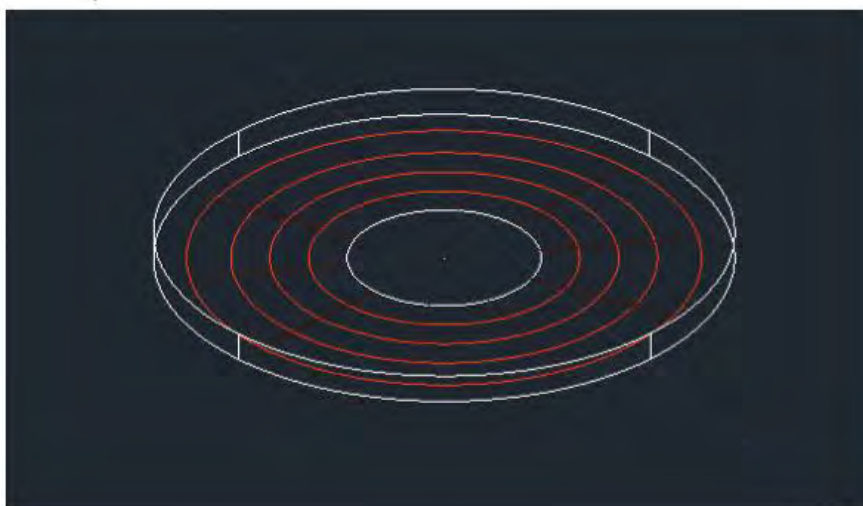
$$A_s \geq 1/1000 \text{ mm}^2$$

$$A_c = 15 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto la armadura de la cara interior de la zapata para soportar la flexión será de:

- Armadura Radial: $10\phi 16$
- Armadura circular: $4 \phi 20$

Nota: Hemos aumentado el tamaño de la armadura y disminuido el número para cumplir con la cuantía geométrica mínima y que se cumpliera la distancia entre armaduras transversales.



Como comentario y como es lógico, la armadura radial tiene que cumplir el recubrimiento mínimo conveniente, además tampoco llega al centro de la figura por problemas con el cortante producido por situaciones de viento.

D.1.3 - HIPOTESIS II: POSICIÓN MAS DESFAVORABLE PARA EL VIENTO

Si nos referimos al viento como condicionante, y no a la nieve, será la posición en la que el espejo esté totalmente desplegado y en posición vertical, y con el viento soplando por detrás del espejo en la dirección del concentrador. Des esta forma el momento generado por el peso del motor, situado a una distancia de 5,5 m. del centro de gravedad se incrementa por el generado por el viento.

D.1.3.1 - CARGAS

D.1.3.1.1 - CARGAS PERMANENTES:

Peso del motor + receptor:

$$1.825 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ N/Kg} \cdot \text{kN}/1000\text{N} = 17,98 \text{ kN}$$

Peso estructura mas espejo:

$$12.000 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ N/Kg} \cdot \text{kN}/1000\text{N} = 117,6 \text{ kN}$$

Total de cargas permanentes (sin mayorar): 135,485 kN

1.3.1.2 - CARGAS VARIABLES:

La presión dinámica básica del viento en esta zona como ya se indicó anteriormente es de 0,42 kN/m².

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

resultando:

$$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

c_e : Tomando como altura media 5,5 metros (la mitad del diámetro del espejo) y un *Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia*, el coeficiente de exposición se considera de 2,5 según la tabla 3.3 del documento básico SE-AE del CTE.

c_p : Es el coeficiente eólico o de presión, se tomará 0,8.

Sobrecarga por el viento:

$$0,42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2,5 \cdot 0,8 \cdot \pi \cdot \frac{11^2}{4} = 79,82 \text{ kN}$$

Total de cargas variables (sin mayorar): 79,82 kN (→)

NOTA: La resultante de esta carga queda en el centro del espejo, a una distancia de 6,75 metros sobre el nivel de la cimentación.

Los esfuerzos transmitidos a la cimentación son:

$$N = \text{Cargas Permanentes} = 135,485 \text{ kN}$$

$$F = 79,82 \text{ kN}$$

$$M = F \cdot h = (79,82 \text{ kN} \cdot 8,5 \text{ m}) = 678,54 \text{ kNm}$$

$$P.P \text{ zapata} = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(\pi \frac{2,5^2}{4} \right) \cdot 0,6 = 7363,1 \text{ kg} \rightarrow 72,16 \text{ kN}$$

Por lo tanto los nuevos valores de cálculo son:

$$N_d = 135,485 \cdot 1,35 = 182,9 \text{ kN}$$

$$M_d = 678,54 \cdot 1,50 = 1017,8 \text{ kNm}$$

$$F_d = 79,82 \cdot 1,50 = 119,73 \text{ kN}$$

Utilizando el mismo modelo de bielas y tirantes que empleamos en la hipótesis anterior:

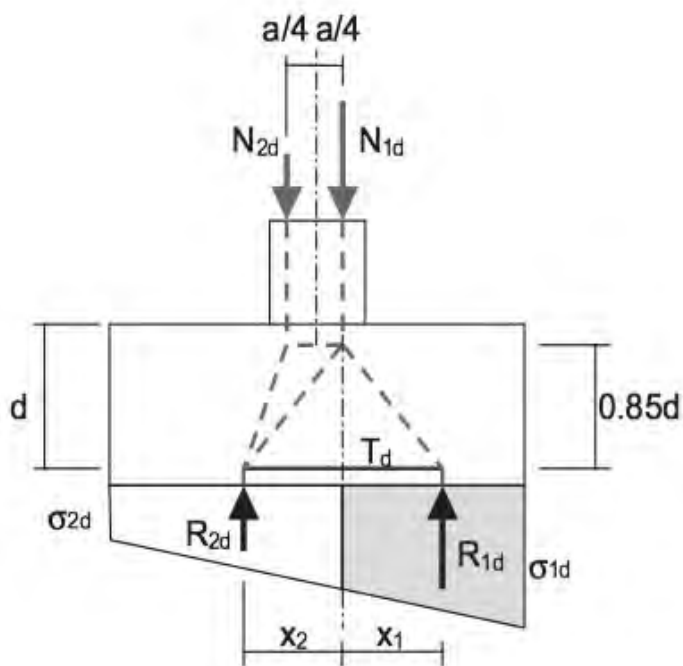


Figura D.4 – Modelo de bielas y tiantes para armado de zapatas

La armadura principal se obtiene para resistir la tracción T_d indicada en el modelo, que resulta:

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85d} (x_1 - 0,20a) = A_s f_{yd}$$

tomando como $f_{yd} < 400 \text{ N/mm}^2$, donde R_{1d} es la resultante de las tensiones del trapecio sombreado en el ancho de la zapata, y x_1 , la distancia del centro de gravedad del trapecio a la línea de carga de N_{1d} y siendo el significado del resto de las variables el representado en la figura, y las tensiones σ_{1d} y σ_{2d} las obtenidas, teniendo en cuenta sólo las cargas transmitidas por la estructura.

Calculamos las tensiones (sin el peso propio de la zapata ni el relleno de tierras) y mayorando las acciones con los coeficientes de mayoración de acciones:

$$\sigma_{MAXIMA} = \frac{N}{A} + \frac{M}{I}y = \frac{182,9 \text{ kN}}{\pi \cdot 2,5^2 / 4 \text{ m}^2} + \frac{1017,8 \text{ kNm}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,25^4} = 700,74 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{MINIMA} = \frac{N}{A} + \frac{M}{I}y = \frac{182,9 \text{ kN}}{\pi \cdot 2,5^2 / 4 \text{ m}^2} - \frac{1017,8 \text{ kNm}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,25^4} = -625,73 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{MEDIA} = \frac{N}{A} = \frac{182,9 \text{ kN}}{\pi \cdot 2,5^2 / 4 \text{ m}^2} = 37,26 \text{ kN/m}^2$$

Evidentemente nos provoca una situación mas desfavorable ya uqe se observa el reparto tensional tan desigual producido en la cimentación.

$$R_{1d} = \frac{\sigma_{MAX} + \sigma_{MIN}}{2} \cdot ((2,5 \cdot 0,3) + (1 \cdot 0,3) + 2(0,50 \cdot 0,3)) = 472,5 \text{ kN}$$

En este caso tomo como presión mínima cero, porque el terreno no da respuesta a tracciones tan altas.

$$x_{cdg} = \frac{H}{3} \cdot \frac{2b + B}{b + B}$$

$$x_1 = H - \frac{H}{3} \cdot \frac{2b + B}{b + B} = 0,60 - \frac{0,60}{3} \cdot \frac{2 \cdot 182,9 + 182,9}{182,9 + 182,9} = 0,3 \text{ m}$$

Por lo que:

$$T_d = \frac{472,5}{0,85 \cdot 0,562} (0,3) = 296,74 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{296,74 \cdot 10^3}{400} = 7,42 \text{ cm}^2$$

Lo que nos da una cuantía mayor que en la hipótesis 1 pero menor respecto a la hallada anteriormente con flexión compuesta, por lo que cogeremos esa armadura, ya que si lo hiciéramos con esta hipótesis nos volvería a salir lo mismo porque es un método que depende de las características mecánicas y no de los esfuerzos propios de la hipótesis.

D.1.4 - ARMADO DEFINITIVO:

Se ha escogido una zapata circular con radio 2,5 metros, de ancho variable con un primer tramo recto de canto 0,3 metros y luego un ancho variable hasta 1 metro de radio con el mismo canto 0,3 metros, por lo que nuestro canto total será de 0,6 metros.

- Armadura Radial: 10 ϕ 16
- Armadura circular: 4 ϕ 20

D.2 - INSTALACIÓN ELÉCTRICA

D.2.1 - CABLEADO

D.2.1.1 - INTRODUCCIÓN

El motor produce 25 kWe a 400V trifásicos a una frecuencia de 50 Hz.

Para la selección de los cables se deberá tener en cuenta tanto la I_{MAX} que puede soportar el cable como la caída de tensión.

Desde el alternador hasta el cuadro de contadores se usará el mismo tipo de cable. Para no cambiar de cable se usará el mismo diámetro de cable para este recorrido, empleando el tamaño más restrictivo.

D.2.1.2 - CABLEADO EXTERIOR

D.2.1.2.1 - CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Suponiendo el $\cos \varphi = 0,8$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot V \cdot 400 \cdot 0,8} = 45,1 \text{ A}$$

Al ser cables expuestos al sol se le aplicará un coeficiente de corrección a la intensidad máxima admisible por los cables. En verano, la temperatura media es de 28,7º mientras que en invierno es de 10,8º, teniendo una temperatura media absoluta de 19,2º, como se puede comprobar en la tabla siguiente:

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima absoluta (°C)	24.2	28.0	30.8	33.4	39.1	45.2	46.6	45.9	42.6	36.5	31.2	24.5	46.6
Temperatura máxima media (°C)	16.0	18.1	21.9	23.4	27.2	32.2	36.0	35.5	31.7	26.0	20.2	16.6	25.4
Temperatura media (°C)	10.9	12.5	15.6	17.3	20.7	25.1	28.2	27.9	25.0	20.2	15.1	11.9	19.2
Temperatura mínima media (°C)	5.7	7.0	9.2	11.1	14.2	18.0	20.3	20.4	18.2	14.4	10.0	7.3	13.0
Temperatura mínima absoluta (°C)	-4.4	-5.5	-2.0	1.0	3.8	8.4	11.4	12.0	8.6	2.0	-1.4	-4.8	-5.5
Precipitación total (mm)	65.7	49.9	35.8	54.0	30.5	9.9	2.4	5.3	26.9	68.3	81.1	89.0	538.8
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	6.1	5.8	4.3	6.1	3.7	1.3	0.2	0.5	2.4	6.1	6.4	7.5	50.5
Horas de sol	182.9	169.1	220.0	237.7	292.6	317.2	354.4	328.1	243.8	216.5	181.2	153.9	2917.4
Humedad relativa (%)	71	67	59	57	53	48	44	48	54	62	70	74	59

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología⁶⁰

Figura D.5 – Datos climatológicos de Sevilla

El caso más desfavorable es aquel en el que la temperatura es mayor. Considerando una temperatura máxima de 40°, el factor de corrección a aplicar es 1. Por normativa la sección mínima del cable ha de ser de 10mm².

Sección mínima del cable según la caída de tensión:

$$Cu \rightarrow \varphi = 44$$

$$Al \rightarrow \varphi = 35$$

$$s = \frac{P \cdot L}{\varphi \cdot e \cdot V} = \frac{25000 \cdot 15}{44 \cdot 400 \cdot \frac{1,5 \cdot 400}{100}} = 3,55 \text{ mm}^2$$

Como se ha comentado, el tamaño mínimo normalizado es de 10 mm².

El cable a utilizar será, según el catálogo mostrado en su correspondiente anexo, RZ1-K 0,6/1 kV Cu, libre de halógenos de 10 mm² en bandeja no perforada. (Su $I_{MAX} = 68 \text{ A} > 45,1 \text{ A}$).

D.2.1.3 - CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA:

D.2.1.3.1 - CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Suponiendo el $\cos \varphi = 0,8$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot V \cdot 400 \cdot 0,8} = 45,1 \text{ A}$$

$$Cu \rightarrow \varphi = 44$$

$$Al \rightarrow \varphi = 35$$

$$s = \frac{P \cdot L}{\varphi \cdot e \cdot V} = \frac{25000 \cdot 99}{35 \cdot 400 \cdot \frac{0,5 \cdot 400}{100}} = 88,39 \text{ mm}^2$$

La sección mínima a emplear en la canalización es de $88,39 \text{ mm}^2$, normalizando esta sección, escogemos una sección de 95 mm^2 .

Escogemos del catálogo el cable, RV-Al, para una sección de 95 mm^2 , este cable enterrado admite una corriente máxima de $73 \text{ A} > 45,1 \text{ A}$.

Cable para la canalización: RV-Al 3x95/50 enterrado.

D.2.2 - ACCESORIOS

D.2.2.1 - CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Los empalmes, terminales y derivaciones, se elegirán de acuerdo a la naturaleza, composición y sección de los cables y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de estos. Los terminales deberán ser así mismo, adecuados a las características ambientales.

Con carácter general, los conductores estarán protegidos por los fusibles existentes contra sobrecargas y cortocircuitos.

La I_{MAX} del limitador de sobretensión ha de soportar

$$I_{cc} = \frac{0,8 \cdot U}{R}$$

$$R = 0,206 \frac{\Omega}{Km} \cdot 0,015 + 1,91 \cdot 0,1 = 0,19409$$

$$I_{cc} = \frac{0,8 \cdot U}{R} = \frac{0,8 \cdot 400}{0,19409} = 1648,72 \text{ A.}$$

La intensidad de los elementos ha de ser mayor que la intensidad máxima a suministrar y menor que la intensidad máxima del cable.

La sensibilidad de los elementos será de 300 mA, son protecciones destinadas a la protección de la instalación, salvo los interruptores de servicios auxiliares (una toma de corriente y alumbrado de la caseta) que van a 30mA.

D.2.3 - PUESTA A TIERRA

D.2.3.1 - DATOS DE PARTIDA

Se proyecta una generación de energía producida por un disco-stirling que se venderá a la red.

El tiempo de eliminación del defecto previsto será inferior a 0,9 segundos.

Habrà que conectar a tierra todas las partes metàlicas de la instalaci3n.

D.2.3.2 - DEFINICIONES

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensi3n que con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metàlicas, asegurar la actuaci3n de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexi3n a tierra es la uni3n eléctrica directa, sin fusibles un protecci3n alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalaci3n de puesta a tierra se deberà conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie pr3xima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia de hielo y otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 metros. La profundidad de enterramiento del electrodo deberá medirse desde la parte superior del mismo. Además en lugares en los que exista riesgo continuado de heladas se recomienda una profundidad mínima de enterramiento de 0,8 metros.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos directos. En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

D.2.3.3 - INVESTIGACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad y grueso de la roca en estudios geofísicos, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora o transmisora de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora o transmisora de radiofrecuencia. Asimismo puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas.

Para medir la resistividad del suelo se requiere de un terrómetro o *Megger* de tierras de cuatro terminales.

Los aparatos de mayor uso, de acuerdo a su principio de operación, pueden ser de dos tipos: del tipo de compensación de equilibrio en cero y el de lectura directa.

En este punto es necesario aclarar que la medición de la resistividad del terreno, no es requisito para hacer una malla de puesta a tierra. Aunque para diseñar un sistema de tierras de gran tamaño, es aconsejable encontrar el área de más baja resistividad para lograr la instalación mas económica.

El perfil de resistividad del suelo determinará el valor de la resistencia a tierra y la profundidad de nuestro sistema de puesta a tierra.

Según la investigación previa del terreno donde esta la subestación, se determina una resistividad media superficial = **$24 \Omega \cdot m$** .

D.2.3.4 - DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MAXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACIÓN DE DEFECTO.

Para calcular la tensión máxima de contacto en un error en el tiempo de defecto proporcionado por la compañía:

$$K = 72$$

$$n = 1$$

(Constantes en función del tiempo)

$$0,9 > t > 0,1 \text{ seg}$$

El neutro de la red de distribución de media tensión esta aislado, por esto la intensidad máxima de defecto, dependerá de la capacidad entre la red y tierra, dicha capacidad dependerá, no solo de la línea a la que esta conectado el centro, sino también de todas aquellas líneas tanto aéreas como subterráneas que tengan origen en la misma subestación de cabecera

ya que en el momento que se produzca un defecto (hasta su eliminación) todas las líneas se consideran interconectadas.

En nuestro caso, según datos proporcionados por la compañía distribuidora, la intensidad máxima de defecto es de 58 A.

D.2.3.5 - DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA

D.2.3.5.1 - INTRODUCCIÓN

Se dispondrá de dos sistemas de puesta a tierra independientes, uno de protección o masas y otro de servicio.

D.2.3.5.1.1 - TIERRA DE PROTECCIÓN

A este sistema se conectarán las partes metálicas de la instalación que no están en tensión y que normalmente puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis, bastidores, envolventes metálicas, carcasas de los trafos.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones según el “método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría” editado por UNESA.

Para la tierra de protección optaremos por un sistema que se indica a continuación.

Identificación: 5/62 del método de cálculo de tierras UNESA

Parámetros característicos:

$K_R = 0,073 \text{ m}^{-1}$ coeficiente de resistencia

$K_P = 0,012 \text{ V}/(\text{m} \cdot \Omega \cdot \text{A})$ coeficiente de tensión.

Descripción: Estarán constituidos por seis picas en hilera, unidas por un conductor de cobre desnudo de sección 50 mm². Las picas tienen un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 50 cm y la separación entre cada pica es de 3 m. Con esta configuración la longitud del conductor desde la primera pica a la última es de 15 metros.

Nota: Se pueden emplear otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_R y K_P de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior. La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6 / 1 kV protegido contra daños mecánicos.

D.2.3.5.1.2 - TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a este sistema el motor. La característica de las picas serán las mismas que las indicadas para las tierras de protección.

Identificación: 5/62 del método de cálculo de tierras UNESA

Parámetros característicos:

$$K_R = 0,073 \text{ m}^{-1} \text{ coeficiente de resistencia}$$

$$K_P = 0,012 \text{ V / m } \Omega \text{ A coeficiente de tensión.}$$

Descripción: Estarán constituidos por seis picas en hilera, unidas por un conductor de cobre desnudo de sección 50 mm². Las picas tienen un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 50 cm y la separación entre cada pica es de 3 m. Con esta configuración la longitud del conductor desde la primera pica a la última es de 15 metros.

Nota: Se pueden emplear otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_R y K_P de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior. La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6 / 1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ohm, con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V.

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas de BT

D.2.3.5.2 - CÁLCULOS

D.2.3.5.2.1 - TIERRA DE PROTECCIÓN

Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra de las masas del centro (R_t) y tensión de defecto (U_d) utilizaremos las siguientes fórmulas:

Resistencia del sistema de puesta a tierra:

$$R_T = K_R \cdot \sigma$$

Tensión de defecto:

$$U_d = I_d \cdot R_T$$

Siendo:

σ : La resistividad superficial del terreno = $24 \Omega \cdot m$

$$K_R = 0,073 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m}$$

$$I_d = 58 A$$

Resultados:

$$R_T = 1,8 \Omega$$

$$U_d = 104,4 V$$

El aislamiento de las instalaciones deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d), por lo que debe ser como mínimo de 2000 V. De esta manera se evitará que las sobretensiones que posiblemente aparezcan al producirse un defecto no afecte a la red de BT.

D.2.3.5.2.2 - TIERRA DE SERVICIO

$$R_T = K_R \cdot \sigma = 0,073 \cdot 24 = 1,8 \Omega$$

D.2.3.6 - CÁLCULO DE LAS TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN:

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, por ejemplo, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno

con masas conductoras que a causa de defectos o averías sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior ya que estas serán prácticamente nulas.

Por otra parte la tensión de paso en el exterior (U_p) vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno y por la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \sigma \cdot I_d = p, p12 \cdot 24 \cdot 58 = 16,7 V$$

D.2.3.7 - CALCULO DE LAS TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN:

El piso del centro estará constituido por un mallazo electro-soldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula, este mallazo, se conectara como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta de tierra de protección del centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de 10 cm de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón EHC esta construido de tal manera que una vez ya fabricado, su interior ya queda como una superficie equipotencial, es decir, que todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre si mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 Ohms a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues no será necesario en nuestro caso el cálculo de las tensiones de paso y contacto del interior de la instalación puesto que su valor es prácticamente nulo. No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto que se obtiene mediante la expresión:

$$U_{P_{ACCESO}} = U_d = R_T \cdot I_d = 18 \cdot 58 = 104,4 V$$

D.2.3.8 - CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS:

La tensión máxima de contacto aplicada en voltios que se puede aplicar según el reglamento MIF-RAT será

$$U_{CA} = \frac{K}{T_n}$$

siendo U_{CA} (Tensión máxima aplicada en Voltios)

$$K = 7, n = 1$$

siendo t , duración de la falta en segundos 0,32 segundos.

$$U_{CA} = 225 V$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles en el exterior, y en el acceso al centro emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_{P_{EXTERIOR}} = 10 \cdot \frac{K}{T_n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \sigma}{1000} \right)$$

$$U_{P_{ACCESO}} = 10 \cdot \frac{K}{T_n} \cdot \left(1 + 3 \cdot \sigma + 3 \cdot \frac{\sigma_h}{1000} \right)$$

Siendo,

$$K = 72$$

$$N = 1$$

$$T = 0,32 \text{ s}$$

σ = Resistividad del terreno

σ_h = Resistividad del hormigón

Obtenemos los siguientes resultados:

$$U_{P_{EXTERIOR}} = 2574 \text{ V}$$

$$U_{P_{ACCESO}} = 22662 \text{ V}$$

Comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos.

En el exterior:

$$U_d = 16,7 \text{ V} < U_{P_{EXTERIOR}} = 2574 \text{ V}$$

En el acceso al CT:

$$U_d = 104,4 < U_{P_{ACCESO}} = 22662 \text{ V}$$

D.2.3.9 - INVESTIGACIÓN DE TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su eliminación o reducción.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no nos alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto existirá una distancia de separación mínima, llamada D_{MIN} , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio:

$$D_{MIN} = \frac{\sigma * I_d}{2000 \cdot \pi}$$

Siendo,

$$\sigma = 24 \Omega \cdot m$$

$$I_d = 58 A$$

Obtenemos,

$$D_{MIN} = 0,22 m$$

D.2.3.10 - CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL, ESTABLECIENDO EL DEFINITIVO

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas se corregirían

estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del centro o cualquier otro medio, que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

D.2.3.11 - REVISIÓN DE LA TOMA DE TIERRAS

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de seguridad, cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el director de obra en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté mas seco. Para ello se medirá la resistencia de tierra y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrían al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años

D.3 - SELECCIÓN DE ELEMENTOS

D.3.1 - INTRODUCCIÓN

Estos sistemas trabajan a temperaturas de unos 750°C, es decir, 1.023 K. Entrando en la gráfica de la eficiencia-temperatura obtenemos que el rendimiento ideal sería del 60%.

Como se desea obtener 25 kWe, idealmente se necesitarían 42 kWt.

Actualmente, se pueden conseguir 5-10 kW con discos de hasta 5 metros de diámetro, aunque a partir de esta potencia ya requieren un diseño mas complicado y con diámetros bastante superiores, en nuestro caso, podemos llegar a producir 25 kW con un disco de 11 metros de diámetro.

D.3.2 - MOTOR

En la elección del motor tendremos en cuenta que se desea obtener 25 kWe. Por lo que según el catálogo que se dispone sólo se podrán utilizar 4 motores. En la siguiente tabla se pueden observar las características de los motores que se valora conseguir para el proyecto.

Motor	Potencia Media kW	r.p.m.	Gas de Trabajo	Peso	kW de Salida Máxima	kW requerido	Eficiencia	kWt Entrada Mínimo
4-95 MKII	25	1.800	Hidrógeno	330	27,1	25	41 %	61
4-275	50	1.500	Hidrógeno	720	52,5	25	42 %	59,5
Solo V-160	9	1.500	Helio	137	9		30 %	
NS30A	30	1.500	Helio	243	20		25 %	
STM4-120	25	1.800	Helio	110	26,3	25	40-45 %	58,8
9 kW free Piston	9	1.500	Helio	420	7,1		28 %	
V4-94	25	1.800	Hidrógeno	100	25	25	45 %	58,82

Tabla D.4 – Características de los motores disponibles en el mercado

Como se puede observar, tres motores quedan completamente descartados, al no poder generar los 25 kW requeridos, estos motores descartados son:

- Solo V-160 (9 kW de salida máxima)
- NS30A (20 kW de salida máxima)
- 9 kW Free Piston (7,1 kW de salida máxima)

Entre los posibles a seleccionar, están:

- 4-95 MKII
- 4-275
- STM4-120
- V4-94

Descartamos el 4-275 ya que proporciona una potencia media del doble de la que necesitamos, entre los tres restantes, escogemos el motor V4-94, ya que es con este motor con el que podremos conseguir mayor eficiencia, además de ser el mas ligero de todos, por lo que la estructura y cimentación serán mas económicos.

D.3.3 - RECEPTOR

Una vez escogido el motor, se escogerá un receptor que produzca, mínimo, los 58,8 kWt de entrada mínimo que necesita nuestro motor para funcionar. El receptor, como ya se ha indicado, será heat pipe reflux o pool boiler reflux ya que son mejores que las demás opciones disponibles.

Los niveles de potencia requeridos no permiten emplear los heat pipe reflux, por lo que se seleccionará un receptor del tipo: pool boiler reflux. Se poseen tres receptores de estas características, dos de la empresa Sandia National Laboratories y uno de la empresa United Energy Systems, escogiéndose el de esta última empresa, llamado V4-95 REC, este es mas moderno y mejora la eficiencia térmica del receptor al requerir menor cantidad de kWt a la entrada.

En la siguiente página se mostrará un tabla con los receptores disponibles en el mercado para este tipo de motor.

D.3.4 - CONCENTRADOR

Ahora seleccionaremos el espejo, necesitamos que este espejo nos proporcione 64 kWt (63,94 kWt exactamente).

Existen tres tipos de concentradores solares: los sistemas cilindro-parabólicos, los sistemas de torre o receptor general y los sistemas de disco parabólico. Para las potencias que deseamos obtener el más adecuado es el disco parabólico.

Los niveles de concentración son superiores (1.000-4.000) y se pueden desarrollar potencias de entre 5 a 30 kW.

Receptor	Tipo	Fluido de transferencia	Eficiencia Térmica del receptor	Entrada Térmica Máx.	Salida Térmica	Diámetro apertura	Temperatura de Proceso °C	kWt Salida Requerido	kWt entrada
Cummins	Heat Pipe Reflux	Sodio	0,9		42	178		58,82	68,40
Cummins (75)	Heat Pipe Reflux	Sodio	0,9	58	50	220	750	58,82	68,24
Dynatherm	Heat Pipe Reflux	Sodio	0,6	45	27,5	220	750	58,82	96,26
V-160 1	Heat Pipe Reflux	Sodio	0,8	40			750	58,82	70,87
V-160 2	Heat Pipe Reflux	Helio	0,9	32			820	58,82	66,84
4-95 MDAC	Directly Illuminated Heater Tube		0,9	74		200	720	58,82	65,36

4-275	Directly Illuminated Heater Tube	0,8	179	700		58,82	73,53
V-160	Directly Illuminated Heater Tube	0,9	36,2	120	750	58,82	68,40
NS30A	Directly Illuminated Heater Tube	0,7	53		750	58,82	90,50
4-120	Directly Illuminated Heater Tube	0,9		220		58,82	65,36

Sandia National	Pool Boiler Reflux	Sodio	0,9	75	220	58,82	65,36
Sandia National 2	Pool Boiler Reflux	Sodio - Potasio	0,92	75	220	58,82	63,94
V4-95-REC	Pool Boiler Reflux	Sodio - Potasio	0,95	75	220	58,82	60

Tabla D.5 – Características de los receptores disponibles en el mercado

Los concentradores se pueden agrupar en:

- Glass-faceted concentrators.



Figura D.6 – Ejemplo de Concentrador “Glass-faceted”

- Full-Surface Paraboloid Concentrators



Figura D.7 – Ejemplo de Concentrador de superficie completa

- Concentradores de membrana tensionada



Figura D.8 – Ejemplo de concentrador de membrana tensionada

Dentro de cada grupo existe un gran abanico de posibilidades, entre los cuales tendremos que elegir cuál es el que mas favorecerá a nuestra instalación.

Los factores que afectan la irradiación son:

- Las condiciones atmosféricas.
- La época del año.
- La orientación de la superficie captadora.

Tenemos una media de irradiación diaria de unos 2573 W/m^2 , pero para que siempre funcione, se deberá calcular con la mínima insolación, que corresponde a 1229 W/m^2 .

Se desea obtener del concentrador 64 kWt en todo momento para que el receptor produzca los 25 kWe.

En la tabla de la página siguiente se indican los diferentes concentradores que nos ofrece actualmente el mercado, con sus características.

El más adecuado es el USS CSP aunque también se podrían utilizar el McDonnell o Vanguard I o el PDC-1 es full-surface Paraboloid concentrators. Su superficie es una parábola que concentra toda la energía solar en un punto. Se creó para aplicaciones eléctricas (ideal para el proyecto que se desarrolla). Mientras que el resto son "Glass-Faceted Concentrators". Aunque estos tienen una alta concentración, también son pesados y caros por lo que se usará el USS CSP.

	kWt	kWt (2.573 W/m ²)	kWt min.	kWt máx.	A _{app.}	Area Proyectada
Jet Propulsion Laboratory	62	199,4075	95,2475	308,3725	10,7	89,4
Vanguard I	76,4	196,5772	93,8956	303,9956	10,57	86,7
McDonnell	75	192,975	92,175	298,425	10,57	87,7
PDC-1	72,5	186,5425	89,1025	288,4775	12	
Acurex 15-m	162	416,826	199,098	644,598	15	
Schlaich 17	178,6	459,5378	219,499	710,6494	17	
Schlaich 7,5	36,2	93,1426	44,4898	144,0398	7,5	44,18
Solar kinetics 7	23,3	59,9509	28,6357	92,7107	6,6	34,1946
CPG-460	34	87,482	41,786	135,286	7,3	41,5
DOE		70			10,4	84,8
HTC	6,7	21,548875	10,2929	33,324125	14	20
USS CSP	75	185	90	300	25	

Tabla D.5 – Características de los colectores disponibles en el mercado

ANEXO E:

ANÁLISIS DE LA
TECNOLOGÍA

ÍNDICE

ANEXO E – ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA:

E.1 – DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	286
E.2 – COMPONENTES DEL SISTEMA.....	287
E.2.1 – Concentradores Solares Disco Parabólico	287
E.2.2 – Sistema De Control De Segimiento Del Sol (Tracking).....	292
E.2.3 – Receptor	294
E.2.4 – Motores Stirling.....	299
E.2.4.1 – Ciclo Stirling.....	299
E.2.4.2 – Sistema De Refrigeración	301
E.2.4.3 – Controles	301
E.3 – EFICIENCIA EN CASO REAL	302
E.3.1 – Introducción	302
E.3.2 – Medida De La Energía Del Sistema	305
E.3.3 – Eficiencia De Los Componentes.....	306
E.4 – CONCLUSIONES.....	307

E.1 – DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Los sistemas de Disco Stirling son pequeños equipos de generación de energía que convierten la energía térmica de la radiación solar en energía mecánica y luego en energía eléctrica.

Los mismos utilizan un conjunto de espejos para reflejar y concentrar la radiación proveniente de los rayos del sol en un receptor, con el fin de alcanzar las temperaturas necesarias para convertir eficientemente el calor en trabajo dentro del ciclo del motor Stirling.

La radiación solar concentrada es absorbida por el receptor y transferida al absorbedor del motor. Esto exige que el plato siga la trayectoria del sol en dos ejes, dado que la radiación que utilizamos solamente es la directa, descartándose en el cálculo la componente difusa de la irradiación.

Los sistemas disco motor se caracterizan por una gran eficacia, modularidad, funcionamiento autónomo, y una inherente capacidad híbrida (la capacidad para operar con energía solar o con combustible fósil (gases), o ambas cosas).

De todas las tecnologías solares, los sistemas Disco Stirling han demostrado el más alto coeficiente de conversión en determinadas condiciones de energía solar a eléctrica (29,4%), y por tanto, el potencial para convertirse en una de las menos costosas fuentes de energía renovables.

La modularidad y el tamaño de generación del sistema le permite operar de manera individual para aplicaciones remotas, o agruparse en pequeños grupos y conectarse a la red (pequeños poblados o granjas).

Una de las ventajas de los sistemas Disco Stirling es que pueden funcionar también con un combustible fósil para proporcionar energía las 24 horas, conectando por ejemplo un quemador de gas al receptor, en algunos casos también es factible el consumo híbrido del sistema.

Actualmente ésta tecnología se encuentra en la etapa de desarrollo y los desafíos son la determinación de los componentes más idóneos para trabajar con energía solar y la obtención de un motor Stirling comercial capaz de funcionar con las variaciones de la energía del sol.

E.2 – COMPONENTES DEL SISTEMA

Describiremos los componentes de un sistema Disco Stirling y sus aplicaciones posibles dentro de la tecnología actual.

Básicamente un sistema Disco Stirling consta de los siguientes componentes:

- a. Concentradores solares parabólico.
- b. Sistema de seguimiento del sol.
- c. Intercambiador de calor solar (Receptor).
- d. Motor Stirling con generador eléctrico.

E.2.1 – CONCENTRADORES SOLARES DISCO PARABÓLICO

Los sistemas Disco Stirling utilizan concentradores solares que realizan el seguimiento del sol en dos ejes. Estos concentradores poseen una superficie reflectante que, ya sea de metal, de vidrio o de plástico, que refleja la radiación solar directa incidente en una pequeña región llamada foco, o zona focal.

El tamaño del concentrador solar para los sistemas Disco - Stirling está determinado por el motor utilizado, su receptor y las condiciones de radiación directa de la zona de su instalación.

En definitiva dependerá tanto de la potencia nominal como de la energía a generar en un periodo de tiempo para unas determinadas condiciones de radiación solar y rendimientos asociados de los elementos que constituyen el sistema.

Los concentradores utilizan superficies reflectantes de diversos materiales, por ejemplo unos se realizan con planchas de plástico reforzado y con fibra de vidrio, las superficies de reflexión más duraderas han sido espejos de plata y vidrio, similares a los espejos decorativos utilizados en el hogar.

Como los discos concentradores tienen longitudes focales cortas, se necesitan espejos de cristal relativamente delgados (espesor de aproximadamente 1 mm) para poder conseguir las curvaturas requeridas.

Además, es deseable que el cristal posea un bajo contenido de hierro para mejorar su capacidad para reflejar la luz. Dependiendo del espesor y de los materiales que se utilicen, los espejos solares tienen rendimientos de reflexión en un rango del 90 a 94%.

Los intentos actuales de desarrollo de películas reflectantes poliméricas no han tenido un muy buen resultado debido a la rápida degradación de la capacidad de reflectividad de la película, dentro de períodos relativamente cortos.

El concentrador ideal es un paraboloide de revolución que es de muy difícil construcción desde el punto de vista de su mecanizado, para que la

tolerancia de su construcción asegure que todos los rayos se concentren en la superficie del receptor

Algunos concentradores solares aproximan esta forma con múltiples espejos en forma esférica sujetos mediante una estructura apropiada.

El diseño tipo del concentrador óptico y su precisión determina el coeficiente de concentración sobre el receptor.

El coeficiente de concentración, se define como el flujo medio solar que atraviesa la apertura del receptor, dividido por la irradiación solar normal directa del ambiente, es típicamente más de 2000, lo cual permite obtener temperaturas de operación muy altas suponiendo que la óptica fuera perfecta .

El soporte de la superficie reflexiva es un paraboloide de revolución, aunque existen muchas formas de configuración de ese paraboloide, ya sea tratando de reproducir una superficie continua o directamente facetada lo cual simplifica su construcción pero aumenta las aberraciones ópticas.

El concentrador o superficie reflexiva se consigue a base de espejos de vidrio o de películas reflectantes.

Además de los discos de vidrio facetado soportado sobre metal, se han desarrollado prototipos con reflectante en primera o segunda superficie, sobre soporte metálico o polimérico, con curvatura conformada de modo permanente o controlable (por ejemplo vacío en los reflectantes de la membrana), etc.

A nivel óptico los más prometedores son los discos de membrana tensionada de una sola faceta, pero su excesivo costo los hace no competitivos en el mercado actual.

Actualmente se están utilizando otro tipo de estructuras más baratas, facetadas con una película superficial y por lo tanto más competitiva, a pesar de sacrificar parte del rendimiento óptico y su período de vida útil.

Los principales problemas técnicos a resolver, con relación al disco, son la adherencia de las películas reflectantes a la estructura, su conformado parabólico, la degradación de la superficie y la reducción de peso en la estructura.

Existen concentradores semi-comerciales donde se pueden analizar sus datos donde se aprecia que la estructura formada por láminas de cristal unidas presenta un peso menor del concentrador, lo que supondrá una estructura de la instalación más ligera y por lo tanto más barata.

Para tomar una decisión en base a cada tipo de diseño se deben considerar los aspectos de fabricación y su disponibilidad en el mercado, de su ingeniería y tecnología, la factibilidad del mantenimiento de la unidad y la resistencia estructural a cargas (viento).

En un primer análisis del cuadro superior se infiere que la estructura formada por láminas de cristal es la más adecuada ya que, como se afirmó anteriormente, es la más ligera y la que necesita un soporte que estructuralmente soportará cargas más ligeras, siendo además más fácil de fabricar que las estructuras de membranas, ya que es más fácil cortar y pegar cristales, que montar membranas en pesadas estructuras donde se necesita vacío entre ambas para conseguir la forma parabólica.

Otra ventaja que describen los fabricantes de estructuras compuesta por láminas de cristal, es la forma en la que se transmiten los esfuerzos de la estructura, al resto de la superficie reflectante, lo cual repercutirá

de una forma trascendental en la capacidad del sistema para reflejar la radiación solar.

Mientras que en la estructura con membrana los esfuerzos se transmiten a toda la estructura, haciéndola perder su forma característica y concentrando la radiación solar con aberraciones.

En la estructura formada por láminas de cristal, los esfuerzos internos no se transmiten a las láminas contiguas de una manera tan efectiva, por lo que en conjunto la estructura se deforma menos, manteniendo una mayor efectividad en la concentración.

Otro tipo de construcción del concentrador, como se observa en la foto es prototipo SES (Stirling Energy System) americano, apuesta claramente por la modularidad en el concentrador con espejos cóncavos con diversos objetivos: reducción de los esfuerzos internos, mejora en el ensamblaje, facilita el mantenimiento. Dando un enfoque diferente a lo utilizado en el mercado europeo, sacrificando área del concentrador.

En lo referente al cálculo de la “estructura soporte” debemos destacar que es necesario conocer los esfuerzos internos producidos en la estructura por la sujeción del motor Stirling, de alrededor de 450 kg de peso a aproximadamente 5-9 metros del concentrador.

Se deberán estudiar los esfuerzos a consecuencia de las deformaciones provocadas en la estructura por las elevadas temperaturas y los efectos del viento sobre la estructura.

Las fracciones interceptadas de la concentración, que se definen como el porcentaje del flujo de energía solar reflejada a través apertura del receptor, son por lo general más del 85%.

E.2.2 - SISTEMA DE CONTROL DE SEGUIMIENTO DEL SOL (TRACKING)

El sistema disco parabólico necesita ubicarse constantemente de tal forma que los rayos de la radiación directa del sol estén paralelos al eje de la parábola para lograr esto se debe realizar el seguimiento en dos ejes de la posición del sol y actualmente éstos sistemas se puede dividir en de tres tipos:

1. Seguimiento de elevación - acimutal,

El disco concentrador está asentado en un plato que gira en un plano paralelo a la tierra (acimut) y en otro plano perpendicular a ella (la altitud). Estos sistemas proporcionan al colector la capacidad de rotar a izquierda / derecha y arriba / abajo mediante el uso de un pequeños servomotores.

El valor de la velocidad de rotación varía a lo largo del día, pero se puede calcular fácilmente, en la mayoría de los sistemas disco Stirling más grandes pesados utilizan este método de seguimiento, mediante un algoritmo de un programa de computación.

2. En el método de rastreo polar

El disco concentrador gira en torno a un eje paralelo al eje de rotación de la tierra y se realiza su seguimiento en coordenadas polares, en la actualidad sólo se utiliza en sistemas de pequeño porte, debido a las cargas a soportar de la estructura en una sola columna.

El movimiento en un eje es muy lento, pues sólo debe seguir las variaciones estacionales del sol, y el movimiento en el otro eje es a

velocidad constante.

3. Métodos modernos

En la actualidad en los sistemas de mediano y gran porte utilizan un sistema mejorado del método “Seguimiento de elevación – acimutal” donde se corrige la traza preestablecida utilizando un sensor de seguimiento que determina la orientación hacia el sol.

La diferencia radica que en lugar de solo con un programa de computación, la posición del sol se corrige en correcciones pequeñas mediante por un sensor de seguimiento por cada uno de los ejes.

Los sistemas de seguimiento evolucionaron del seguimiento polar a seguimiento en acimut-elevación.

Mientras que el sistema de seguimiento polar es más sencillo desde el punto de vista constructivo, y recoge más radiación, el segundo es más fácil de controlar.

Con una computadora central se calcula la posición del sol en cada instante y se transfieren esos datos al sistema que controla el posicionamiento del disco y tiene la ventaja que se pueden controlar de manera automática varios discos parabólicos con únicamente una unidad de control.

Otra ventaja de este nuevo tipo de sistema de seguimiento es que permitió reducir los costos totales del sistema de una forma considerable.

E.2.3 - RECEPTOR

El receptor es quien realiza la conexión térmica entre el concentrador y el motor Stirling.

Tiene dos tareas fundamentales:

- Absorber la radiación solar reflejada por el concentrador.
- Transmitir esta energía absorbida al motor Stirling en forma de calor con las mínimas pérdidas.

Los receptores empleados en los discos parabólicos de alta temperatura son receptores de cavidad, en los que la radiación concentrada entra por una apertura (situada en el foco del paraboloide) incidiendo posteriormente sobre el absorbedor. De esta forma se consiguen disminuir las pérdidas reflectivas y convectivas, así como homogeneizar el flujo radiante incidente sobre el absorbedor y reducir su valor máximo.

Actualmente existen dos tipos de receptores utilizados en sistemas Disco Stirling:

- Receptores de tubos de iluminación directa (DIR)
- Los receptores de reflujo.

a. Receptores de tubos de iluminación directa

Los receptores directamente iluminados permiten una adaptación directa del calentador de los motores Stirling convencionales. En estos receptores el absorbedor está formado con un haz de tubos por donde circula el fluido de

trabajo del motor (helio, hidrógeno o aire) altamente presurizado (5-20 MPa). La radiación incide directamente sobre estos tubos y es transformada en energía térmica y transmitida al fluido de trabajo.

Las altas temperaturas de trabajo de estos absorbedores (del orden de 800°C) dificultan el empleo de recubrimientos selectivos por el solape de la radiación emitida y absorbida.

Un inconveniente de estos receptores es la falta de uniformidad en el flujo de radiación incidente en la superficie del absorbedor, lo cual trae como consecuencia que la temperatura en los tubos absorbedores presente zonas de altos valores, limitando por tanto la máxima temperatura del fluido de trabajo para evitar sobrepasar la máxima temperatura permitida en los materiales.

En el proyecto Eurodish, se desarrolló un receptor de tubos que se conecta directamente a las cabezas de los cilindros del motor Stirling.

El receptor consiste en unos tubos delgados, de aproximadamente 3mm de diámetro, los cuales son muy resistentes a temperaturas elevadas (receptor de tubos directamente iluminados).

Forman un área prácticamente cerrada que es la cara absorbente donde en su interior se ubican la serie de tubos receptores.

Además de la cara absorbente de radiación solar, el receptor híbrido está equipado con un quemador de gas.

De esta forma, el motor Stirling puede operar cuando existe baja irradiación directa por está cubierto por nubes, por pasaje transitorios de nubosidad o incluso durante la noche para mantener la generación en zonas aisladas.

El sistema disco Stirling híbrido tiene la ventaja de estar disponible las 24 horas del día y ser más homogénea su marcha por mantener siempre una temperatura constante en el receptor.

b. Receptores de reflujo

Los receptores de reflujo, hacen uso de un fluido intermedio, y consiguen transmitir la energía al motor Stirling de una manera uniforme en toda su superficie, lo que provoca un mejor funcionamiento, a costa de una pérdida importante de la energía recibida por el sistema receptor.

Los receptores de reflujo utilizan habitualmente sodio líquido que se distribuye a través de la superficie receptora del flujo de energía.

El sodio absorbe este calor entrante, evaporándose y subiendo hasta el intercambiador de calor, donde tras ceder gran parte de la energía que contiene al gas de trabajo del motor, condensa volviendo a caer acumulándose en la piscina de sodio, desde donde se distribuye posteriormente a la superficie receptora por capilaridad.

El principal problema con el que se enfrentan este tipo de receptores es la corrosión, que en los sistemas con disoluciones líquidas de sodio, cuenta con dos principales mecanismos iniciadores:

- Elementos metálicos transferidos a la disolución de sodio líquido.
- Elementos no metálicos en las aleaciones o en los componentes metálicos, que han retenido oxígeno en su estructura.

Además, si el sistema no está perfectamente aislado del exterior, cabe la posibilidad de que se introduzca oxígeno en el sistema.

El oxígeno aumenta la solubilidad de los metales en el sodio, acelerando los efectos de la corrosión. En aleaciones de hierro o níquel, el oxígeno provoca que en contacto con el sodio se formen procesos de corrosión, lo que provoca dos efectos indeseados:

- Erosión de los materiales hasta llegar a fallo crítico en funcionamiento.
- Aparición de capas de óxidos que empeoran las propiedades térmicas de los materiales, dificultando la transferencia de calor y reduciendo así la eficiencia del sistema.

Ventajas que tienen:

- La gran capacidad de transmisión del calor de los metales líquidos (hasta 800 W/cm²) permite desarrollar receptores más pequeños.
- Mediante la condensación de este metal líquido se consigue un calentamiento más uniforme del fluido de trabajo, y este se produce realmente a temperatura constante, lo que permite trabajar con temperaturas máximas del fluido de trabajo más cercanas a las máximas admisibles por los materiales.
- Permite el diseño independiente de receptor y motor, evitando los compromisos de diseño entre ambos que limitaban el rendimiento en el caso de los receptores de tubos directamente iluminados.
- Se facilita la hibridación del sistema con gas natural.

Se distinguen dos tipos de receptores de reflujo:

- Receptor de tipo “pool boiler”. En este caso hay una porción de metal líquido siempre en contacto con el absorbedor, donde se produce la evaporación del metal, que posteriormente se desplaza hacia el calentador del motor.
- Receptor de tubo de calor (heat pipe). En este caso el líquido metálico asciende por fuerzas de capilaridad por unos tubos situados en la parte posterior del absorbedor, de donde se evapora para ir a condensar en el calentador del motor. Las gotas de metal líquido condensan aquí y por gravedad caen al absorbedor donde comienzan a subir por capilaridad nuevamente. La reserva de metal líquido dentro del receptor es, en este caso, mucho más pequeña.

Al tener menor masa térmica presenta una respuesta más rápida a los transitorios y unas menores pérdidas térmicas durante los mismos. Además, es posible emplear este receptor para sistemas que implementen los dos tipos de seguimiento del sol comentados (acimut-elevación, polar declinación), mientras que el “pool boiler” sólo se presta fácilmente a su integración en el seguimiento acimut elevación.

La desventaja del receptor tubo de calor frente al “pool boiler” es la existencia de un mayor número de ciclos térmicos en motor y receptor durante días nublados, así como una mayor variación en la potencia de salida.

E.2.4 - MOTORES STIRLING

El ciclo Stirling es el ciclo termodinámico más eficiente para transformar calor en energía mecánica y luego con un generador en eléctrica.

Entre las características de un motor Stirling destaca que es un motor de combustión externa, dependiendo su funcionamiento del aporte de calor que se realice, con independencia del modo en que se genere dicho calor.

El motor Stirling casi no produce ruido o vibraciones y posee un ciclo de vida potencial extraordinariamente alto, ya que no hay contaminación

interna ni de los pistones, ni de los cojinetes, ni degradación del lubricante al no existir combustión.

El motor en un sistema Disco Stirling convierte el calor en energía mecánica, por la compresión de un fluido de trabajo cuando está frío, el cual se calienta durante la compresión y que, a continuación, se expande a través de una turbina o con un pistón para producir trabajo.

En estos sistemas disco-motor el calor también puede ser suministrado por un quemador de gas suplementario para permitir funcionamiento durante tiempo nublado y por la noche.

La producción eléctrica actual de los prototipos de sistemas Disco Stirling es entre 5 a 25 kWe máxima.

E.2.4.1 – CICLO DE STIRLING.

Los actuales motores de ciclo Stirling utilizados en sistemas solares de alta temperatura utilizan hidrógeno o helio como gas de trabajo a elevada

presión.

La temperatura de trabajo del gas puede llegar a sobrepasar los 700°C, y la presión alcanzada puede ser de hasta 20 MPa en modelos de alto rendimiento.

En el ciclo Stirling, el fluido de trabajo es alternativamente calentado y enfriado en procesos a temperatura constante y a volumen constante. Por lo general los motores Stirling incorporan un regenerador para conseguir una mejora de la eficiencia. El regenerador capta el calor durante la refrigeración a volumen constante y lo suministra cuando el gas se calienta a volumen constante.

En la versión más simple, un motor Stirling consiste en un sistema herméticamente cerrado con dos cilindros (cilindros de expansión y compresión) lleno de un gas de trabajo.

Los pistones de esos cilindros están conectados a un cigüeñal. Cuando el gas de trabajo en el cilindro de expansión (cilindro de trabajo) es calentado (por el sol), este se expande debido al aumento de temperatura, empujando el pistón hacia abajo generando potencia.

Parte de esa potencia se utiliza para empujar el fluido de trabajo caliente desde el cilindro de expansión hacia el cilindro de compresión.

Al pasar de un cilindro a otro el gas de trabajo atraviesa el regenerador donde la mayor parte de su calor es almacenado, donde existe un enfriador de gases refrigerado por agua.

Una vez que el gas de trabajo se encuentre completamente en el cilindro de compresión, este pistón sube debido a la inercia del cigüeñal, comprimiendo el gas de trabajo a baja temperatura, el gas vuelve al cilindro de trabajo reabsorbiendo el calor cedido en el regenerador.

Generador energía eléctrica

Estos generadores eléctricos son capaces de convertir la energía mecánica en electricidad con una eficiencia de alrededor del 94%, usualmente generan en corriente continua.

El sistema dispone de unos inversores que convierten la corriente continua en alterna. Ello permite emplear máquinas de corriente continua como generadores, pudiendo funcionar a régimen de giro variable, obteniendo más flexibilidad para adaptarse a la oferta y demanda de energía.

E.2.4.2 - SISTEMA DE REFRIGERACIÓN:

Los motores necesitan transferir al medio ambiente grandes cantidades de calor debido a sus capacidades estructurales y a su ciclo térmico.

Utilizan un radiador de fluido agua en ciclo cerrado para realizar el intercambio de calor entre el motor y la atmósfera, mediante termostatos regulan la temperatura del punto frío encendiendo y apagando el sistema.

E.2.4.3 - CONTROLES

Su funcionamiento autónomo se obtiene con la utilización de controladores electrónicos situados en el plato para el control de la función de seguimiento del sol y para regular el funcionamiento del motor en forma homogénea a pesar de la variación de la fuente caliente.

E.3 - EFICIENCIA DEL SISTEMA EN CASO REAL

E.3.1 – INTRODUCCIÓN

Analizaremos los aspectos operativos de un sistema Disco Stirling real, donde se analizarán las eficiencias del sistema en sus distintos componentes a los efectos de luego compararlos con la aplicación en el caso concreto de aplicación en nuestro país.

Se presenta resumen de un análisis detallado del sistema donde se mostrarán los resultados de las mediciones y modelización realizadas por el CNRS-PROMES (Centro Nacional Francés de Investigaciones) a una unidad de que genera entre 1 y 10 kW, para poder tener una idea razonable del comportamiento de estos sistemas en funcionamiento mediante el cálculo de su rendimiento.

En los sistemas Disco Stirling la energía solar recibida es concentrada y absorbida para producir energía eléctrica. Para ello, la luz incidente debe pasar por distintos componentes en los cuales se producen pérdidas.

En primer lugar la luz es reflejada por el concentrador hacia el punto focal. En dicho concentrador las principales causas de reducción de la energía producida son la capacidad de reflejar la luz del espejo y las zonas de sombra producidas por otros componentes estructurales.

Del total de la radiación reflejada desde el concentrador sólo una porción entra en la apertura de la cavidad, donde a su vez no toda la energía es absorbida por el receptor, ya que parte de ella es reflejada hacia las paredes de la cavidad.

Así pues, en las paredes calientes de la cavidad se producirán pérdidas por radiación y por convección.

La energía térmica se convierte en energía mecánica en el motor Stirling, donde las pérdidas más significativas se producen debido a la necesidad de refrigerar el motor y de evacuar el calor residual no aprovechado por el ciclo Stirling.

Otras pérdidas de eficiencia de menor importancia son las producidas por convección y radiación en las paredes del motor, debido a las altas temperaturas que alcanzan.

El generador convertirá gran parte de la energía mecánica en electricidad, disipándose el resto de la energía, obteniéndose el siguiente esquema teórico. La eficiencia general del sistema es cociente entre el valor la energía de eléctrica producida en el generador y la energía solar de entrada.

En primer lugar, para poder calcular la energía de entrada al motor se realizan mediciones precisas de las características ópticas de los distintos componentes.

El valor de dicha energía dependerá de consideraciones geométricas y de las condiciones del ambiente. Esta energía de entrada deberá ser igual a la suma de la energía térmica y mecánica de salida del motor Stirling, medidas en condiciones de estabilidad del sistema.

El comportamiento óptico del concentrador puede ser determinado con una medición del flujo de energía solar recibido por el sistema, por lo tanto la radiación concentrada que entra en la cavidad y la proporción de ella que golpea directamente el receptor puede determinarse con precisión, cuando la irradiación directa normal y el coeficiente de reflexión del concentrador son conocidos.

Las propiedades ópticas del material, y las geometrías de la cavidad y del receptor son conocidas, lo que permite una buena aproximación de la reflexión y de las pérdidas térmicas.

Dado que la eficiencia del generador eléctrico es conocida, la energía mecánica del motor Stirling puede deducirse, el motor es un Solo V 161 con cavidad receptora de iluminación directa, refrigerado por agua con radiador a la atmósfera, con una potencia eléctrica entregada entre 1 a 10 kWe.

La energía térmica disipada en el motor Stirling se puede conocer midiendo la temperatura del agua de refrigeración.

La eficiencia específica del generador eléctrico es del 92'5 al 94 %.

El área efectiva de la parábola teniendo en cuenta las zonas de sombra es de 52'9 m², mientras que la reflectividad media del espejo es del 92'5%.

El receptor solar está compuesto de una cavidad cilíndrica de cerámica de 30 cm de diámetro, con una apertura de 19 cm de diámetro por la que entra la radiación solar concentrada. El absorbedor tiene forma hexagonal y cuenta con 78 tubos de 3 mm de diámetro. Además, se encuentra situado en la parte inferior de la cavidad.

Modelización del receptor, los datos proporcionados por el modelo presentan gran importancia a la hora de analizar los rendimientos del sistema.

Se presenta el mapa del flujo solar en el plano focal para una irradiación normal directa de 1000 W/m² y un 92% de reflectividad del concentrador.

La apertura de la cavidad se sitúa en el plano focal y absorbe el

85% de la radiación solar concentrada que recibe.

La distribución de flujo medido en el plano focal.

En dicha figura se observa una distribución próxima a una distribución Gausiana. Dicha distribución tiene una forma prácticamente simétrica en ambos planos al situarse en el plano focal.

También es demostrable como la distribución de flujo recibida se vuelve mucho más dispersa y como aparecen una serie de máximos de temperatura en el plano del absorbedor, al alejarnos tan solo unos pocos centímetros del plano focal.

E.3.2 – MEDIDA DE LA ENERGÍA DEL SISTEMA.

Un sistema disco Stirling nunca funciona en régimen estacionario ya que las condiciones ambientales están en permanente cambio, para realizar las mediciones se consideró los momentos en los cuales las condiciones existentes eran lo más parecidas posibles a un sistema en equilibrio, con poca variación a lo largo del tiempo de medición.

Para reducir aún más el error, se realizaron promedios de los datos tomados cada 5 minutos (dichos datos fueron tomados el 19 de Enero de 2006, con un moderado nivel de insolación de alrededor de 900 W/m² y una baja temperatura ambiente de unos 5° C.

Para los cálculos se realizaron una serie de simplificaciones concernientes a la temperatura, a la distribución del flujo de calor y a la geometría del sistema.

Se realizaron hipótesis adoptadas en el cálculo de las pérdidas no

medibles experimentalmente.

Las propiedades del material de la cavidad y de los tubos del absorbedor dependen de la edad del material y de las condiciones ambientales (suciedad, formación de capas de óxido, etc).

Con un nivel de irradiación de 906 W/m² y una reflectividad del 92'5%, el disco suministra una potencia de 44'4 kW al conjunto en el que se sitúa el motor Stirling.

Cerca del 15% de la energía no consigue pasar a través de la apertura. Después de eliminar las distintas pérdidas, la energía térmica total transferida al gas de trabajo del motor Stirling se calcula en 31'6 kW, con un error de $\pm 4'3\%$.

E.3.3 – EFICIENCIA DE LOS COMPONENTES

Definiendo la efectividad óptica del concentrador como el producto de la fracción de área sin sombra de la apertura, de la reflectividad, y del factor de interceptación, se calcula dicha efectividad en un 74,4%.

La eficiencia del receptor, definida como la proporción de la energía térmica que pasa por la apertura y que llega al motor, se sitúa en el 84,5%.

La eficiencia del motor Stirling, cociente entre la energía térmica que se le suministra y la energía mecánica que proporciona es de un 39'4%, bajo las condiciones anteriormente mencionadas.

Este valor de eficiencia no puede ser aplicado en general, ya que como todos los motores térmicos, depende mucho de la diferencia de temperatura entre sus dos focos, siendo en este caso muy variable

con las condiciones atmosféricas.

Después de eliminar las pérdidas que se producirán en el generador, que se sitúan en torno a un 7'5%, y asumiendo que el sistema de seguimiento consume cerca de 100 W, la eficiencia global del sistema, o lo que es lo mismo, la cantidad de energía térmica transformada en energía eléctrica es de un 22'5%.

E.4 – CONCLUSIONES

La aproximación al balance de energía realizado por el NRCS, para este sistema Disco Stirling de 10 kW, mediante la medición de las entradas y salidas de energía del sistema, ayuda a comprender las pérdidas individuales en cada componente.

Como todas las mediciones tienen una precisión limitada, el error total del balance puede ser elevado.

El único error que podría ser despreciado es el del calor perdido en el refrigerante, error que fue determinado con un error del 4%.

El conjunto concentrador-apertura debe ser optimizado, siendo una de las principales líneas de investigación para el futuro, el 30% de la energía recogida por el concentrador no es transferida al motor Stirling.

Del análisis de las pérdidas en la apertura, hace pensar que el conjunto concentrador-apertura puede ser optimizado, siendo una de las principales líneas de investigación para el futuro.

Si nos centramos solo en la energía interceptada, el diámetro de la apertura debería ser aumentado en algunos milímetros pero esto tendría

una influencia negativa en las pérdidas por radiación y convección que se producen en la apertura.

Para reducir todas las pérdidas, la calidad óptica del concentrador debería ser mejorada, optimizando o cambiando el proceso de fabricación del concentrador, que en la actualidad es un conjunto de segmentos unidos, y que en el futuro se presentará como uno de los puntos clave a mejorar para aumentar la eficiencia del sistema.

ANEXO F

POSICIÓN DEL SOL RESPECTO A LA PARCELA

INDICE

ANEXO F – POSICIÓN DEL SOL RESPECTO A LA PARCELA:

F.1 – INTRODUCCIÓN	311
F.2 – ESTUDIO DE ORIENTACIÓN Y ELEVACIÓN	311
F.2.1 – Enero	312
F.2.2 – Febrero	314
F.2.3 – Marzo.....	316
F.2.4 – Abril.....	318
F.2.5 – Mayo.....	320
F.2.6 – Junio	322
F.2.7 – Julio	324
F.2.8 – Agosto.....	326
F.2.9 – Septiembre	328
F.2.10 – Octubre	330
F.2.11 – Noviembre	332
F.2.12 – Diciembre.....	334
F.2.13 – Configuración Final.....	336

F.1 – INTRODUCCIÓN

En toda instalación de una central Solar, ya sea fotovoltaica o térmica, es necesario conocer toda la información Solar posible de la zona.

Un dato esencial que se ha de conocer es la trayectoria del Sol en la parcela. Dado que la trayectoria del Sol varía día a día, sería necesario estudiarla los 365 días del año. Sin embargo, estudiando la trayectoria del Sol, el día 15 de cada mes, obtenemos una buena aproximación de la misma para cada mes.

Gracias a la herramienta que nos proporciona el sitio web www.sunearthtools.com podemos conocer la posición del sol en cada momento determinado, y de esta manera la orientación que deberemos programar en nuestro sistema automático de seguimiento solar.

La información Solar de la parcela que hemos estudiado, se engloba principalmente en tres variables:

1. Trayectoria Solar: necesaria para determinar la orientación del concentrador.
2. Elevación máxima Solar: necesaria para determinar el grado de elevación que hemos de configurar en el concentrador.
3. Insolación directa: necesaria para optimizar la generación de energía y determinar el diámetro que ha de tener el concentrador.

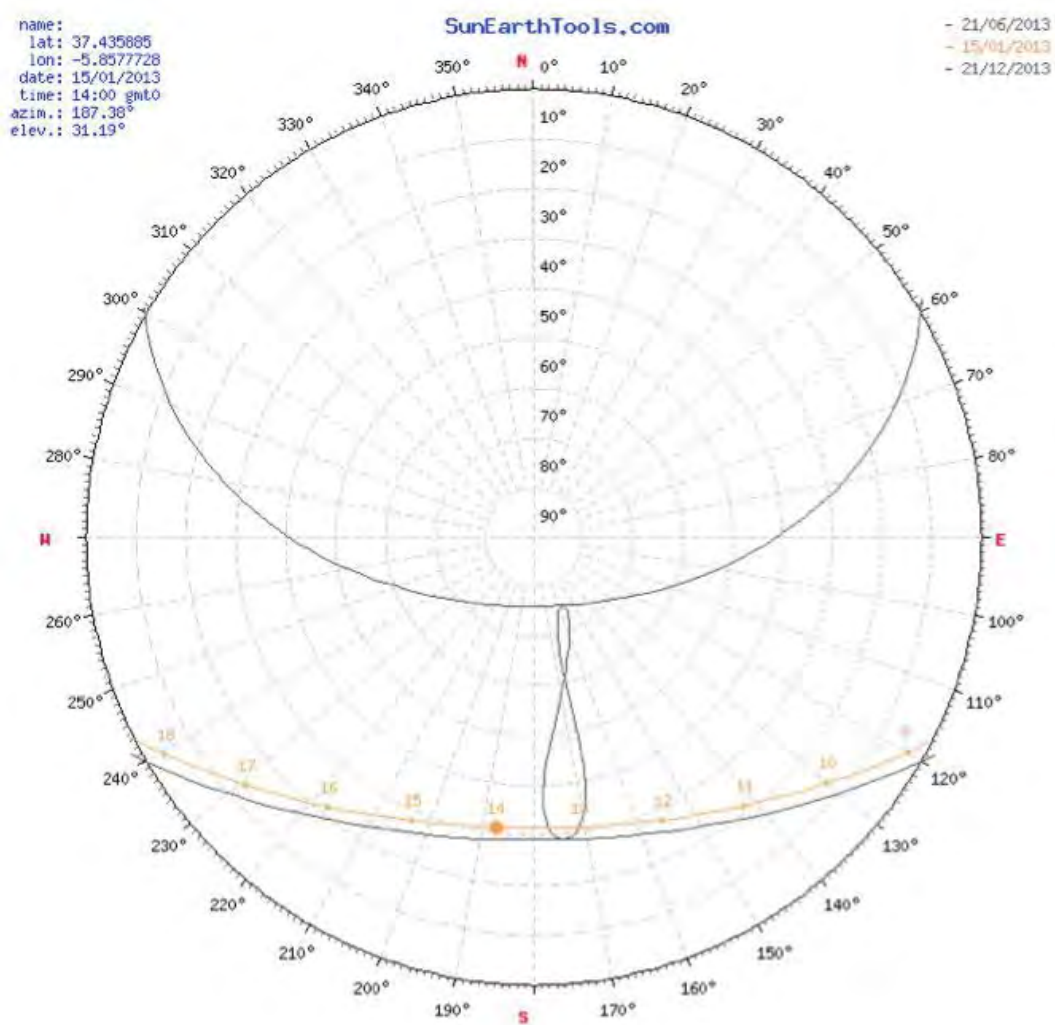
F.2 - TRAYECTORIA Y ELEVACIÓN SOLAR

A continuación se muestra para cada uno de los meses, gráficos en los que se puede ver la trayectoria solar y los valores de elevación solar en la parcela para cada hora del día.

F.2.1 - ENERO

Los datos que hacen referencia al mes de Enero, son del día 15 de Enero de 2013.

En cuanto a la orientación:

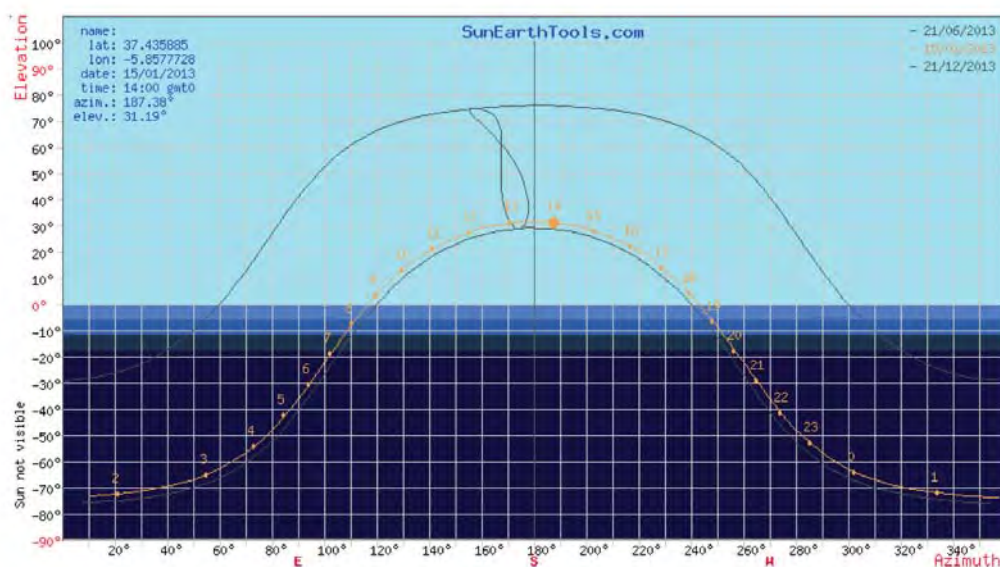


Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

En este caso, dado que el Sol sale por el Sureste y se pone por el Suroeste, deberemos orientar el concentrador hacia el Sur.

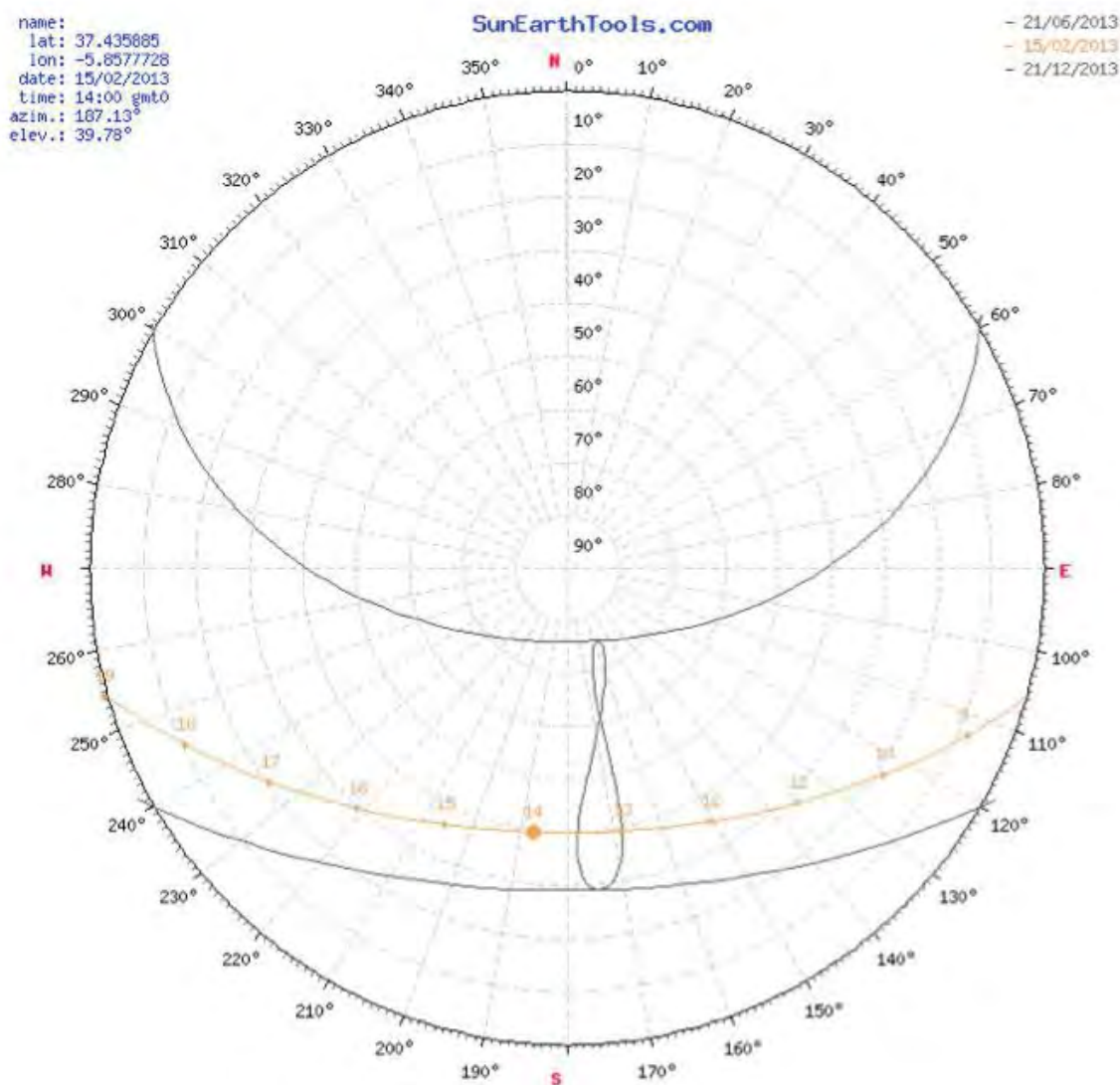
Referente a la elevación del concentrador:



Como se puede observar, la máxima elevación del sol durante el mes de Enero es de aproximadamente 30°, por lo que podemos determinar a priori que el concentrador tendrá una elevación de dicho valor.

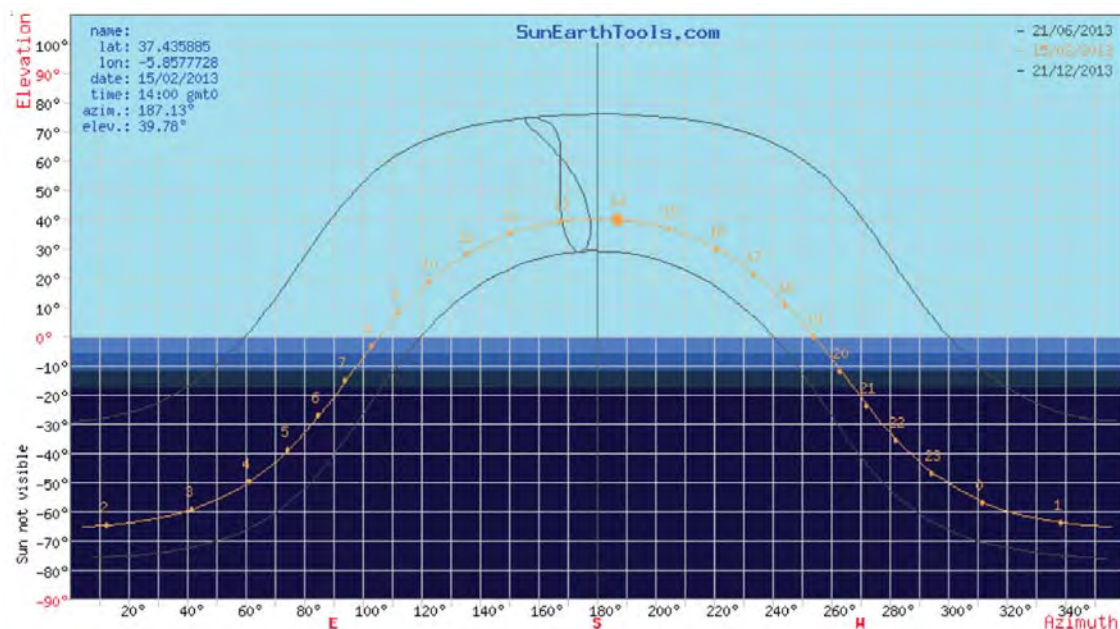
F.2.2 - FEBRERO

Los datos correspondientes a la orientación durante mes de febrero son los siguientes:



Continuaremos, por lo tanto con la orientación Sur, ya que el Sol sale por el Sureste y se pone por el Suroeste.

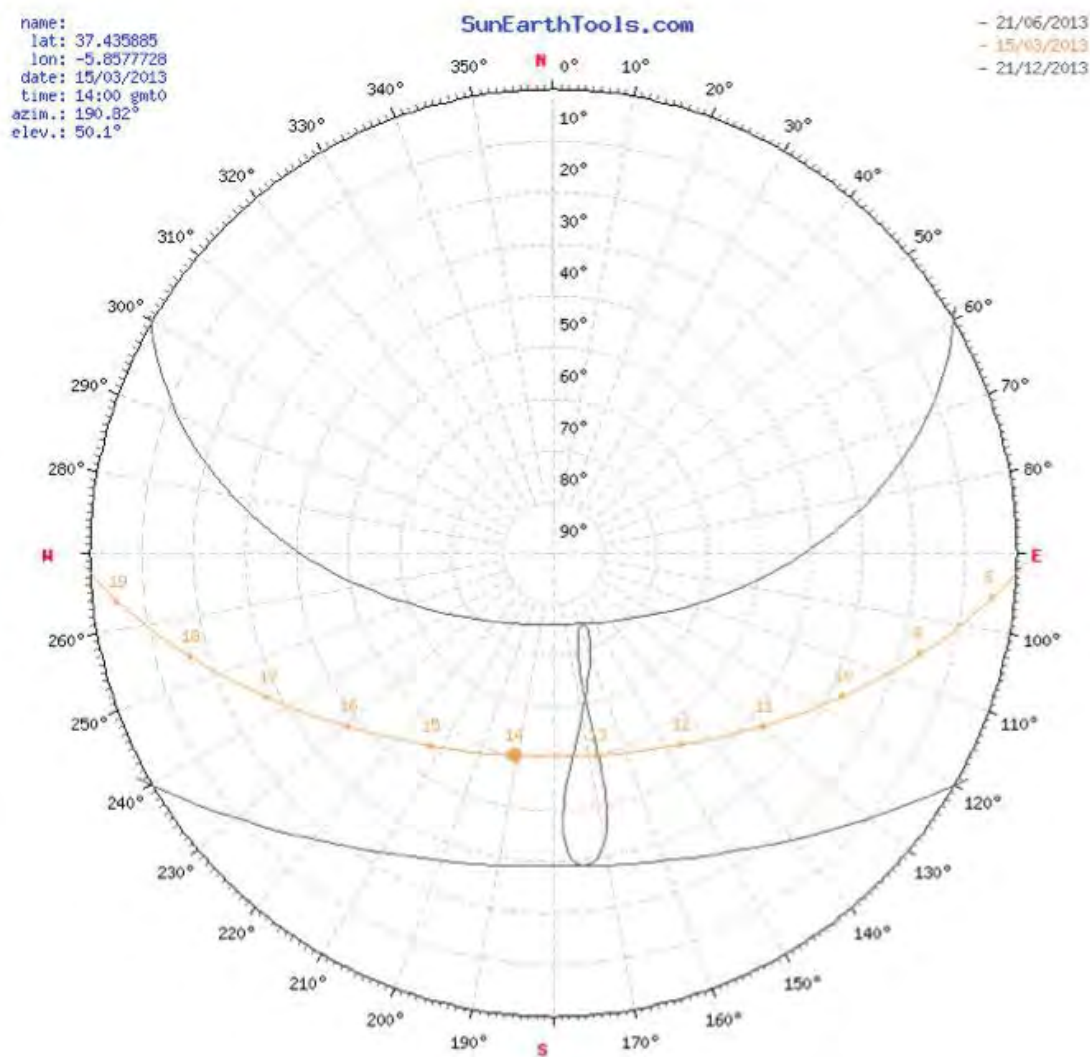
La gráfica de elevación solar indica lo siguiente:



En este mes la elevación máxima que va a alcanzar el sol, corresponde con una inclinación de hasta 40°, que será la inclinación que debemos configurar en nuestro sistema de seguimiento solar.

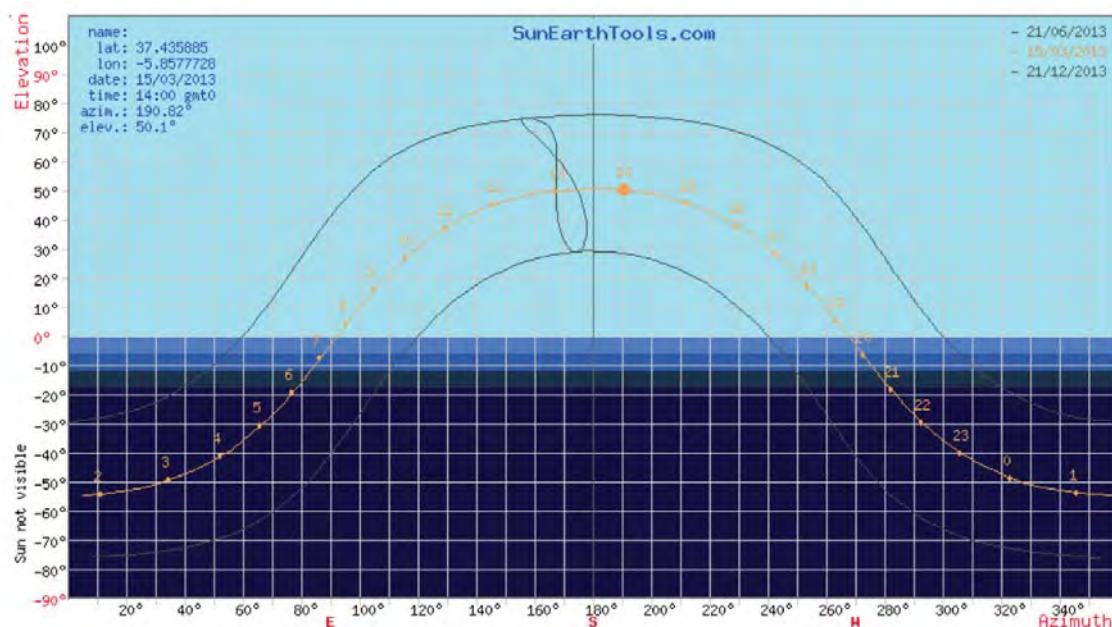
F.2.3 - MARZO

Respecto al mes de Marzo el software nos proporciona la siguiente información, por un lado la orientación:



Durante el transcurso de este mes mantendremos una orientación Sur del Concentrador

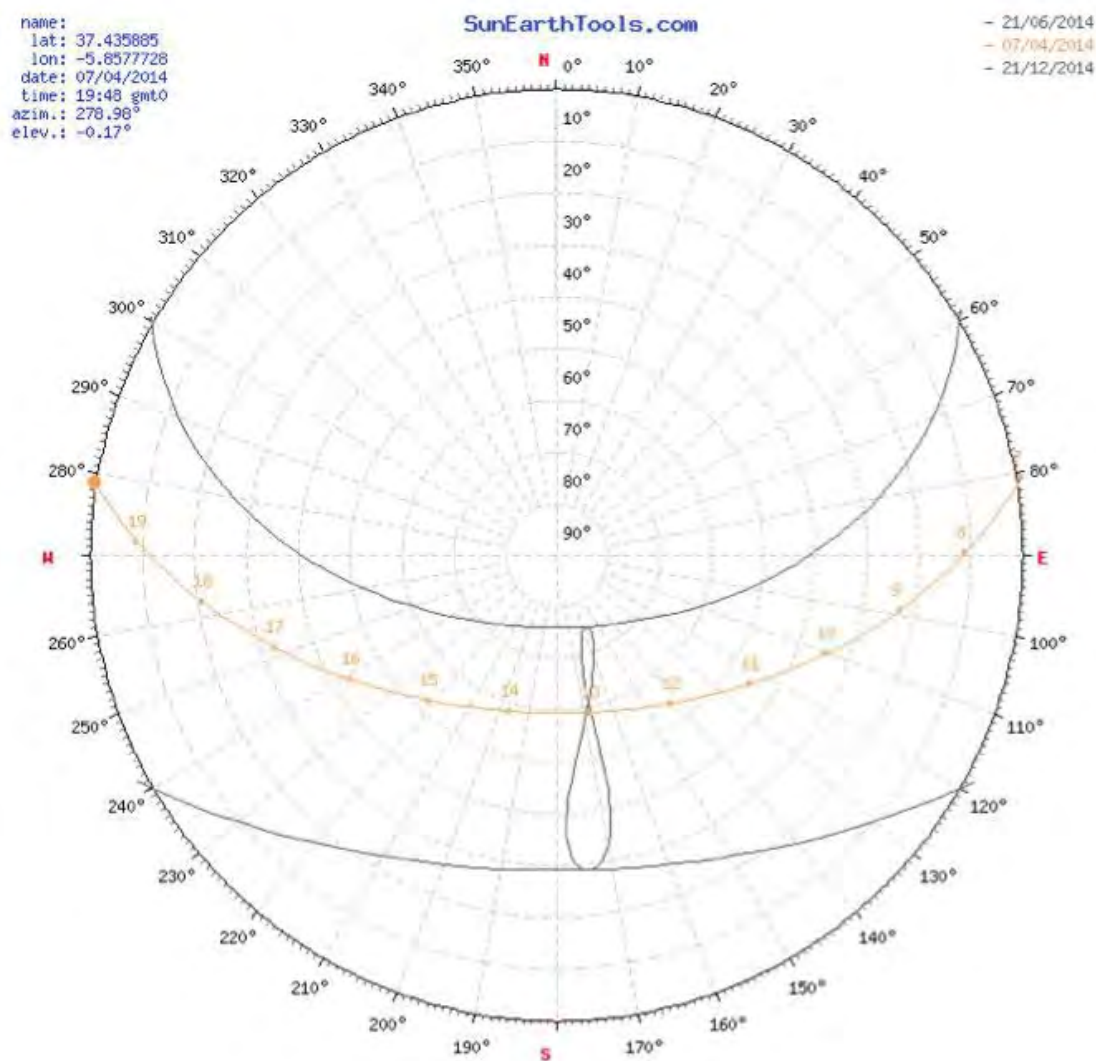
Los datos de elevación del sol:



La gráfica indica una inclinación solar de algo mas de 50° durante el mediodía a lo largo del mes de Marzo, configurando el concentrador con esta inclinación conseguiremos optimizar el rendimiento de nuestro generador.

F.2.4 - ABRIL

El software nos indica lo siguiente:

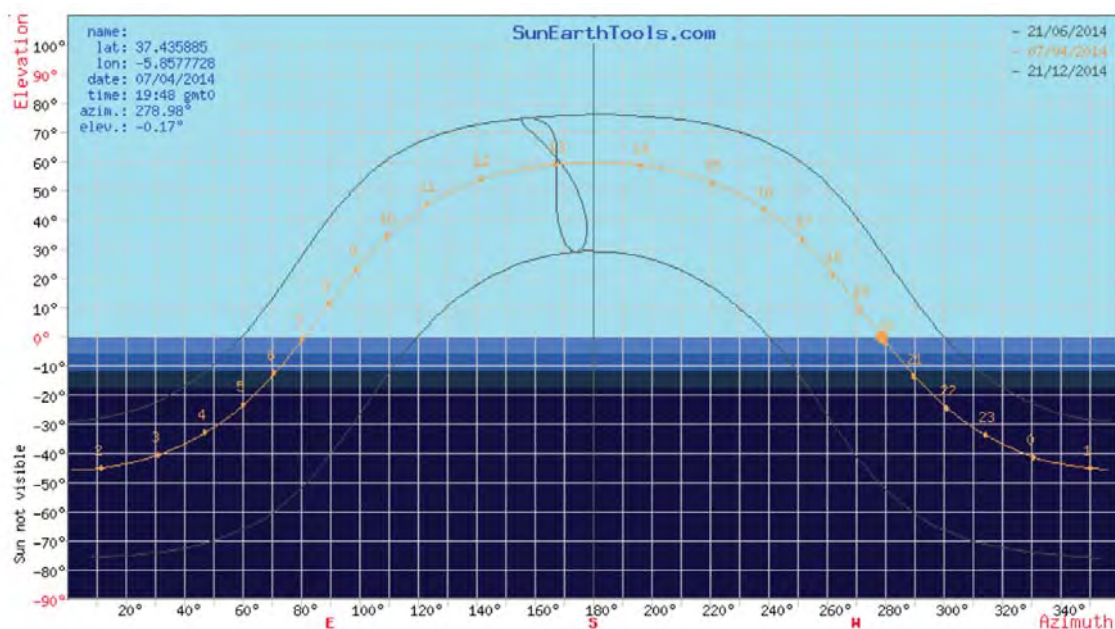


En este caso el Sol sale por el Noreste y se pone por el Noroeste, sin embargo, nuestra configuración será Sur, ya que en las horas de funcionamiento que nos interesan, el sol se sitúa en la orientación Sur.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

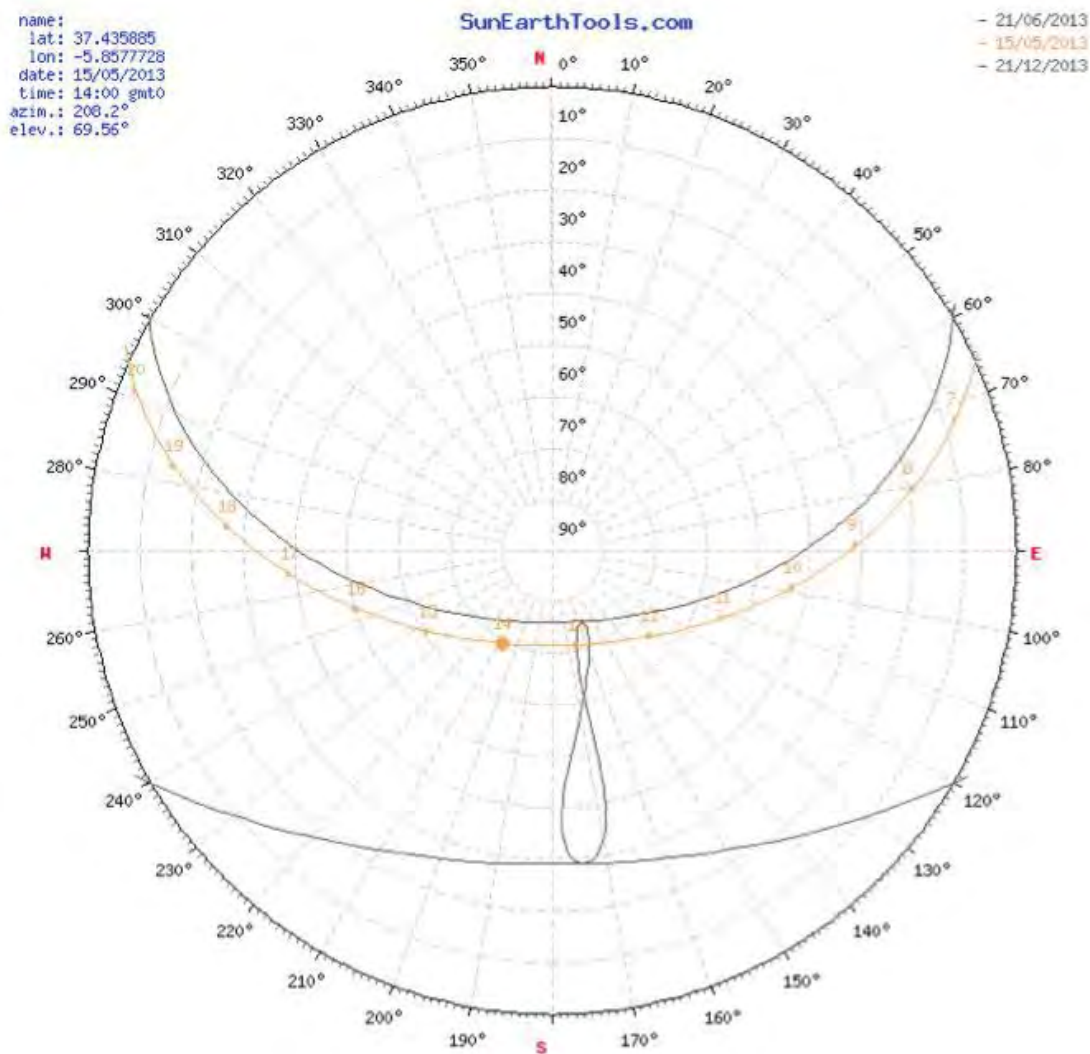
Juan F. Peraita Fernández

La elevación que deberemos introducir en el Sistema de Seguimiento Solar, será de hasta 60° como indica la figura mas abajo.



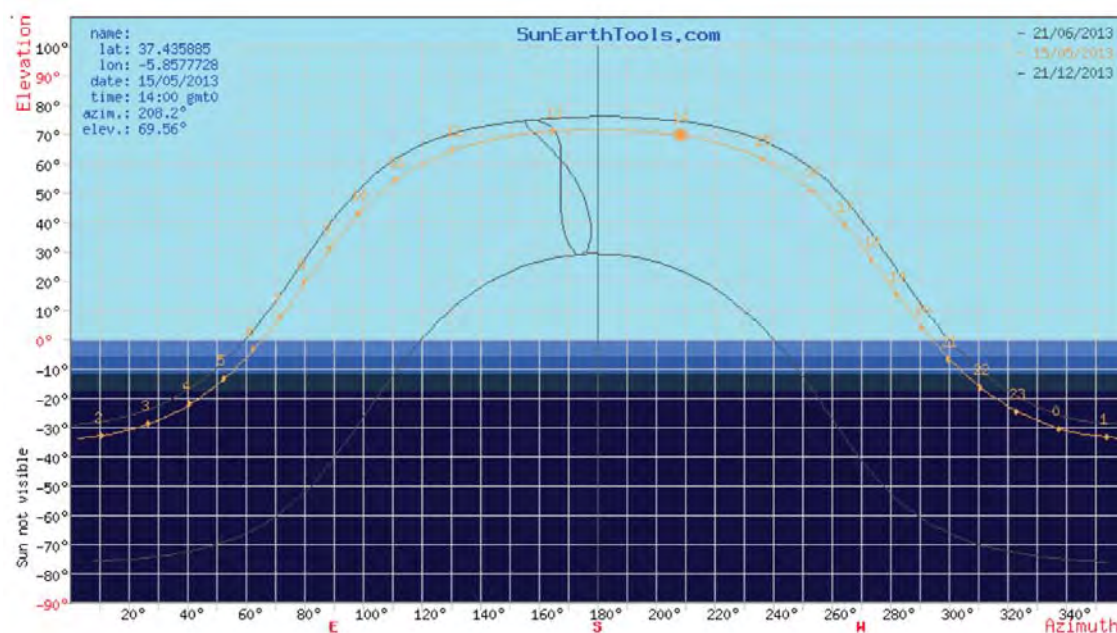
F.2.5 - MAYO

Disponemos de la siguiente información:



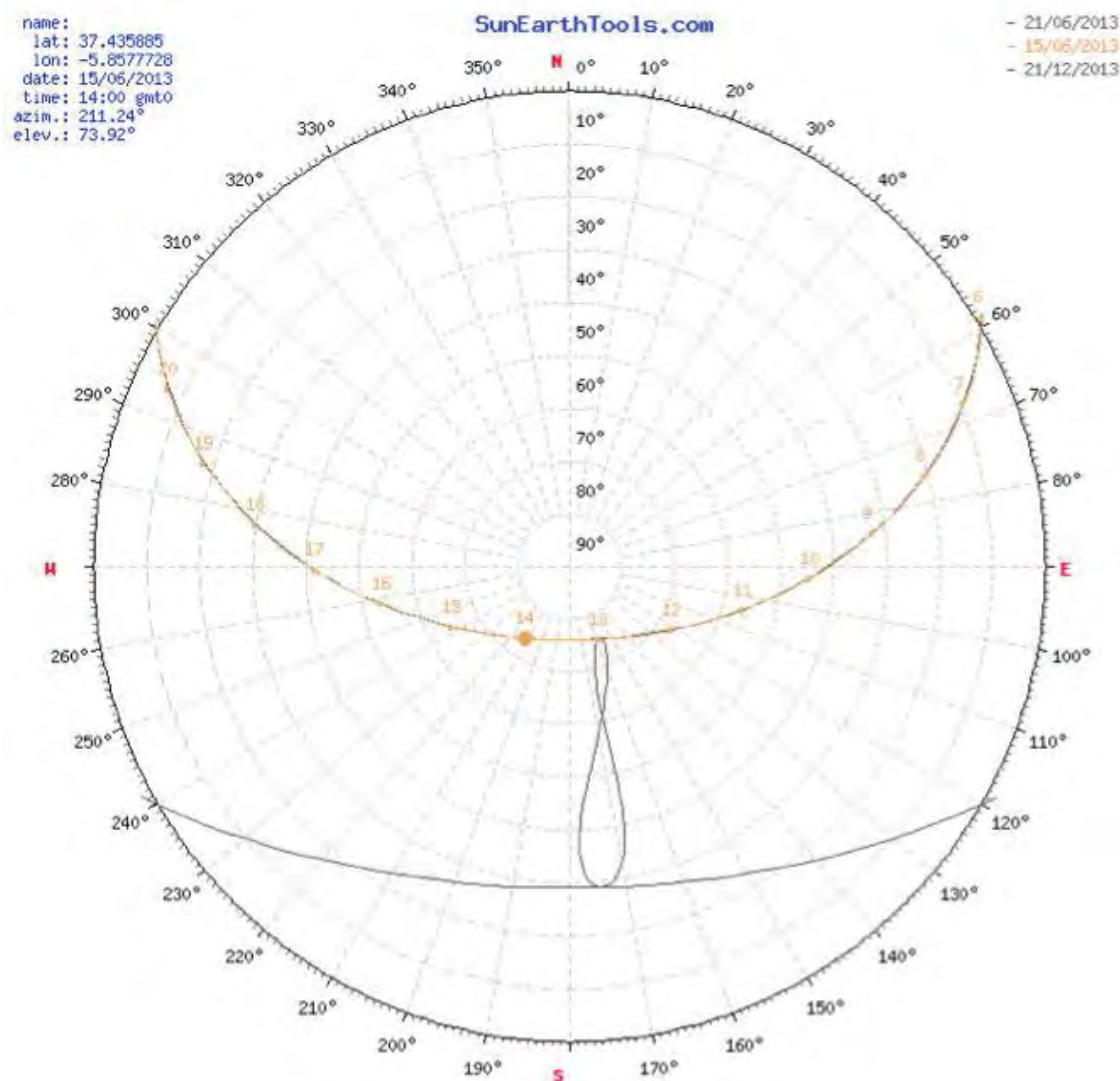
Cada vez que el Sol se va acercando más a la orientación Norte, y en este caso comenzamos a entrar en el límite, aunque mantendremos la orientación Sur, ya que de esta manera, el generador funcionará entre las 5:30 am y las 20:30, que son las horas punta de la radiación como se verá en este mismo anexo más adelante.

En la gráfica se puede apreciar una orientación desde los 0° de inclinación, hasta los 73°, el Sistema de Seguimiento Solar instalado deberá seguir esta trayectoria y así optimizar el rendimiento y los consumos de nuestro generador.



F.2.6 - JUNIO

La información referente a Junio se muestra en la siguiente gráfica:

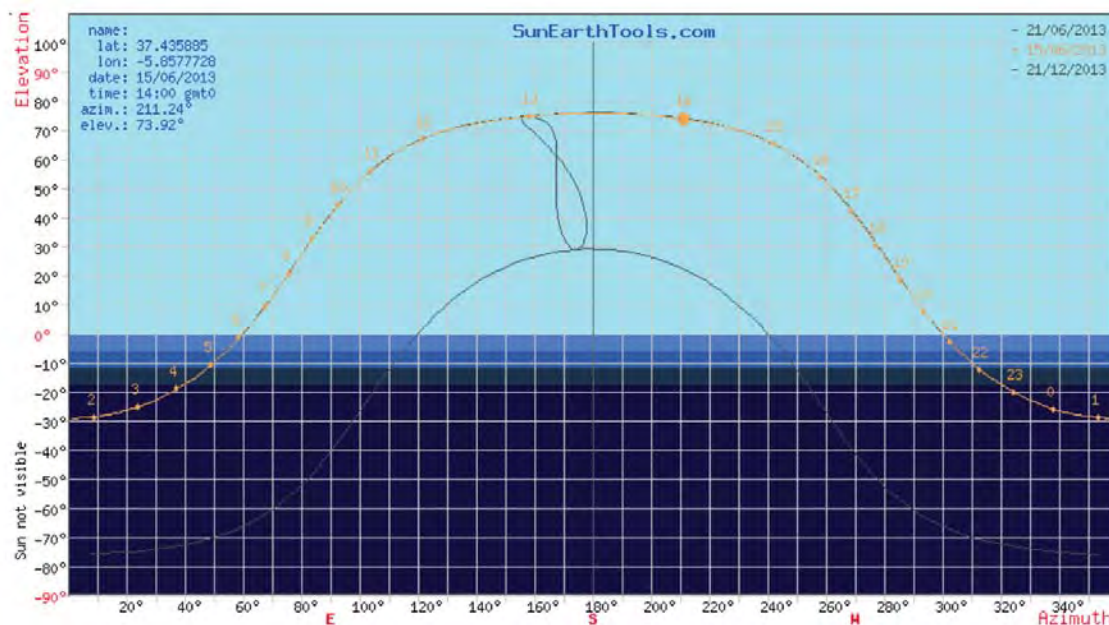


En este caso, en un primer momento podríamos pensar que sería necesaria una orientación Norte en determinados periodos del día, esto no será así ya

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

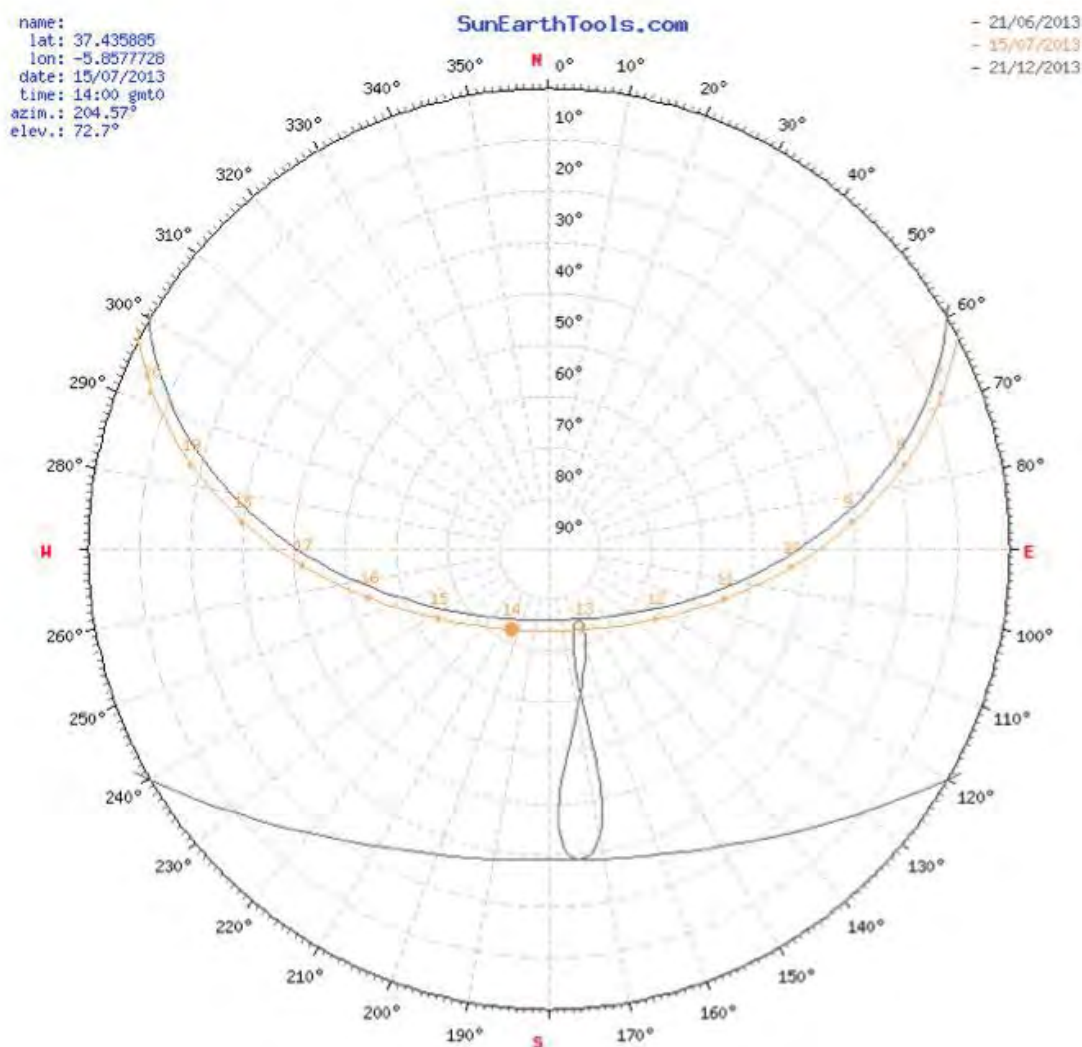
que como muestra la siguiente figura, con una orientación Sur, podremos abarcar desde las 6:00 am, hasta las 21:30pm.



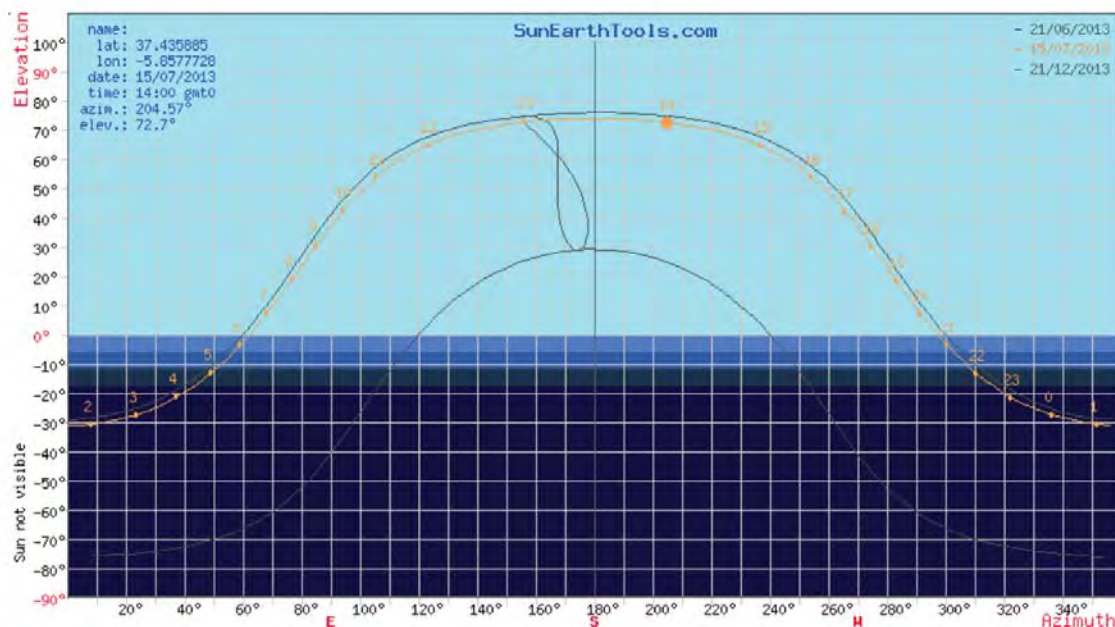
Llegaremos a elevaciones de casi 80° en la configuración del rastreador Solar.

F.2.7 - JULIO

Según nos indican las gráficas referentes al mes de Julio, la orientación y elevación del Sistema de Seguimiento Solar, será parecida a la diseñada para Junio, ya que las líneas de orientación/elevación son similares.



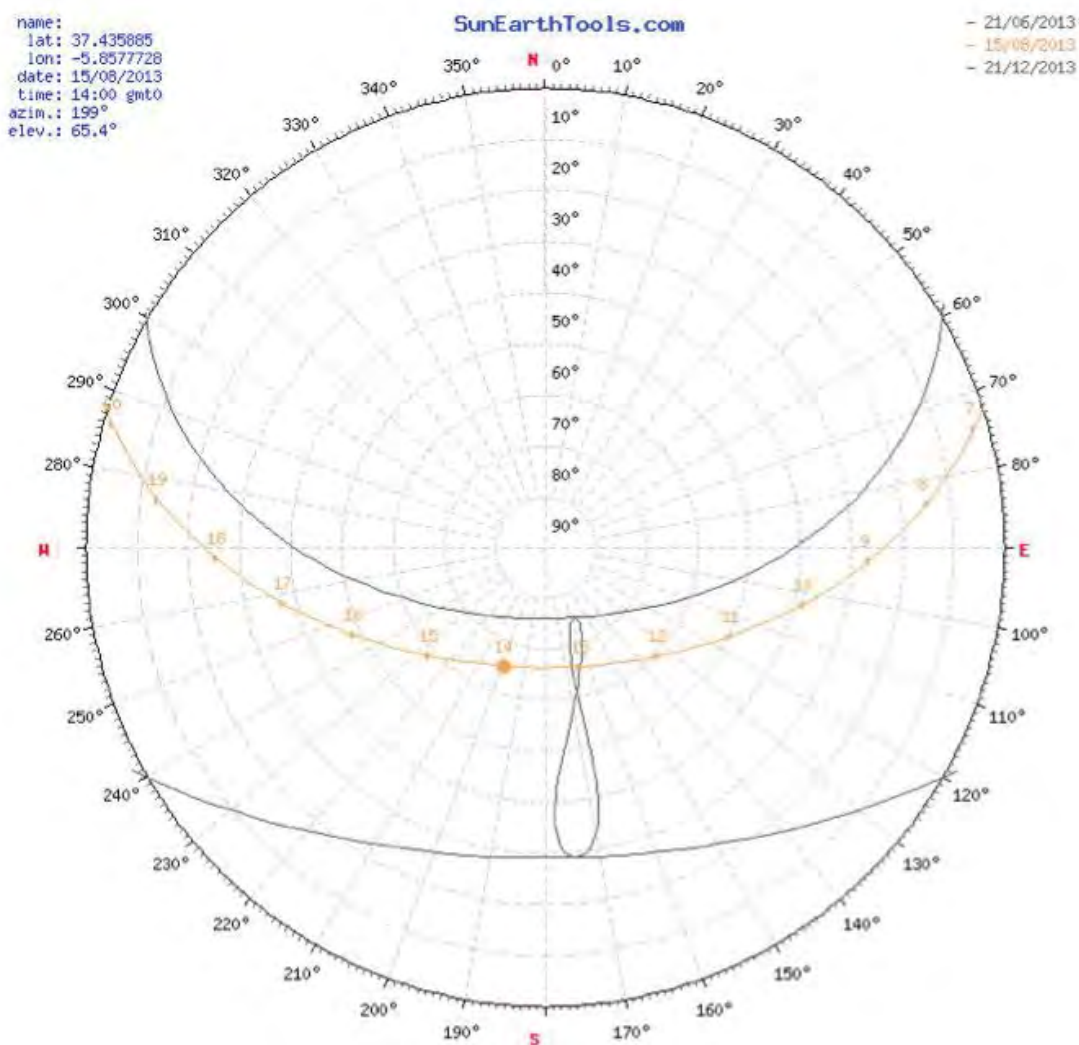
Manteniendo la orientación Sur podremos obtener un aprovechamiento térmico óptimo en un periodo de tiempo comprendido entre las 6:20 am y las 20:45 pm.



En la figura de elevación observamos como empieza a descender ligeramente la elevación, esto supone que la altura máxima del Sol a lo largo del año se encuentra comprendida entre los días 15 de los meses de Junio y Julio respectivamente.

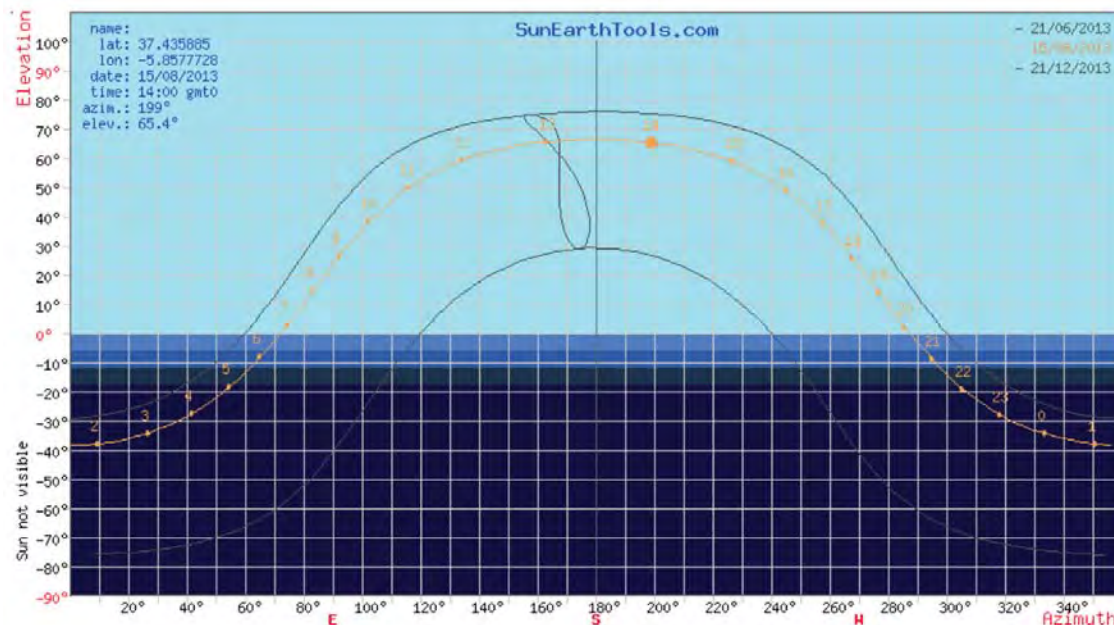
F.2.8 - AGOSTO

Observamos los siguientes datos:



Comienza un descenso mas acentuado de la orientación Solar, luego ya podemos asegurar que la configuración del concentrador Solar será Sur para todo el año.

La tabla de elevación revela lo siguiente:



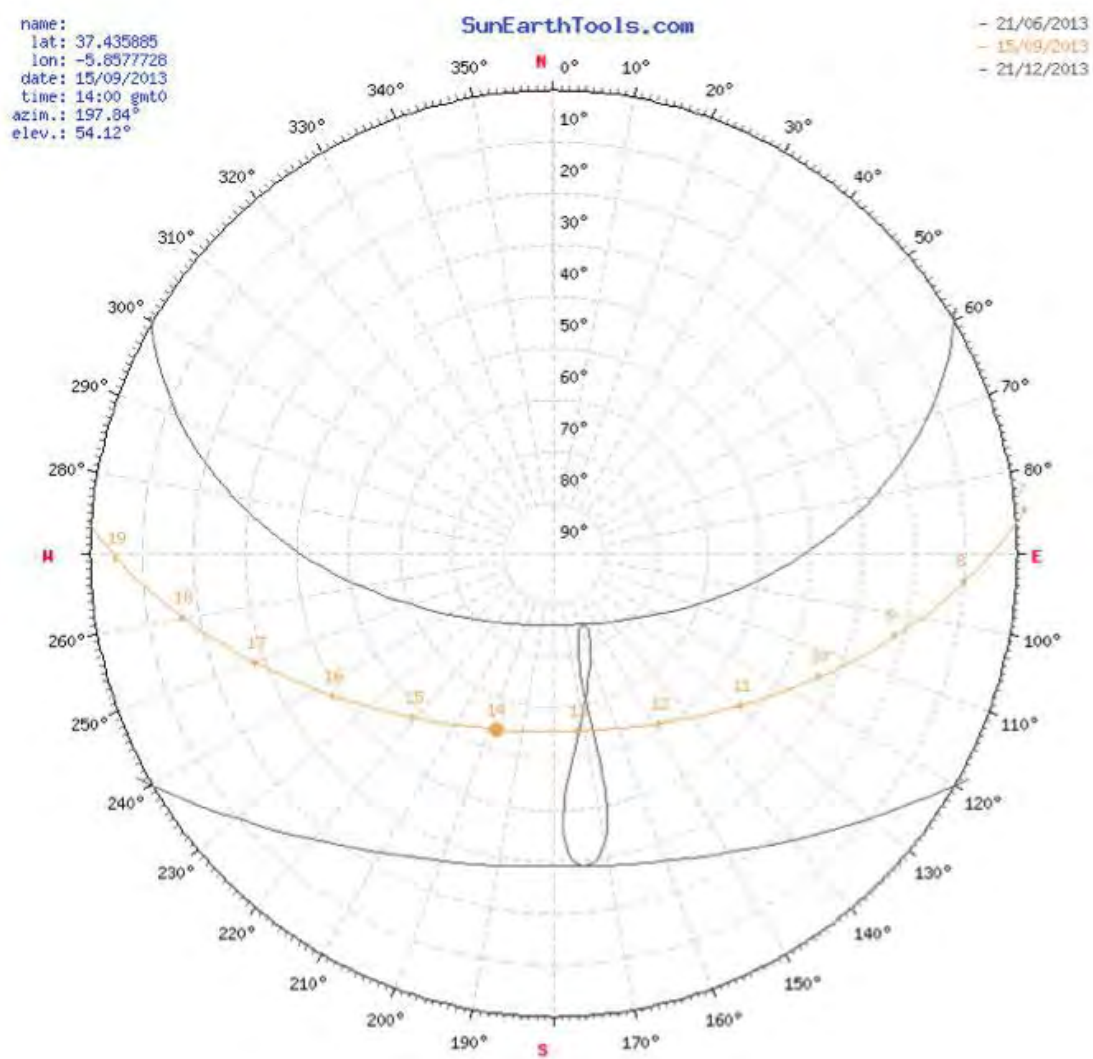
La elevación máxima del sol es casi 10 grados menor respecto al mes anterior, configuraremos nuestro concentrador con un ángulo de 65,4°.

A partir de aquí estamos en condiciones de asegurar que para los meses siguientes, será una situación simétrica a lo acontecido en los meses anteriores, ya que el ciclo solar es regular año a año.

En los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre se mostrarán solamente las figuras, resumiéndose posteriormente las características generales de las orientaciones y las elevaciones que deberemos entregar a la empresa encargada de proporcionar el software informático para nuestro concentrador.

F.2.9 – SEPTIEMBRE

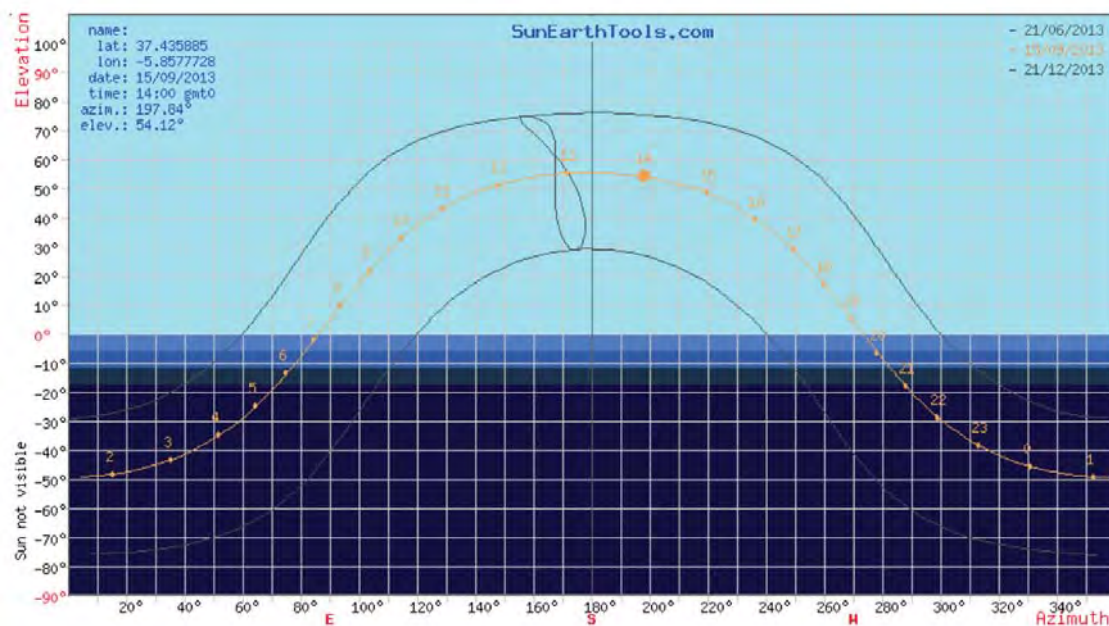
Diagrama de orientación:



Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Diagrama de Elevación:



F.2.10 - OCTUBRE

Diagrama de Orientación:

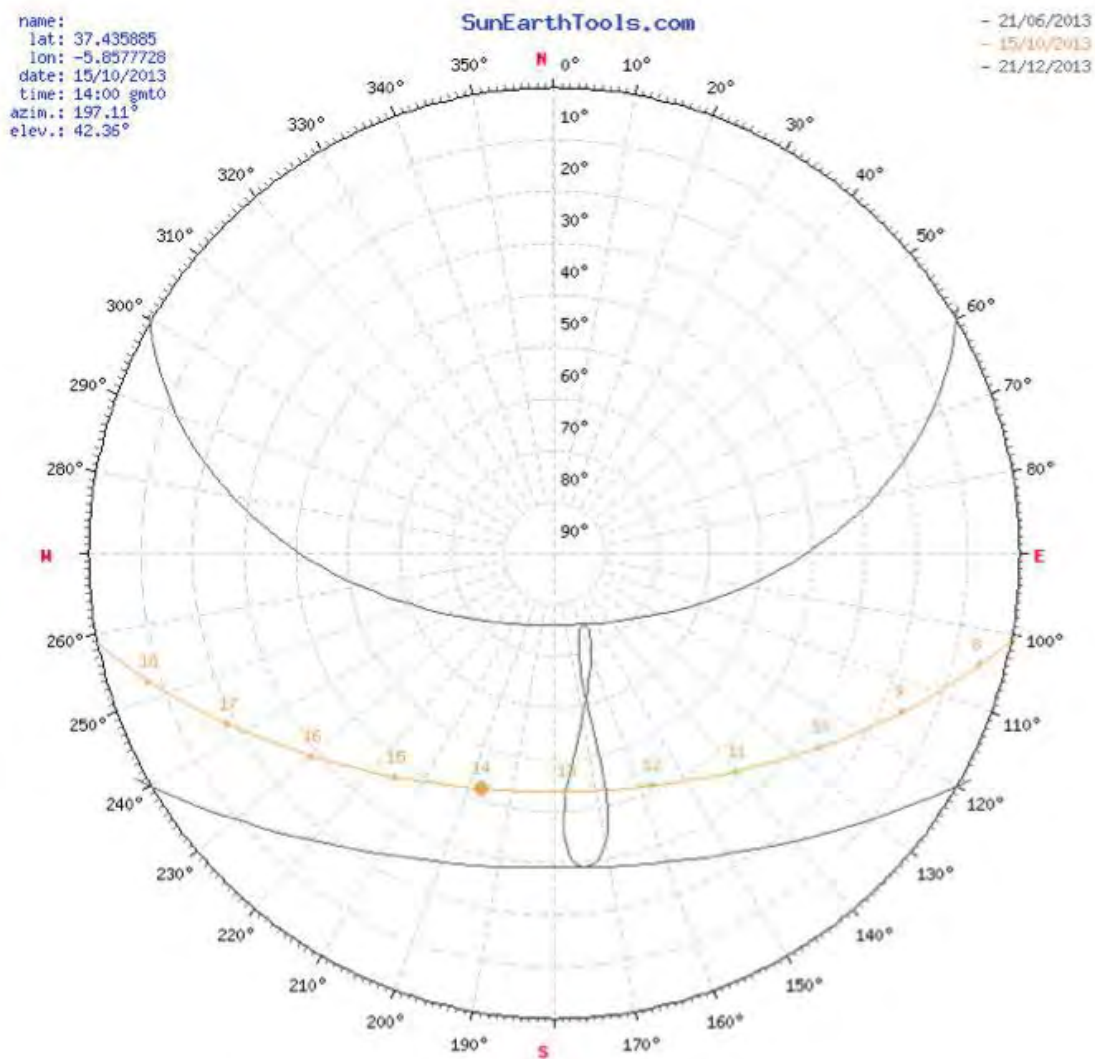
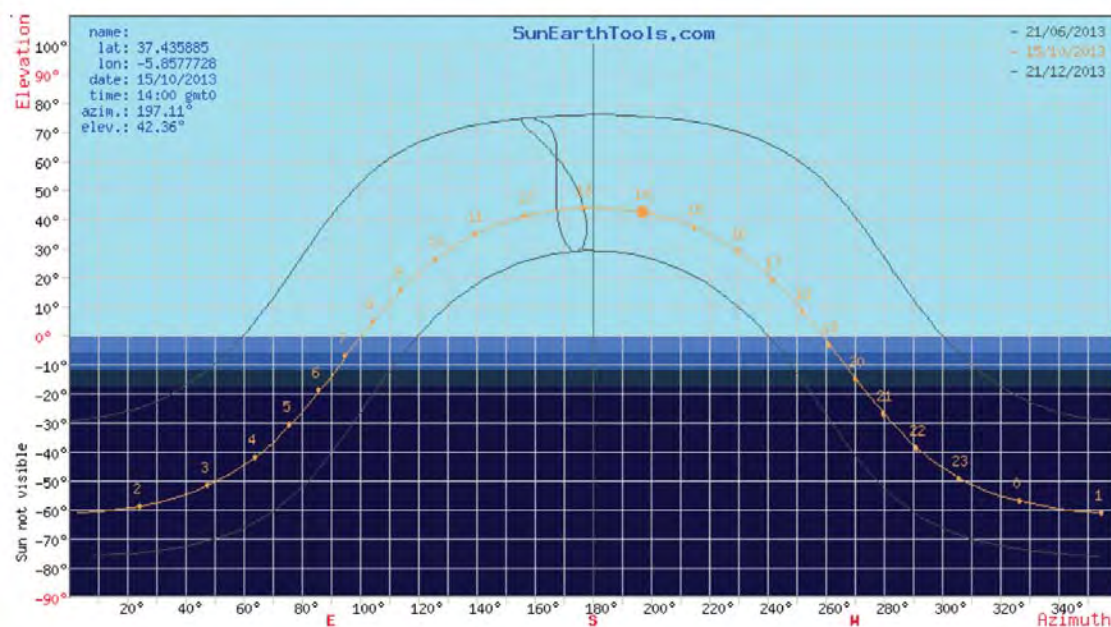


Diagrama de Elevación:



F.2.11 – NOVIEMBRE

Diagrama de Orientación:

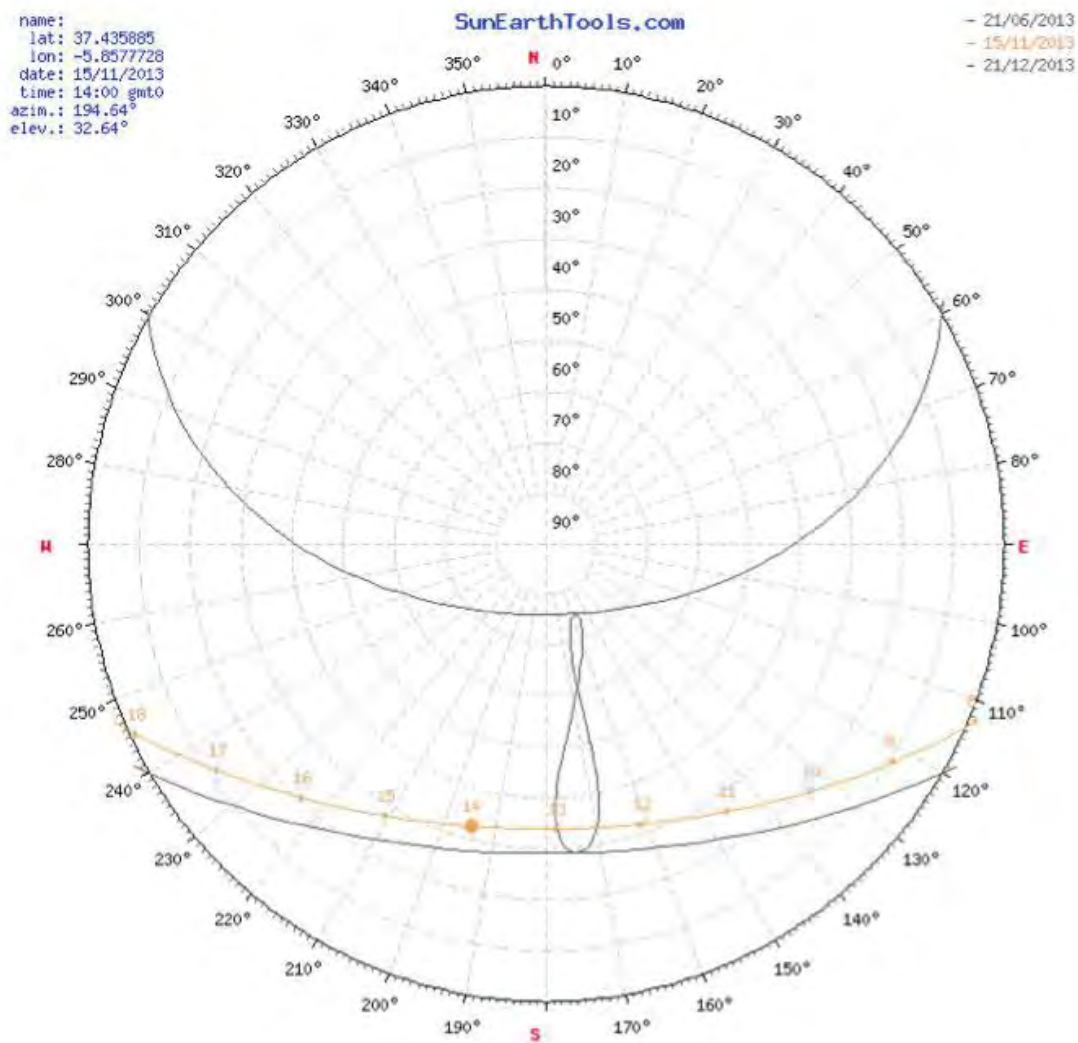
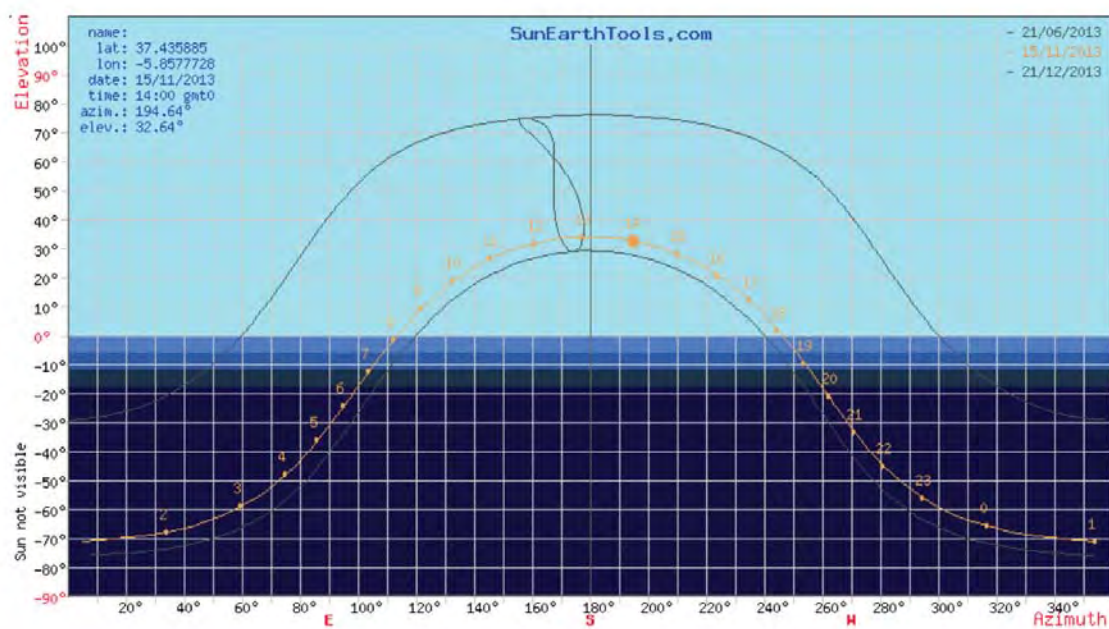


Diagrama de Elevación:



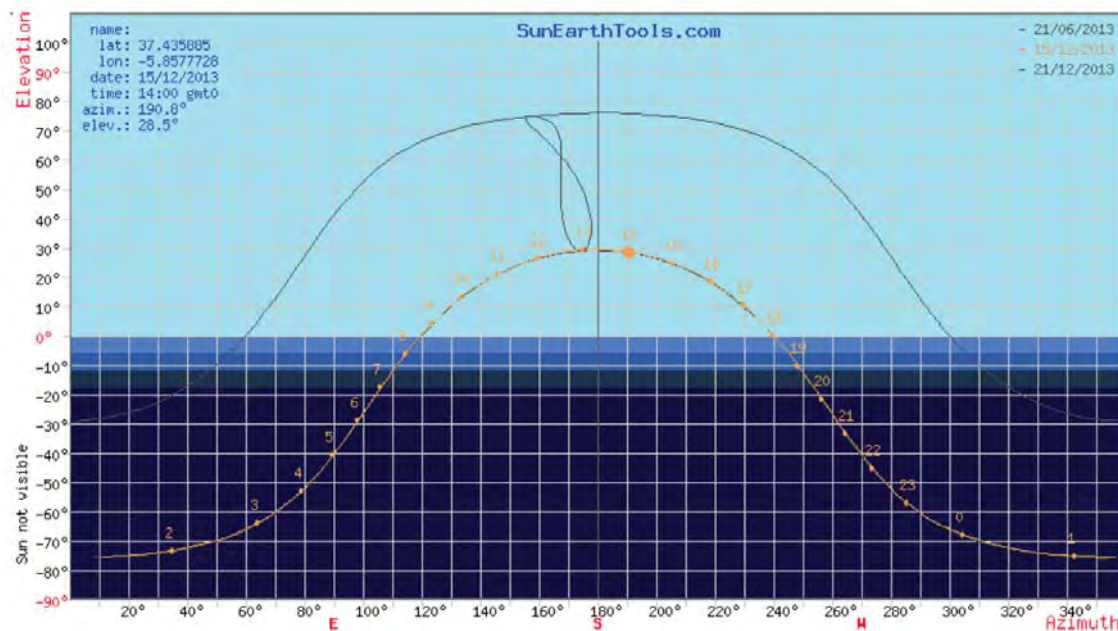
name:
lat: 37.435885
lon: -5.8577728
date: 15/12/2013
time: 14:00 gmt0
azim.: 190.8°
elev.: 28.5°

SunEarthTools.com

21/06/2013
15/12/2013
21/12/2013

Diagram illustrating the sun's path (azimuth and elevation) over a horizon line. The path is shown as a curve, with the sun's position marked by a red dot. The diagram includes a grid for azimuth (0° to 360°) and elevation (0° to 90°). The sun's path is labeled with numbers 1 through 18, indicating the time of day. The diagram also shows the sun's position at 0° azimuth and 0° elevation, marked with a red dot.

Diagrama de Elevación:



F.2.13 – CONFIGURACIÓN FINAL

Como resumen general de lo que hemos estudiado durante el presente anexo, a continuación se muestran las tablas con las características con las que configuraremos nuestro generador.

ORIENTACIÓN:

MES	ORIENTACIÓN
Enero	SUR
Febrero	SUR
Marzo	SUR
Abril	SUR
Mayo	SUR
Junio	SUR
Julio	SUR
Agosto	SUR
Septiembre	SUR
Octubre	SUR
Noviembre	SUR
Diciembre	SUR

ELEVACIÓN:

MES	ELEVACIÓN
Enero	31,39°
Febrero	39,78°
Marzo	50,1°
Abril	58,7°
Mayo	69,56°
Junio	73,92°
Julio	72,7°
Agosto	65,4°
Septiembre	54,12°
Octubre	42,36°
Noviembre	32,64°
Diciembre	28,5°

ANEXO G

CATÁLOGOS

INDICE

ANEXO G – CATÁLOGOS:

G.1 – CONCENTRADORES.....	339
G.2 – RECEPTORES	358
G.3 – MOTORES	370
G.4 – CABLE	381
G.5 – MAGNETOTÉRMICO.....	384
C.6 – INTERRUPTOR DIFERENCIAL.....	386
C.7 – LIMITADOR DE SOBRETENSIÓN	387
G.8 – CASETA.....	388

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

G.1 - CONCENTRADORES

Concentrador Acurex 15-m:

A full-surface paraboloid dish concentrator was built by Acurex Corporation of Mountain View, California. This was part of the Innovative Concentrator design program sponsored by Sandia National Laboratories. A weld failure occurred during a wind storm at the Albuquerque test site just after the concentrator was installed and before performance data could be obtained. The concentrator was not repaired.

DESIGN

Aperture Diameter	15 m
Focal Ratio, f/d	0.5
Concentration Ratio (geometric)	1925

DISH

Design	Stamped sheet-metal reflective panels structurally integrated with panel support structure. Smooth front sheet bonded to stamped back sheet.
Panel Configuration	Two concentric rings with 40 outer and 20 inner panels.
Nominal Slope Error	2-3 mrad (goal)
Reflective Surface	Silvered acrylic film (3M ECP 300)
Reflectance (initial)	95%

STRUCTURE

Tracking	Azimuth/elevation - hydraulic motor drive
Weight	11,406 kg

PERFORMANCE

Output (thermal)	162 kW _t at 1000 W/m ² insolation
Optical Efficiency	92%
Year	1986
Number Built	1
Manufacturer	Acurex Corp., Mountain View, California, USA

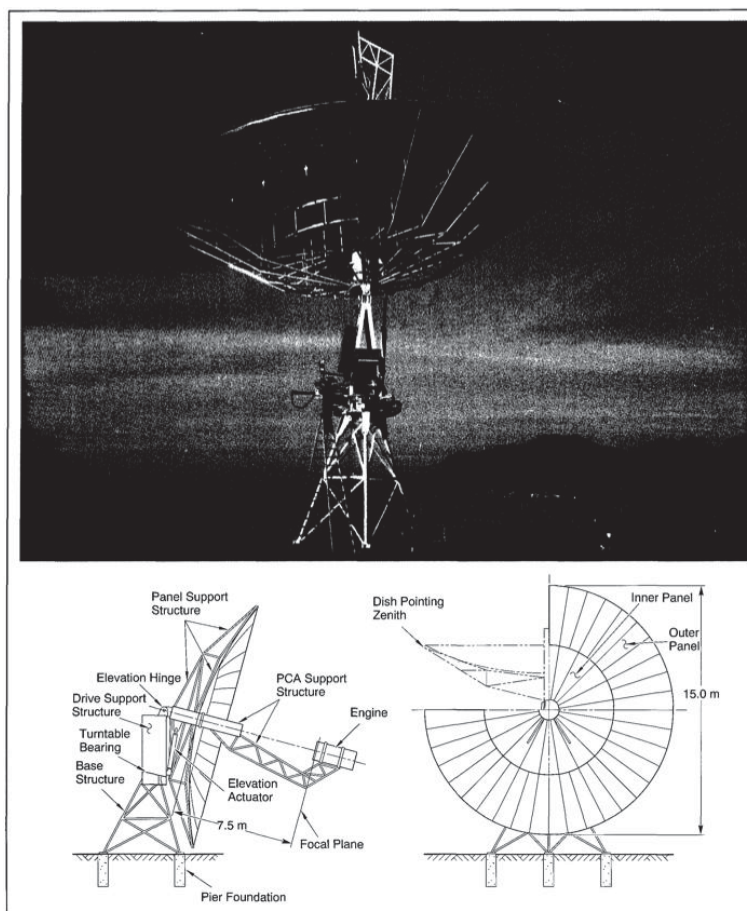


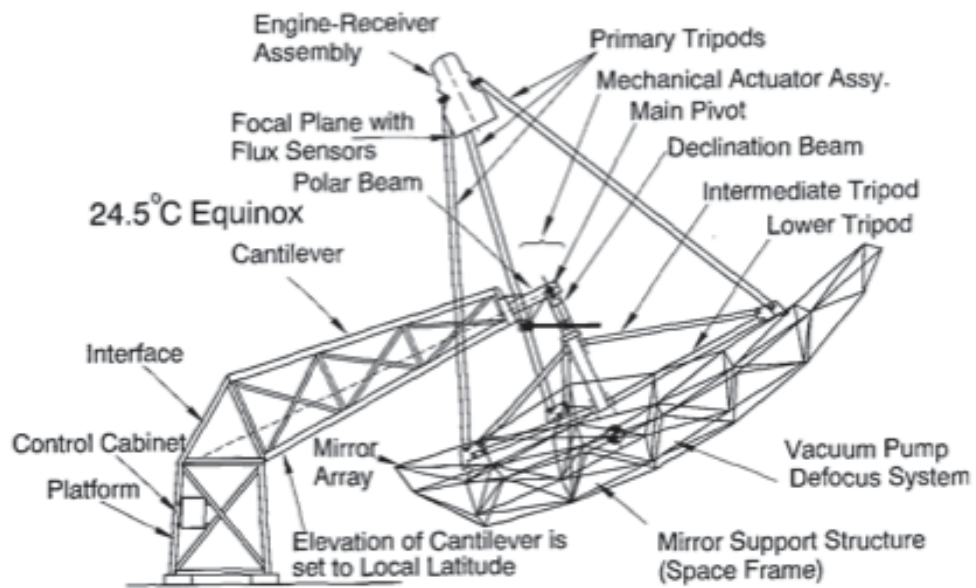
Figure 5-5. Acurex 15-m dish concentrator.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Concentrador Cummins Power Generation CPG-460 multifaceted:

A multifaceted dish was developed for solar thermal power applications by Lajet Energy Company of Abilene, Texas, in the early 1980s. A field of 700 of them were installed in Warner Springs, California, and used as thermal collectors. Cummins Power Generation Co. of Columbus, Indiana, has modified this design for application to their 7.5-kW_e dish/Stirling system. Currently, there are four of these modified designs on-test: two in Abilene, Texas, one in Lancaster, Pennsylvania, and one in Pomona, California. In addition, one is in operation at Aisin Seiki's research facility near Valbonne, France, and three more are being installed at the Aisin Seiki Miyako Island Project. Fourteen more concentrators are to be sited around the United States within the next two years as part of the Dish/Stirling Joint Venture Program with Sandia National Laboratories.	
DESIGN	
Dish Diameter	9.6 m (max.), 7.3 m (equivalent)
Total Reflective Area	43.8 m ²
Projected Area	41.5 m ²
Focal Length	5.38 m
Receiver Aperture (design)	178 mm
Concentration Ratio (geometric)	1670
FACETS	
Number of Facets	24
Facet Design	Two polymer membranes stretched across a ring. Shape is maintained by partial vacuum between the membranes.
Facet Diameter	1.524 m
Facet Focal Ratio, f/d	3.64
Reflective Surface	Aluminized polymer film (0.18 mm or 7 mils)
Reflectance	85% (initial), 78% (weathered)
Nominal Slope Error	1.5 mrad
STRUCTURE	
Facet Support Structure	Space frame of structural steel tubing
Tracking	Polar drive
Wind Maximum (while operating)	15.6 m/s
Wind Maximum (survival)	42.5 m/s
Time to Defocus	~30 sec
PERFORMANCE	
Output (thermal)	34 kW _t at 1000 W/m ² insolation
Optical Efficiency	78%
Peak Optical Concentration Ratio	5500
Year	1990
Number Built	6 (and 17 planned)
Manufacturer	Cummins Power Generation Inc., Columbus, Indiana, USA



Concentrador DOE faceted stretched membrane:

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

In an effort begun in 1989, Sandia National Laboratories is developing a dish using multiple stretched-membrane facets (Mancini, 1991). The approach is to use twelve 3-m-diameter stretched-membrane facets having an f/d ratio of approximately 3. The goal for facet slope error is 2.5 milliradians. Two approaches to facet design are being used. One is to elastically deform the facet using uniform air pressure loading. The other is to use a combination of uniform (air) and nonuniform (hydrostatic) pressure to plastically form the surface, and use a slight vacuum to maintain it. The reflective surface is a silvered acrylic film in both cases. Fabrication and testing of the first prototypes began at Sandia in 1992.

DESIGN

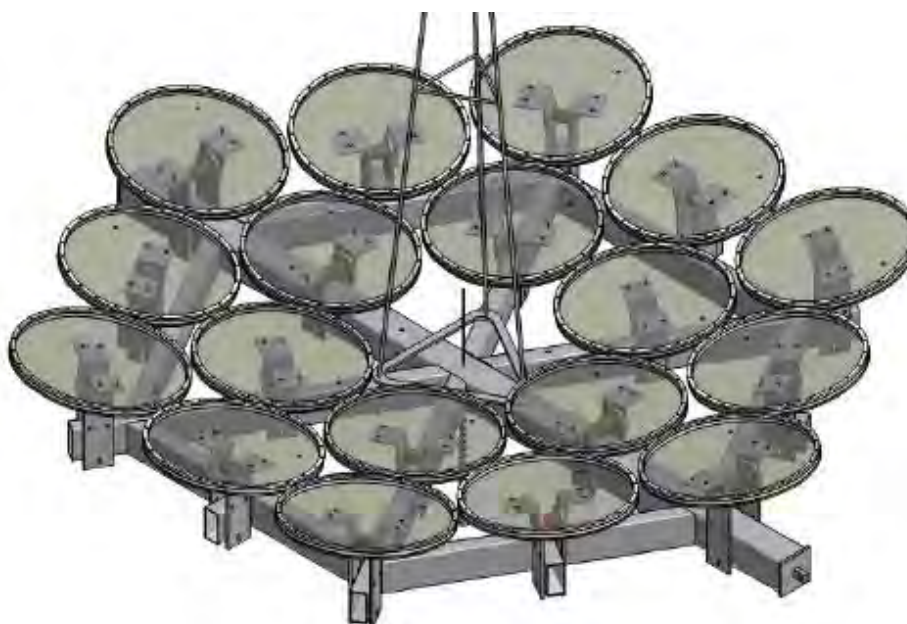
Equivalent Dish Diameter	10.4 m
Total Power	70 kW _t
Optical Efficiency	~0.88
Number of Facets	12
Total Reflective Area	84.8 m ²
Dish Focal Length	9.0 m
Geometric Concentration Ratio	~1500 to 2000
Peak Flux (predicted)	~3500 suns

FACETS

Design	Stainless steel membranes attached to a steel ring; either preformed or elastically formed.
Diameter	3.0 m
f/d range	2.8 to 3.0
Reflective Surface	3M ECP305 silvered acrylic film
Reflectivity	0.93 when new
Nominal Slope Error	1.2 to 3.5 mrad (measured)
Design/Manufacture	Science Applications International (SAIC) (elastically formed membranes) Solar Kinetics (SKI) (preformed membranes)

TRACKING STRUCTURE

Facet Support Structure	Made from welded steel shapes.
Pedestal	Tapered steel tube.
Tracking	Elevation/Azimuth
Pointing Accuracy	1.72 milliradians at 27 miles per hour (goal)
Emergency Off-Sun Tracking	12 seconds
Design	WG Associates, Dallas, TX, USA
Manufacturer	TIW, Albuquerque, NM, USA



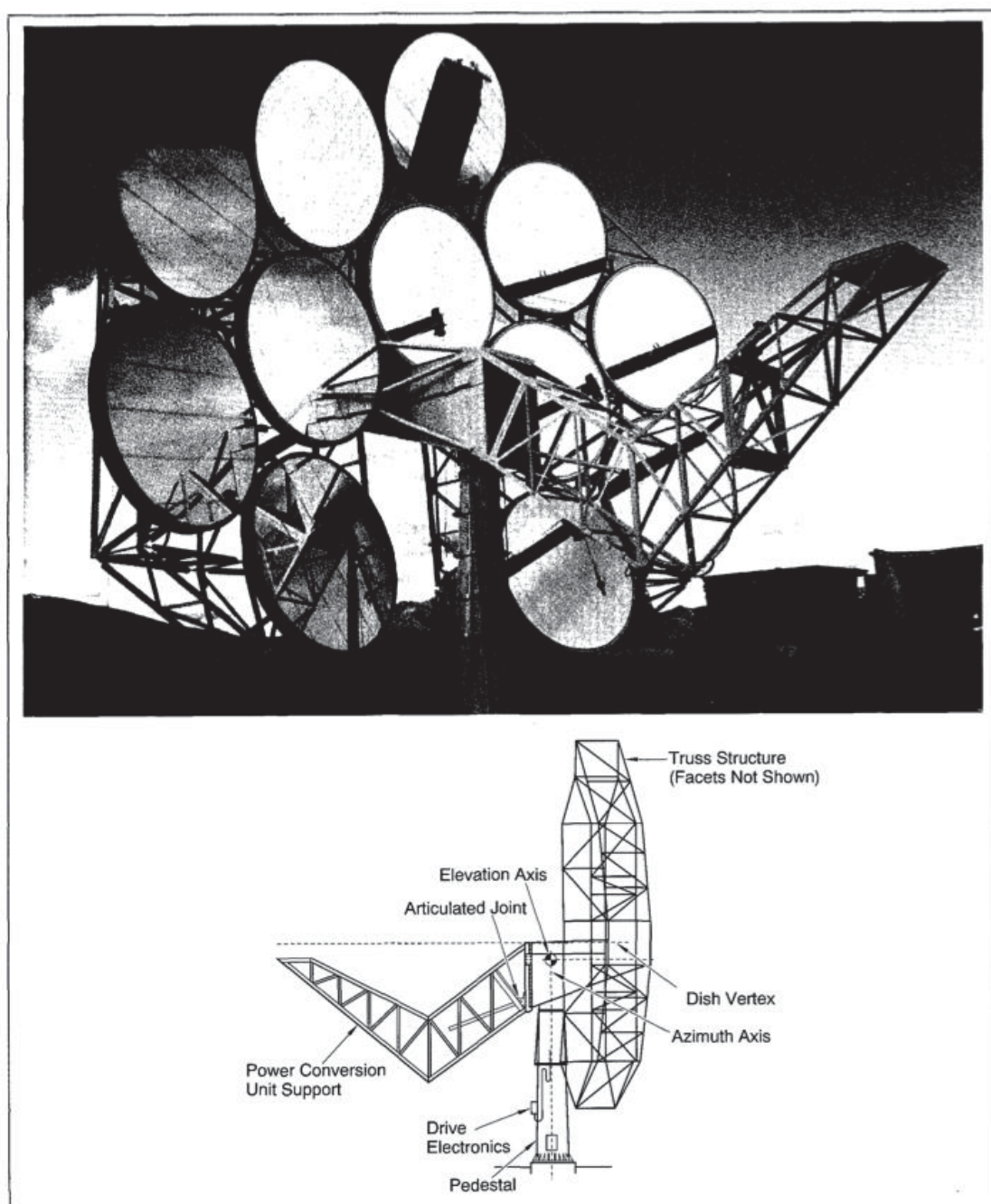


Figure 5-10. DOE faceted stretched-membrane dish development concentrator.

Concentrador General Electric PDC-1:

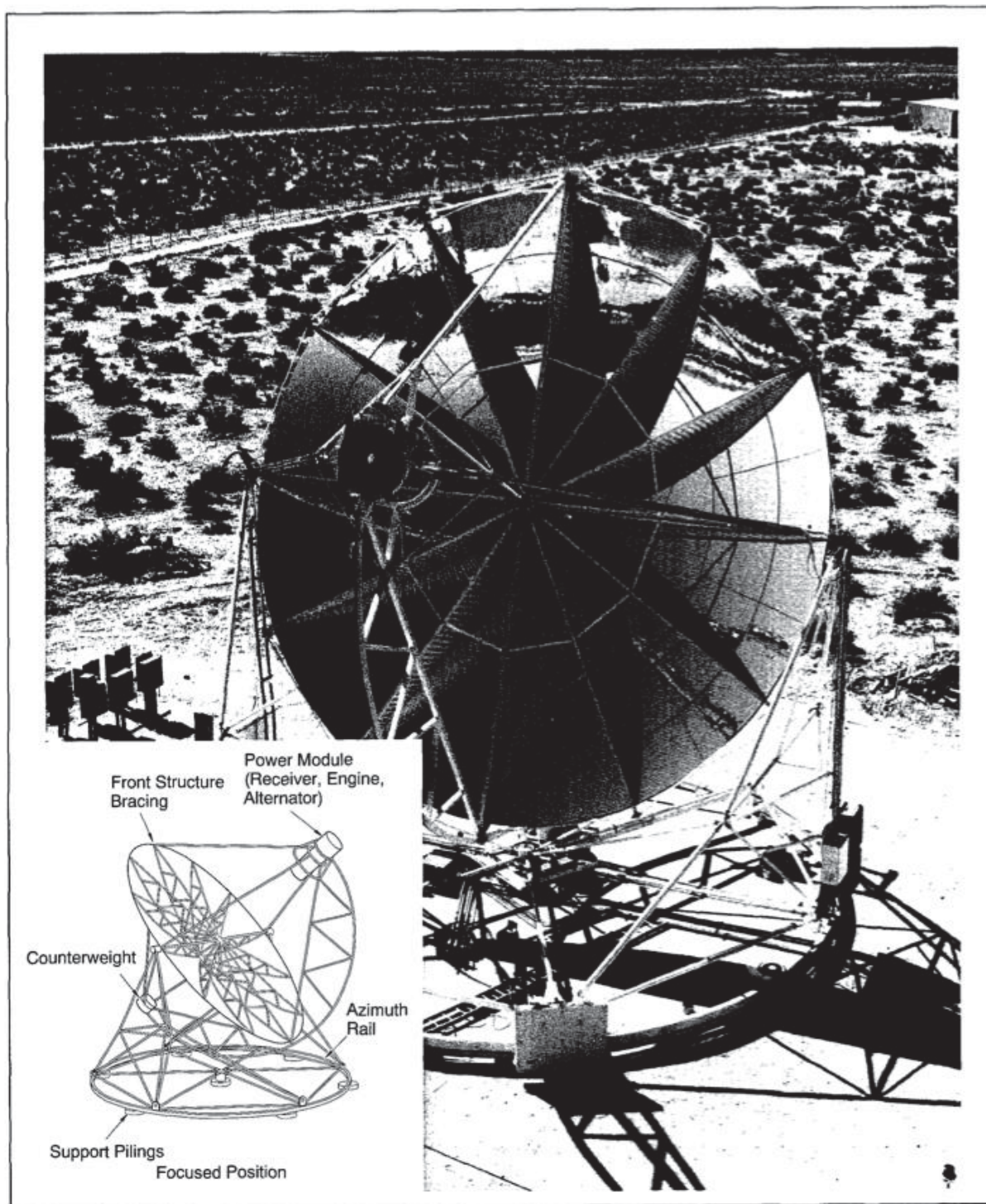


Figure S-4. General Electric PDC-1 concentrator.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

In 1979, the General Electric company designed the PDC-1 under the guidance of the Jet Propulsion Laboratory, which at that time was leading the parabolic dish development program for the U.S. Department of Energy. Ford Aerospace and Communications built one unit in 1982. This concentrator was designed to be a commercially feasible concentrator for dish/Stirling applications as well as other solar thermal power systems.

DESIGN

Aperture Diameter	12 m
Focal Ratio, f/d	0.5
Concentration Ratio (geometric)	1500

DISH

Design	12 radial triangular gores, each comprising inner, center, and outer panels, attached to 12 radial steel ribs located in front of the reflective panels.
Gore Construction	Aluminized plastic film laminated to a plastic sheet and then bonded to a molded fiberglass/balsa wood sandwich panel.
Reflective Surface	Aluminized plastic (Llumar™)
Reflectance	85% (est)

STRUCTURE

Tracking	Azimuth/ elevation
Stow Position	Reflector face down
Tracking	0.9 mrad

PERFORMANCE

Output (thermal)	72.5 kW _t at 1000 W/m ² insolation
Optical Efficiency	76%
Year	1982
Number Built	1
Manufacturer	General Electric/Ford Aerospace, USA

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Concentrador HTC Research:

The HTC Solar Research concentrator is an off-axis paraboloid, foil-type lightweight mirror that tracks around a parabolic mounting and concentrates solar radiation to a fixed position. The entire mirror consists of exocentric paraboloid segments with wind latches to secure each section during high winds. In addition to dish/Stirling applications, HTC Solar Research plans to market their concentrator for mechanical energy, process heat, chemical reaction, and heat storage applications.

DESIGN

Aperture Area	14 m ²
Total Reflective Area	20 m ²
Focal Length	2.7 m
Receiver Aperture (design)	90 mm
Concentration Ratio (geometric)	1400

FACETS

Number of Facets	6
Facet Design	Two polymer membranes stretched across four-sided contoured frame. Shape maintained by partial vacuum between the membranes.

STRUCTURE

Facet Support Structure	Space frame
Tracking	Polar about fixed focus

PERFORMANCE

Output (thermal)	6.7 kW _t at 800 W/m ²
Number Built	3
Manufacturer	HTC Solar Forschungs-Centrum GmbH, Lörrach-Haagen, Germany

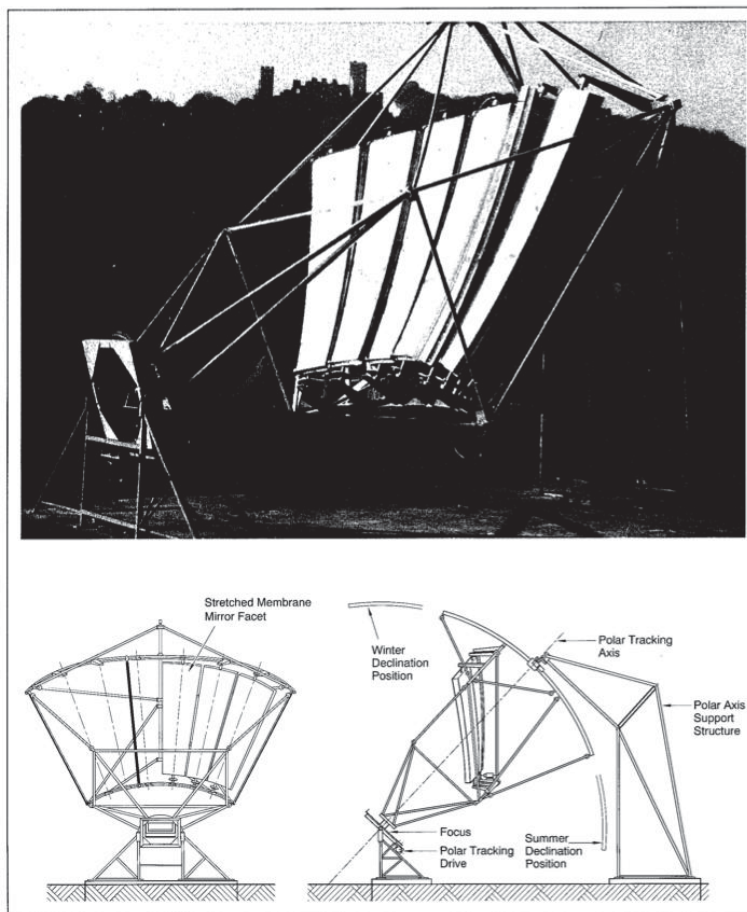


Figure 5-11. HTC Solar Research concentrator.

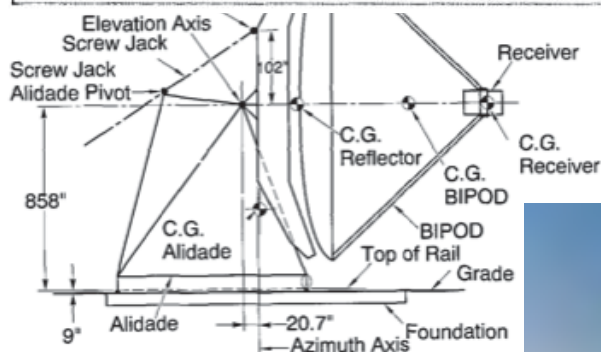
Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Concentrador Jet Propulsion Laboratory Test Bed

Table 5-1. Jet Propulsion Laboratory Test Bed Concentrator

The Jet Propulsion Laboratory (JPL) test bed concentrator was the first dish to be used to operate a dish/Stirling engine. Using space communication dish antenna technology, it was designed for testing solar engines and receivers. Two of these test units were built and originally installed at the JPL solar test facility at Edwards Air Force Base. Both still operate as test units at Sandia National Laboratories' National Solar Thermal Test Facility in Albuquerque, New Mexico.		
DESIGN		
Aperture Diameter	10.7 m (equivalent)*	
Rim Angle	45°	
Projected Area	89.4 m ²	
Reflector Surface Area	93.5 m ²	
Focal Ratio, f/d	0.6	
Receiver Aperture	180 to 220 mm	
Concentration Ratio (geometric)	3500 (180-mm receiver aperture)	
FACETS		
Number of Facets	220 (option of 8 more)	
Facet Design	Thin-glass mirrors bonded onto machined Foamglas™ substrate.	
Size of Facet	610 mm x 710 mm x 51 mm	
Nominal Radii of Curvature	13.20, 15.748, 16.10 m (spherical)	
Reflective Surface	1.5 mm thick back-silvered low-iron glass	
Reflectance (initial)	95%	
Nominal Slope Error	0.5 mrad	
STRUCTURE		
Facet Support Structure	Steel space-frame	
Focal Point Load	900 kg (increased from 500 kg original design)	
Tracking	Azimuth/elevation	
Tracking Accuracy	0.9 mrad	
Slew Rate (azimuth)	2028°/h (13 m/s wind)	
Slew Rate (elevation)	168°/h (27 m/s wind)	
Stow Position	Reflector vertical	
Total Weight	16,000 kg	
PERFORMANCE		
Output (thermal)	62 kW _t at 800 W/m ² insolation (design)	
	77 kW _t into 254 mm aperture @ 1000 W/m ²	
Peak Optical Concentration Ratio	17,500	
Optical Efficiency	90%	
Year	1979	
Number Built	2	
Manufacturer	E-Systems, Dallas, Texas, USA	



Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Concentrador McDonnell Douglas Corporation:

At about the time of the Vanguard project, McDonnell Douglas Corporation (MDAC) of Huntington Beach, California, designed a commercially oriented faceted dish to be used with the USAB 4-95 Stirling engine. Eight units were built and received extensive testing at different sites. Subsequently, Southern California Edison purchased the marketing and manufacturing rights to this concentrator design.		
DESIGN		
Aperture Diameter	10.57 m (equivalent)*	
Projected Area	87.7 m ²	
Reflector Surface Area	91.0 m ²	
Focal Length	7.45 m	
Focal Ratio, f/d	0.7	
Rim Angle	39°	
Receiver Aperture	200 mm	
Concentration Ratio (geometric)	2793	
FACETS		
Number of Facets	82 (option of 6 more)	
Facet Design	Thin commercial grade float glass mirrors bonded onto a steel backing sheet bonded to a stretch-formed steel structural substrate.	
Size of Facet	910 x 1220 mm	
Nominal Radii of Curvature	15.21, 15.65, 16.26, 16.94 and 17.73 m (spherical)	
Reflective Surface	Back-silvered 0.7 mm glass	
Reflectance (initial)	91.1%	
Slope Error	0.6 mrad	
STRUCTURE		
Facet Support Structure	Truss structure on beam	
Module Height	11.9 m	
Module Width	11.3 m	
Tracking	Azimuth/elevation	
Tracking Accuracy	0.2 mrad	
Drive Motor Power	40 to 100 W	
Stow Position	Reflector vertical (normal)	
	Horizontal (high wind)	
Wind Stow Velocity	16 m/s	
Total Weight	6934 kg	
PERFORMANCE		
Output (thermal)	70 to 80 kW _t at 1000 W/m ² insolation	
Optical Efficiency	88.1%	
Peak Optical Concentration Ratio	7500	
Year	1984	
Number Built	6	
Manufacturer	McDonnell Douglas Corp., Huntington Beach, CA, USA	

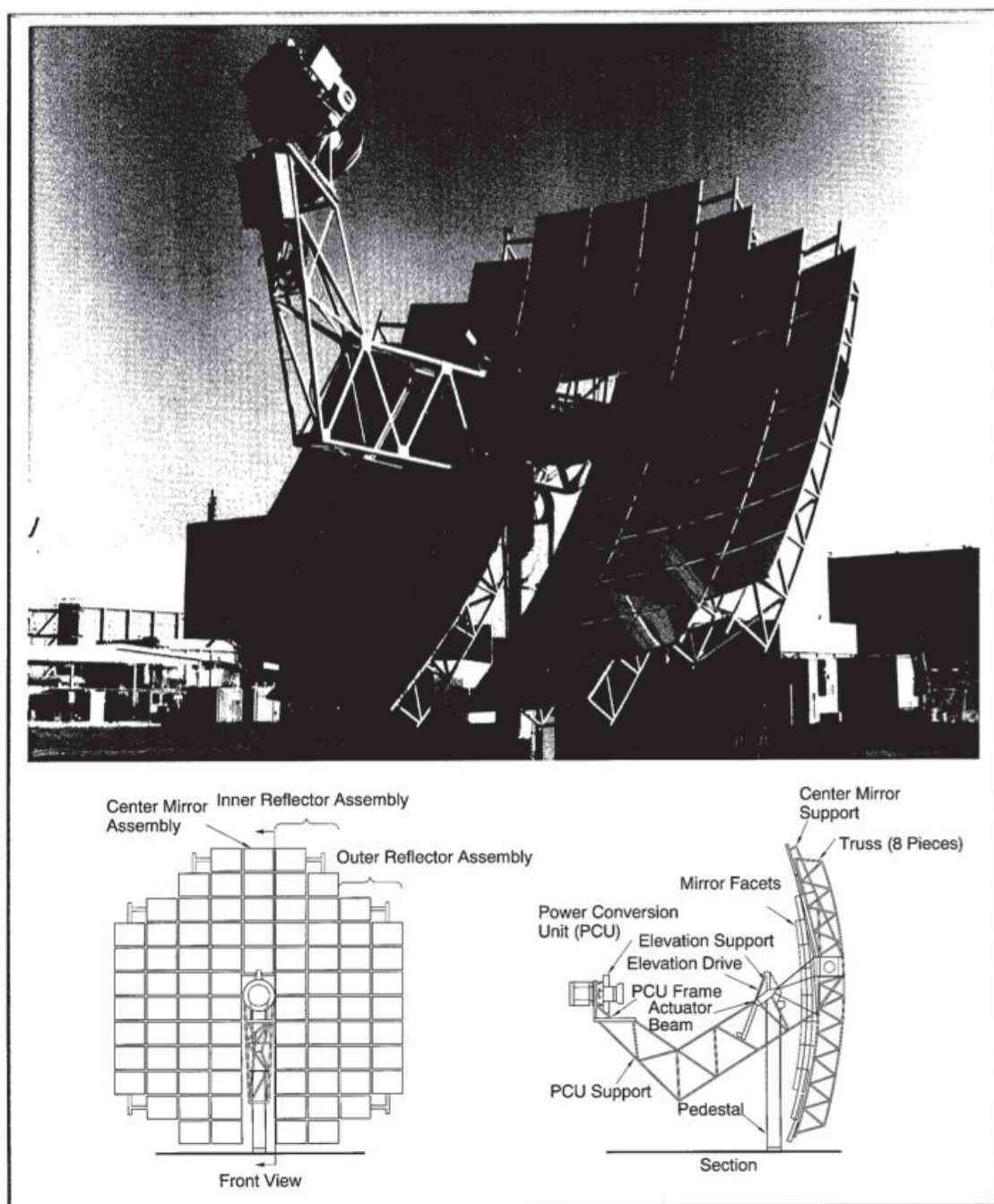
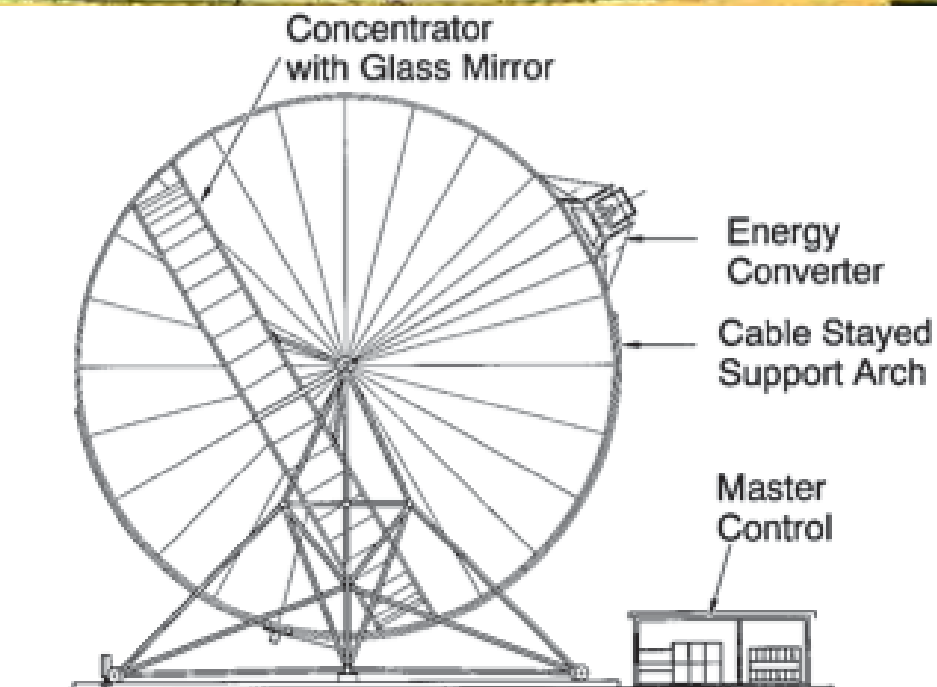


Figure 5-3. McDonnell Douglas Corporation concentrator.

Concentrador Schlaich 17-m single facet:



Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Schlaich, Bergermann und Partner developed the technology for fabricating a single-facet stretched-membrane concentrator to be used with United Stirling's 50-kW 4-275 engine. Two of these are in Riyadh, Saudi Arabia, and the other is in Lampoldshausen (near Stuttgart) and is being used for research by the German Aerospace Research Establishment (DLR).

DESIGN

Aperture Diameter	17 m
Reflective Area	227 m ²
Usable Mirror Area	92%
Focal Length	13.6 m
Focal Ratio, f/d	0.80
Receiver Aperture (design)	700 mm
Intercept Factor at Receiver	90%
Concentration Ratio (geometric)	600

REFLECTOR

Number of Facets	1
Facet Design	Two sheet-steel membranes stretched across a ring. One is plastically deformed to desired shape by applying positive air pressure under the surface when inverted. Shape is maintained by partial vacuum between the membranes.
Size of Facet	17 m diameter
Membrane	0.50 mm steel
Reflective Surface	Back-silvered 0.7-mm glass bonded onto sheet steel
Reflectance (initial)	92%

STRUCTURE

Facet Support Structure	Ring pin mounted to frame with guy wire tensioners
Tracking	Azimuth/elevation
Wind Maximum (while operating)	14 m/s
Wind Maximum (while stowing)	22 m/s
Wind Maximum (survival)	44 m/s

PERFORMANCE

Output (thermal)	178.6 kW _t at 1000 W/m ² insolation
Optical Efficiency	78.7%
Year	1984
Number Built	3
Manufacturer	Schlaich Bergermann und Partner, Stuttgart, Germany (system integrator)

Concentrador Schlaich 7,5-m single facet:

Schlaich, Bergermann und Partner downsized their 17-m stretched-membrane concentrator, modified the method of preshaping the reflector membrane, and changed its tracking from az-el to polar. They have constructed six units: one prototype facility at the University of Stuttgart (now dismantled), three at the Plataforma Solar in Almería, Spain, one at Pforzheim, Germany, and one for dish/Stirling testing at the ZSW in Stuttgart.		
DESIGN		
Aperture Diameter	7.5 m	
Total Reflective Area (projected)	44.18 m ² (does not include receiver shaded area or seam weld area)	
Focal Length	4.5 m	
Focal Ratio, f/d	0.60	
Receiver Aperture (design)	130 mm	
Concentration Ratio (geometric)	4000	
REFLECTOR		
Number of Facets	1	
Facet Design	Two sheet-steel membranes stretched across a ring. One is plastically deformed to desired shape by applying negative pressure behind the membrane, and using water above the surface. Shape is maintained by partial vacuum between the membranes.	
Size of Facet	7.5 m diameter x 1.2 mm thick	
Membrane	0.23 mm stainless steel	
Reflective Surface	Back-silvered 0.7-mm glass bonded onto sheet steel	
Reflectance (initial)	94%	
Nominal Slope Error	1.3 to 1.8 mrad	
STRUCTURE		
Facet Support Structure	Membrane/ring-pin-mounted to frame with guy wire tensioners.	
Tracking	Polar drive	
Stow Position	Face-down	
Time to Stow	3 min.	
Wind Maximum (while operating)	14 m/s	
Wind Maximum (survival)	44 m/s	
PERFORMANCE		
Output (thermal)	36.2 kW _T at 1000 W/m ² insolation	
Optical Efficiency	82%	
Peak Optical Concentration Ratio	~12,000	
Year	1989	
Number Built	6	
Manufacturer	Schlaich Bergermann und Partner, Stuttgart, Germany	

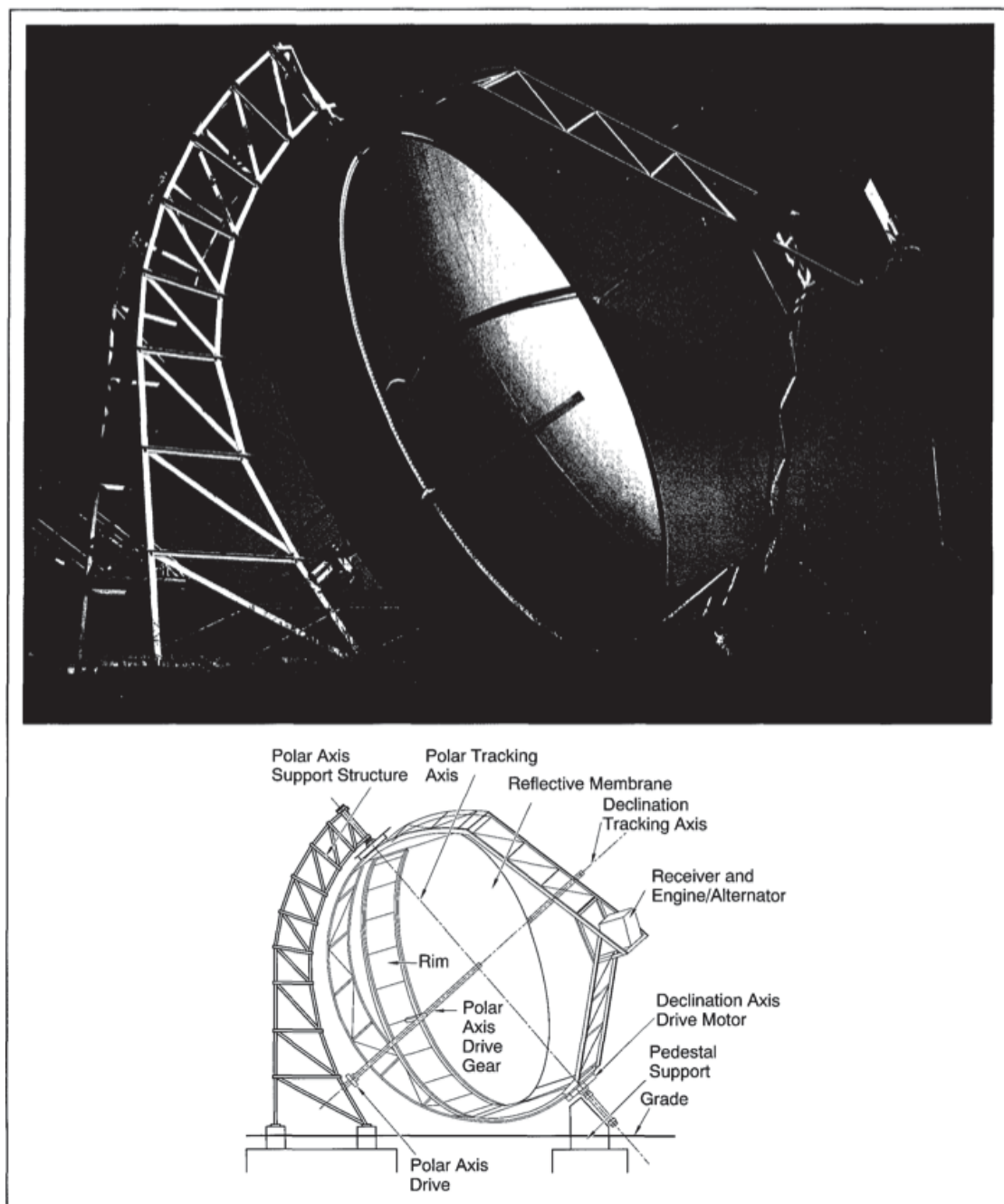


Figure 5-7. Schlaich, Bergemann und Partner 7.5-m single-facet concentrator.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Concentrador Solar Kynetic 7-m prototype single facet:

A program to demonstrate the feasibility of the single-facet dish began at Sandia National Laboratories in 1987. Solar Kinetics Incorporated (SKI) designed and built a 7-m dish under a multiphase contract to support this effort. Solar Kinetics is currently designing an 11-m dish that is large enough to power a 25-kW Stirling engine.		
DESIGN		
Aperture Diameter	6.6 m	
Focal Length	3.9 m	
Focal Ratio, f/d	0.60	
REFLECTOR		
Number of Facets	1	
Facet Design	A preformed stainless steel membrane is stretched across a ring. Shape is maintained by a partial vacuum between the membranes. The membranes and ring are supported by a central hub and spokes, similar in concept to a bicycle wheel.	
Reflective Surface	Aluminized polymer (prototype only) held to preshaped 0.1-mm stainless steel membrane by the same vacuum that stabilizes the membrane.	
Nominal Slope Error	2.3 mrad	
STRUCTURE		
Facet	A preformed stainless steel membrane stretched across a ring. The rear membrane is a polymer composite cloth. Shape is maintained by a partial vacuum between the membranes.	
PERFORMANCE		
Output (thermal)	23.3 kW _t at 1000 W/m ² insolation	
Optical Efficiency	67% (prototype only) significant improvement expected for commercial design.	
Peak Optical Concentration Ratio	5500	
Year	1990	
Number Built	1	
Manufacturer	Solar Kinetics Inc., Dallas, Texas, USA	

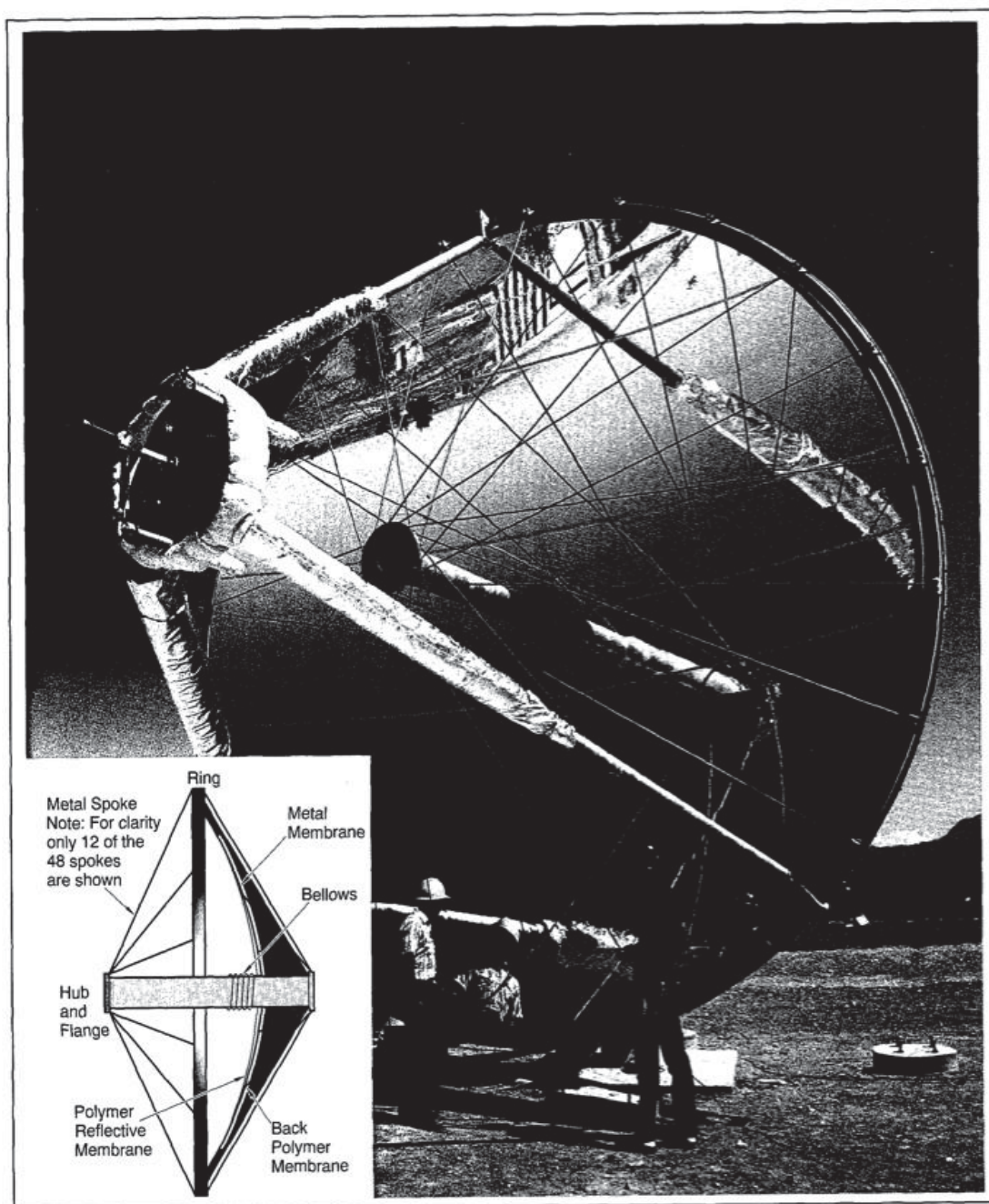


Figure 5-8. Solar Kinetics 7-m prototype single-facet concentrator.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Concentrador Vanguard I:

The first modern commercial venture to produce a dish/Stirling system was the Vanguard I dish/Stirling system developed by Advanco. This concentrator with the USAB 4-95 Stirling engine recorded the "world's record" of 29.4% for conversion of sunlight to electricity.		
DESIGN		
Aperture Diameter	10.57 m (equivalent)*	
Projected Area	86.7 m ²	
Reflector Surface Area	91.4 m ²	
Rim Angle	45°	
Focal Ratio, f/d	0.6	
Receiver Aperture	200 mm	
Concentration Ratio (geometric)	2800	
FACETS		
Number of Facets	336	
Facet Design	Thin-glass mirrors bonded onto machined Foamglas substrate.	
Size of Facet	451 mm x 603 mm x 50 mm	
Nominal Radii of Curvature	13.16 m and 15.80 m (spherical)	
Reflective Surface	1.5-mm-thick back-silvered low-iron glass	
Reflectance (initial)	93.5%	
Slope Error	0.5 mrad	
STRUCTURE		
Facet Support Structure	Space frame truss	
Focal Point Load	900 kg	
Tracking	Two-axis exocentric gimbal (45°)	
Slew Rate	3600°/h (skew axis) 1800°/h (azimuth axis)	
Drive Motors	2 @ 0.75 hp with speed reduction	
Drive Motor Power (daily average)	600 W (390 W daily average)	
Stow Position	Reflector vertical or horizontal	
Module Weight	10,400 kg (excluding engine/alternator and pedestal)	
PERFORMANCE		
Output (thermal)	76.4 kW _t at 1000 W/m ² insolation	
Optical Efficiency	89%	
Year	1984	
Number Built	1	
Manufacturer	Advanco Corp., Los Angeles, California, USA	

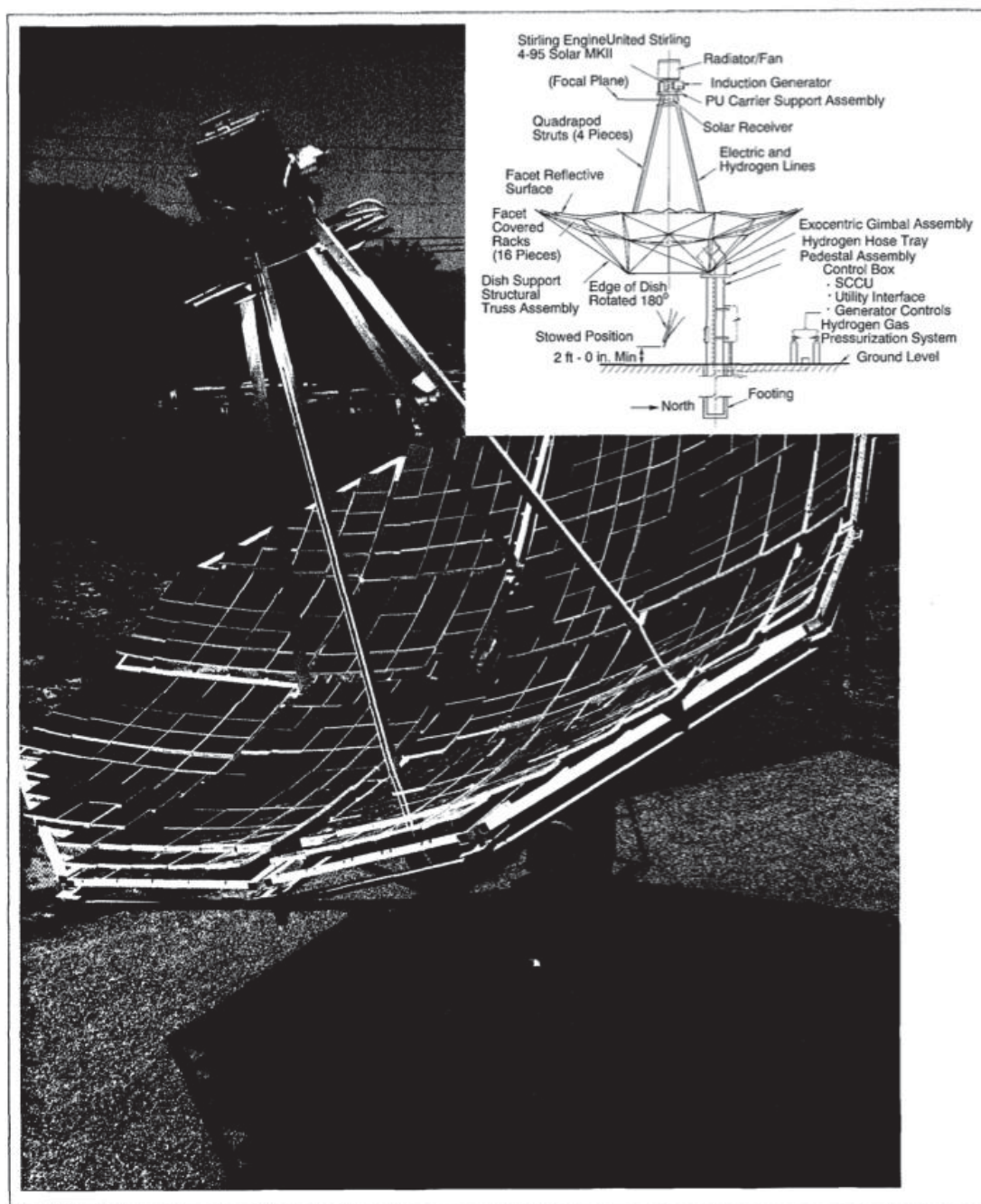


Figure 5-2. Vanguard I concentrator.

G.2 - RECEPTORES O ABSORBEDORES:

Receptor Aisin Seiki Miyako NS30A

The heater tubes of the Aisin Seiki NS30A engine are enclosed in an insulated cavity both for the Kariya test system and the system to be installed on Miyako Island.

DESIGN

Type	Directly illuminated heater tube
Aperture Diameter	185 mm
Absorber Diameter	320 mm
Thermal Input Power (max.)	53 kW (Miyako Island)
Peak Tube (front-side) Temperature	780°C
Operating Temperature (tube shaded side)	750°C
Gas Temperature (high)	683°C

PERFORMANCE

Output (thermal)	35 kW _t at 1000 W/m ² insolation (Miyako Island)
Receiver Efficiency	65%
Year	1992
Number Built	3
Manufacturer	Aisin Seiki, Ltd., Kariya City, Aichi Prefecture, Japan

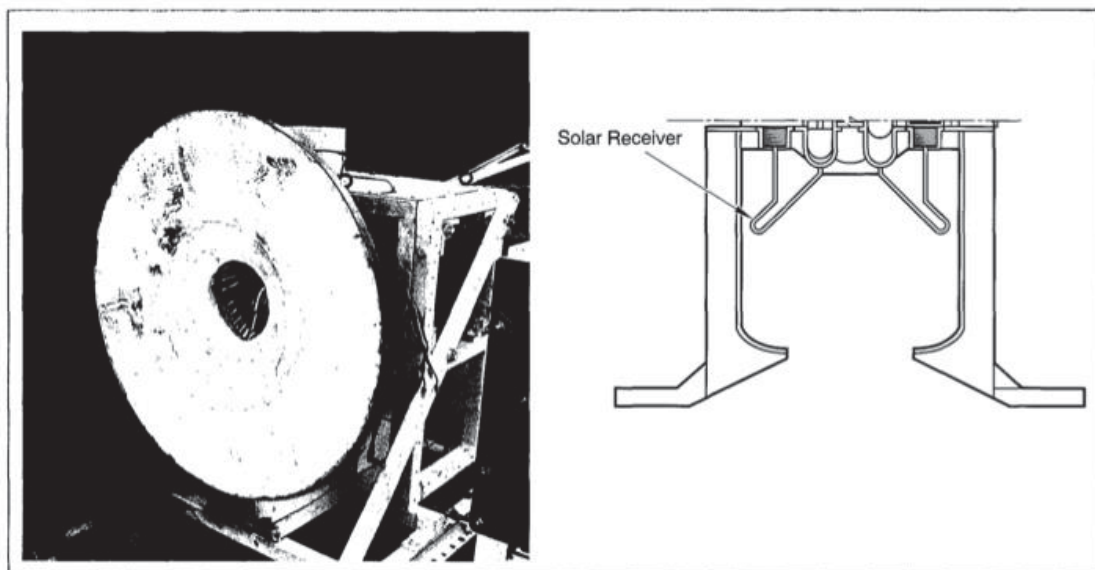


Figure 6-4. Aisin Seiki Miyako Island NS30A receiver.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Receptor Cummins Thermacore 35.kW heat pipe:

Cummins Power Generation, Inc., has incorporated a Thermacore heat-pipe receiver as part of their 7.5-kW_e dish/Stirling system. Three units have been tested with calorimeters and two of these units are currently under on-sun testing with engines. A total of 17 dish/Stirling systems incorporating this receiver will be tested over the next 3 years.

DESIGN

Type	Heat-pipe reflux
Aperture Diameter	178 mm
Absorber Diameter	416 mm
Absorber Design	0.8-mm-thick Haynes 230 alloy absorber with sintered nickel powder wick. Two circumferential arteries and no radial arteries.
Peak Flux on Absorber Surface (nominal)	30 W/cm ²

HEAT-TRANSFER FLUID

Heat-Transfer Fluid	Sodium
Operating Temperature	675°C (sodium vapor temperature)
Fluid Inventory	1.5 kg

PERFORMANCE

Output (thermal)	42 kW _t (demonstrated throughput)
Receiver Thermal Efficiency	86%
Year	1990
Number Built	5 plus 15 more under fabrication
Manufacturer	Thermacore, Inc., Lancaster, Pennsylvania, USA

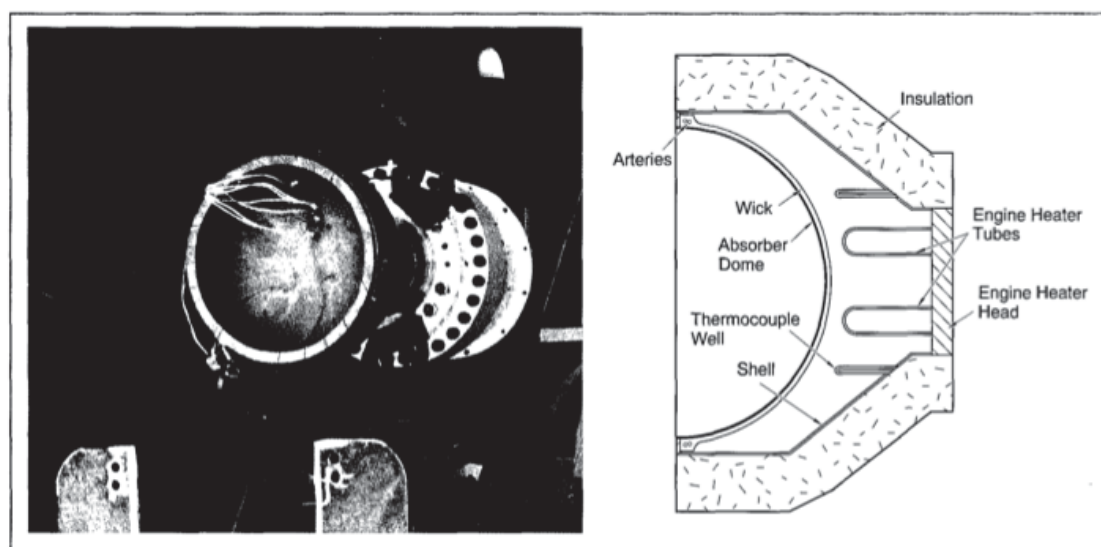


Figure 6-8. Cummins/Thermacore 35-kW_t heat-pipe receiver.

Receptor Cummins Thermacore 75-kW heat pipe

Cummins Power Generation and Thermacore, Inc., teamed to develop a heat-pipe receiver to demonstrate the potential of this concept for 25-kW_e dish/Stirling systems. The receiver was tested on Sandia's Test Bed Concentrator. Two more of these receivers are being built for Sandia, one of which will be tested with a calorimeter, the other with a 4-cylinder Stirling engine.

DESIGN

Type	Heat-pipe reflux
Aperture Diameter	220 mm
Absorber Diameter	508 mm
Absorber Design	0.8-mm-thick Haynes 230 alloy absorber with sintered nickel powder wick. Full hemisphere. Redundant circumferential arteries. Condensate directed to wick rather than pool.
Thermal Input Power	75 kW _t (design) 58 kW _t (demonstrated, dish limited)
Peak Flux on Absorber (nominal)	35 W/cm ²

HEAT-TRANSFER FLUID

Heat-Transfer Fluid	Sodium
Operating Temperature	750°C (design) 820°C (max).
Fluid Inventory	2.9 kg

PERFORMANCE

Output (thermal)	50 kW _t (demonstrated, dish-limited)
Year	1993
Number Built	1 plus 2 more under fabrication
Manufacturer	Thermacore, Inc., Lancaster, Pennsylvania, USA

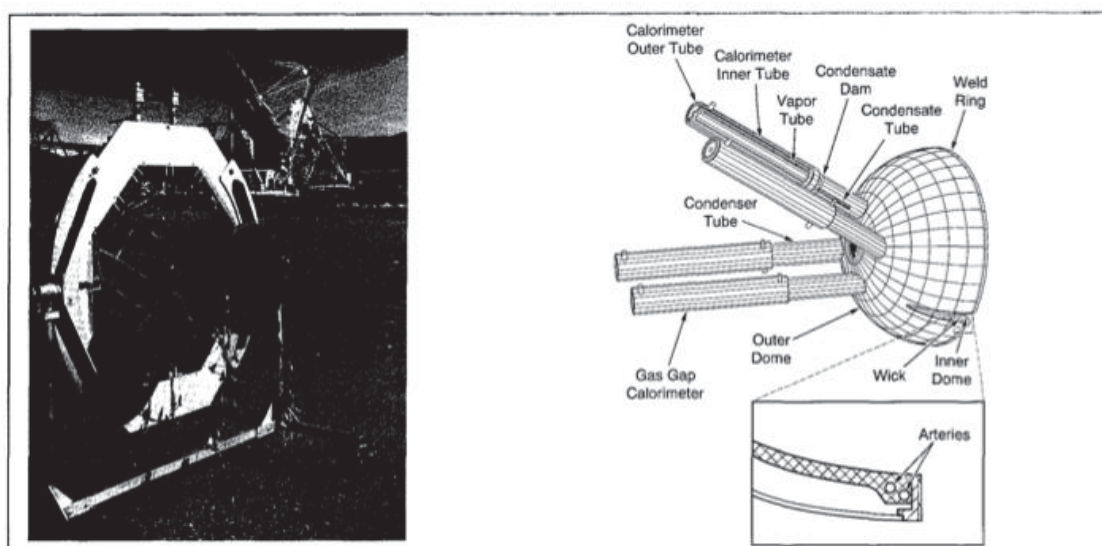


Figure 6-9. Cummins/Thermacore 75-kW_t heat-pipe receiver.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Receptor German Aerospace Research Establishment (DLR) V-160 heat pipe

A prototype heat-pipe receiver was designed for a V-160 Stirling engine by the German Aerospace Research Establishment (DLR) in Stuttgart. The unit was tested on a 7.5-meter Schlaich, Bergerman und Partner (SBP) stretched-membrane dish at the SBP test facility in Stuttgart.

DESIGN

Type	Heat-pipe reflux
Aperture Diameter	120, 130, 140 mm (modified during testing)
Absorber Cavity Diameter	240 mm
Absorber Design	Deep cone with eight layers of 150 mesh Inconel 600 screen. 24 axial strips enhance axial flow.
Thermal Input Power (max.)	40 kW _t
Peak Flux on Absorber Surface	54 W/cm ² (theoretical)

HEAT-TRANSFER FLUID

Heat-Transfer Fluid	Sodium
Operating Temperature	650 to 850°C
Fluid Inventory	1 kg

PERFORMANCE

Receiver Thermal Efficiency	>83%
Year	1990
Number Built	1
Manufacturer	DLR, Stuttgart, Germany and Institut für Kerntechnik und Energiewandlung e.V, Germany; Univ. of Stuttgart (heat-pipe wick design and manufacture), Germany

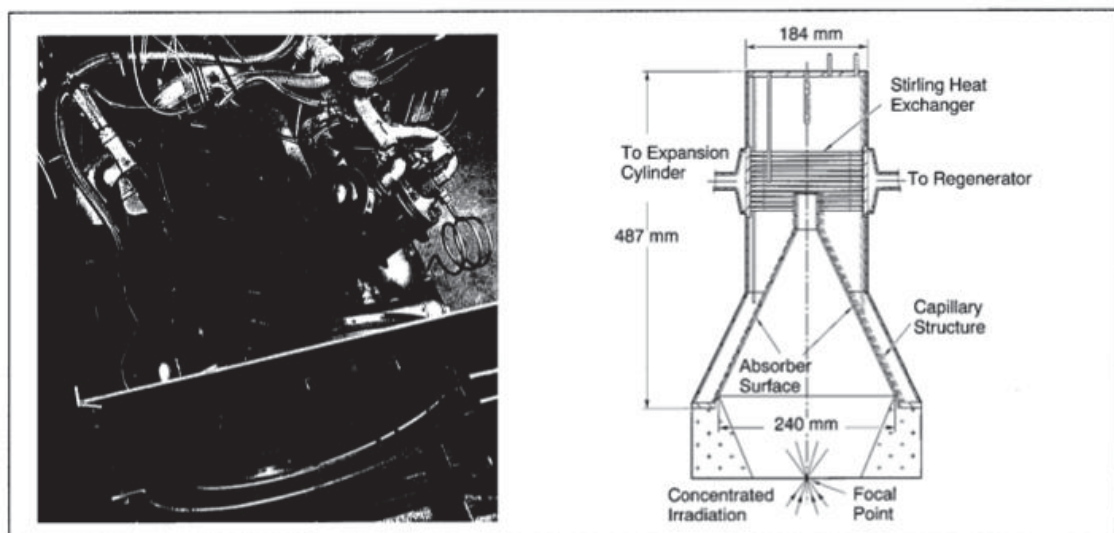


Figure 6-11. German Aerospace Research Establishment (DLR) V-160 heat-pipe receiver (Mod 1).

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Receptor German Aerospace Research Establishment (DLR) V-160(2)

A second prototype heat-pipe receiver was designed for the V-160 engine by the German Aerospace Research Establishment (DLR). Called the Mod 2, it was designed with production simplification in mind in addition to a more elastic connection between the receiver and the engine, and the added safety of double-wall containment between the high-pressure helium and liquid sodium. The receiver has been tested on-sun with the Schlaich, Bergemann und Partner 7.5-meter stretched-membrane dish at the Plataforma Solar international test facility in Almería, Spain.

DESIGN

Type	Heat-pipe reflux
Aperture Diameter	140 mm
Engine Heater Tubing Configuration	Annular heat pipe with engine heater tubes wrapped around grooves in outside shell and brazed.
Absorber Design	2-mm-thick Inconel 625 alloy absorber with screen wick spot welded to heat pipe walls.
Thermal Input Power (max)	32 kW _t
Peak Flux on Absorber Surface	55 W/m ²
Helium Operating Temperature	700°C

HEAT-TRANSFER FLUID

Heat-Transfer Fluid	Sodium
Operating Temperature	820°C
Fluid Inventory	400 g
Temperature Difference	120°C (helium to heat-pipe)

PERFORMANCE

Efficiency	86% to 90% (estimated)
Year	1990
Number Built	1
Manufacturer	DLR, Stuttgart, Germany and Institut für Kerntechnik und Energiewandlung e.V., Germany; Univ. of Stuttgart (heat-pipe wick design and manufacture), Germany

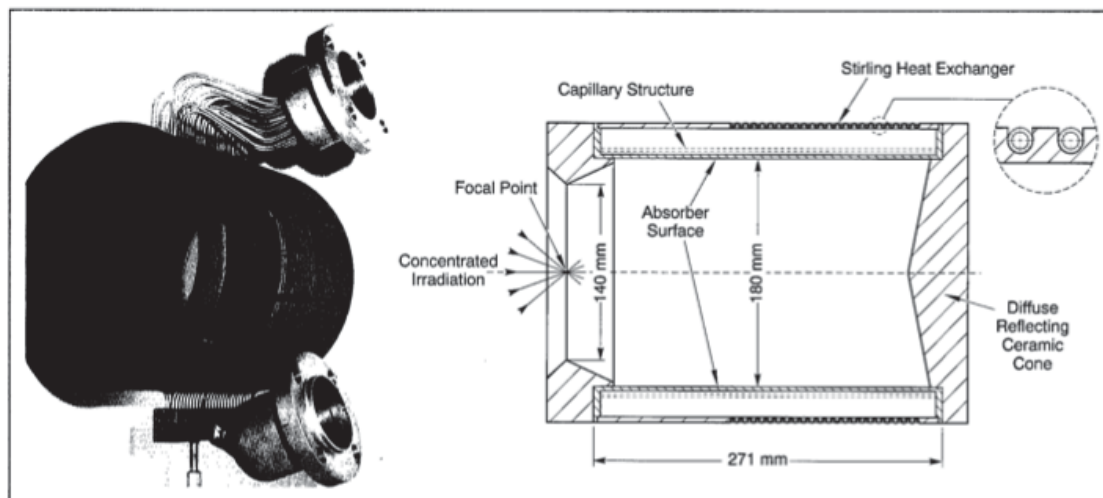


Figure 6-12. German Aerospace Research Establishment (DLR) V-160 heat-pipe receiver (Mod 2).

Receptor Dynatherm heat-pipe

Dynatherm developed a screen-wick heat-pipe receiver in support of the Cummins Power Generation 4-kW_e dish/Stirling system. The heat pipe was limit-tested on Sandia's Test Bed Concentrator.

DESIGN

Type	Heat-pipe reflux
Aperture Diameter	220 mm
Absorber Diameter	410 mm
Absorber Design	0.81-mm-thick 316L stainless steel with a composite screen wick structure. Aft dome sponge artery, refluxing to wick surface.
Thermal Input Power	45 kW _t (demonstrated)
Peak Flux on Absorber (nominal)	35 W/cm ²

HEAT-TRANSFER FLUID

Heat-Transfer Fluid	Sodium
Operating Temperature	750°C
Fluid Inventory	520 g

PERFORMANCE

Output (thermal)	27.5 kW _t (demonstrated)
Year	1991-1992
Number Built	1
Manufacturer	Dynatherm, Cockeysville, Maryland, USA

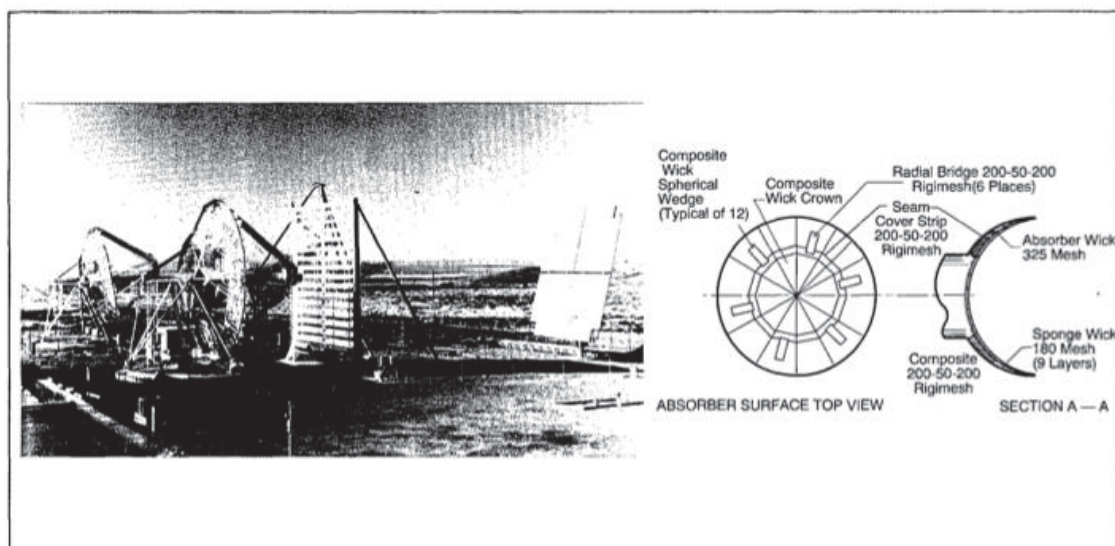


Figure 6-10. Dynatherm heat-pipe receiver.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Receptor Sandia National Laboratories pool-boiler

This prototype liquid sodium reflux pool boiler was designed and tested by Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico, in 1989. The receiver was operated on-sun for over 50 hours before it failed.

DESIGN

Type	Pool-boiler reflux
Aperture Diameter	220 mm
Absorber Diameter	410 mm
Absorber Design	Spherical shell of 0.81-mm-thick 316L stainless steel, 35 artificial cavities* drilled into back to stabilize boiling.
Peak Flux on Absorber Surface	75 W/cm ²
Thermal Input Power (design)	75 kW

HEAT-TRANSFER FLUID

Heat Transfer Fluid	Sodium
Operating Temperature	800°C
Fluid Inventory	5.77 kg

PERFORMANCE

Output (thermal)	62 kW _t at 1000 W/m ² insolation (demonstrated throughput)
Receiver Thermal Efficiency	>90% at 800°C
Year	1989
Number Built	2
Manufacturer	Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico, USA

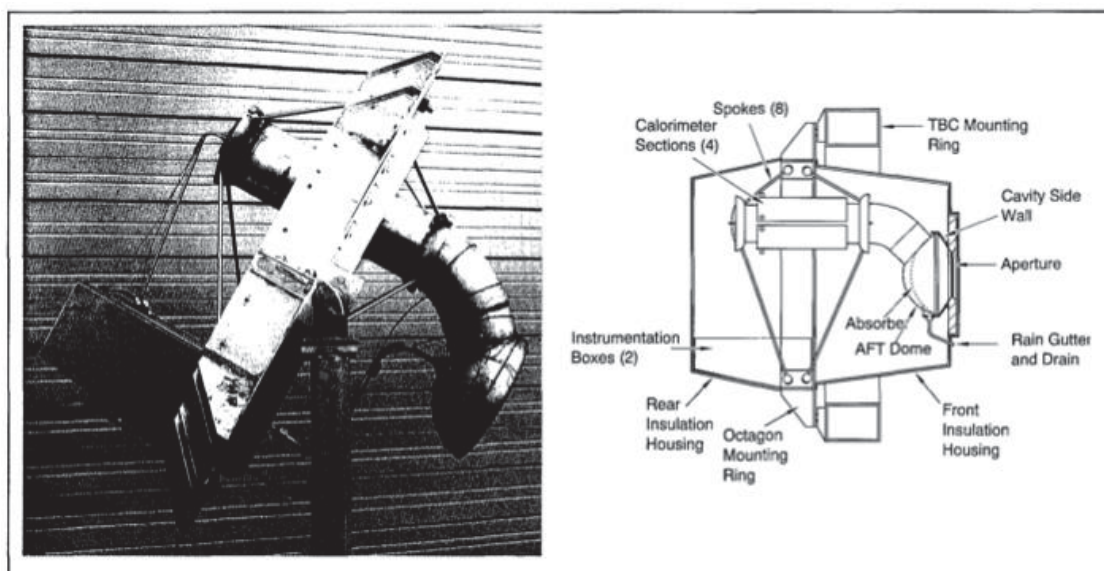


Figure 6-6. Sandia National Laboratories pool-boiler receiver.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Receptor Sandia National Laboratories second-generation pool-boiler

This prototype liquid sodium-potassium alloy reflux pool boiler was designed and tested by Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico, in 1993. The receiver was operated on-sun for over 12 hours without any of the restart problems that eventually caused the failure of the first design.

DESIGN

Type	Pool-boiler reflux
Aperture Diameter	220 mm
Absorber Diameter	458 mm
Absorber Design	Spherical shell of 0.89-mm-thick Haynes alloy 230, 0.76-mm-thick powder-metal coating brazed to the back to stabilize boiling.
Peak Flux on Absorber Surface*	61 W/cm ²
Thermal Input Power (design)	75 kW

HEAT-TRANSFER FLUID

Heat Transfer Fluid	Sodium-potassium alloy NaK-78
Operating Temperature	750°C
Fluid Inventory	8.85 kg

PERFORMANCE

Output (thermal)*	60.7 kW _t at 964 W/m ² insolation (demonstrated throughput)
Receiver Thermal Efficiency*	>92% at 750°C and 964 W/m ² insolation
Year	1993
Number Built	1
Manufacturer	Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico, USA

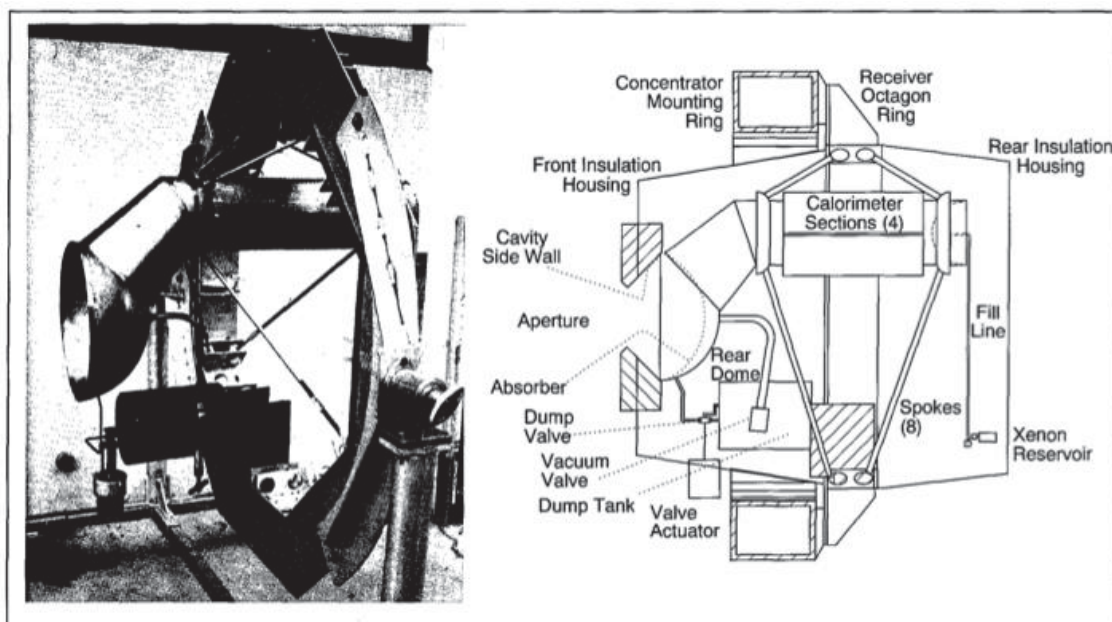


Figure 6-7. Sandia National Laboratories second-generation pool-boiler receiver.

Absorbedor Schlaich und Partner V-160

A directly illuminated heater tube receiver is used in the Schlaich, Bergermann und Partner (SBP) engine modules in their test systems at Almería, Pforzheim, and Stuttgart. The heater head of the V-160 engine was redesigned to provide for better solar absorber design.

DESIGN

Type	Directly illuminated heater tube
Aperture Diameter	120 mm
Peak Flux on Absorber Surface	80 W/cm ²
Thermal Input Power	36.2 kW
Peak Tube (front-side) Temperature	850°C
Operating Temperature (tube shaded side)	750°C
Gas Temperature (high)	630°C

PERFORMANCE

Output (thermal)	31.1 kW _t at 1000 W/m ² insolation
Receiver Efficiency	86%
Year	1991
Number Built	10
Manufacturer	Solo Kleinmotoren, Sindelfingen, Germany

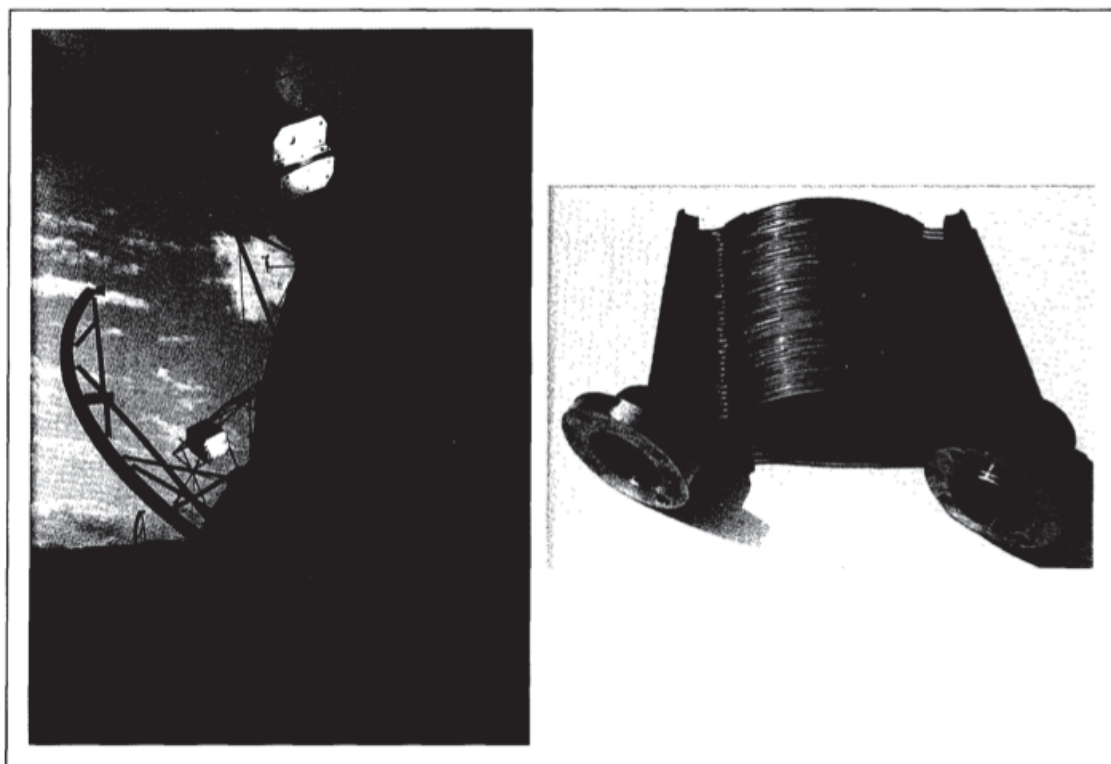


Figure 6-3. Schlaich, Bergermann und Partner V-160 receiver installed in system (left photo) and apart from system

Receptor Stirling Thermal Motors 4-120 (STM4-120)

The heater head of the Stirling Thermal Motors engine has been incorporated into a directly illuminated heater tube receiver.

DESIGN

Type	Directly illuminated heater tube
Aperture Diameter	220 mm
Absorber Diameter	400 mm
Absorber Design	Tube bank absorber
Peak Flux on Absorber Surface	75 W/cm ²
Gas Temperature (high)	720°C
Maximum Tube Temperature	800°C

PERFORMANCE

Receiver Thermal Efficiency (peak)	90%
Year	1992
Number Built	1
Manufacturer	Stirling Thermal Motors, Ann Arbor, MI, USA

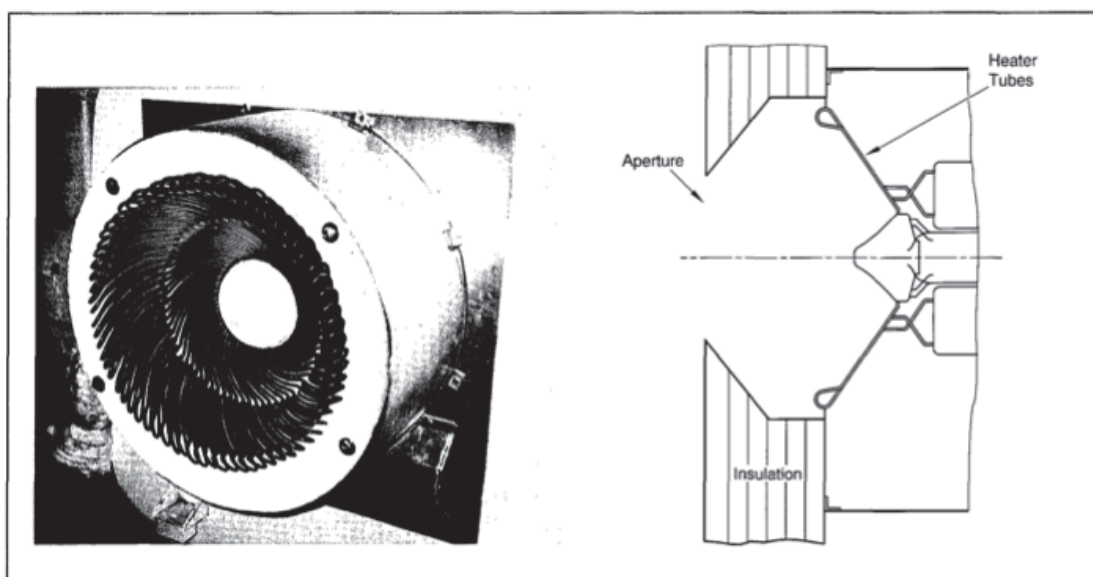


Figure 6-5. Stirling Thermal Motors 4-120 (STM4-120) direct illumination receiver

Receptor United Stirling 4-275

The heater head of the United Stirling AB (USAB) 4-275 engine was surrounded by an insulated cone wind protector. This receiver is a directly illuminated tube receiver. The absorber consists of many small-diameter heater tubes located in the back of the cavity that absorb the concentrated sunlight. An insulated aperture cone provides wind protection for the absorber.

DESIGN

Type	Directly illuminated heater tube
Aperture Diameter	700 mm
Cone Diameter	2000 mm
Absorber Diameter	700 mm
Peak Flux on Absorber Surface	50 W/cm ²
Thermal Input Power (max.)	179 kW
Peak Tube (front-side) Temperature	800°C
Oper. Temp. (tube shaded side)	720°C
Gas Temperature (high)	620°C

PERFORMANCE

Output (thermal)	142.6 kW _t at 1000 W/m ² insolation
Receiver Efficiency	80%
Year	1984
Number Built	2
Manufacturer	United Stirling of Sweden AB, Malmö, Sweden

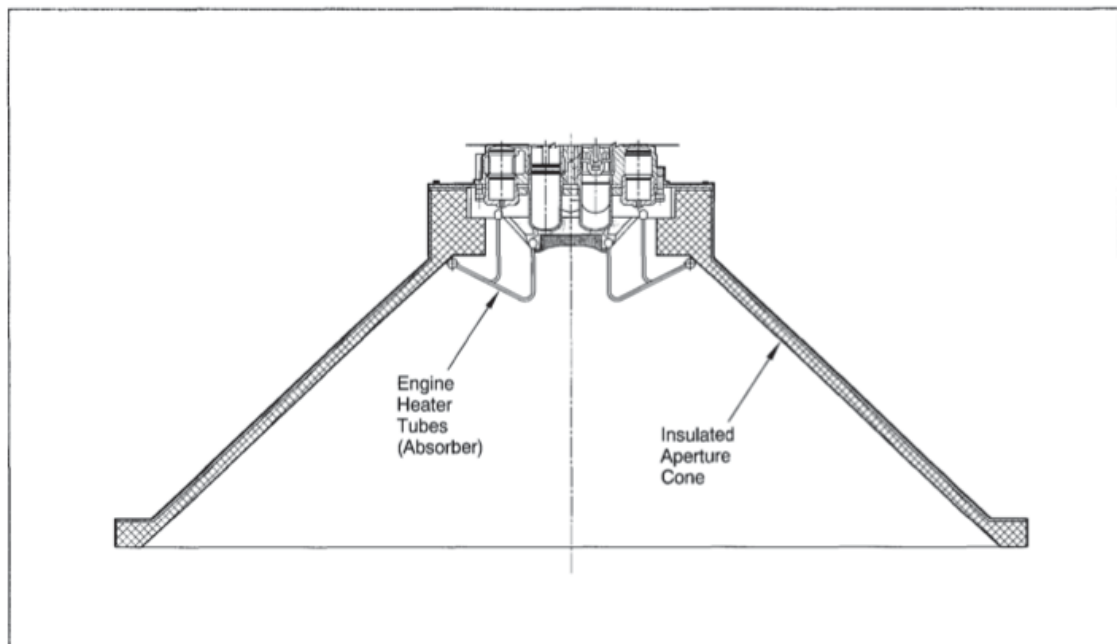


Figure 6-2. United Stirling 4-275 receiver (German/Saudi project).

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Receptor United Stirling 4-95

The heater head of the United Stirling AB (USAB) 4-95 engine was incorporated into a cavity and used in both the Vanguard and the McDonnell Douglas dish/Stirling systems. Five different heater tube configurations were tested at the Jet Propulsion Laboratory in attempts to optimize their design for solar applications.

DESIGN

Type	Directly illuminated heater tube
Aperture Diameter	200 mm
Absorber Diameter	450 mm
Absorber Design	Four quadrants of 18 hairpin-shaped tubes made of N155 or Inconel 625.
Peak Flux on Absorber Surface	75 W/cm ² (Vanguard), 78 W/cm ² (MDAC)
Thermal Input Power (max.)	74 kW
Expected Life	16,000 hours @ 720°C gas temp.
Normal Operating Temperature (tube shaded side)	720°C
Gas Operating Temperature (for Vanguard performance record)	760°
Max. Tube (front-side) Temperature	810°C (Vanguard only)
Aperture Protection	Water-cooled pneumatically actuated shutters (Vanguard only)

PERFORMANCE

Temperature Variations Along Tubes	150°C (max)
Temperature Variations Between Quadrants	100°C (max)
Temperature Variations Across Tubes	100°C (max)
Output (thermal)	62 kW _t at 1000 W/m ² insolation
Receiver Thermal Efficiency	90%
Year	1984
Number Built	10
Manufacturer	United Stirling of Sweden AB, Malmö, Sweden

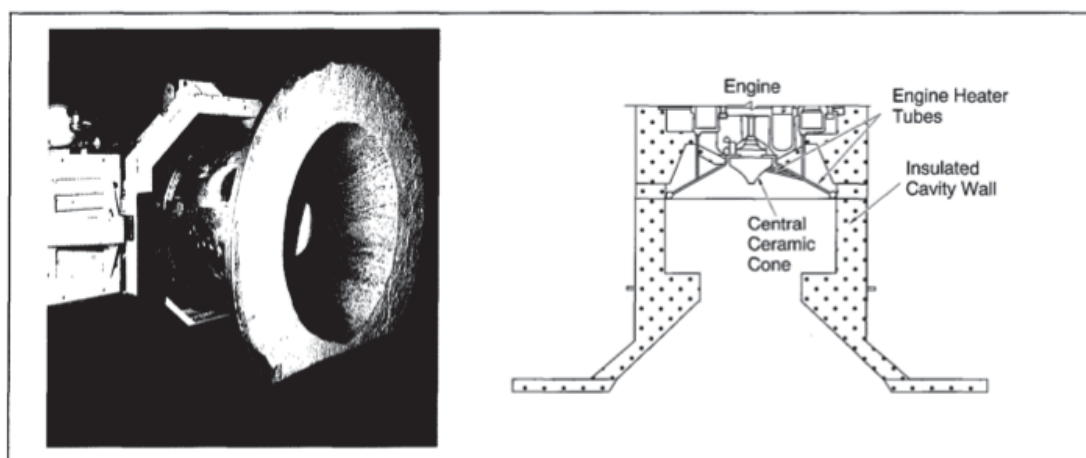


Figure 6-1b. United Stirling 4-95 engine with MDAC receiver.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

G.3 - MOTORES

Motor Aisin Seiki NS30A 30kW

Aisin Seiki Co., Ltd., of Kariya City, Japan, built the NS30A 30-kW engine (under the Japanese government's New Energy and Industrial Development Organization [NEIDO] project). Aisin has modified one of these engines for solar operation and has been testing it on a McDonnell Douglas Corporation (MDAC) dish at their test facility in Kariya City. Aisin has derated this engine from its nameplate rating, and is currently installing three of these engines on CPG-460 concentrators at a dish/Stirling electric power project on Miyako Island, south of Okinawa.		
DESIGN		
Power (rated)	30 kW @ 1500 rpm (52 kW @ 4000 rpm)	
Power (Miyako System)	8.5 kW @ 1500 rpm	
Number of Cylinders	4, parallel in square configuration	
Stirling Configuration	Four-piston, double-acting	
Displaced Volume	4 x 147 cm ³	
Swept Volume	831 cm ³	
Bore	60 mm	
Stroke	52.4 mm	
Heater	18 closed-fin hairpin tubes per cylinder, 6.5 mm o.d./3.5 mm i.d. HastelloyX.	
Regenerators	Pressed wire mesh	
Cooler	37 inner/outer finned aluminum tubes per cylinder, 6.5 mm o.d./5.1mm i.d.	
Cooling System	Water	
Drive Mechanism	Swashplate (fixed angle) driven rotary shaft	
Working Gas	Helium	
Mean Gas Pressure (max.)	14.5 MPa	
Gas Temperature (high)	683°C	
Gas Containment	Oil-filled 3-step piston rod seals	
Heater-Tube Temperature (max.)	780°C	
Coolant Temperature (max.)	50°C	
Power Control	Variable working gas pressure	
Weight	243 kg	
PERFORMANCE		
Output (electrical)	20 kW _e @ 1500 rpm (derated to 8.5 kW for solar application)	
Efficiency	25% @ 1500 rpm	
Year	1989	
Number Built	1 (Kariya), 3 (Miyako Island)	
Manufacturer	Aisin Seiki, Kariya City, Aichi Prefecture, Japan	

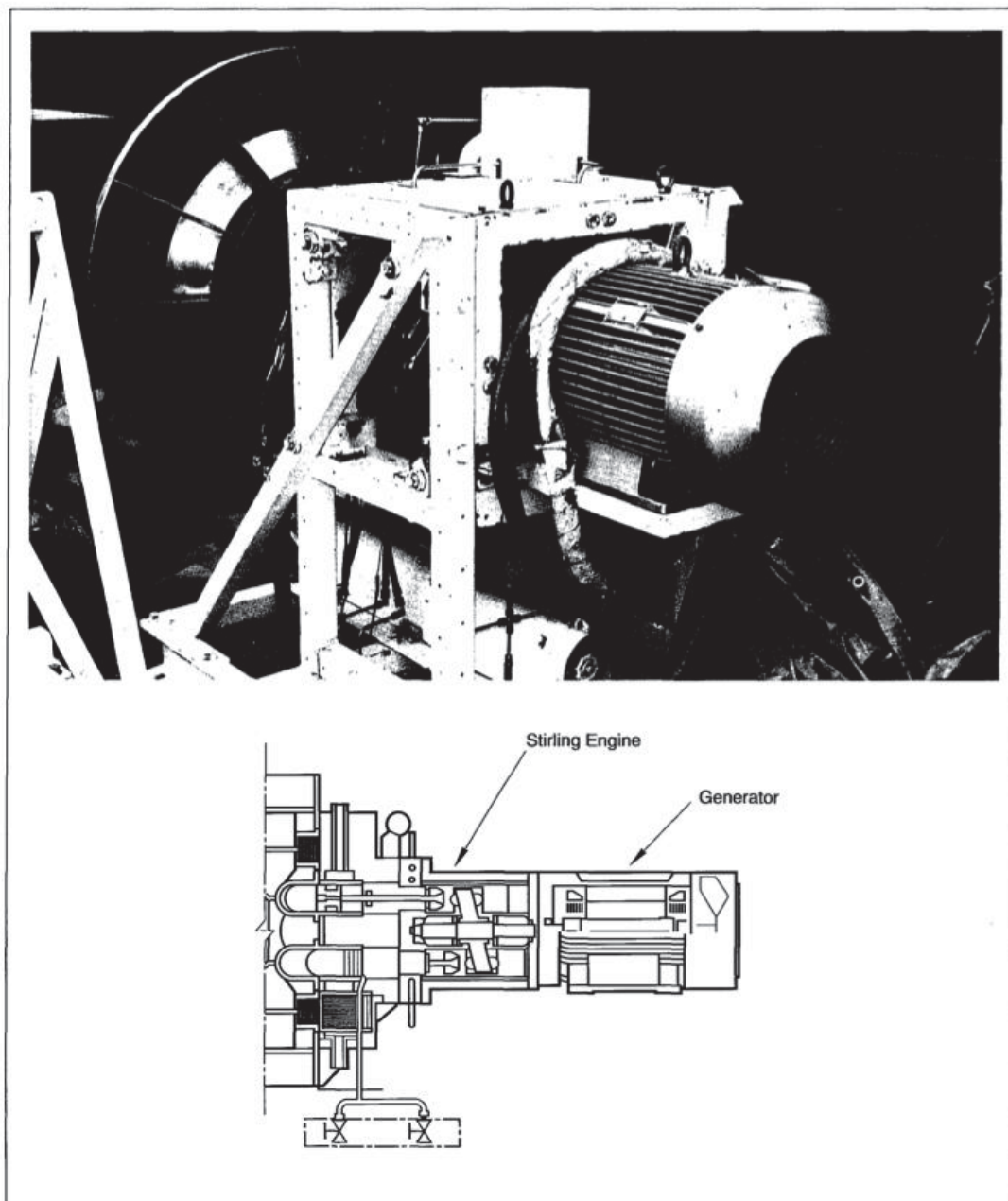


Figure 7-4. Aisin Seiki NS30A Stirling engine.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Motor Cummins Power Generation (CPG) 6-kW free piston prototype

Cummins Power Generation, Inc., along with Sunpower, Inc., of Athens, Ohio, are developing a 9-kW free-piston Stirling engine/converter for their 7.5-kW _e (net) dish/Stirling system. Seventeen of these units will be placed on test around the United States over the next three years. Currently, a prototype 6-kW _e engine is under test at three sites.	
DESIGN	
Power (rated)	9 kW _e @ 60 Hz (prototype is 6.0 kW _e)
Number of Cylinders	1
Stirling Configuration	Free power piston and displacer
Stroke (max)	14.1 mm
Power Piston Bearing/Seal	Static gas bearings/clearance seal
Heater	Tubular heat exchanger
Regenerators	Foil type
Cooler	Finned
Cooling	Water/glycol
Drive Mechanism	Linear alternator connected directly to power piston
Working Gas	Helium
Mean Gas Pressure	4 MPa
Gas Containment	Pressurized casing with no moving mechanical penetrations.
Gas Temperature (high)	629°C
Heater Tube Temperature (max.)	675°C*
Envelope	Length - 857 mm Width - 505 mm (diameter) Weight - 420 kg
ALTERNATOR/GENERATOR	
Type	Internal linear alternator
PERFORMANCE	
Electrical Output (measured)	7.1 kW _e (@ 670°C, 14.1 mm) (6-kW prototype)
Efficiency (engine and alternator)	33% (design), 28% (demonstrated)
Year	1992
Number Built	4 6-kW _e prototypes
Manufacturer	Cummins Power Generation Inc., Columbus, Indiana, USA

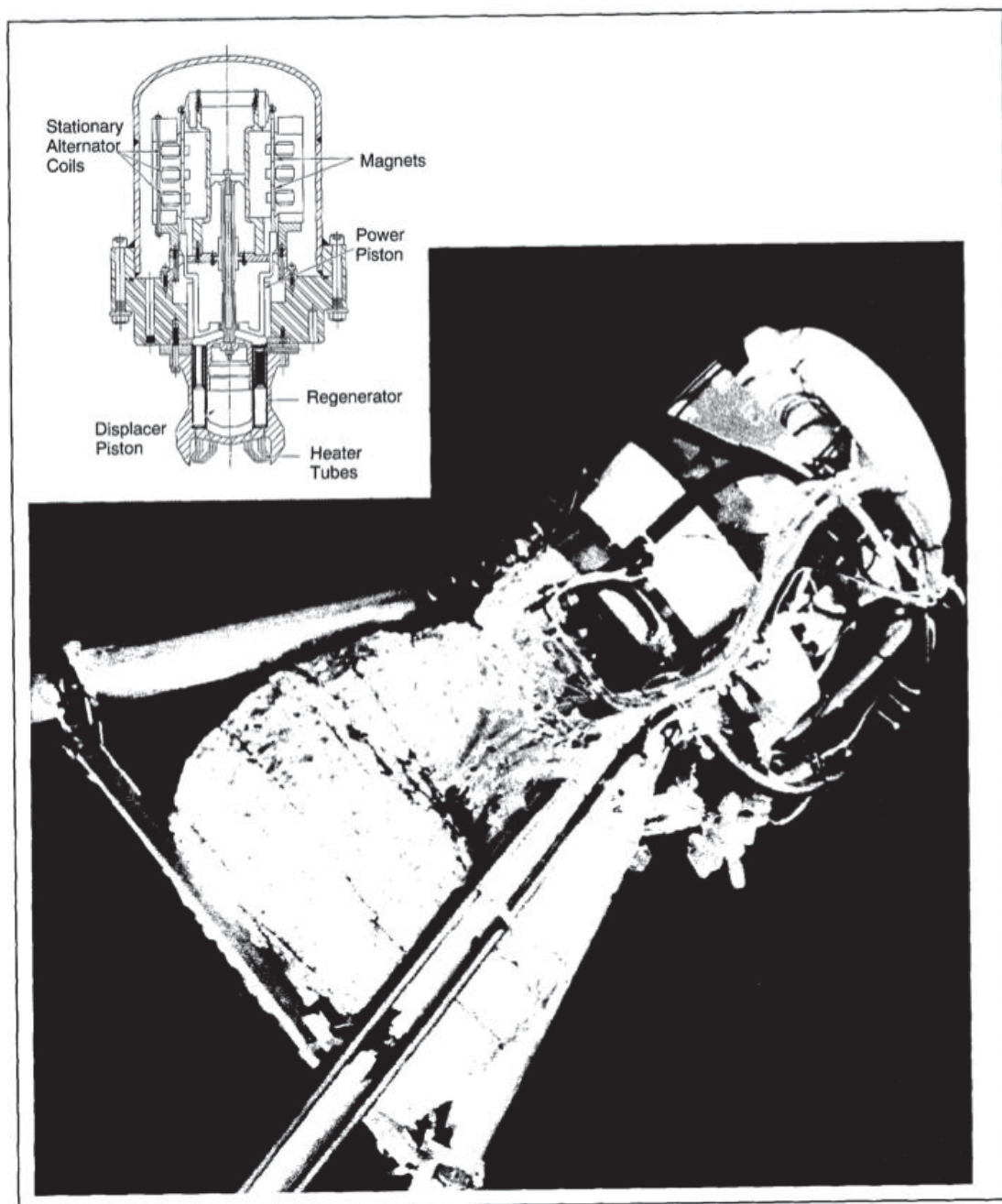


Figure 7-6. Cummins Power Generation (CPG) 6-kW prototype free-piston Stirling engine/converter (similar in design to the 9-kW production version).

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

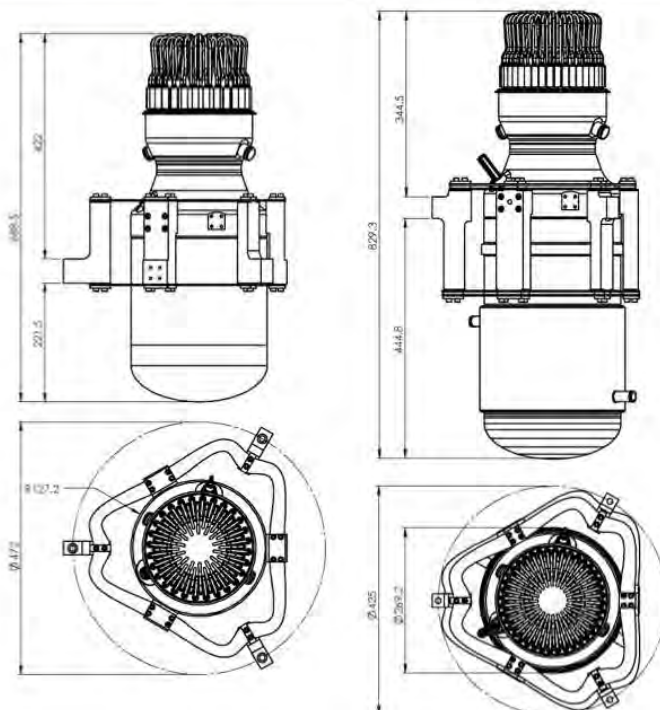
Juan F. Peraita Fernández

Motores Infinia



Qnergy Engines	QB-3500	QB-7500
Concept	In line linear FPSE	In line linear FPSE
Electric power output capacity (kWe)	3.5	7.5
Burner	Premix surface burner	Premix surface burner
Output (Rectified) (V)	420	420
Output with Inverter (V) @ (Hz)	3ph 380VAC std. & optional 1ph 220/110VAC	3ph 380VAC
Fill Gas	Helium 99.999%	Helium 99.999%
Supply Electronics (V) (Hz)	220 / 110 @ 50/60	220 / 110 @ 50/60
Lifetime (hrs)	> 60,000	> 60,000
Length x Diameter (mm ±1)	See Drawing	See Drawing
Engine Weight (kg)	67	103
Scheduled Service & Maintenance	None	None
Applications	Hybrid Solar Residential MCHP	Commercial MCHP, Biomass, Oil and Gas

Dimensions



Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Motor Stirling Thermal Motors (STM4-120)

Stirling Thermal Motors (STM) of Ann Arbor, Michigan, and Detroit Diesel Corporation of Detroit, Michigan, have signed a cooperative agreement to develop, manufacture, and market the STM4-120 Stirling engine. Initially this engine will power a 20-kW generator set and other nonsolar products. In the design of this engine, STM feels that they have a solution to three major problems of past engine designs: sophisticated and complicated power control systems, seal design for the reciprocating piston rods, and a large heater head that is expensive to manufacture. STM feels that, in their 4-120 engine, these problems have been solved by (1) using a variable angle swashplate drive to regulate output power, (2) pressurizing the crankcase to reduce pressure drop across the rod seals, and (3) designing a stacked heat exchanger heater head.

DESIGN

Power (rated)	25 kW @ 1800 rpm (52 kW @ 4500 rpm)
Number of Cylinders	4, parallel in square configuration
Stirling Configuration	Four-piston, double-acting
Displaced Volume	4 x 120 cm ³
Swept Volume	680 cm ³
Bore	56 mm
Stroke	48.5 mm (maximum)
Heater (solar)	Sodium heat-pipe or directly illuminated heater tubes.
Regenerators	Wire mesh
Cooling System	Water/glycol
Drive Mechanism	Swashplate-driven rotary shaft. Angle of swashplate can be varied from 0° to 22° to change piston stroke.
Working Gas	Helium (hydrogen is alternate)
Mean Gas Pressure (max.)	12 MPa
Gas Containment	Crankcase pressurized to mean cycle pressure and power shaft sealed with a rotating seal.
Gas Temperature (high)	720°C
Coolant Temperature (max.)	45 - 70°C
Power Control	Piston stroke variation by means of variable swashplate with max. angle of 22°.
Envelope (including receiver)	Length - 810 mm Largest diameter - 400 mm (receiver), 300 mm (crankcase) Weight - 110 kg (natural gas-fired configuration)

PERFORMANCE

Output (electrical)	26.3 kW _e @ 1840 rpm (measured 9/92)
Efficiency	40 - 45% @ 1800 rpm (projected)
Year	1988
Number Built	5
Manufacturer	Stirling Thermal Motors, Ann Arbor, Michigan, USA

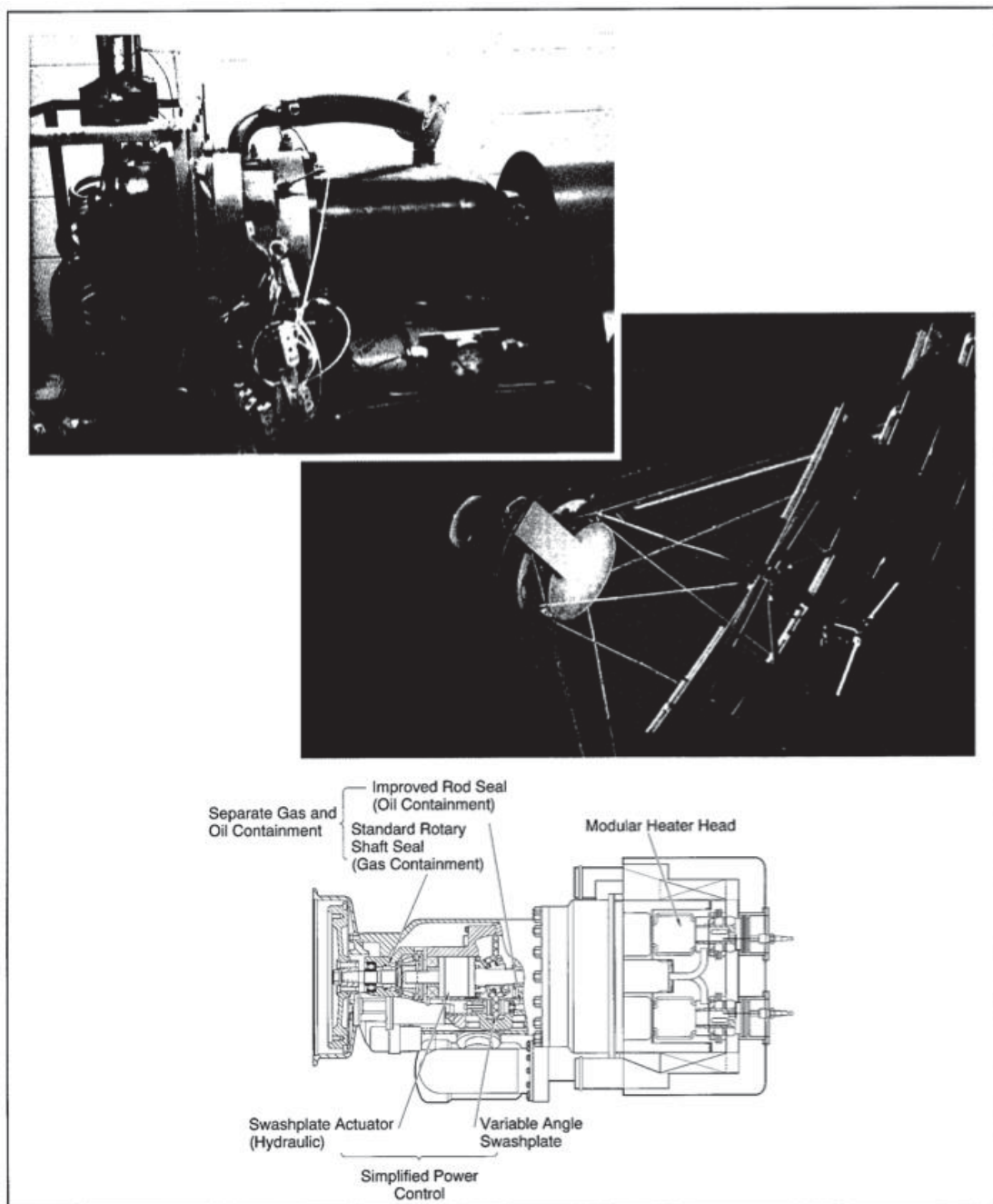


Figure 7-5. Stirling Thermal Motors STM4-120 Stirling engine. (Top photo, dynamometer test; lower photo, on-sun test.)

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Motor United Stirling AB 4-94 MKII

United Stirling AB (USAB) of Malmö, Sweden, converted their 4-95 engine to operate on a dish/Stirling system. A number of tests of different versions of this engine were done on the Jet Propulsion Laboratory's Test Bed Concentrator and the Vanguard concentrator. The final version (MK II) was installed on both the Vanguard I system and the McDonnell Douglas dish/Stirling systems. The Vanguard I system still holds the world's record for conversion of solar energy to electricity of 29.4%.		
DESIGN		
Power (rated)	25 kW @ 1800 rpm (52 kW @ 4,000 rpm)	
Number of Cylinders	4, parallel in square configuration	
Stirling Configuration	Four-piston, double-acting	
Displaced Volume*	4 x 95 cm ³	
Swept Volume*	540 cm ³	
Bore	55 mm	
Stroke	40 mm	
Heater	4 x 18 tubes @ 260 mm long, 3 mm diameter	
Regenerators	4 x 2 @ 44 mm long, 57 mm diameter, holding 200 mesh stainless steel wire screens.	
Cooler	4 x 2 x 200 tubes, 90 mm long	
Cooling System	Glycol-water / forced-air radiator	
Drive Mechanism	Dual crankshafts with crossheads driving single contra-rotating output shaft.	
Working Gas	Hydrogen (helium optional)	
Mean Gas Pressure (max.)	20 MPa	
Gas Containment	Leningrader piston rod seal (preloaded trapezoidal Rulon™ ring)	
Gas Temperature (high)	720°C	
Coolant Temperature (max.)	50°C	
Power Control	Variable working gas pressure	
Envelope (including receiver)	Length - 550 mm	
	Width - 450 mm	
	Height - 400 mm	
	Weight - 330 kg	
ALTERNATOR/GENERATOR		
Type	Induction Motor/Generator	
Manufacturer	Reliance Electric	
Rating	22.5 kW @ 1800 rpm, 480 Vac, 60 Hz, 0.90 pf	
PERFORMANCE		
Output (electrical)	27.1 kW _e @ 1800 rpm / 1000 W/m ²	
Efficiency	41% @ 1800 rpm (engine/alternator)	
Year	1984	
Number Built	Numerous, approx. 15 for solar applications	
Manufacturer	United Stirling of Sweden AB, Malmö, Sweden	

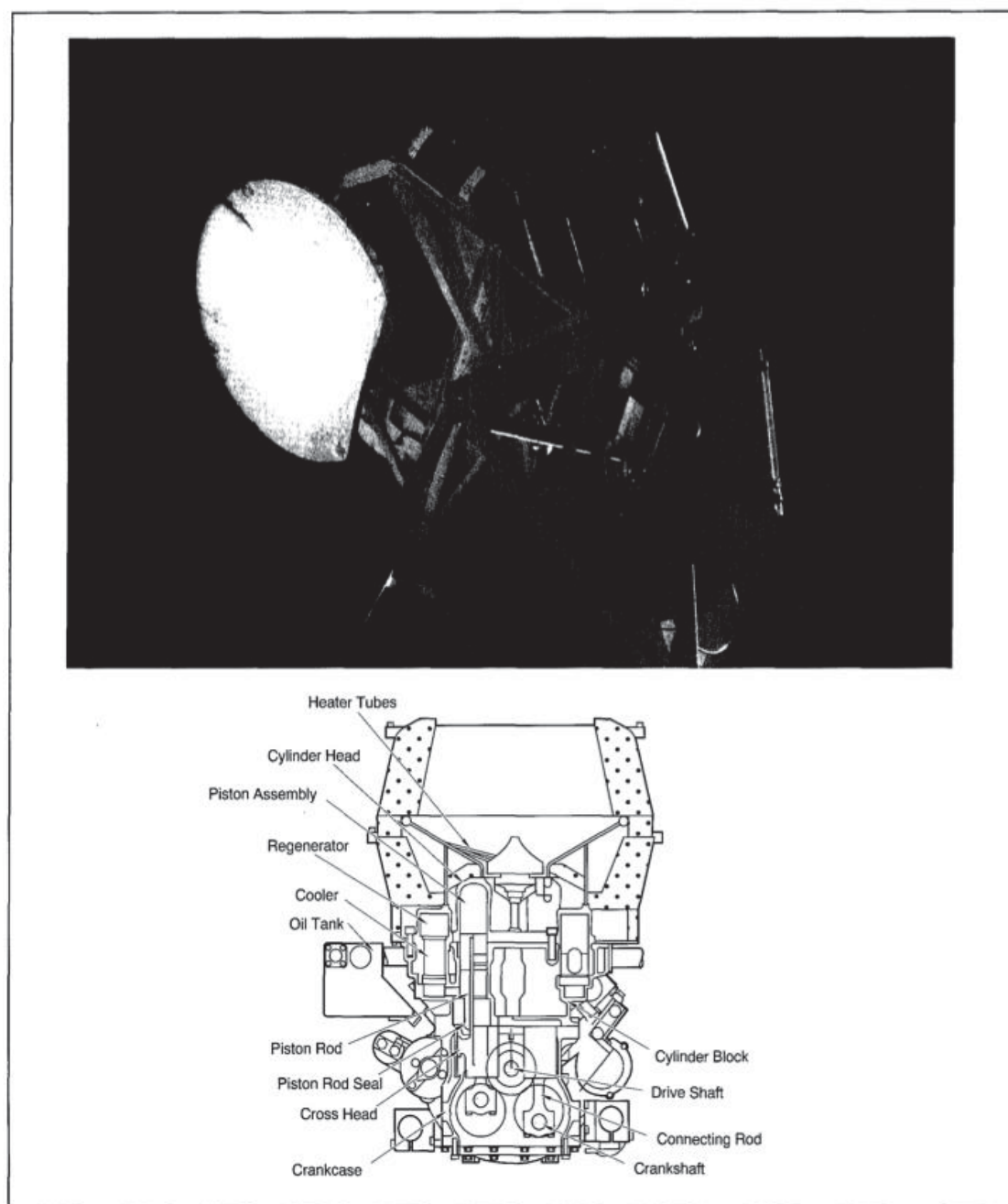


Figure 7-1. United Stirling 4-95 MKII Stirling engine.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Motor United Stirling 4-275

The United Stirling AB (USAB) 4-275 engine is the largest engine applied to dish/Stirling systems. Mounted on the SBP 17-meter concentrator, two of these engines were tested as part of a joint German/Saudi Arabian dish/Stirling development project.

DESIGN

Power (rated)	50 kW @ 1500 rpm (118 kW @ 2600 rpm)
Number of Cylinders	4, parallel in square configuration
Stirling Configuration	Four-piston, double-acting
Displaced Volume	4 x 275 cm ³
Swept Volume	1560 cm ³
Cooling System	Water/forced air radiator
Drive Mechanism	Dual crankshafts with crossheads
Working Gas	Hydrogen
Mean Gas Pressure (max.)	15 MPa
Gas Temperature (high)	620°C
Gas Containment	Leningrader piston rod seal
Coolant Temperature (max.)	65°C
Power Control	Variable working gas pressure

PERFORMANCE

Output (electrical)	52.5 kW _e @ 1500 rpm / 1000 W/m ²
Efficiency	42% @ 1500 rpm
Year	1984
Number Built	Nine, two for solar applications
Manufacturer	United Stirling of Sweden AB, Malmö, Sweden

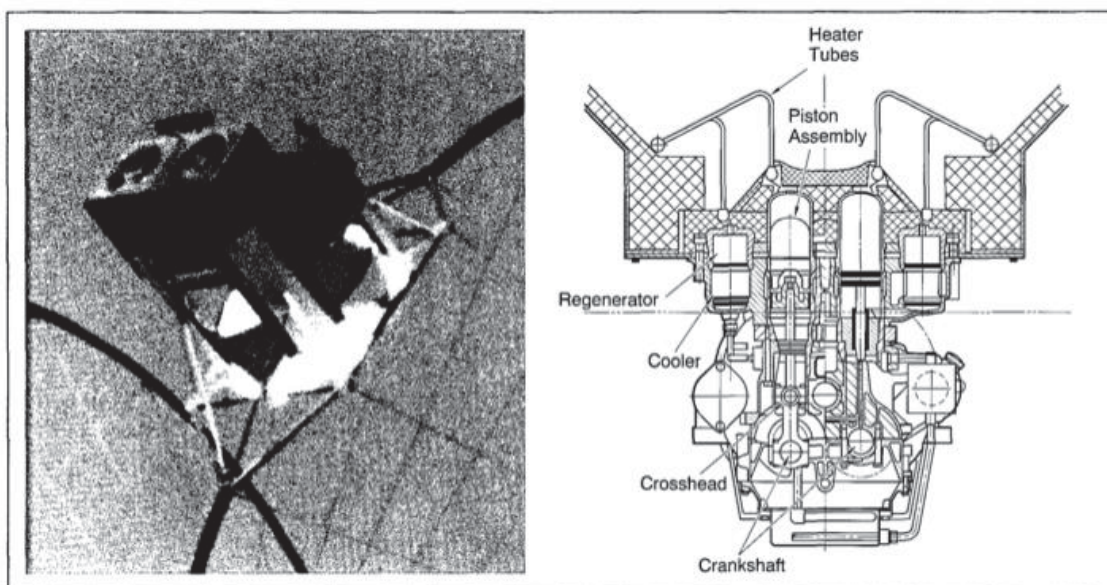


Figure 7-2. United Stirling 4-275 Stirling engine.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

Motor Stirling Power systems Solo V-160

Designed by United Stirling (Sweden) and originally manufactured by Stirling Power Systems (now defunct), the V-160 engine is currently part of the Schlaich, Bergemann und Partner 7.5-meter dish system currently under test at the Plataforma Solar in Almería, Spain, and in Germany. Engines for this system will be manufactured by Solo Kleinmotoren of Sindelfingen, Germany.

DESIGN

Power (rated)	9 kW @ 1500 rpm (15 kW max. @ 3600 rpm)
Number of Cylinders	1 compression (cold) and 1 expansion (hot)
Stirling Configuration	Double-cylinder, 90° V
Displaced Volume (power piston)	160 cm ³
Swept Volume	226 cm ³
Bore	68 mm
Stroke	44 mm
Cooling System	Water/forced-air radiator
Drive Mechanism	Single crankshaft with crossheads
Working Gas	Helium
Mean Gas Pressure (max.)	15 MPa
Gas Temperature (high)	630°C
Power Control	Variable working gas pressure
Envelope (including receiver)	Length - 585 mm; Width - 610 mm; Height - 585 mm
Weight (bare)	137 kg

PERFORMANCE

Output (electrical)	9 kW _e @ 1500 rpm / 1000 W/m ²
Efficiency	30% @ 1500 rpm
Year	1991
Number Built	Approx. 150, ten for solar applications.
Manufacturer	Stirling Power Systems, Ann Arbor, Michigan (now defunct). Solo Kleinmotoren, Sindelfingen, Germany.

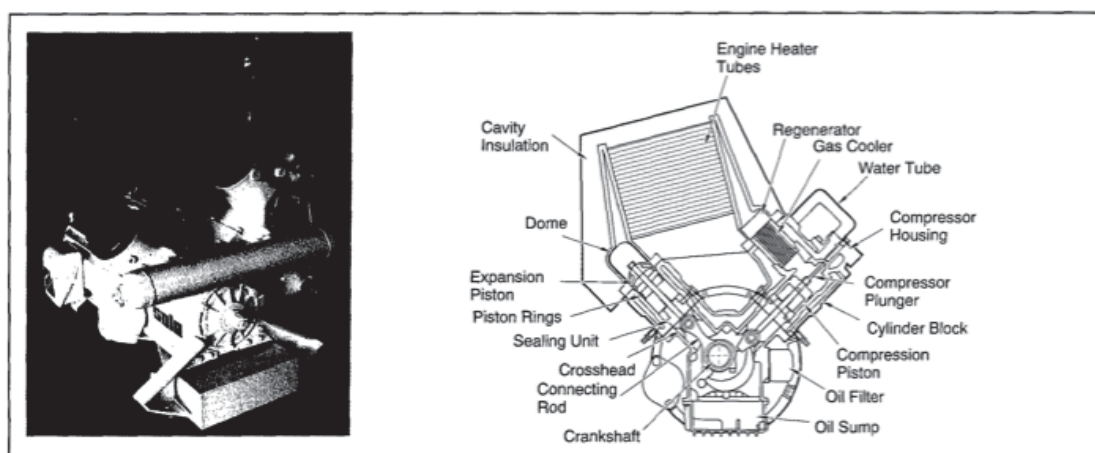


Figure 7-3. Stirling Power Systems/Solo V-160 Stirling engine.

G.4 – CABLE

CABLENA S.A.
 Grupo CONDUMEX

Cables de Energía
 Baja Tensión
 RZ1-K 0,6/1kV

CABLE RZ1-K 0,6/1kV



Cables industriales de tensión asignada 0,6/1kV., aislados con polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de Poliolefina.

DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN	PROPIEDADES	NORMAS DE REFERENCIA
Cables de energía para una tensión eficaz (U) de 1kV para utilización en instalaciones fijas	- Transporte y distribución de energía en instalaciones fijas protegidas o no. - Especialmente adecuados en locales donde se requiera una baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio, como locales de pública concurrencia.	Fácil instalación.	- Dimensiones y materiales según UNE 21123-4 - Identificación de conductores UNE 21089-1(HD 308) - Ensayo de comportamiento al fuego según UNE 21123-4 . Marcado (-AS).
AISLAMIENTO	TENSIÓN NOMINAL	CONDUCTOR	SUMINISTRO
Polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 según HD 603-1	0,6 / 1 k V.	Cobre flexible recocido electrolítico Clase 5 según UNE 21022/ IEC 228 .	Rollos Bobinas de madera.
CUBIERTA	TENSIÓN DE ENSAYO	RADIO DE CURVATURA mínimo	APROBACIONES
Poliolefina PO, según Anexo 1 tabla 1 UNE 21123-4,	3.5 kv. C.A. (5 min.)	4D D<25mm 5D 25mm<=D<=50mm	AENOR (Certificado nº 042/000816)

IDENTIFICACIÓN POR COLORACION DE LOS CONDUCTORES (UNE 21089-1/HD 308)

	Nº de Conductores				
	1	2	3	4	5
Cables con conductor de protección (AM/VD)		AZ-MRR	AZ-MRR-AM/VD	GR-MRR-NG-AM/VD	AZ-MRR-NG-GR-AM/VD
Cables sin conductor de protección		AZ-MRR	GR-NG-MRR	AZ-MRR-NG-GR	AZ-MRR-NG-GR-NG



GRUPO CONDUMEX

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW Juan F. Peraita Fernández

CABLENA S.A.
Grupo CONDUMEX

Cables de Energía
Baja Tensión
RZ1-K 0,6/1kV

Especificaciones Generales Cables RZ1-K 0,6/1kV. (*)

Conductor de Cobre							
Sección Nominal	Diámetro aislamiento	Diámetro Exterior	Resistencia a 20°C max.	Peso del Cable	Intensidad	Caída de tensión cos F = 1	Radio mínimo de curvatura
mm²	mm	mm	Ω/km	Kg/Km	(A)	V/A km	mm
1 x 1,50	2,90	5,7	13,3	50	18	26,72	23
1 x 2,50	3,40	6,2	7,98	60	26	16,37	25
1 x 4,00	3,90	6,7	4,95	75	35	10,18	27
1 x 6,00	4,40	7,2	3,30	95	46	6,8	29
1 x 10,00	5,70	8,5	1,91	145	64	4,04	35
1 x 16,00	6,80	9,6	1,21	205	86	2,54	39
1 x 25,00	8,40	11,2	0,780	295	120	1,61	45
1 x 35,00	10,0	12,8	0,554	395	145	1,16	58
1 x 50,00	11,7	14,5	0,386	540	180	0,85	60
1 x 70,00	13,9	16,7	0,272	745	230	0,59	70
1 x 95,00	15,4	18,4	0,206	960	285	0,43	71
1 x 120,00	17,5	20,5	0,161	1.205	335	0,34	85
1 x 150,00	19,6	22,8	0,129	1.500	385	0,27	95
1 x 185,00	22	25,2	0,108	1.810	450	0,22	130
1 x 240,00	24,9	28,3	0,0801	2.360	535	0,17	145
2 x 1,50	2,90	8,40	13,3	100	17	30,85	34
2 x 2,50	3,40	9,30	7,98	130	25	18,9	38
2 x 4,00	3,90	10,30	4,95	170	34	11,76	42
2 x 6,00	4,4	11,40	3,30	225	44	7,85	46
3 x 1,50	2,90	8,90	13,3	115	17	26,72	36
3 x 2,50	3,40	9,80	7,98	155	25	16,37	40
3 x 4,00	3,90	10,90	4,95	205	34	10,18	44
3 x 6,00	4,40	12,10	3,30	275	44	6,8	49
4 x 1,50	2,90	9,60	13,3	135	17	26,72	38
4 x 2,50	3,40	10,70	7,98	185	25	16,37	43
4 x 4,00	3,90	11,9	4,95	250	34	10,18	48
4 x 6,00	4,40	13,3	3,30	340	44	6,8	55
5 x 1,50	2,90	10,50	13,3	170	17	26,72	42
5 x 2,50	3,40	11,70	7,98	225	25	16,37	47
5 x 4,00	3,90	13,01	4,95	310	34	10,18	56
5 x 6,00	4,40	14,60	3,30	420	44	6,8	60

*Cablerna se reserva el derecho de llevar a cabo cualquier modificación sin previo aviso. Estos datos son meramente informativos

GRUPO CONDUMEX

ECO-REVI RZ1-K 0,6/1KV (AS)	
DESCRIPCIÓN	Cables unipolares y multipolares con conductor flexible , aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de poliolefina ignifugada libre de halógenos .
APLICACIONES	Adecuados para el transporte y distribución de energía eléctrica en instalaciones fijas protegidas ó no. Adecuados para instalaciones interiores y exteriores, sobre soportes, al aire, en tubos ó enterrados. Especialmente adecuados para instalaciones en locales donde se requiera una baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio, por ejemplo en locales de pública concurrencia.
NORMA	UNE 21123-4
CONDUCTOR	Cobre clase 5 según UNE-EN 60228
AISLAMIENTO	Polietileno reticulado tipo DIX 3 según UNE-HD 603-1
CUBIERTA	Poliolefina ignifugada de acuerdo con UNE 21123-4
TENSION NOMINAL	0.6/1KV
TENSION ENSAYO	3500 V
TEMPERATURA	90 °C
COMPORTAMIENTO AL FUEGO	No propagador de la llama según UNE-EN 60332-1 No propagador del incendio UNE-EN 60332-3 Baja emisión de humos UNE-EN 61034 Libre de halógenos de acuerdo con UNE 21123-4 Anexo C
SECCIONES	1x1.5 a 300 mm ² , 2,3,4,5 X 1.5 a 50 mm ² , 7,10,12,14,16,19,24,27,30,37,44,52 y 61 x 1.5 y 2.5 mm ² , 7,10 y 12 x 4 mm ²
COLORES	Verde
EMBALAJE	Rollos de 100 m plastificados y bobinas
CERTIFICACIÓN	

G.5 – MAGNETOTÉRMICO C60N

catálogo abreviado de aparamenta eléctrica en Baja Tensión **interruptores automáticos magnetotérmicos**

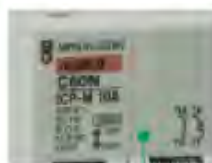


	K60N	ICP-M		DPN		DPK N	C60		
aparato		C32N	C60N	DPN	DPN N		C60N	C60H	C60L
páginas	2/8	2/9 y 2/10	2/9 y 2/10	2/11	2/11	2/12	2/14 y 2/15	2/16 y 2/17	2/16 y 2/17
poder de corte	UNE-EN 60947-2	–	–	6 kA	10 kA	–	10 kA	15 kA	25 kA (+25 A) 20 kA (32 y 40 A)
	UNE-EN 60898	6000 A	4500 A	6000 A	4500 A	6000 A	6000 A	10000 A	–
calibres (A)	6 a 40	1,5 a 40	1,5 a 63	1 a 40	1 a 40	6 a 40	0,5 a 63	0,5 a 63	1 a 40
n.º de polos	1, 1+N, 2	1, 1+N, 2 3, 4	1, 1+N, 2 3, 4	1+N	1+N, 3P 3P+N	1+N 1+NP	1, 1+N, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4
curvas de disparo	C	ICP	ICP	C, B	C, D	C	C, B, D	C, B, D	C, B, Z MA
anchura por polo en módulos	1	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1
auxiliares que admiten	ninguno	ninguno	ninguno	OF, SD OF+OF/SD Mx MX+OF MNx, MN ^{II} MSU Comunes con C60		ninguno	OF, SD OF+OF/SD Mx MX+OF MNx, MN ^{II} MSU Vigi C60 Tm C60		

catálogo abreviado de aparamenta eléctrica en Baja Tensión protección magnetotérmica multi 9

interruptores automáticos de
control de potencia ICP-M

UNE 20317
UNESA 6101-C
no admite auxiliares



Interruptor de control de potencia (ICP) de los abonados y como protección de instalaciones interiores de abonados (PIA):

- En instalaciones domésticas.
- Distribución terminal terciaria e industrial.
- N.º de maniobras (A-C): 20.000.
- C60N ICP-M: producto certificado AENOR conforme a la norma UNE 20317.
- C32N ICP-M: BOE n.º 214 (7-9-1987) conforme UNESA 6101-C y UNE 20317.
- C60N ICP-M de 1,5 a 45 A: BOE n.º 192 (11-8-1992) conforme UNESA 6101-C y UNE 20317.
- C60N ICP-M de 50 a 63 A: BOE n.º 287 (1-12-1998) conforme UNESA 6101-C y UNE 20317.

características

Tensión de empleo (V CA)
Poder de corte (A)
Calibre
Curva
Conexión

C32N ICP-M

220/380
4500
1,5 a 40 A a 20 °C
ICP-M
Bornes para cable rígido hasta 25 mm²
2 pasos de 9 mm

C60N ICP-M

220/380
6000
1,5 a 63 A a 20 °C
ICP-M
Bornes para cable rígido de 25 o 35 mm²
2 pasos de 9 mm

tipo

n.º polos	calibre (A)	referencias	
 1 polo protegido	7,5	12284	11891
	10	12285	11892
	15	12286	11893
	20	12287	11894
	25	12288	11895
	30	12289	11896
	35	12290	11897
	40	12291	11898
	45	-	11899
	50	-	11900
 1+N	7,5	12299	11910
	10	12300	11911
	15	12301	11912
	20	12302	11913
	25	12303	11914
	30	12304	11915
	35	12305	11916
	40	12306	11917
	45	-	11918
	50	-	11919
 2 polos protegidos	7,5	12314	11933
	10	12315	11934
	15	12316	11935
	20	12317	11936
	25	12318	11937
	30	12319	11938
	35	12320	11939
	40	12321	11940
	45	-	11941
	50	-	11942
	63	-	11943

Calibres de 1,5, 3, 3,5 y 5 disponibles en catálogo "Aparamenta carril DIN y cotrets modulares".

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

G.6 – INTERRUPTOR DIFERENCIAL:

Interruptores diferenciales 2P

Circuito monofásico de 220 V a 240 V

Interruptor diferencial IID	Interruptor automático 1P												
Calibre	iK60N	iC60N	iC60H	iC60L	< 25 A	32-40 A	50-63 A	C120N	C120H	NG125N	NG125L	NG160	
16	6 kA	10 kA	15 kA	25 kA				10 kA	15 kA	15 kA	25 kA	7 kA	
25	6 kA	10 kA	15 kA	25 kA				10 kA	15 kA	15 kA	25 kA	7 kA	
40	6 kA	10 kA	15 kA		20 kA			10 kA	15 kA	15 kA	20 kA	7 kA	
63	6 kA	10 kA	15 kA			15 kA		10 kA	10 kA	10 kA		7 kA	
80								10 kA	10 kA	10 kA		7 kA	
100								10 kA	10 kA	10 kA		7 kA	

Interruptor diferencial IID	Interruptor automático 1P+N, 2P														
Calibre	iK60N	iC60N	iC60H	iC60L	< 25 A	32-40 A	50-63 A	IDPN	IDPN N	C120N	C120H	NG125N	NG125L	NG160	NSX100/160
16	6 kA	20 kA	30 kA	50 kA				6 kA	10 kA	20 kA	30 kA	50 kA	50 kA	8 kA	6 kA
25	6 kA	20 kA	30 kA	50 kA				6 kA	10 kA	20 kA	30 kA	50 kA	50 kA	8 kA	6 kA
40	6 kA	20 kA	30 kA		36 kA			6 kA	10 kA	20 kA	30 kA	36 kA	36 kA	8 kA	6 kA
63	6 kA	20 kA	30 kA			30 kA				20 kA	30 kA	20 kA		8 kA	6 kA
80										20 kA	20 kA	20 kA		8 kA	6 kA
100										20 kA	20 kA	20 kA		8 kA	6 kA

Interruptores diferenciales 4P

Circuito trifásico de 380 V a 415 V

Interruptor diferencial IID	Interruptor automático 3P, 4P														
Calibre	iC60a	iC60N	iC60H	iC60L	< 25 A	32-40 A	50-63 A	IDPN	IDPN N	C120N	C120H	NG125N	NG125L	NG160	NSX100/160
16	6 kA	10 kA	15 kA	25 kA						10 kA	15 kA	15 kA	25 kA	7 kA	5 kA
25	6 kA	10 kA	15 kA	25 kA						10 kA	15 kA	15 kA	25 kA	7 kA	5 kA
40	6 kA	10 kA	15 kA		20 kA					10 kA	15 kA	15 kA	20 kA	7 kA	5 kA
63	6 kA	10 kA	15 kA			15 kA				10 kA	10 kA	10 kA		7 kA	5 kA
80										10 kA	10 kA		10 kA	7 kA	5 kA
100										10 kA	10 kA		10 kA	7 kA	5 kA

- Corriente nominal: de 1 a 125 A
- Sensibilidad de 30mA: protección adicional contra el contacto indirecto (en conformidad con IEC 364)
- Sensibilidades de 100,300, 500 mA: protección adicional contra incendios y contacto indirecto (en conformidad con IEC 364)
- Tipo B: protección de las instalaciones con un rectificador de tres fases
- La protección tipo “si”: de los circuitos sensibles (equipos informáticos) y de aquellos que tengan tendencia a perturbaciones (iluminación en lastre, electrónica de corrientes fuertes)

- Versión selectiva: desconexión edl dispositivo a menor probabilidad de falla
- Conformidad con las normas: IEC EN 61008 con certificación de las autoridades oficiales nacionales
- Adecuados para el aislamiento de acuerdo con las normas industriales: IEC 60947
- Voltaje de funcionamiento: hasta 440 VCA, voltaje de aislamiento: 500V
- Auxiliares opcionales: indicación de estado y disparo, desconexión y derivación, disparo por baja tensión, disparo por sobretensión

G.7 – LIMITADOR DE SOBRETENSIÓN

- Descarga de corriente máxima I_{max} : 65kA, 40 kA, 15 kA, 8kA
- Tensión de funcionamiento máxima en régimen permanente U_c : 440V
- Nivel de protección de tensión U_p : 1,2 kV – 1,5 kV – 1,8 kV – 2 kV
- Modo común o diferencial de protección adaptada a cada sistema de conexión a tierra: TT, TN-S, TN-C e IT
- Configuración en cascada para protección secundaria cerca de cargas sensibles
- Coordinación y selectividad con versión selectiva, protección contra fugas de tierra de tipo “si”
- Coordinación con interruptor automático de desconexión: curva C, de 20 a 50 A
- Desconexión térmica incorporada de fin de vida
- Indicación local y remota de cambio de cartucho PRD
- Cumplimiento de las normas: IEC 61643-1 prueba de clase 2, EN-61643-11 tipo 2

G.8 – CASETA PREFABRICADA

Las paredes y el techo están compuestos por paneles tipo sándwich formados por dos capas de hormigón armado y poliestireno expandido de 150mm de espesor, y se ha dado continuidad a todas las armaduras formando una jaula de Faraday.

Esta caseta dispone de una arqueta que permite la entrada de los conductos al interior y va acabada con revestimiento exterior rugoso de plástico, revestimiento interior liso negro, y en el suelo pintura anti-polvo. El techo lleva un voladizo de 10mm en todo su perímetro.

Véanse las dimensiones en los planos.

DOCUMENTO N°3

PLANOS

DOCUMENTO N°4

PLIEGO DE
CONDICIONES

DOCUMENTO Nº4 - PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

4.1 – PRESCRIPCIONES GENERALES	393
4.1.1 – Omisiones Y Contradicciones	393
4.1.2 – Facultades Del Ingeniero Director	394
4.1.3 – Reclamaciones Del Contratista	395
4.1.4 – Presencia Del Contratista En La Obra	396
4.1.5 – Seguridad En El Trabajo	397
 4.2 – PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS GENERALES	 398
4.2.1 – Replanteo Y Comprobación Del Replanteo	398
4.2.2 – Procedencia De Los Materiales	399
4.2.3 – Transporte Y Acopio	399
4.2.4 – Recepción Y Prueba De Materiales, Equipos Y Unidades De Obra	 400
4.2.5 – Control De Calidad Y Ensayos	400
4.2.6 – Materiales Que No Cumplen Las Condiciones De Este Pliego	401
4.2.7 – Condiciones Generales De Ejecución De Las Obras	401
4.2.8 – Maquinaria Y Medios Auxiliares	402
4.2.9 – Medios Auxiliares	402
4.2.10 – Reconocimiento E Investigación De La Obra Ejecutada	403
 4.3 – PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS PARTICULARES	 404
4.3.1 – Excavación Para Rasanteo	404
4.3.1.1 – Ejecución	404
4.3.1.2 – Medición Y Abono	405
4.3.2 – Excavación En Zanjas	406
4.3.2.1 – Ejecución	406
4.3.2.2 – Medición Y Abono	407

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

4.3.3 – Relleno Y Compactación De Zanjas	407
4.3.3.1 – Ejecución	408
4.3.3.2 – Medición Y Abono	409
4.3.4 – Obras De Hormigón	410
4.3.4.1 – Definición	410
4.3.4.2 – Materiales	410
4.3.4.3 – Ejecución Y Puesta En Obra.....	414
4.3.4.4 – Compactación Del Hormigón	416
4.3.4.5 – Juntas	417
4.3.4.6 – Curado Del Hormigón	419
4.3.4.7 – Acabado Del Hormigón	421
4.3.4.8 – Hormigonado En Condiciones Climatológicas Desfavorables	422
4.3.4.9 – Control De Calidad Y Ensayos.....	423
4.3.4.10 – Medición Y Abono	424
4.3.5 – Acero Para Armar	425
4.3.5.1 – Definición	425
4.3.5.2 – Materiales	425
4.3.5.3 – Ejecución	426
4.3.5.4 – Medición Y Abono	426
4.3.6 – Instalación Eléctrica	426
4.3.6.1 – Cables Enterrados	427
4.3.7 – Abono De Unidades De Obra No Previstas En El Contrato	429
4.3.8 – Obras Defectuosas Pero Aceptables	429

4.1 - PRESCRIPCIONES GENERALES

Todas las obras comprendidas en el proyecto se ejecutarán de acuerdo con los planes y órdenes del ingeniero director de obra, quien resolverá las cuestiones que se planteen referentes a la interpretación de aquellos y de las condiciones de ejecución, suministrando al contratista cuanta información se precise para que las obras puedan ser realizadas.

Los planos incluidos así como lo recogido en el Pliego de Prescripciones Técnicas, definen las obras y sus estructuras internas.

4.1.1 - OMISIONES Y CONTRADICCIONES

Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones Técnicas y omitido en los Planos, o viceversa, deberá ser ejecutado como si estuviese contenido en ambos documentos.

En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Prescripciones, prevalecerá lo prescrito en este último, salvo opinión en contra de la Dirección Facultativa de obra.

Las omisiones en los planos y en el Pliego de prescripciones, o las discrepancias erróneas de los detalles de la obra que sean manifiestamente indispensables para respetar el espíritu o intención expuestos en los documentos del presente proyecto, o que, por uso y costumbre, deben ser realizados, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de la obra omitidos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los planos y pliego de prescripciones técnicas particulares.

En caso de no ser posible resolver acudiendo a la documentación del proyecto, la interpretación de lo dudoso corresponde al ingeniero director de obra, que resolverá sin derecho a apelación por parte del contratista.

4.1.2 - FACULTADES DE INGENIERO DIRECTOR

Las funciones de director, en orden a la dirección, control y vigilancia de las obras que fundamentalmente afecten a sus relaciones con el contratista, son las siguientes:

- Exigir al contratista, directamente o través del personal a sus órdenes, el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas y el cumplimiento del programa de trabajo.
- Definir aquellas condiciones técnicas que este pliego de condiciones deja a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del contrato o aconsejen su modificación, tramitando, en su caso, las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarias para la ejecución de las obras y ocupación de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas

operaciones o trabajos en curso; para lo cual el contratista deberá poner a su disposición el personal y el material de la obra.

- Acreditar al contratista las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del contrato.
- Participar en la recepción de la obra y redactar la liquidación de la misma, conforme a las normas legales establecidas.

Todas las dudas y consultas en la ejecución de los trabajos que componen la obra se dirigirán por escrito a la Dirección facultativa, que contestará a las mismas por el mismo procedimiento quedando constancia en los documentos de las fechas en que se realice su entrega y expedición.

4.1.3 - RECLAMACIONES DEL CONTRATISTA

Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes mandadas por el director facultativo sólo podrá presentarlas a través del mismo, ante la administración contratante, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en estos Pliegos de Condiciones. Contra instrucciones de orden técnico o facultativo del Director de las obras, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida al Director Facultativo, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que, en todo caso, será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

4.1.4 - PRESENCIA DEL CONTRATISTA EN LA OBRA.

REPRESENTACION FACULTATIVA DEL CONTRATISTA.
OFICINA DE OBRA.

El delegado del contratista para esta obra será técnico titulado con las atribuciones necesarias. Tendrá en obra permanente un encargado general con categoría al menos Auxiliar Técnico, además del restante personal auxiliar.

El contratista está obligado a comunicar a la administración, en un plazo de días, contados a partir de la fecha en que se le haya notificado la adjudicación definitiva de las obras, su residencia. Esta residencia, estará situada en las obras o en una localidad cercana a su emplazamiento.

Los documentos, tanto del proyecto como otros complementarios, que la administración entregue al contratista, pueden tener un valor contractual o meramente informativo.

- Documentos contractuales.

Será de aplicación lo dispuesto en los artículos 82, 128 y 129 del Reglamento General de Contratación, en adelante RGC y en la Cláusula 7 del Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la contratación de Obras del estado, en adelante PCAG, así como los incluidos en el presente Proyecto.

El contratista deberá necesariamente conservar en ella copia autorizada de los documentos contractuales del proyecto o proyectos base del contrato y el “Libro de Ordenes”; a tales efectos, la Administración suministrará a aquel una copia de aquellos documentos antes de la fecha en que tenga lugar la comprobación del replanteo.

- Documentos informativos.

Los datos que se incluyen en la memoria, son documentos informativos. Dichos documentos representan una opinión fundada en la Administración. Sin embargo, ello no supone que se responsabilice de la certeza de los datos que se suministra; y, en consecuencia, deben aceptarse tan solo como complementos de la información que el contratista debe adquirir directamente y con sus propios medios.

Por tanto, el contratista será responsable de los errores que se puedan derivar de su defecto o negligencia en la consecución de todos los datos que afecten al contrato, al planteamiento y a la ejecución de las obras.

El contratista no podrá proceder al cambio o traslado de la oficina de obras sin previa autorización de la dirección.

4.1.4 - SEGURIDAD EN EL TRABAJO

El contratista está obligado a instalar las señales precisas para indicar el acceso a la obra, la circulación en la zona que ocupan los trabajos y los puntos de posible peligro debido a la marcha de aquellos, tanto en dicha zona como en sus lindes e inmediaciones.

El contratista cumplirá las órdenes que reciba por escrito de la Dirección acerca de la instalación de señales complementarias o modificación de las que haya instalado.

El contratista deberá señalizar las obras correctamente y deberá establecer los elementos de balizamiento y las vallas de protección que puedan resultar necesarias para evitar accidentes y será responsable de los accidentes de cualquier naturaleza causados a terceras personas, como consecuencia de la realización de los trabajos, y especialmente en aquellos debidos a defectos de señalización, balizamiento y elementos de protección.

Los gastos que origine la señalización se abonarán en la forma que establezcan los pliegos particulares de la obra; en su defecto, serán de cuenta del contratista.

Serán de cuenta del contratista los gastos de inspección y vigilancia de las obras, así como las cargas fiscales que se derivan de las disposiciones legales vigentes.

También cumplirá todas las disposiciones vigentes de carácter social, tales como Accidentes de Trabajo, Seguros Sociales y Enfermedad, Subsidios Familiar y de Vejez, etc.

En todo caso, se estará a las medidas y condiciones de seguridad descritas en el correspondiente estudio y Plan de Seguridad y Salud, si esos existieran.

4.2 - PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS GENERALES

4.2.1 - REPLANTEO Y COMPROBACION DEL REPLANTEO

Previo el comienzo de las obras, se comprobará el replanteo de las mismas en todos sus aspectos (geometría, características, etc.) Presenciando las operaciones el Ingeniero Director de Obra y el Contratista o persona en quienes ambos deleguen, debiendo levantarse el acta correspondiente.

Se comprobarán las señales o referencias existentes y se completarán con las necesarias para obtener garantías de permanencia durante la construcción, estando el contratista obligado a asegurar su persistencia, siendo todas estas operaciones por cuenta del Contratista.

Si fueran necesarios replanteos parciales o totales a lo largo de la construcción, el Ingeniero Director de la Obra podrá ordenar cuantos sean precisos y el contratista está obligado a realizarlos a su propia costa.

4.2.2 - PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES

El contratista propondrá a la Dirección de Obra las canteras, graveras, fábricas, marcas de prefabricados y, en general, la procedencia de todos los materiales que se empleen en las obras para su aprobación, si procede, en el entendido de que la aceptación en principio de un material no será obstáculo para poder ser rechazado en el futuro, si variasen sus características primitivas. En ningún caso se procederá al acopio y utilización en obra de materiales de procedencia no aprobada.

Como mínimo, propondrá tres lugares de procedencia, fábrica o marcas de cada material, para que el Director de Obra elija y pruebe uno de ellos, sin que el contratista tenga derecho a modificación del precio del Contrato debido a la elección realizada

Para cada caso en que los materiales a suministrar sean importados, el Contratista deberá presentar al Director de la Obra:

- Certificado de origen.
- Certificado de calidad del fabricante (con inclusión de pruebas si le fueran requeridas).

4.2.3 - TRANSPORTE Y ACOPIO

El transporte de los materiales hasta los lugares de acopio o de empleo, se efectuará en vehículos adecuados para cada clase de material, que, además de cumplir todas las disposiciones legales referentes al transporte, estarán provistos de los elementos que se precisen para evitar cualquier alteración perjudicial del material transportado y su posible vertido sobre rutas empleadas.

4.2.4 - RECEPCION Y PRUEBA DE MATERIALES, EQUIPOS Y
UNIDADES DE OBRA. MATERIALES QUE NO CUMPLEN LAS
CONDICIONES DE ESTE PLIEGO.

No se procederá al empleo de ningún material o equipo sin haber sido examinado y aceptado por el Ingeniero Director de la Obra, quien ordenará realizar las pruebas y ensayos que estime oportunos de acuerdo con lo establecido en los artículos correspondientes.

4.2.5. - CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS.

En cuanto a las unidades de obra, igualmente se realizará el control de calidad de las mismas, de acuerdo con lo establecido en los artículos correspondientes y a las instrucciones del Ingeniero Director de la Obra, quien determinará el tipo, frecuencia e interpretación de los resultados de los ensayos.

Los gastos a que ambos conceptos den lugar correrán a cargo del Contratista hasta la cantidad del 1% del presupuesto de Contrata (independientemente del coeficiente de adjudicación del concurso), y su coste se considera incluido en los precios de las unidades de obra, siempre y cuando el exceso de gasto correspondiente al control no sea imputable al Contratista por negligencia en el cumplimiento de las instrucciones recibidas, persistencia en el empleo de materiales dudosos u otra causa conceptualmente similar, en cuyo caso se hará cargo de todos los gastos a que estas operaciones den lugar.

Cuidará también el Ingeniero Director de la Obra de exigir el buen funcionamiento de los materiales y su correcta colocación definitiva en aquellas, viniendo obligado el Ingeniero Director de la Obra en este sentido. De la calidad o insuficiencias de los materiales empleados será responsable el Contratista, aún después de terminadas las obras, donde y cuando se

demuestre que la construcción adolece de deficiencias imputables a tales causas.

4.2.6 - MATERIALES QUE NO CUMPLEN LAS CONDICIONES DE ESTE PLIEGO.

El Ingeniero Director de la Obra se reserva el derecho de utilizar algunos de los materiales que no cumplan las condiciones exigidas en este pliego, previa fijación por su parte del precio correspondiente, para lo cual podrá atender las observaciones del Ingeniero representante del Contratista en trámite de audiencia de equipos.

4.2.7 - CONDICIONES GENERALES DE EJECUCION DE LAS OBRAS.

En la ejecución de las obras se adoptarán todas las medidas necesarias para evitar accidentes y garantizar las condiciones de seguridad en las mismas y su buena ejecución, cumpliéndose todas las condiciones exigidas por los Organismos competentes.

En particular el contratista deberá comprometerse a hacer respetar y cumplir la Normativa sobre Seguridad y Salud, que a tal efecto impone la legislación vigente, de cuyo cumplimiento deberá hacerse responsable.

Por otra parte el Contratista deberá nombrar un responsable en la obra de los temas de Seguridad, ejerciendo su representación y su responsabilidad como Vigilante de Seguridad, el cual así mismo, recibirá cuantas órdenes emita del Ingeniero Director en lo relativo al tema de seguridad.

En todo caso, se estará a lo dispuesto en el correspondiente Estudio de Seguridad y Salud anejo a este proyecto, y a su posterior desarrollo a través

del Plan de Seguridad y Salud a redactar por el Contratista, caso de que estos documentos existiesen.

4.2.8 - MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

El Contratista queda obligado a aportar a las obras el equipo de maquinaria y medios auxiliares que sea preciso para la buena ejecución de aquellas en los plazos parciales y total de los convenios en el contrato y en las condiciones indicadas en las cláusulas 28 y 29 del Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado.

Si durante la ejecución de las obras, a la vista de los resultados obtenidos, fuese necesario cambiar el tipo de maquinaria prevista para cumplir las condiciones señaladas, el Contratista vendrá obligado a adoptar las convenientes disposiciones, sin que ello represente modificación alguna de las condiciones económicas que rijan para la ejecución.

La maquinaria que figura en la justificación de precios solamente tiene un carácter orientativo en relación con la necesidad de establecer una base para la determinación de aquellos, pudiendo el Contratista adoptar tipos distintos de maquinaria siempre que con ella se garanticen los rendimientos y las calidades exigidas de las distintas unidades de obra.

4.2.9 - MEDIOS AUXILIARES

El Contratista, a la vista de las excavaciones, determinará si procede la entibación de estas bajo su responsabilidad, siendo de su cuenta y riesgo las entibaciones antedichas, los andamios, cimbras, aparatos y demás medios auxiliares de la construcción, no cabiéndole por tanto a los técnicos de la obra la responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente

personal que pueda ocurrir en la obra por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

4.2.10 - RECONOCIMIENTO E INVESTIGACION DE LA OBRA EJECUTADA

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación de las obras, se levantarán los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose uno a la Administración Contratante, otro a la Dirección Facultativa y el tercero al Contratista, firmados todos ellos por el contratista y el Director Facultativo. Dichos planos deberán estar acotados para una perfecta definición de la obra realizada y se consideraran documentos básicos para reflejar las mediciones.

Se aceptarán, por parte del Contratista, sin derecho a reclamación alguna, las modificaciones en el Proyecto que resulten en una mayor o menos realización de obra contratada, y aún en el caso de unidades de obra no contratada, en cuyo caso se fijará el precio contradictoriamente, de común acuerdo entre el Contratista y la Dirección Facultativa.

Hasta que tenga lugar la liquidación de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados. Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, cuando el Director Facultativo o sus representantes en la obra, adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados, o que los aparatos mal colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sean en el curso de la ejecución de los trabajos o finalizados estos, y antes de verificarse la liquidación de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean

demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo a expensas de la contrata, todo ello sin menoscabo de los derechos que asisten al Contratista.

4.3 - PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS PARTICULARES

4.3.1 - EXCAVACION PARA RASANTEO

4.3.1.1 - EJECUCION:

El Contratista de las obras notificará al Ingeniero Director con la antelación suficiente el comienzo de cualquier excavación a fin de que pueda efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno. El terreno natural adyacente al de la excavación no se modificará ni removerá sin autorización del citado Ingeniero.

Una vez efectuado el replanteo de las obras, el Ingeniero Director autorizará la iniciación de las obras de excavación. La excavación continuara hasta llegar a la profundidad señalada en los planos y obtenerse una superficie firme y limpia, plana o escalonada según se ordene. No obstante, el Ingeniero Director podrá modificar tal profundidad, si a la vista de las condiciones del terreno, lo estima necesario a fin de asegurar una cimentación satisfactoria. En todo caso el Contratista estará obligado a terminar las excavaciones de acuerdo con las instrucciones que reciba del Ingeniero Director. También estará obligado el contratista a efectuar la excavación de materiales inadecuados para la cimentación y sustitución por material apropiado, siempre que se lo ordene el Ingeniero Director de las Obras.

4.3.1.2 - MEDICION Y ABONO.

La excavación en desmonte, en cualquier tipo de terreno, se medirá y abonará por m³ realmente ejecutados.

La mediación se realizara por diferencia entre los perfiles antes y después de realizar esta operación y sin contabilizar los excesos de excavación que el Ingeniero Director no califique como excesos justificados.

El abono de esta operación figura en los cuadros de precios y comprende:

- El coste de las operaciones de despeje y desbroce-la excavación y la carga de los productos obtenidos.
- El transporte de dichos productos al lugar de empleo, incluso en el caso de que sea necesario un acopio intermedio.
- La preparación de la superficie de asiento de la capa a construir sobre la superficie resultante de la explanación.
- Las excavaciones complementarias para facilitar el desagüe durante la ejecución de las obras y para mantener las obras en buenas condiciones de trabajo.

4.3.2 - EXCAVACION EN ZANJAS

Se define como excavación en zanjas, el conjunto de operaciones necesarias para conseguir un emplazamiento adecuado para tuberías, colectores, drenes y cualquier tipo de conducciones, así como para la construcción de pozos de registro, arquetas y cimentaciones de cualquier otro tipo de obra de fabrica. Esta unidad incluye la extracción y carga de los productos excavados sobrantes y su transporte a vertedero, punto de acopio o punto de empleo, así como los agotamientos entibaciones, drenajes y todos los medios auxiliares necesarios para la ejecución de la unidad y re-perfilado y preparación de la superficie de asiento.

4.3.2.1 – EJECUCION

La excavación se realizara de acuerdo con los planos, complementados con las órdenes del Ingeniero Director de las obras, hasta alcanzar una superficie firme y limpia a nivel o escalonada. El Ingeniero Director de las obras podrá modificar los taludes y la profundidad de las excavaciones a su juicio las características del terreno descubierto, las condiciones de ejecución o las necesidades de la obra. Los materiales procedentes de la excavación que se deban utilizar en el relleno posterior, se acopiaran a suficiente distancia del borde la excavación de forma que no puedan dar lugar a desprendimientos y accidentes. Durante la ejecución de las obras, el Contratista deberá adoptar todas las precauciones necesarias para evitar accidentes y garantizar la seguridad de la obra, a cuyo efecto deberá entibar la excavación de forma satisfactoria. En el caso de que el Contratista, con el objeto de reducir el coste de la entibación, considere conveniente realizar la excavación con taludes mas tendidos que los indicados en los planos o los indicados por el Ingeniero Director de la obra, deberá proponérselo al mismo, el cual podrá conceder la correspondiente autorización si lo

considera oportuno, sin que ello suponga responsabilidad subsidiaria alguna. Los aumentos de excavación que se produzcan como consecuencia de esta autorización se considerarán como excesos de fabricación no justificados y no serán computables a efectos de medición y abono. También se considerarán como exceso no justificado de obra el relleno posterior de estos excesos de excavación que deberá ser realizado por el contratista a su costa.

En el caso de que el Ingeniero Director de las obras considere necesario aumentar la profundidad de las excavaciones, el Contratista quedará obligado a realizar esta excavación a los mismos precios aplicables a esta unidad, sin compensación adicional por el trabajo a mayor profundidad.

4.3.2.2 - MEDICION Y ABONO

La excavación se calculará midiendo la profundidad de la zanja para cada punto desde la explanación del terreno o desde la superficie del terreno natural.

Se medirán y valorarán para su abono, los metros cúbicos excavados adoptando la sección estricta que definen los planos, o la que resultara de las indicaciones del Ingeniero Director, aplicando el precio correspondiente definido para esta unidad y que figure en el Cuadro de Precios núm 1. Los excesos de excavación y relleno motivados por ejecución incorrecta, conveniencias del contratista o insuficiente entibación, no se medirán ni abonarán.

4.3.3 - RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS

Comprende esta unidad las operaciones de extendido del material procedente de la excavación u otro tipo de material seleccionado, sobre la zanja abierta y su compactación posterior por medios mecánicos hasta

conseguir la rasante existente anteriormente del terreno natural, o la indicada en los planos.

Previamente a la ejecución de la unidad de obra:

- Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.
- Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.
- El contratista dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del director de Ejecución de la obra.

4.3.3.1 - EJECUCION

El relleno de las zanjas se compactara por tongadas sucesivas. Las primeras tongadas hasta unos treinta (30) centímetros por encima de la generatriz superior del tubo, se ejecutarán evitando colocar piedras o gravas con diámetros superiores a dos (2) centímetros y con un grado de compactación no menor al 95% del Proctor Normal. Las restantes podrán contener material más grueso, recomendándose sin embargo, no emplear elementos de dimensiones superiores a veinte (20) centímetros en el primer metro y con un grado de compactación del 100% del Proctor Normal. Cuando los asientos previsibles de las tierras de relleno no tengan consecuencias de consideración, se podrá admitir el relleno total con una compactación del 95% de Proctor Normal.

Se tendrá especial cuidado en el procedimiento empleado para terraplenar zanjas y consolidar relleno, de forma que no produzcan movimientos en las tuberías.

No se rellenarán las zanjas, normalmente, en tiempo de grandes heladas o con material helado.

- Condiciones de terminación:

El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno.

La superficie quedará sin imperfecciones.

- Conservación y mantenimiento:

No se depositarán sobrecargas en las proximidades de la cimentación.

Se vigilará la presencia de corrientes de agua para evitar el desmoronamiento bajo la cimentación y la presencia de aguas agresivas.

Se protegerá el hormigón fresco frente a lluvias, heladas y temperaturas elevadas.

4.3.3.2 - MEDICION Y ABONO

A efectos de medición y abono, se considera como relleno de una zanja el material que completa, hasta la rasante definitiva el terreno, el hueco dejado por la excavación en zanja, exceptuando los conductos que se han unido a ella, y los rellenos necesarios para el lecho de la tubería y su cubrición.

El importe a abonar, se obtendrá de aplicar el precio unitario correspondiente al Cuadro de Precios Nº 1 a la medición obtenida por diferencia entre volumen de excavación en zanja, calculado sobre el artículo

correspondiente a excavación en zanja o pozos, descrito anteriormente, y el volumen de los elementos colocados dentro de la zanja.

Al realizar la medición no se valorarán los rellenos correspondientes a las excavaciones no abonables, ni en general los rellenos cuyo coste este incluido en el precio de otras unidades.

4.3.4 - OBRAS DE HORMIGON

4.3.4.1 – DEFINICION

Se definen como obras de hormigón, aquellas en las cuales se utiliza como material fundamental el hormigón en masa y armado.

4.3.4.2 – MATERIALES

a) Agua.

Cumplirá lo prescrito en el artículo 27 de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

Como norma podrán ser utilizados, tanto para el amasado como para el curado de lechadas, morteros y hormigones, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica; es decir, las que no produzcan o hayan producido en ocasiones anteriores eflorescencias, agrietamientos, corrosiones o perturbaciones en el fraguado y endurecimiento de la masa.

b) Áridos

Los áridos para morteros y hormigones cumplirán las condiciones que figuran en la “Instrucción de Hormigón Estructural” EHE-08, en su artículo

28. A la vista de los áridos disponibles el Ingeniero Encargado de las obras podrá ordenar su clasificación hasta en cuatro tamaños escalonados, disponiendo su mezcla en las proporciones y cantidades que estime convenientes, sin que por ello puedan modificarse los precios de morteros y hormigones.

Las características de los áridos a emplear en morteros y hormigones se comprobarán, antes de su utilización mediante la ejecución en los ensayos cuya frecuencia y tipo se señalan a continuación, debiéndose entender que las cifras que se indican son números mínimos y se refieren a cada una de las procedencias elegidas.

Ensayos granulométricos:

- 1 por cada 100 m³ o fracción de árido acopiado.
- 1 por cada cuatro jornadas de empleo de hormigones en masa.
- 1 por cada dos jornadas de empleo de hormigones armados.

Ensayos de calidad;

- 1 por cada 200 m³ o fracción de árido fino acopiado.
- 1 por cada cuatro jornadas de empleo de hormigones.

c) Cementos

Regirán las vigentes normas UNE 80.301-96; 80.303-9, 80.305-96, 80.306-96 y 80.307-96, sobre denominación, utilización y aplicaciones de cementos. Cumplirán así mismo las recomendaciones y prescripciones contenidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

El tipo de cemento a utilizar en cada elemento de la obra será el que determinan los planos y artículos correspondientes del presente Pliego o en su defecto, el que indiquen el Ingeniero Encargado de las Obras.

d) Aditivos

Se denomina aditivo para mortero y hormigón a un material diferente del agua, de los áridos y del congelante, que se utiliza como ingrediente del mortero u hormigón y es añadido a la mezcla a fin de mejorar o modificar algunas propiedades del hormigón fresco, del hormigón endurecido o de ambos estados del hormigón o mortero.

La utilización de cualquier aditivo ha de ser expresamente autorizada por el Ingeniero Director, que impondrá las condiciones que ha de cumplir según sea aireante, plastificante, etc, y a las cuales habrá que atenerse en todo momento el contratista para incorporar cualquier aditivo a la obra.

Cumplirán así mismo las recomendaciones y prescripciones contenidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, en su artículo 29.

e) Hormigones

Se definen como hormigones los materiales formados por mezcla de cemento Portland, Portland con adiciones activas, siderúrgicas, puzolánico, compuesto, aluminoso o natural, agua árido fino, árido grueso y eventualmente, productos de adición que al fraguar y endurecer adquieren una notable resistencia.

Las condiciones indicadas en este artículo, no serán de aplicación a los hormigones utilizados en la construcción de tubos, piezas especiales y otras piezas prefabricadas.

Los áridos, el agua y el cemento a utilizar en la fabricación de hormigones deberán cumplir las condiciones exigidas en los apartados anteriores.

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW

Juan F. Peraita Fernández

El Ingeniero Director de las obras podrá exigir cuantos datos de catálogo, informes y certificaciones considere procedentes para los productos de adición que se utilicen.

Los hormigones cumplirán las condiciones exigidas en la instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, en su artículo 31.

Los tipos de hormigón a utilizar serán los que se indican a continuación definidos por su resistencia característica a los 28 días.

La dosificación el cemento, áridos, agua y en su caso, aditivos a utilizar deberá ser sometida por el contratista a la aprobación del Ingeniero Director de las obras, el cual podrá exigir las modificaciones que considere necesarias a la vista de los materiales y medios disponibles.

Tipo de Hormigón	Resistencia Característica a 28 días en N/mm ²
HM 20/P/20/IIa	20
HA 25/P/20/IIa	25
HA 30/P/30/VI+H	30

Sobre las dosificaciones aprobadas se admiten únicamente las siguientes tolerancias:

- Para cada uno de los tamaños de árido 2%.
- Para el cemento 1%
- Para el agua 1%.

La aprobación de la dosificación y de las fórmulas de trabajo por el Ingeniero Director de las obras no exime al contratista de su responsabilidad y se exigirá en todo caso que los hormigones utilizados en obra tengan las resistencias exigidas. Las características de los hormigones se comprobarán, antes de su utilización mediante la ejecución de los ensayos cuya frecuencia y tipo se señalan a continuación, debiéndose entender que las cifras que se indican son números mínimos y se refieren a cada una de las procedencias elegidas.

Ensayo granulométrico de la mezcla de áridos:

- Un ensayo por cada día de trabajo.

Resistencia característica:

- Hormigón HM-20
 - Un ensayo por semana o fracción.
- Hormigones HA 25, HA 30
 - Un ensayo por cada 50 m³, o cada tres jornadas o fracción.

4.3.4.3 - EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA

Antes de verter el hormigón fresco, sobre la roca del cimiento o sobre la tongada anterior de hormigón endurecido, se limpiarán las superficies incluso con chorro de agua y aire a presión, y se eliminarán los charcos de agua que hayan quedado, por los procedimientos que proponga el contratista y sean aprobados por el Ingeniero Director.

Previamente al hormigonado de un tajo, el Ingeniero Director o persona en quien delegue este, comprobará la calidad de los encofrados pudiendo ordenar la rectificación o refuerzo de estos, si a su juicio no tienen la suficiente calidad de terminación o resistencia.

No obstante, esta comprobación no disminuye en nada la responsabilidad del contratista en cuanto a la calidad de la obra resultante.

Para iniciar el hormigonado de un tajo se saturará de agua la capa superficial de la tongada anterior y se mantendrán húmedos los encofrados.

El comienzo del hormigonado de cualquier tipo de obra deberá ser comunicado a la Dirección de Obra para su aprobación si procede.

Todo el hormigón será colocado antes de que haya comenzado el fraguado inicial y en todos los casos dentro de los sesenta minutos (60 min.) después de su mezclado, a menos que se le haya agregado algún aditivo, aprobado por la Dirección de Obras.

No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a un metro (1 m.), quedando prohibido el arrojarlo con palas a gran distancia, distribuirlo con rastrillos o hacer avanzar mas de un metro (1 m.) dentro de los moldes. Tampoco se permitirá el empleo de canaletas y trompas para el transporte y vertido del hormigón, salvo que la Dirección de Obra, expresamente, en casos particulares lo autorice.

En ningún caso se permitirá el vertido de hormigones que presenten un aspecto de principio de fraguado, desecación o segregación.

La colocación del hormigón se realizará de manera que se evite la segregación de las porciones finas o capas horizontales, de espesor menor

de veinticinco centímetros (25 cm.) si es de consistencia plástica y de quince centímetros (15 cm.) si es de consistencia seca, capas que se vibrarán cuidadosamente hasta reducir las coqueras y llegar, en los hormigones de consistencia seca, a que refluya el agua a la superficie.

Se permitirán mezclas iniciales, relativamente húmedas en losas y cimientos para facilitar la aplicación del hormigón alrededor de los nidos formados por las armaduras de refuerzo, cuando existan, para evitar huecos y burbujas de aire. Se cuidará de que la lechada de cemento del hormigón no salpique los moldes ni las armaduras y que se seque allí antes del recubrimiento por el hormigón. Cuando se produzcan tales salpicaduras, se limpiarán con cepillos de alambre o rasqueta.

4.3.4.4 - COMPACTACIÓN DEL HORMIGÓN

El compactado del hormigón se hará siempre por vibración interna.

El espesor de las tongadas de hormigón, los puntos de vibrador y la duración del vibrado, se fijarán por la Dirección de Obra.

Los vibradores se aplicarán siempre de modo que su efecto se extienda a toda la masa sin que se produzcan disgregaciones locales.

Si se emplean vibradores de superficie, se aplicarán moviéndolos lentamente, de modo que la superficie del hormigón queda totalmente húmeda, extendiéndose las tongadas de espesor tal que el efecto de los vibradores alcance a toda la masa. La capa después de compactada no será mayor de 20 cm.

Si se emplean vibradores internos, su velocidad de trabajo no será inferior a seis mil revoluciones por minuto (6.000 r.p.m.).

Deberán sumergirse en la masa y retirarse verticalmente, sin desplazamientos horizontales mientras estén sumergidos en el hormigón.

La aguja se introducirá y retirará lentamente y a la velocidad constante, recomendándose a este efecto que no se superen los diez centímetros por segundo (10 cm/seg.).

La distancia entre los puntos de inmersión será adecuada para producir en toda la superficie de la masa vibrada, una humectación brillante siendo preferible vibrar en muchos puntos, por poco tiempo, a vibrar en pocos minutos prolongadamente. No se introducirá el vibrador a menos de diez centímetros (10 cm.) de la pared del encofrado.

Se autoriza el empleo de vibradores firmemente anclados a los moldes, con tal de que se distribuyan los aparatos en la forma conveniente para que su efecto se extienda a toda la masa.

Si se avería uno o mas de los vibradores empleados, y no se pueden sustituir inmediatamente, se reducirá el ritmo de hormigonado y el contratista procederá a una compactación por apisonado hasta terminar el elemento hormigonado. No podrá iniciar otro hormigonado hasta que no disponga de los vibradores necesarios.

4.3.4.5 - JUNTAS

Las juntas podrán ser de hormigonado, de contracción y dilatación, de la forma y características que determine la Dirección de Obra.

Las juntas de hormigonado estarán ubicadas donde lo indiquen lo planos, o lo permita la Dirección de Obra.

Dichas juntas deberán resultar perpendiculares a la dirección de los máximos esfuerzos de compresión, y por lo general, se deberán colocar en puntos donde el esfuerzo cortante resulte mínimo.

Las juntas de contracción deberán ejecutarse cuando sean de temer los efectos debidos a la retracción, dejando las juntas abiertas durante algún tiempo, para que las masas contiguas puedan deformarse libremente.

El ancho de tales juntas deberá ser el necesario para que, en su día, puedan hormigonarse correctamente. Al reanudar los trabajos, se limpiará la junta de toda suciedad, lechada o árido que haya quedado suelto, y se humedecerá en superficie, sin exceso de agua, antes de verter el nuevo hormigón.

Cuando sea necesario ejecutar juntas de hormigonado verticales, se colocarán en ellas barras o pasadores de refuerzo, de modo que la estructura sea monolítica.

Las juntas de dilatación se colocarán tal y como lo fijan los planos. Podrán ser de dos tipos: abiertas o rellenas.

Las juntas abiertas serán construidas mediante la introducción de tiras de madera, chapas metálicas, tiras de corcho y otros materiales aprobados. La colocación y posterior extracción deberá practicarse sin desmenuzar o romper los ángulos del hormigón

Las juntas rellenas se construirán de forma similar a las abiertas.

Todo el mortero u hormigón que haya quedado dentro de la junta deberá ser cortado y extraído de ella.

Cuando se permita el empleo de juntas de dilatación pre-moldeadas, por la Dirección de la Obra, el espesor del material de relleno será el fijado en los planos, y se cortará con la misma forma y dimensiones que la junta haya de tener, fijándolo firmemente contra la superficie de hormigón existente, para evitar cualquier desplazamiento del material al verter el nuevo hormigón. Si el relleno de la junta es posterior a su ejecución, el material se introducirá en la junta golpeándolo suavemente y cuidando de que la junta quede rellena en su totalidad. Para la protección del material de relleno, las juntas se sellarán en su parte superior con masilla asfáltica.

Se prohíbe hormigonar directamente sobre o contra superficies de hormigón que hayan sufrido los efectos de heladas. En este caso deberán eliminarse previamente las partes dañadas por el hielo.

En todos los casos, se pondrá especial cuidado en evitar el contacto entre masas de hormigones ejecutados con diferentes tipos de cemento y en la limpieza de las herramientas y del material de transporte al hacer el cambio de conglomerantes.

4.3.4.6 - CURADO DEL HORMIGÓN

Durante el primer periodo de endurecimiento, se someterá al hormigón a un proceso eficaz de curado que se prolongará a lo largo del plazo que, al efecto, se fija en la “Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08”, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climatológicas del lugar.

En cualquier caso, deberá mantenerse la humedad del hormigón y evitar todas las causas externas, como sobrecargas de vibraciones, que puedan provocar la fisuración del elemento hormigonado. Una vez endurecido el hormigón se mantendrán húmedas sus superficies mediante arpilleras, esterillas de paja u otros tejidos de alto poder de retención de humedad

durante tres días (3 días) para el cemento II-32,5 A. Se aumentará dicho plazo a siete días (7 días) si se hormigona con un cemento de fraguado más lento.

Este plazo descrito como mínimo, deberá aumentarse en un cincuenta por ciento (50%) en tiempo seco, o cuando las superficies de las piezas hayan de estar en contacto con las aguas o infiltraciones salinas, alcalinas o sulfatadas.

El agua que haya de utilizarse para cualquiera de las operaciones de curado cumplirá as condiciones que se exigen en este artículo del presente Pliego de Condiciones.

Las tuberías que se emplean para el riego del hormigón, serán preferentemente mangueras de goma, proscribiéndose la tubería de hierro, si no es galvanizada. Asimismo, se prohíbe el empleo de tuberías que puedan hacer que el agua contenga sustancias nocivas para el fraguado, resistencia y buen aspecto del hormigón. La temperatura del agua empleada en el rito no será inferior en mas de veinte grados centígrados a las del hormigón.

El curado por riego podrá sustituirse por la impermeabilización de la superficie mediante recubrimientos plásticos y otros tratamientos especiales, siempre que tales métodos ofrezcan las garantías necesarias para evitar la falta de agua libre en el hormigón durante el primer periodo de endurecimiento.

En el caso de utilizar el calor como agente de curado para acelerar el endurecimiento, será aconsejable que la temperatura no sobrepase los ochenta grados centígrados (80°C) y que la velocidad del calentamiento no exceda de veinte grados centígrados la hora (20°C/h).

Si se emplean productos filmógenos, se cubrirán las superficies del hormigón, por pulverización empleando dispositivos que aseguran un reparto homogéneo sin pérdidas por el viento.

Al proceder al desencofrado, se recubrirán también por pulverización de un producto de curado las superficies que hubieran permanecido ocultas.

Si el rigor de la temperatura lo requiere, la Dirección de Obra podrá exigir la colocación de protecciones suplementarias, tales como una capa de arena, paja o materiales análogos, buenos aislantes térmicos.

4.3.4.7 - ACABADO DEL HORMIGÓN

Las superficies del hormigón deberán quedar terminadas de forma que presenten buen aspecto, sin defectos o rugosidades que requieran la necesidad de un enlucido posterior, los que, en ningún caso, deberán aplicarse sin previa autorización de la Dirección de Obra.

Las operaciones que sea preciso efectuar para limpiar, enlucir o reparar las superficies de hormigón en las que se acusan las irregularidades de los encofrados que presenten un aspecto defectuoso, serán realizadas a expensas del contratista. En los casos en que lo indiquen los planos o lo ordene la Dirección de Obra, las superficies vistas del hormigón se abujardarán siguiendo las instrucciones de aquella.

Los distintos tipos de acabado de superficie de hormigón no encofrado, son los siguientes:

- T 1. Acabado mediante amase por plantilla de perfil adecuado, aplicado a superficies que hayan de quedar cubiertas con relleno o con otra capa de hormigón.

- T 2. Acabado con llana o frasata a utilizar en todas las superficies sin encofrar que queden al descubierto. No debe iniciarse hasta que haya desaparecido el aspecto “lustroso” o húmedo de la superficie y se evitará trabajar el hormigón más de lo necesario, para producir una superficie de textura y exenta de señales de la plantilla del acabado T 1.
- T 3. Acabado con llana metálica, empleado para pavimentos interiores. No debe comenzarse este alisado hasta que haya desaparecido la película de humedad, y el hormigón haya endurecido lo suficiente para evitar una acumulación excesiva de finos y agua en la superficie al ser trabajada.

4.3.4.8 - HORMIGONADO EN CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DESFAVORABLES.

En tiempo lluvioso no se podrá hormigonar si la intensidad de la lluvia puede perjudicar la calidad del hormigón a juicio del Ingeniero Director.

Se suspenderá el hormigonado normal cuando la temperatura ambiente baje de dos grados centígrados (2°C) sobre cero. Para hormigonar con temperaturas inferiores, será preciso que se adopten las medidas que en cada caso prescriba el Ingeniero Director, siendo los gastos que estas medidas originen de cuenta y riesgo del contratista.

Siempre que sea de prever que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes al hormigonado, las temperatura ambiente pueda descender por debajo de lo cero grados centígrados (0°C), se suspenderá el hormigonado.

Todo hormigón que presente indicios de haberse helado será picado y retirado, por cuenta del contratista, hasta una profundidad en que se compruebe que no ha llegado, a juicio del Ingeniero Director, el efecto de las heladas. Si para ello es preciso esperar algún tiempo se paralizará el trabajo sin que por esta causa haya lugar a indemnización alguna al contratista ni a prorrogar el plazo de ejecución.

En tiempo caluroso, los áridos ensilados serán protegidos del sol y se utilizará agua de amasado cuya temperatura ambiente se aproxime a los dos grados centígrados (2°C).

Si la temperatura ambiente es superior a cuarenta grados centígrados, o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten medidas especiales.

4.3.4.9 - CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

El ingeniero Director de las obras establecerá en cada caso la forma programada para la inspección de la calidad del hormigón y de todos sus componentes, en todo proceso de fabricación desde las canteras o yacimientos hasta la colocación y curado. Para ello, el contratista está obligado a facilitar las muestras conglomerantes, aditivos, aguas, áridos, y hormigón fresco en los puntos y según programa que ordene el Ingeniero Director, siendo de cuenta del contratista los gastos que origine la toma de muestras, el pesaje y auxiliar para la confección de probetas y realización de ensayos en el trabajo o en las instalaciones auxiliares de producción de áridos y de fabricación del hormigón. Asimismo, son de cuenta del contratista los gastos de transporte de las muestras y probetas hasta los laboratorios adecuados para efectuar su análisis.

Se realizarán ensayos periódicos de control de calidad del hormigón fresco especialmente asiento en cono de Abrams, de rendimiento de amasados y de vibraciones.

Sobre el hormigón endurecido se realizarán los ensayos necesarios para la determinación de la resistencia característica, siguiendo la normativa de la Instrucción EHE-08.

Aparte de la consideración de la resistencia característica, no se admitirá que ningún ensayo de rotura a compresión de probetas a 28 días resulte inferior al ochenta por ciento(80%) de la resistencia característica mínima exigida. En este caso, el Ingeniero Director ordenará la investigación del hormigón puesto en obra mediante toma de testigos con sonda u otro procedimiento adecuado, a cuenta del contratista. Si de esta investigación resultase una insuficiente calidad de la obra, el Ingeniero Director podrá exigir la demolición y posterior reposición de la obra por cuenta y riesgo del contratista.

4.3.4.10 - MEDICIÓN Y ABONO

Los distintos tipos de hormigón empleados en obra, se medirán por separado, en metros cúbicos (m³) realmente ejecutados, de acuerdo con los planos y las órdenes del Ingeniero Director de las Obras, y se abonarán aplicando a estas mediciones los precios que figuran en el Cuadro de Precios N°1.

El cemento, áridos, y agua, así como la fabricación, transporte y puesta en obra del hormigón, quedan incluidas en el precio unitario, comprendiendo también, por tanto, compactación, ejecución de juntas, cuadro y acabado.

4.3.5 - ACERO PARA ARMAR

4.3.5.1 - DEFINICIÓN

Kg. De acero en redondos para armar, doblado, cortado y colocado.

Son los aceros que constituyen la armadura de los hormigones armados.

4.3.5.2 - MATERIALES

La calidad del material será la definida en la instrucción EHE-08 como B 400S o B 500S, y cumplirá las condiciones que en ella se definen.

En el almacenaje se evitará la oxidación excesiva considerando como tal aquella que forme cascarilla de óxido; se evitará también que las barras estén manchadas de grasa, pintura, barro, etc.

El suministro podrá hacerse en rollos para los diámetros inferiores o iguales a 10 mm. Si bien el diámetro del rollo no será inferior a cien veces el de la barra. Los diámetros superiores podrán suministrarse en madejas o barras rectas.

Se realizarán ensayos de recepción de cada partida en obra consistentes al menos en ensayos de plegado. El Ingeniero Director de Obra podrá exigir además, cuando lo estime oportuno, ensayos mecánicos de rotura y alargamiento a la rotura, y en caso de no dar los resultados satisfactorios, una serie total de ensayos de comprobación de las características definidas en la instrucción EHE.

4.3.5.3 - EJECUCIÓN

La ejecución de las armaduras y conjuntos de armaduras se regirán por las mismas normas definidas en la EHE-08. Los empalmes tendrán las longitudes acotadas en los planos y en todo caso las definidas en la EHE. No se realizarán soldaduras con electrodos que no estén expresamente admitidos por el fabricante de los aceros.

4.3.5.4 - MEDICIÓN Y ABONO

La medición se hará sobre plano, aumentada en un 5% en concepto de despuntes y empalmes. La valoración se hará por el equivalente de dicha medición en Kg. Y comprenderá tanto los materiales (acero, alambre, separadores...) empleados, como todos los trabajos de transporte, corte, armado y colocación en obra, necesarios para su total terminación. Para ello a la medición obtenida como ya se ha indicado, se le aplicará el precio correspondiente que figura en el Cuadro de Precios N°1.

4.3.6 - INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Las distancias en altura, proximidades, cruzamientos y paralelismos cumplirán lo indicado en ITC-BT-06.

Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60.439-1 tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la Norma UNE-EN 60.439-3, una vez instaladas, tendrán un grado de protección IP43 según Norma UNE-EN 20.324 e IK09 según Norma UNE-EN 50.102 y serán precintables.

El cuadro de protección es un conjunto de aparatos situados en el origen de la instalación cuya finalidad es la protección, la seguridad y la maniobra de la instalación anterior.

Los aparatos del cuadro de protección se alojan en el interior de un armario posado en el suelo o colgado de la pared de forma que su cara frontal quede completamente libre y accesible y se adapte a las medidas UNESA 1407.

El cuadro privado de mando y protección se empleará en un lugar de fácil acceso, de uso general y lo más cercano posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o la vivienda.

Su altura o distancia al suelo estará comprendida entre 1m5 y ,8 metros de altura.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia de hielo y otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50m. La profundidad del enterramiento del electrodo deberá medirse desde la parte superior del mismo. Además en lugares en los que exista riesgo continuado de heladas se recomienda una profundidad mínima de enterramiento de 0,8m.

4.3.6.1 - CABLES ENTERRADOS

Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:

- Del soporte: Se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con los de Proyecto, y que hay espacio suficiente para su instalación.

- Del contratista: Las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.

Fases de ejecución

- Replanteo y trazado de la línea.
- Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación.
- Ejecución del lecho de arena para asiento de tubo.
- Colocación del tubo.
- Tendido de cables.
- Conexionado.
- Ejecución del relleno envolvente.

Condiciones de terminación:

- Los registros serán accesibles desde las zonas comunitarias.

Conservación y mantenimiento:

- Se protegerá de la humedad y del contacto con materiales agresivos.

Comprobación en obra de las mediciones efectuadas en proyecto y abono de las mismas:

- Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones del proyecto.

4.3.7 - ABONO DE UNIDADES DE OBRA NO PREVISTAS EN EL CONTRATO

Todas las unidades de obra, que se necesiten para terminar completamente las del proyecto y que no hayan sido definidas en el, se abonarán a los precios contradictorios acordados en obra y aprobados previamente por la Administración, según el artículo 150 del RGC y la cláusula 60 del PCAG. A su ejecución deberá preceder, además de la aprobación administrativa la realización de planos de detalle, que serán aprobados por la Dirección de Obra.

Si no hubiese conformidad para la fijación de dichos precios entre la Administración y el contratista, quedará éste relevado de la construcción de la parte de la obra que se trate, sin derecho a indemnización de ninguna clase, abonándose son embargo los materiales que sean de recibo y que hubieran quedado sin emplear por la modificación introducida.

Cuando se proceda al empleo de los materiales o ejecución de las obras de que se trate, sin la previa aprobación de los precios que hayan de aplicárseles, se entenderá que el contratista se conforma con lo que fije la Administración.

4.3.8 - OBRAS DEFECTUOSAS PERO ACEPTABLES

Si existieran obras que fueran defectuosas, pero aceptables a juicio de la Dirección de Obra, ésta determinará el precio o partida de abono que pueda asignarse, después de contar con la opinión del contratista. Este podrá optar por aceptar la resolución o rehacerlas con arreglo a las condiciones de este Pliego, sin que el plazo de ejecución exceda del fijado. Todo ello conforme a la cláusula 44 de PCAG.

DOCUMENTO N°5

ESTADO DE LAS
MEDICIONES

CAPÍTULO 1 – COMPONENTES

Referencia	Unidades	Descripción	Cantidad
1.1	Unidad	Motor Stirling	1
1.2	Unidad	Receptor	1
1.3	Unidad	Bastidores Soporte Espejos	40
1.4	Unidad	Espejos	40
1.5	Unidad	Estructura metálica	1
1.6	Unidad	Sistema de seguimiento	1
1.7	Litros	Hidrógeno	10

CAPÍTULO 2 – CIMENTACIÓN

Referencia	Unidad	Descripción	Cantidad
2.1	M ³	M ³ de relleno y apisonado de zanjas con material procedente de la excavación un grado de compactación del 95% del Proctor modificado.	15
2.2	M ³	M ³ de excavación en zanja en terreno blando, incluso carga y transporte del material sobrante y transporte a vertedero.	15
2.3	M ²	M ² de Encofrado y desencofrado en paramentos rectos o curvos horizontales o inclinados, incluso parte proporcional de apeos y medios auxiliares.	35
2.4	M ³	M ³ Hormigón de 25 N/mm ² de resistencia característica, incluso colocación con bomba de hormigonado, vibrado y curado.	15
2.5	M ³	M ³ Hormigón de limpieza HL-150/B/20 fabricado en central y vertido con cubilote.	10

CAPÍTULO 4 – ELECTRICIDAD

Referencia	Unidades	Descripción	Cantidad
4.1	Unidad	Caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 63 A, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, grado de protección IP43 según UNE 20324 e IK 08 según UNE-EN 50102.	1
4.2	Unidad	Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección.	1
4.3	Unidad	Sincronizador de fases	1
4.4	Unidad	Limitador de Sobretensiones	1
4.5	Unidad	Interruptor magneto-térmico	1
4.6	Unidad	Interruptor diferencial 30 mA	1
4.7	Unidad	Interruptor diferencial 300 mA	1

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

4.8	Unidad	Caseta monobloque de hormigón armado de medidas interiores 1,80x1,80x2,30 de alto con aislamiento	1
4.9	Metros	Cable RV-K	100
4.10	Metros	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (K) de 10 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado ® y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV según UNE 21123-4	15
4.11	Metros	Tubo rígido de PVC, roscable, curvable en caliente, de color negro, de 32 mm de diámetro nominal, para canalización fija en superficie. Resistencia a la compresión 1250 N, resistencia al impacto de 2 Julios, temperatura de trabajo desde - 5°C hasta 60°C, con grado de protección IP 547 según UNE-EN 20324, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama. Según UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2 Parte 2 y UNE-EN 60423. Incluso p/p de	20

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

		abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes, codos y curvas flexibles).	

CAPÍTULO 5 – TOMA DE TIERRA

Referencia	Unidades	Descripción	Cantidad
5.1	Metros	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ²	85
5.2	Unidad	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero	6
5.3	Unidad	Placa de cobre electrolítico puro para toma de tierra de 300x100x3 mm, con abrazadera para conductor.	2
5.4	Unidad	Soldadura aluminio-térmica del cable conductor a la placa.	8
5.5	Unidad	Punto de separación pica-cable formado por cruceta en la cabeza del electrodo de la pica y pletina de 50x30x7 mm, para facilitar la soldadura aluminotérmica.	6
5.6	N.A.	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra	N.A.

CAPÍTULO 6 – OPERARIOS Y MAQUINARIA

Referencia	Unidades	Descripción	Cantidad
6.1	Unidades	Jefe de Obra	1
6.2	Unidades	Operario	8
6.3	Unidades	Pluma	1
6.4	Unidades	Camión	1
6.5	Unidades	Pala Escavadora	1

DOCUMENTO N°6

PRESUPUESTO

5.1 - CUADRO DE PRECIOS Nº1

Ud	Descripción	Precio
M³	Relleno y apisonado de zanjas M³ de relleno y apisonado de zanjas con material procedente de la excavación un grado de compactación del 95% del Proctor modificado.	4,21 CUATRO EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS
M³	Excavación zanja terreno blando M³ de excavación en zanja en terreno blando, incluso carga y transporte del material sobrante y transporte a vertedero.	4,21 CUATRO EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS
M³	Terraplen con material de baja permeabilidad M³ de formación de terraplén con material de baja permeabilidad extendido y compactado.	2,07 DOS EUROS con SIETE CÉNTIMOS
Kg	Formación del cuerpo de la península M³ de excavación de préstamo de material de baja permeabilidad, para formación de terraplén, incluido el transporte a vertedero o a lugar de empleo.	1,73 UN EURO con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

Ud	Descripción	Precio
Kg	Acero corrugado en armaduras Kg Acero corrugado en redondos, de alta resistencia, de límite elástico 5.100 Kg/cm², incluso elaboración, despuntes, solapes, alambre de atar	1,52 UN EURO con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS
M³	Hormigón HA-25/P/20/IIa bombeado M³ Hormigón de 25 N/mm² de resistencia característica, incluso colocación con bomba de hormigonado, vibrado y curado.	136,66 CIENTO TREINTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS
Ud	CGP Caja general de protección equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 63 A, esquema 1, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, grado de protección IP 43 según UNE 20324 e IK 08 según UNE-EN 50102	38,82 TREINTA Y OCHO con CUARENTA Y DOS EURO

Ud	Descripción	Precio
Ud	Marco de la CGP Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 20102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección.	110 CIENTO DIEZ EUROS
Ud	Sincronizador de Fases Sincronizador y regulador de carga en una sola unidad. Regula el nivel de importación/exportación en toda la maquinaria en relación con la central eléctrica. Control de factor de potencia general de la maquinaria. Control preciso de formas de onda no lineales y distorsionadas de la central eléctrica.	2.000 DOS MIL EUROS
Ud	Interruptor magnetotérmico • Versión selectiva: Desconexión del dispositivo a la menor probabilidad de fallo. • Conformidad con las normas: IEC-EN 61008 con certificación de las autoridades oficiales nacionales. • Adecuados para el aislamiento de acuerdo con las normas industriales: IEC-EN 60947.	105,15 CIENTO CINCO con QUINCE EUROS

Ud	Descripción	Precio
Ud	Interruptor magnetotérmico • Voltaje de funcionamiento: hasta 440 VCA, voltaje de aislamiento: 500 V. • Auxiliares opcionales: Indicación de estado y disparo, desconexión en derivación, disparo por baja tensión, disparo por sobretensión. • Sensibilidad de 30 mA: Protección adicional contra el contacto indirecto (en conformidad con la norma IEC-EN 364).	105,15 CIENTO CINCO con QUINCE EUROS
Ud	Interruptor diferencial de 30mA También llamados disyuntores. La protección contra contacto indirecto es muy alta. Además, una vez instalados, los interruptores otorgan una protección adicional contra contactos involuntarios directos de seres vivos. También contemplan la protección contra shocks de corriente, acorde con la norma DIN VDE 0100 Parte 410.	142,26 CIENTO CUARENTA Y DOS con VEINTISEIS EUROS
Ud	Interruptor diferencial de 300mA También llamados disyuntores. La protección contra contacto indirecto es muy alta. Además, una vez instalados, los interruptores otorgan una protección	101,82 CIENTO UNO con OCHENTA Y DOS EUROS

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

Ud	Descripción	Precio
Ud	adicional contra contactos involuntarios directos de seres vivos. También contemplan la protección contra shocks de corriente, acorde con la norma DIN VDE 0100 Parte 410.	101,82 CIENTO UNO con OCHENTA Y DOS EUROS
Ud	Limitador de sobretensiones • Modo común o diferencial de protección adaptada a cada sistema de conexión a tierra: TT, TN-S, TN-C, e IT. • Coordinación y selectividad con versión selectiva, protección contra fugas de tierra tipo “si”. • Coordinación con interruptor automático de desconexión: Curva C, de 20 a 50 A. • Desconexión térmica incorporada de fin de vida. • Cumplimiento de las normas: IEC-EN 61643-1 prueba de clase 2, IEC-EN 61643-11 tipo 2.	300 TRESCIENTOS EUROS
M	Cable RV-Al El aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) en los cables RV-Al permite una gran transmisión de potencia así como una mayor resistencia a sobrecargas. Este cable alcanza una temperatura máxima de servicio del conductor.	1,5 UN EURO con CINCUENTA CÉNTIMOS

Ud	Descripción	Precio
M	Cable RZ1-K Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (K), de 10 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE-EN 21123-4	8,75 OCHO con SETENTA Y CINCO EUROS
M	Tubo rígido de PVC Tubo rígido de PVC, roscable, curvable en caliente, de color negro, de 32 mm de diámetro nominal, para canalización fija en superficie. Resistencia a la compresión 1250 N, resistencia al impacto de 2 Julios, temperatura de trabajo desde -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP 547 según UNE-EN 20324, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama. Según UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2 Parte 2 y UNE-EN 60423. Incluso p/p de abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes, codos y curvas flexibles).	1,74 UN EURO con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

Ud	Descripción	Precio
M	Conductor de Cobre Conductor de Cobre desnudo de 50 mm ² .	3 TRES EUROS
Ud	Electrodo Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.	18 DIECIOCHO EUROS
Ud	Placa de cobre electrolítico puro para toma de tierra de 300x100x3 mm, con abrazadera para conductor.	37,44 TREINTA Y SIETE con CUARENTA Y CUATRO EUROS
Ud	Soldadura aluminotérmica del cable conductor a la placa.	3,51 TRES EUROS con CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS
Ud	Punto de separación pica-cable formado por cruceta en la cabeza del electrodo de la pica y pletina de 50x30x7 mm, para facilitar la soldadura aluminotérmica.	15,46 QUINCE con CUARENTA Y SEIS EUROS

5.2 - CUADRO DE PRECIOS Nº2:

CIMENTACIÓN	
M ³	Relleno y apisonado de zanjas M³ de relleno y apisonado de zanjas con material procedente de la excavación un grado de compactación del 95% del Proctor modificado.
	Mano de Obra..... 1,66
	Maquinaria..... 2,31
	Suma la partida..... 3,97
	Costes Indirectos.....6,00% 0,24
	TOTAL PARTIDA..... 4,21
M ³	Excavación zanja terreno blando M³ de excavación en zanja en terreno blando, incluso carga y transporte del material sobrante y transporte a vertedero.
	Mano de Obra..... 1,66
	Maquinaria..... 2,31
	Suma la partida..... 3,97
	Costes Indirectos.....6,00% 0,24
	TOTAL PARTIDA..... 4,21

Kg Acero corrugado en armaduras

**Kg Acero corrugado en redondos,
de alta resistencia, de límite elástico
5.100 Kg/cm², incluso elaboración,
despunte, solapes, alambre de atar.**

Mano de Obra.....	0,75
Resto de Obra y Materiales....	0,68
Suma la partida.....	1,43
Costes Indirectos.....6,00%	0,09
TOTAL PARTIDA.....	1,52

M² Encofrado Horizontal

**M² de Encofrado y desencofrado
en paramentos rectos o curvos
horizontales o inclinados, incluso
parte proporcional de apeos y medios
auxiliares.**

Mano de Obra.....	25,04
Resto de Obra y Materiales....	10,04
Suma la partida.....	35,08
Costes Indirectos.....6,00%	2,1
TOTAL PARTIDA.....	37,18

M³ Hormigón HA-25/P/20/Ila
bombeado

**M³ Hormigón de 25 N/mm² de
resistencia característica,
incluso colocación con bomba de
hormigonado, vibrado y curado.**

Mano de Obra.....	26,6
Maquinaria.....	13,25
Resto de Obra y Maquinaria....	89,07
Suma la Partida.....	128,92
Costes Indirectos.....6,00%	7,74
TOTAL PARTIDA.....	136,66

5.3 - PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1 COMPONENTES			
Unidades	Descripción	Precio Unitario €/Ud	Precio Total €
1	Motor Stirling	10.500	10.500
1	Receptor	5.000	5.000
1	Estructura Concentradora		15.500
1	Bastidores Soporte Espejos	3.000	3.000
1	Espejos	4.000	4.000
1	Estructura Metálica	6.000	6.000
2,5	Transporte	1.000	2.500
1	Sistema de Seguimiento	4.500	4.500
1	Hidrógeno	1.000	1.000
TOTAL COMPONENTES			36.500

CAPÍTULO II CIMENTACIÓN

Unidades	Descripción	Precio Unitario €/Ud	Precio Total €
15	M ³ de relleno y apisonado de zanjás con material procedente de la excavación un grado de compactación del 95% del Proctor modificado.	4,21	63,15
15	M ³ de excavación en zanja en terreno blando, incluso carga y transporte del material sobrante y transporte a vertedero.	2,65	39,75
40	M ² de Encofrado y desencofrado en paramentos rectos o curvos horizontales o inclinados, incluso parte proporcional de apeos y medios auxiliares.	37,18	1.487,2

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

15	M ³ Hormigón de 25 N/mm ² de resistencia característica, incluso colocación con bomba de hormigonado, vibrado y curado.	58,93	883,95
10	M ³ Hormigón de limpieza HL-150/B/20 fabricado en central y vertido con cubilote.	4,53	45,30
10	Horas de Operarios para vertido de hormigón	15,68	156,8
10	Alquiler camión hormigonera (horas)	25	250
4	Alquiler pala-excavadora (días)	325,6	1.302,4
TOTAL CIMENTACIÓN			4.228,9

CAPÍTULO III MONTAJE

Unidades	Descripción	Precio Unitario €/Ud	Precio Total €
1	Montaje de las estructuras	1.500	1.500
1	Montaje de espejos	1.700	1.700
1	Alquiler maquinaria	3.786,9	3.786,9
1	Subcontratación	3.000	3.000
1	Montaje Eléctrico	1.000	1.000
TOTAL MONTAJE			10.986,9

CAPÍTULO IV ELECTRICIDAD

Unidades	Descripción	Precio Unitario €/Ud	Precio Total €
1	Caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 63 A, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, grado de protección IP43 según UNE 20324 e IK 08 según UNE-EN 50102.	38,42	38,42
1	Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK 10	110	110

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

1	según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección.	110	110
1	Sincronizador de fases	2.000	2.000
1	Limitador de Sobretensiones	300	300
3	Interruptor magneto-térmico	105,15	315,45
2	Interruptor diferencial 30 mA	142,26	284,52
1	Interruptor diferencial 300 mA	101,82	101,82
1	Caseta monobloque de hormigón armado de medidas interiores 1,80x1,80x2,30 de alto con aislamiento	3.500	3.500

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

1	Ud. Transporte de caseta prefabricada a obra, incluso descarga.	15	15
100	Cable RV-K	1,5	150
15	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (K) de 10 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado ® y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV según UNE 21123-4	8,75	131,25
15	Tubo rígido de PVC, roscable, curvable en caliente, de color negro, de 32 mm de diámetro nominal, para canalización fija en	1,74	26,1

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

15	superficie. Resistencia a la compresión 1250 N, resistencia al impacto de 2 Julios, temperatura de trabajo desde -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP 547 según UNE-EN 20324, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama. Según UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2 Parte 2 y UNE-EN 60423. Incluso p/p de abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes, codos y curvas flexibles).	1,74	26,1
8	Horas del Oficial Electricista	17,05	136,4
8	Horas de ayudante Electricista	16,13	129,04
2	Horas de Peón Ordinario	15,68	31,36
2	Horas de Oficial 1º Construcción	16,5	33
TOTAL ELECTRICIDAD			7302,36

CAPÍTULO V TOMA DE TIERRA

Unidades	Descripción	Precio Unitario €/Ud	Precio Total €
85	Conductor de cobre desnudo, de 50 mm ²	3	255
6	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero	18	108
2	Placa de cobre electrolítico puro para toma de tierra de 300x100x3 mm, con abrazadera para conductor.	37,44	74,88
8	Soldadura aluminio-térmica del cable conductor a la placa.	3,51	28,08

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

6	Punto de separación pica-cable formado por cruceta en la cabeza del electrodo de la pica y pletina de 50x30x7 mm, para facilitar la soldadura aluminotérmica.	15,46	92,76
1	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra	1,15	1,15
4,694	Oficial 1º Electricista	20,13	94,49
4,694	Ayudante Electricista	16,34	76,7
TOTAL TOMA DE TIERRA			731,06

5.4 - RESUMEN

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE (€)
I	COMPONENTES	36.500
II	CIMENTACIÓN	4.228,9
III	MONTAJE	10.986,9
IV	ELECTRICIDAD	7302,36
V	TOMA DE TIERRA	731,06

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL 59.749,22 €

13% GASTOS GENERALES..... 7767,39 €

6% BENEFICIO INDUSTRIAL..... 3.584,95 €

BASE IMPONIBLE..... 71.101,56 €

21% I.V.A..... 14.931,32 €

TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN **86.032,88 €**

Asciende el Presupuesto Base de Licitación a la expresada cantidad de OCHENTA Y SEIS MIL TRENTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

Fdo. Juan Fernando Peraita Fernández

ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

DOCUMENTO N°7

PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO N°7 - PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

7.1 – INTRODUCCIÓN	462
7.1.1 - Justificación Del Estudio De Seguridad Y Salud.....	462
7.1.2 – Objeto Del Estudio Básico De Seguridad Y Salud	463
7.1.3 – Datos Del Proyecto De Obra.....	464
7.2 – NORMAS APLICABLES EN LA OBRA.....	464
7.3 – TRABAJOS POSTERIORES	465
7.4 - OBLIGACIONES DEL PROMOTOR.....	466
7.5 - COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD	466
7.6 - PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	468
7.7 - OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS	469
7.7.1 – Obligaciones	469
7.7.2 – Responsabilidades.....	469
7.8 - LIBRO DE INCIDENCIAS	470
7.9 - PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	471
7.10 - DERECHO DE LOS TRABAJADORES	471
7.11 - DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ATENCIÓN MÉDICA.....	472
7.12 - RIESGOS EVITABLES	472
7.13 - OPERACIONES PRINCIPALES QUE COMPRENDE LA OBRA ...	476
7.13.1 – Construcción	476
7.13.2 - Instalaciones Eléctricas	478
7.13.3 - Centrales Generadoras De Energía, Disco Solar	479
7.14 - EQUIPO TECNICO NECERARIO PARA REALIZAR LA OBRA	480
7.14.1 – Construcción	480
7.14.2 - Instalaciones Eléctricas	482
7.14.3 - Centrales Generadors De Energía	484
7.15 - DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS Y DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN	485
7.15.1 – Construcción	485
7.15.2 - Instalaciones Eléctricas	498
7.15.3 - Instalaciones Eléctricas. Centrales Generadoras De Energía	506

7.1 - INTRODUCCIÓN

7.1.1 - JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 2 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción de proyecto se elabore en Estudio Básico de seguridad y Salud.

Según el Artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, de 24 e Octubre será obligatorio realizar el estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras cuando se cumplan los supuestos previstos.

1. El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:
 - a. Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 500.000€.
 - b. Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
 - c. Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
 - d. Las obras de túneles, galerías. Conducciones subterráneas y presas.
2. En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor está obligado a que en

la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

El estudio básico deberá precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra. A tal efecto, deberá contemplar la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

7.1.2 - OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas. En su caso, tendrá en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma.

- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los posibles trabajos posteriores.

7.1.3 - DATOS DEL PROYECTO DE OBRA

TIPO DE OBRA:	Instalación de un generador termo-solar de 25 kW mediante la tecnología Disco Stirling.
UBICACIÓN:	Parque Tecnológico Aeroespacial de Andalucía, Sevilla.
PROYECTISTA:	Juan F. Peraita Fernández

7.2 - NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES EN LA OBRA

Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Real Decreto 1942/1993 de 5 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 39/1997 de 17 de Enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril sobre Disposiciones mínimas en materia de Señalización de Seguridad y Salud.

Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y de Salud en las obras de construcción.

Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Orden TAS/1926/2002 de 19 de Noviembre por la que se establecen nuevos modelos para la notificación de los accidentes de trabajo y se posibilita su transmisión por procedimiento electrónico.

Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

7.3 - TRABAJOS POSTERIORES

El apartado 3 del Artículo 6 del R.D. 1627/97 establece que en el Estudio Básico de seguridad y Salud se contemplarán también las previsiones y las informaciones para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

Dado el tipo de obra no se contempla, en principio, medida alguna fuera de las ya contempladas, pudiéndose adoptar las necesarias en el transcurso de la misma.

7.4 - OBLIGACIONES DEL PROMOTOR

Antes del inicio de los trabajos, el promotor designará un coordinador en materia de Seguridad y Salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

En la introducción del R.D. 1621/97 y en el apartado 2 del Artículo 2 se establece que el contratista y el subcontratista tendrán la consideración de empresario a los efectos previstos en la norma sobre prevención de riesgos laborales. Como en las obras de edificación es habitual la existencia de numerosas subcontratas, será previsible la existencia del coordinador en la fase de ejecución.

La designación del coordinador en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de las responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del Real Decreto 1627/97 debiendo exponerse en la obra de forma visibles y actualizándose si fuera necesario.

7.5 - COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

(R.D. 1627/97) Art.9. La designación del coordinador en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principio generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/97.
- Aprobar e Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista, y en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.
- LA Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesario la designación del coordinador.

7.6 - PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista, antes de inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio Básico y en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este Estudio Básico.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quiénes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. El Plan estará en la obra a disposición de la Dirección Facultativa.

7.7 - OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS

7.7.1 – OBLIGACIONES

Los contratistas y subcontratistas están obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el Artículo 10 del presente Real Decreto.
- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
- Cumplir y hacer cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales y, en particular, las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del presente Real Decreto, durante la ejecución de la obra.
- Informar a los trabajadores autónomos de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la Dirección Facultativa.

7.7.2 - RESPONSABILIDADES

- La ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan de Seguridad y Salud en lo relativo a las obligaciones que

les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

- Además, el contratista y el subcontratista responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan que fueran imputables a cualquiera de ellos, o en su caso, a los trabajadores autónomos.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección Facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades al contratista y al subcontratista. Estas obligaciones se reflejan en el Real Decreto 1627/1997 Artículo 12.

7.8 - LIBRO DE INCIDENCIAS

1. En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento el Plan de Seguridad y Salud, un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado a tal efecto.

2. El libro de incidencias será facilitado por:

El Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

3. el libro de incidencias, que deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la dirección facultativa.
4. Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando

no sea necesaria la designación de coordinador, la dirección facultativa, estarán obligados a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realice la obra.

7.9 - PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Cuando el Coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de Seguridad y Salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de los tajes o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en el que se realiza la obra. Igualmente se notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

7.10 - DERECHO DE LOS TRABAJADORES

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

Una copia del Plan de seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

7.11 - DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ATENCIÓN MÉDICA

Servicio médico en obra:

Las empresas contratistas deberán contar con servicio médico propio o mancomunado. Todo el personal que trabaje en la obra deberá pasar un reconocimiento médico previo a su incorporación, salvo que procedan de la propia plantilla del contratista y hayan superado su reconocimiento médico anual dentro de los tres meses anteriores a su incorporación a obra. Estos reconocimientos deberán ser repetidos con una frecuencia, al menos, anual.

El contratista dispondrá de un botiquín cuyo contenido haya sido determinado por el servicio médico de la empresa, que se revisará y repondrá al menos semanalmente.

El contratista redactará un Plan de Emergencia donde se indiquen los diferentes centros médicos a acudir en función de la gravedad de la incidencia. En un lugar transitado y visible y en los vestuarios el contratista indicará cuales son estos centros médicos y los teléfonos de emergencia.

7.12 - RIESGOS EVITABLES

De acuerdo a las principales actividades en obra, los siguientes riesgos los debemos considerar como evitables y, por tanto, tomar las medidas de seguridad que se indican más adelante para evitarlos:

1 - En movimiento de tierras (así como desbroces, revegetaciones y zanjas)

1.1 - Atropellos de vehículos y maquinaria

1.2 - Atrapamientos con carga

1.3 - Atrapamientos con tierra y rocas

1.4 - Caídas a diferente nivel

1.5 Desprendimiento de tierra

2 - En realización de caminos y plataformas

2.1 - Atropellos de vehículos y maquinaria

2.2 - Atrapamientos con carga

2.3 - Atrapamientos con tierra y rocas

2.4 - Caídas a diferente nivel

2.5 Desprendimiento de tierra

3 - En la realización de las zapatas

3.1 - Atropellos de vehículos y maquinaria

3.2 - Atrapamientos con hormigón

3.3 - Caídas a diferente nivel

3.4 - Desprendimiento de tierra

3.5 - Cortes con ferralla o con máquinas de corte

3.6 - Salpicaduras de hormigón en los ojos

4 - En la instalación del edificio de la subestación(y otras obras)

4.1 - Atropellos de vehículos y maquinaria

4.2 - Atrapamientos con carga

4.3 - Atrapamientos con tierra y rocas

4.4 - Caídas a diferente nivel

4.5 - Desprendimiento de Tierra

4.6 - Caída de objetos

4.7 - Heridas punzantes

4.8 - Salpicaduras de hormigón en los ojos

5 - En el montaje de los discos solares

5.1 - Atropellos de vehículos y maquinaria

5.2 - Atrapamientos con carga

5.3 - Vuelcos de grúa o camiones

5.4 – Caídas de personas a diferente nivel

5.5 - Caída de objetos

5.6 - Heridas punzantes

6 - En el montaje de la subestación

6.1 - Atropellos de vehículos y maquinaria

6.2 - Atrapamientos con carga

6.3 - Caídas de personas a diferente nivel

6.4 - Caída de objetos

6.5 - Heridas punzantes

7 - En el montaje de las líneas eléctrica aéreas

7.1 - Atropellos de vehículos y maquinaria

7.2 - Atrapamientos con carga

7.3 - Caídas a diferente nivel

7.4 - Caída de objetos

7.5 - Heridas punzantes

8 - En la puesta en marcha de los equipos

8.1 - Atropellos de vehículos y maquinaria

8.2 - Caídas de personas a diferente nivel

8.3 - Caída de objetos

8.4 - Heridas punzantes

8.5 - Heridas cortantes

7.13 - OPERACIONES PRINCIPALES QUE COMPRENDE LA OBRA

7.13.1 - CONSTRUCCIÓN

1. Preparación de la zona de trabajo

- Delimitación de la zona de trabajo con vallas con un margen suficiente de seguridad para las personas que no intervienen en la obra.
- Instalación de corriente eléctrica provisional para la obra.
- Fijación de los circuitos de movimiento de maquinaria automotriz.
- Instalación de dispositivos de elevación de cargas.
- Instalación de iluminación provisional.
- Previsión de vías y salidas de emergencia.
- Instalación de elementos de lucha contra incendios.
- Instalación de ventilación cuando sea necesario.

- Construcción provisional o colocación de barracones para comedor, vestuario y lavabo. (Solo cuando tengan que trabajar veinte o más personas durante quince o mas días).
- Previsión de materiales y elementos auxiliares.

2. Movimiento de tierras

- Desmontes.
- Rebajes.
- Excavación de pozos de servicio.
- Excavación de zanjas.
- Rellenados con arenas o rocas.
- Terraplenado de caminos.

3. Cimentación, estructuras y otros trabajos con hormigón

- Encofrado y desencofrado.
- Preparación de armaduras.
- Hormigonado de cimientos.
- Hormigonado de forjados.
- Montaje de elementos prefabricados.

4. Estructuras metálicas

- Descarga y recogida de perfilería.
- Transporte horizontal y vertical.
- Adaptación a medidas.
- Presentación de los perfiles.
- Despuntado.

- Soldadura.

7.13.2 - INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Instalaciones de alta o media tensión.

1. Montaje de líneas aéreas

- Carga, aseguramiento y transporte de elementos.
- Descarga y distribución en la obra.
- Izado de Soportes.
- Tendido de cables.
- Tensado de cables.
- Montaje de herrajes.
- Montaje de aislantes, cadenas y accesorios.
- Conexión.

2. Montaje de líneas soterradas

- Excavación de zanjas.
- Carga, aseguramiento y transporte de bobinas.
- Descarga en la obra.
- Tendido de cables.
- Acabados.
- Uniones.
- Conexiones.

3. Montaje de estaciones transformadoras y subestaciones

- Carga, aseguramiento y transporte de elementos.
- Descarga y distribución en la obra.

- Montaje de estructuras metálicas.
- Conexión.
- Uniones.
- Acabados.
- Instalaciones de baja tensión.

4. Pruebas y puesta en servicio

- Inspección visual previa.
- Señalización y aviso a personal propio y ajeno.
- Comprobación del aislamiento.
- Mediciones de puesta a tierra.
- Redactar procedimiento de trabajo para realizar las pruebas y la coordinación.

5. Explotación y mantenimiento

- Inspecciones visuales en las instalaciones en carga.
- Comprobaciones con aparatos.
- Mantenimiento y reparaciones sin tensión.

7.13.3 - CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA, DISCO SOLAR

1. Montaje de los discos solares

- Carga, aseguramiento y transporte de elementos.
- Descarga y distribución en la obra.
- Montaje del apoyo metálico tubular.
- Conexiones.

- Uniones.
- Acabados.
- Instalaciones de baja tensión.
- Montaje y manipulación de máquinas rotativas.

2. Pruebas y puesta en servicio

- Señalización y aviso a personal propio y ajeno.
- Comprobación del aislamiento.
- Medidas de puesta a tierra.
- Inspección visual previa.
- Establecer programa de pruebas y coordinación.

3. Explotación y mantenimiento

- Inspecciones oculares en las instalaciones en carga.
- Comprobaciones con aparatos.
- Mantenimiento y reparaciones sin tensión.

7.14 - EQUIPO TECNICO NECERARIO PARA REALIZAR LA OBRA

7.14.1 - CONSTRUCCIÓN

Obra nueva.

1. Preparación de la zona de trabajo

- Herramientas normales.

- Vehículos para transportar materiales y elementos modulares y auxiliares.
- Dispositivos para desplazamientos horizontales de cargas.
- Dispositivos para desplazamientos verticales de cargas.

2. Movimiento de tierras

- Pala-tractor.
- Retro-Excavadora.
- Moto-Niveladora.
- Traílla.
- Compactadora.
- Dumpers.
- Camiones.
- Herramientas normales.

3. Cimentación, estructuras y otros trabajos con hormigón

- Sierra circular.
- Curvadora para hierros de armadura.
- Herramientas normales.
- Hormigonera.
- Bomba de hormigonado.
- Compresor.
- Vibrador para el hormigón.
- Equipo de soldadura eléctrica.
- Equipo de oxicorte.
- Excavadora de cuchara bivalva.
- Estacadora.
- Maquinaria de elevación.

4. Estructuras metálicas

- Toros.
- Grúas.
- Equipo de soldadura eléctrica.
- Equipo de oxicorte.
- Afilador y otras herramientas manuales.

7.14.2 - INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Instalaciones de alta o media tensión.

1. Montaje de líneas aéreas

- Medios auxiliares de carga, descarga y distribución (grúas, carretillas elevadoras).
- Dispositivos de sujeción.
- Vehículos de transporte.
- Medios auxiliares para el izado y tendido de cables.
- Dispositivos de tensado de cables.
- Andamios o plataformas.
- Escaleras.
- Equipos de soldadura con gases.
- Equipos de soldadura eléctrica.
- Herramientas manuales.

2. Montaje de líneas soterradas

- Dispositivos o máquinas de excavación.
- Medios auxiliares de carga y descarga.

- Dispositivos de sujeción.
- Vehículos de transporte.
- Equipos de soldadura.
- Equipos acabados, uniones y conexiones.
- Sistemas para la protección física y señalización de las líneas soterradas de tensión media o alta.
- Herramientas manuales.
- Sistema para la señalización de las líneas soterradas de tensión media o alta.

3. Montaje de estaciones transformadoras y subestaciones

- Medios auxiliares de carga, descarga y distribución (grúas, carretillas elevadoras).
- Dispositivos de sujeción.
- Vehículos de transporte.
- Andamios o plataformas.
- Escaleras.
- Equipos de soldadura eléctrica.
- Equipos de soldadura con gases.
- Herramientas manuales.

4. Pruebas y puesta en servicio

- Aparatos de comprobación y aislamiento.
- Aparatos de medición de puesta a tierra.
- Pértigas detectoras de tensión.
- Aparatos de medición de tensiones de paso y contacto.
- Carteles de aviso normalizados.
- Pértigas de salvamento.

5. Explotación y mantenimiento

- Equipos de comprobación de tensión, intensidad, resistencia de tierra, aislamiento.
- Equipos de puesta a tierra.
- Pértigas de salvamento.

7.14.3 - CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA

1. Montaje de discos solares

- Medios auxiliares de carga, descarga y distribución (grúas y carretillas elevadoras).
- Dispositivos de sujeción.
- Vehículos de transporte.
- Grúas de gran tonelaje.
- Escaleras.
- Equipos de soldadura eléctrica.
- Equipos de soldadura con gases.
- Herramientas manuales.

2. Pruebas y puesta en servicio

- Aparatos de comprobación del aislamiento.
- Aparatos de medidas de puesta a tierra.
- Pértigas detectoras de tensión.
- Aparatos de medición de tensiones de paso y contacto.
- Carteles de aviso normalizados.

3. Explotación y mantenimiento

- Equipos de comprobación de tensión, intensidad, resistencia de suelos y aislamientos.
- Equipos de puesta a tierra.

7.15 - DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS Y DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

7.15.1 – CONSTRUCCIÓN

Obra nueva

1. Preparación de la zona de trabajo

- Daños en las manos.
- Daños en los pies.
- Golpes en la cabeza.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Atrapamientos.
- Atropellos por vehículos o máquinas automotrices.
- Electrocuciiones.
- Sobreesfuerzos.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos.

Riesgos específicos

- No hay.

Prevención (P)

- Entrenar a los operarios para efectuar trabajos con riesgo de atrapamiento con un orden preestablecido y controlar el cumplimiento del mismo.
- Controlar que los desplazamientos de maquinas automotrices y vehículos se realice en lugares preestablecidos.
- Balizar las zonas de movimiento de vehículos y máquinas.
- Comprobar la buena calidad de los aislamientos.
- Mantener limpias e iluminadas las zonas de movimiento de personal.
- Comprobar la sujeción de las cargas que se desplacen elevadas y el integrado de los cambios de sujeción.

Protección colectiva (PC)

- Señalización de las zonas de maniobra de las máquinas automotrices y vehículos.
- Balizamiento de la zona de trabajo.

Protección individual (PI)

- Guantes de protección mecánica.
- Calzado de seguridad con puntera metálica.
- Casco.
- Gafas de protección mecánica.
- Calzado con suela aislante.
- Guantes aislantes.
- Faja de protección lumbar.

2. Movimiento de tierras

Identificación de riesgos

- Corrimiento de tierras.
- Desprendimientos de tierras.
- Caída de personas a diferente nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Volcadura de maquinaria.
- Atropellos.
- Electrocuciiones.
- Desplome de estructuras adyacentes.
- Caída de objetos.
- Asfixia o intoxicación por emanaciones gaseosas en los pozos.
- Daños en los pies.
- Daños en las manos.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Humedad.
- Ruidos.

Riesgos específicos

- Corrimiento de tierras.
- Desprendimiento de tierras.
- Desplome de estructuras adyacentes.
- Asfixia o intoxicación por emanaciones gaseosas en los pozos.
- Humedad.

Prevención (P)

- Apuntalar los taludes si la pendiente es de 1/1 y el terreno es movedizo o con tendencia a desmoronarse o si la pendiente es de $\frac{1}{2}$ y el terreno es blando pero resistente o, finalmente, si la pendiente es $\frac{1}{3}$ y el terreno es muy compacto.
- Eliminar las viseras y las acumulaciones de arenas o rocas con riesgo de desprenderse como consecuencia de la acción de las excavadoras.
- Prohibir la acumulación de tierras a menos de dos metros de la nueva excavación.
- Evitar que el frente de excavación traspase más de un metro la altura máxima de ataque del brazo de la máquina.
- Señalizar mediante una línea (hecha con tiza o cal) la distancia máxima de aproximación al borde de una excavación para que no sobrepasen ni personas sin protección ni máquinas.
- Ni quedarse cerca ni trabajar al pie de un frente de excavación acabado de abrir si todavía no ha sido saneado.
- En caso de presencia de agua por cualquier causa, proceder inmediatamente a su eliminación.
- Prohibir la circulación interna de Vehículos pesados a menos de 4m. Y de ligeros a menos de 3 m. Del borde de coronación de un desmonte o rebaje.
- En caso de excavación de pozos, las máquinas de elevación se colocarán sobre un entarimado bien sujeto entorno a la boca del pozo.
- Para sanear los taludes manualmente, se hará con arnés de seguridad.
- Para acercarse a menos de 2m. Del borde del talud se deberá llevar arnés de seguridad sujeto a un punto estable natural o artificial.

- En la parte alta del talud, pozo o zanja de profundidad superior a 2m. Donde tengan que pasar trabajadores se colocará una barandilla de 0,90m. con rodapiés.
- Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo agujeros, suprimiendo baches y compactándolos con escorias o aplomos.
- Las máquinas no trabajaran n inclinaciones superiores a las máximas establecidas de acuerdo con las cargas.
- Las máquinas que accidentalmente podrían volcar deberán llevar un sistema de protección del conductor contra aplastamientos.
- No circular por las zonas de desplazamiento de las máquinas que estarán balizadas.
- Prever y medir la situación de conducciones eléctricas soterradas.
- Comprobar el aislamiento de las herramientas eléctricas de las conducciones y de la correspondiente toma de corriente.
- Apuntalamiento concienzudo de aquellas estructuras cuya estabilidad pueda debilitarse por razón de los movimientos de tierras.
- No circular por las proximidades o por debajo de las partes móviles de las máquinas que lleven escombros en elevación o de las máquinas de transporte vertical.
- No hacer funcionar motores de explosión en el interior de pozos o zonas sin ventilación.
- En los pozos de profundidad superior a 1,5m disponer de un detector de oxígeno conformado para dar la alarma por debajo de 18%.

Protección colectiva (PC)

- Señalización o balizamiento de la zona de trabajo.
- Impedir que las construcciones adyacentes puedan sufrir daños a causa de movimientos de tierras, mediante los apuntalamientos que sean necesarios.

Protección Individual (PI)

- Arnés de seguridad sujeto a puntos sólidos y estables naturales o artificiales.
- Calzado antideslizante.
- Calzado aislante.
- Casco.
- Equipo respiratorio autónomo o con aire fresco a presión positiva.
- Calzado de seguridad con protección plantar y puntera metálica.
- Guantes de protección mecánica.
- Gafas de protección mecánica.
- Botas de agua con protección plantar.
- Protección auricular.
-

3. Cimentación, estructuras y otros trabajos con hormigón

Identificación de riesgos

- Desprendimientos por amontonamiento defectuoso de maderas y otros componentes.
- Caídas de personal a diferente nivel.
- Caídas de personal al mismo nivel.
- Daños en las manos.
- Electrocuciones.
- Sobreesfuerzos
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Caídas de objetos.
- Trabajos en ambientes húmedos.
- Fallo de apuntalamientos.
- Atrapamientos.

- Vibraciones por manejo de agujas vibrantes o martillos picadores.
- Ruidos.
- Fuego.
- Volcadura de la maquinaria.
- Atropellos.
- Daños en los ojos (cuerpos extraños, radiaciones ultravioleta, soldadura oxiacetilénica).
- Daños en los pies.
- Quemaduras por soldadura.

Riesgos específicos

- Desprendimientos por amontonamiento defectuoso de maderas y otros componentes.
- Dermatitis por contactos con el cemento.
- Fallo de apuntalamientos.
- Vibraciones por manejo de agujas vibrantes o martillos picadores.

Prevención (P)

- Los tableros de madera, las barras de armaduras y otros componentes se amontonarán cuidadosamente y se aplicarán para impedir su desprendimiento.
- Todo el material necesario para las operaciones de esta fase se situará en lugares previamente determinados cerca del lugar de uso.
- Para subir o bajar de los encofrados se usarán escaleras de mano en buen estado y bien sujetas.
- Se instalarán listones de madera sobre los fondos de madera de los encofrados o losas de escalera para evitar patinazos.

- Instalar vallas de seguridad en los lugares desde los cuales se pueda caer al vacío.
- Prohibir la realización de cualquier operación con riesgo de caída a diferente nivel sin haber situado la red de seguridad correctamente y bien sujeta.
- Se dispondrán caminos seguros para acceder a los puntos de encofrado u hormigonado y se circulará por ellos con un arnés de seguridad provisto de una anilla que permita desplazarse por un cable horizontal bien sujeto.
- Las plataformas de trabajo dispondrán de una valla de 90 cm. De altura y rodapié con la puerta de acceso cerrada y asegurada.
- El acceso y la estancia en las plataformas de trabajo se hará con un arnés de seguridad colocado y sujeto a un cable firmemente sujeto a dos puntos.
- Prohibir trepar por las armaduras bajo ningún concepto.
- Así que el forjado lo permita, se construirá un muro definitivo con ladrillos alrededor de los vacíos.
- Cuando el agujero donde se deberá colocar un pilar sobre pase los 2m. de profundidad, se rodeará de una valla hecha con barras.
- Mantener orden y limpieza en las zonas de trabajo.
- Instalar coberturas de madera sobre las barras de espera para evitar pinchazos.
- Para dirigir las armaduras suspendidas hacia su lugar de instalación no se utilizarán sólo las manos sino que se usarán cuerdas.
- Comprobar el correcto aislamiento de las máquinas eléctricas, de los cables de conexión y de las tomas.
- Señalizar la zona de posible caída de cargas durante su transporte vertical.
- Para izar cualquier carga se hará una correcta sujeción previa. Si se deben izar cuerpos alargados, se fijarán por dos puntos.
- Antes de hormigonar deben revisarse cuidadosamente los apuntalamientos.

- Evita, mediante señalización o balizamiento, la presencia de personas en los lugares con riesgo de atrapamiento.
- Marcar mediante una señal de color amarillo el nivel máximo de la carga del arcaduz de hormigonar.
- Efectuar el movimiento vertical de las cargas sin sacudidas y siempre en sentido realmente vertical.
- Asegurar adecuadamente las máquinas de elevación.
- No sobrepasar las cargas máximas permitidas en función de la posición del brazo de las grúas.
- Señalizar las zonas de movimiento de máquinas y vehículos.
- Los clavos que estén en las maderas se extraerán o se remacharán.
- Eliminar del suelo los calvos sueltos o arrancados y cualquier escombros especial que pueda lesionar los pies u otras partes.

Protección colectiva (PC)

- Situar videras de protección mecánica para evitar la caída accidental de objetos o partes de material sobre los niveles inferiores de la zona de trabajo o sobre las zonas de paso de terceras personas.
- Señalización o balizamiento de la zona donde puedan caer objetos o partes de material.

Protección Individual (PI)

- Arnés de seguridad que permita una caída máxima de 1,5 m. sujeto a estructuras sólidas y estables.
- Calzado antideslizante.
- Guantes de protección mecánica.
- Guantes dieléctricos.
- Calzado aislante.

- Faja de protección lumbar.
- Guantes de protección química.
- Casco de Seguridad.
- Botas de agua con protección para las torceduras de tobillos, puntera metálica y plantilla contra pinchazos.
- Protección anti-vibratoria para las muñecas.
- Amortiguadores de vibraciones en las máquinas manejadas por personas.
- Protección auricular.
- Máscara buco-nasal.
- Gafas de protección mecánica.
- Pantallas para soldadura eléctrica.
- Gafas con cristales de protección para soldadura oxiacetilénica.
- Botas con protección para las torceduras de tobillos, puntera metálica y plantilla contra pinchazos.
- Guantes antitérmicos de cuero.

4. Estructuras metálicas

Identificación de riesgos

- Volcadura de los montones de perfilería.
- Caída de objetos.
- Derrumbe de elementos despuntados.
- Daños en las manos.
- Daños en los pies.
- Caída de personas a diferente nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Atrapamientos.
- Daños en los ojos.
- Contactos eléctricos.

- Explosión de botella de gases.
- Incendios.
- Quemaduras.

Riesgos específicos.

- Volcadura de los montones de perfilería.
- Derrumbe de elementos despuntados.

Prevención (P)

- Escoger espacios adecuados para el almacenaje de perfiles metálicos.
- Los perfiles se amontonarán sobre conjuntos de tablones o capas, de tal manera que una capa forme 90 grados con la anterior, clasificados por medidas y hasta una altura máxima de 1,5 m.
- No permitir la presencia de personas dentro del radio de acción de cargas colgantes.
- Evitar levantar una nueva planta hasta que se haya acabado toda la soldadura de la anterior.
- Se instalarán cables entre pilares donde se amarrarán los mosquetones de los arneses de seguridad, de tal manera que los operarios puedan desplazarse libremente aunque estén sujetos.
- Así que se haya montado la “primera altura” de pilares, se colocarán redes horizontales de protección contra caídas.
- Las redes de protección se revisarán periódicamente y en especial cada vez que se termine un parte de la soldadura.
- Las operaciones de soldadura que no se realicen con el operario apoyado en el suelo, se harán desde un ajaula de soldador. La mencionada jaula tendrá una barandilla perimetral de un metro con

rodapié y además llevará el arnés sujeto a un cable fijado entre pilares.

- No trepar directamente por la estructura ni moverse por el ala de una viga sin estar sujeto con el arnés de seguridad.
- Cuando se deba subir o bajar de un nivel a otro, se hará mediante una escalera e mano con zapatos antideslizantes y ganchos para colgar e inmovilizar la escalera. La escalera deberá sobrepasar en un metro como mínimo el nivel al cual se quiere acceder.
- Utilizar andamios bien sujetos con barandillas de 90 cm. Con rodapié para soldar las jácenas.
- Mantener limpia la zona de trabajo, sin impedimentos.
- Las maniobras de presentación de pilares y vigas serán gobernadas por tres operarios: uno dirigirá la operación y los otros guiarán la pieza mediante cuerdas aradas a los extremos.
- Se comprobará el buen estado del aislamiento de cables y tomas de corriente de las instalaciones provisionales de obra.
- Los cables estarán ordenados y, cuando se pueda, colgados en pies erguidos o pilares.
- No dejar las pinzas ni el electrodo directamente sobre el suelo. Es necesario disponer de una herramienta adecuada o desconectar la pinza.
- Preparar y entrenar en el cumplimiento de un protocolo de utilización seguro de las botellas de gases, especialmente el acetileno, alertando sobre el retroceso de llama y el recalentamiento anormal de la botella de este último.
- Las botellas de gases en uso estarán siempre dentro de la carretilla porta-botellas.
- Controlar que bajo las zonas donde se esté soldando no haya materiales combustibles o inflamables.
- Controlar que no haya operarios bajo la zona de soldadura.
- Instalar una protección de chapa para soldar por encima de otros operarios que también estén soldando.

Protección colectiva (PC)

- Señalización o balizamiento de las zonas de trabajo.
- Señalización de las zonas de circulación de vehículos.
- Redes de protección contra caídas de objetos encima de trabajadores o de terceras personas.

Protección Individual (PI)

- Casco de seguridad preferiblemente con barboquejo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad con puntera metálica.
- Arnés de seguridad.
- Calzado antideslizante.
- Pantalla de mano para soldar.
- Gafas de protección contra los rayos ultravioleta.
- Gafas de protección mecánica.
- Manopla, mandil y polainas para soldadores.
- Uso de ropa ignífuga.

7.15.2 - INSTALACIONES ELÉCTRICAS

1. Instalaciones e alta o media tensión: Montaje de líneas aéreas

Identificación de riesgos

- Caída de objetos o cargas.
- Caídas de personas a diferente nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyección de partículas a los ojos.
- Daños en los ojos por arco eléctrico (soldadura u otros).
- Daños en las extremidades.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamientos por objetos o máquinas.
- Quemaduras.
- Electrocuciiones.
- Atropello por vehículos.
- Ambiente pulverulento.
- Volcadura de la grúa.
- Contactos directos de grúas con otras líneas eléctricas en tensión.

Riesgos específicos

- Contactos directos de grúas con otras líneas eléctricas en tensión.

Prevención (P)

- Señalizar y cerrar el paso por debajo de los lugares donde exista riesgo de caída de objetos.

- Colocar redes de seguridad.
- Suelo de las plataformas y andamios sin agujeros o rendijas que permitan la caída de herramientas u otros objetos.
- Andamios con rodapiés.
- Impedir el paso en las áreas de alcance de las plumas de la grúa.
- Comprobar el estorbo de las cargas.
- Comprobar el estado de ganchos, cables, grilletes o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Andamios asentados firmemente y con barandillas.
- Escaleras bien asentadas.
- Orden y limpieza en la zona de trabajo.
- Efectuar las operaciones con un orden preestablecido con el objetivo de evitar golpes y tropiezos.
- Balizamiento de las zonas de alcance de las partes móviles de las máquinas.
- Utilizar sistemas anti-atrapamiento.
- Utilizar sistemas de bloqueo de las conexiones con las señalización correspondiente para evitar puestas de carga inadvertidas.
- Utilizar señales acústicas en los equipos de movimientos de material para evitar atrapamientos.
- Estacionamiento y apuntalamiento cuidadoso para la grúa.
- Comprobar la inexistencia de cableados eléctricos en las zonas de alcance de las partes móviles de la grúa.

Protección colectiva (PC)

- Señalización o balizamiento de las zonas de trabajo.
- Cumplimiento de las normas de circulación.

Protección individual (PI)

- Casco.
- Arnés de seguridad sujeto a estructuras estables que permitan una caída máxima de 1,5 m.
- Calzado antideslizante.
- Gafas de protección mecánica.
- Pantalla de protección contra rayos ultravioleta para el soldador y el ayudante.
- Guantes de protección mecánica.
- Faja lumbar.
- Casco.
- Guantes anti-térmicos.
- Guantes aislantes.
- Pértigas detectoras de tensión.
- Banquetas aislantes.
- Máscaras buco-nasales.

2. Montaje de líneas soterradas.

Identificación de riesgos

- Atrapamiento por corrimiento de tierras.
- Caída de objetos o cargas.
- Caída de personas a diferente nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Proyección de partículas a los ojos.
- Daños en los ojos por arco eléctrico (soldadura u otros).
- Daños en las extremidades.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamientos por objetos o máquinas.

- Quemaduras.
- Electrocuciiones.
- Atropello por vehículos.
- Ambiente pulverulento.
- Volcadura de la grúa.
- Interferencia con otros servicios al excavar la zanja.

Riesgos específicos

- Interferencia con otros servicios al excavar la zanja.

Prevención (P)

- Apuntalar las zanjas de mas de 1,6 m. de profundidad o de menos si el terreno está un poco compactado.
- Impedir el paso en las áreas de alcance de las plumas de la grúa.
- Comprobar el estorbo de las cargas.
- Comprobar el estado de ganchos, grilletes o de cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Señalizar los puntos con diferencias de nivel.
- Utilizar escaleras para acceder a las zanjas de mas de 1,6 m. de profundidad.
- Orden y limpieza en la zona de trabajo.
- Efectuar las operaciones con un orden preestablecido con el objetivo de evitar golpes y tropiezos.
- Balizamiento de las zonas de alcance de las partes móviles de las máquinas.
- Utilizar sistemas anti-atrapamiento.
- Utilizar sistemas de bloqueo de las conexiones con la señalización correspondiente para evitar puestas en carga inadvertidas.

- Utilizar señales acústicas en los equipos de movimiento de material para evitar atrapamientos.
- Estacionamiento y apuntalamiento cuidadosos para la grúa.
- Pedir información previa a las compañías de servicios sobre los trazados que puedan verse afectados por la obra.

Protección colectiva (PC)

- Señalización y balizamiento de la zona de trabajo.
- Cumplimiento de las normas de circulación.

Protección individual (PI)

- Casco.
- Calzado anti-deslizante.
- Gafas de protección mecánica.
- Pantalla de protección contra rayos ultravioleta para el soldador y el ayudante.
- Guantes de protección mecánica.
- Calzado con puntera metálica.
- Faja lumbar.
- Guantes anti-térmicos.
- Guantes aislantes.
- Pértigas detectoras de tensión.
- Banquetas aislantes.
- Máscaras buco-nasales.

3. Pruebas y puesta en servicio

Identificación de riesgos

- Caídas de personas a diferente nivel
- Daños en los ojos por arcos eléctricos realizando pruebas.
- Golpes contra objetos.
- Electrocuciiones.
- Quemaduras.
- Provocación de incendios.
- Explosiones.
- Puesta en tensión en zonas lejanas.

Riesgos específicos

- No hay.

Prevención (P)

- Controlar toda la zona susceptible de recibir tensión con señalización y avisos.
- Comprobación de los aislamientos.
- Comprobación de enclaves mecánicos y eléctrico.
- Detección de presencia de otros servicios en la vecindad de la instalación eléctrica.
- En presencia de atmósferas inflamables, uso de dispositivos anti-deflagrantes.
- Comunicación entre puntos lejanos (extremos de líneas en pruebas).

Protección colectiva(PC)

- Señalización de puesta en tensión de la instalación.

Protección Individual (PI)

- Arnés de seguridad sujeto a estructuras estables que permita una caída máxima de 1,5 m.
- Gafas.
- Casco.
- Guantes aislantes.
- Pértigas detectoras de tensión.
- Banquetas aislantes.
- Guantes anti-térmicos.

4. Explotación y mantenimiento de las instalaciones

Identificación de riesgos

- Caída de objetos o cargas.
- Caídas de personas a diferente nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyección de partículas a los ojos.
- Daños en los ojos por arco eléctrico (soldadura u otros).
- Daños en las extremidades.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamiento por objetos o máquinas.
- Quemaduras.

- Electrocuciones.
- Atropello por vehículos.
- Ambiente pulverulento.
- Volcadura de la grúa.

Riesgos específicos

- No hay.

Prevención (P)

- Asegurarse de que no hay mas personas bajo cargas en movimiento.
- Asegurar el estorbo de cargas y objetos.
- Mantener la zona de trabajo limpia y libre de obstáculos.
- Balizamiento de las zonas de alcance de las partes móviles de las máquinas.
- Identificación de la instalación al esquema unifilar.
- Mantener las distancias de seguridad.
- Cote con corte visible de todas las fuentes de tensión.*
- Reconocimiento de la ausencia de tensión.*
- Enclave o bloqueo de los aparatos de corte y señalización.*
- Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las fuentes posibles de tensión.*
- Organización cuidadosa de los trabajos. Comunicación.
- Estacionamiento y apuntalamiento cuidadoso de la grúa.

*En caso de tener que manipular elementos sin tensión pero que habitualmente si la tienen.

Protección colectiva (PC)

- Señalización de puesta en tensión de la instalación.
- Señalización de seguridad delimitando la zona de trabajo.

Protección Individual (PI)

- Casco.
- Arnés de seguridad sujeto a estructuras estables que permita una caída máxima de 1,5 m.
- Calzado antideslizante.
- Pantalla facial.
- Gafas de protección contra rayos ultravioleta.
- Guantes de protección mecánica.
- Faja lumbar.
- Casco.
- Guantes anti-térmicos.
- Guantes aislantes.
- Pértigas detectoras de tensión.
- Banquetas aislantes.
- Máscara buco-nasal.

7.15.3 - INSTALACIONES ELÉCTRICAS. CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA.

1. Montaje de los discos solares

Identificación de los riesgos

- Caídas de objetos o cargas.
- Caídas de personas a diferente nivel

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyección de partículas a los ojos (soldadura u otros).
- Daños en las extremidades.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamiento por objetos.
- Atrapamiento por máquinas.
- Quemaduras.
- Electrocuciiones.
- Atropello por vehículos.
- Ambiente pulverulento (limpieza de palas).
- Volcadura de la grúa.

Riesgos específicos.

- No hay.

Prevención (P)

- Impedir el paso por debajo de lugares donde exista el riesgo de caída de objetos.
- El suelo de las plataformas de las torres sin agujeros ni rendijas que permitan la caída de herramientas u otros objetos.
- Impedir el paso en las áreas de alcance de plumas de la grúa.
- Comprobar el estorbo de las cargas.
- Comprobar el estado de ganchos, cables, grilletes o de cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Escaleras firmemente sujetas.
- Orden y limpieza en la zona de trabajo.

- Efectuar las operaciones con un orden preestablecido con el objetivo de evitar golpes y tropiezos.
- Balizamiento de las zonas de alcance de las partes móviles de las máquinas.
- Utilizar sistemas anti-atrapamiento.
- Utilizar sistemas de bloqueo de las conexiones con la señalización correspondiente para evitar puestas en carga inadvertidas.
- Utilizar señales acústicas en los equipos de movimiento de material para evitar atrapamientos.
- Comunicaciones vía radio entre grúas e instaladores.
- Estacionamiento y apuntalamiento cuidadoso de la grúa. Resistencia mínima del suelo $1,5 \text{ kg/mm}^2$.

Protección colectiva (PC)

- Señalización o balizamiento de las zonas de trabajo.
- Cumplimiento de las normas de circulación.

Protección individual (PI)

- Casco.
- Arnés de seguridad sujeto a estructuras estables que permita una caída máxima de 1,5 m.
- Calzado antideslizante.
- Gafas de protección mecánica.
- Pantalla de protección contra rayos ultravioleta para el soldador y el ayudante.
- Guantes de protección mecánica.
- Calzado con punta metálica.

- Faja lumbar.
- Casco.
- Guantes anti-térmicos.
- Guantes aislantes.
- Pértigas detectoras de tensión.
- Máscaras buco-nasales.

2. Pruebas y puesta en servicio

Identificación de riesgos

- Caídas de personas a diferentes niveles.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Daños en los ojos por arcos eléctricos mientras se realizan pruebas.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamientos en máquinas rotativas.
- Electrocuciiones.
- Quemaduras.
- Provocación de incendios.
- Explosiones.
- Puesta en tensión en zonas lejanas.

Riesgos específicos

- No hay

Prevención (P)

- Señalizar las zonas de alcance de las partes móviles de las máquinas.
- Controlar toda la zona susceptible de recibir tensión con señalización y avisos.
- Comprobación aislamientos.
- Comprobación de enclaves mecánicos y eléctricos.
- Comunicaciones entre lugares lejanos (top-ground).

Protección colectiva (PC)

- Aviso a toda persona que pueda entrar en contacto con las instalaciones probadas.

Protección individual (PI)

- Arnés de seguridad sujeto a estructuras estables que permita una caída máxima de 1,5 m.
- Gafas de protección contra rayos ultravioleta.
- Casco.
- Guantes aislantes.
- Pértigas detectoras de tensión.
- Guantes anti-térmicos.

3. Explotación y mantenimiento de las centrales generadoras.

Operaciones

- Inspecciones oculares en las instalaciones en carga.
- Comprobaciones con aparatos.

- Mantenimiento y reparaciones sin tensión.

Equipo técnico

- Equipos de comprobación de tensión, intensidad, resistencia de suelos, aislamientos.
- Equipos de puesta a tierra.

Identificación de riesgos.

- Caídas de objetos y cargas.
- Caídas de personas a diferente nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyección de partículas a los ojos.
- Daños en los ojos por arco eléctrico (soldadura u otros).
- Daños en las extremidades.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamiento por objetos o maquinaria móvil.
- Quemaduras.
- Electrocuciiones.
- Atropello por vehículos.
- Ambiente pulverulento.
- Volcadura de la grúa.

Riesgos específicos

- No hay.

Prevención (P)

- Asegurar la ausencia de personas bajo cargas en movimiento.
- Asegurar el estorbo de objetos y cargas.
- Mantener limpia y libre de obstáculos la zona de trabajo.
- Balizar las zonas de alcance de máquinas u objetos móviles.
- Identificación de la instalación en el esquema unifilar.
- Mantener las distancias de seguridad.
- Corte con corte visible de todas las fuentes de alimentación.*
- Enclave o bloqueo de los aparatos de corte y señalización.*
- Reconocimiento de la ausencia de tensión.*
- Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión.*
- Organización cuidadosa de los trabajos. Comunicación.
- Estacionamiento y apuntalamiento cuidadoso de la grúa.

*En caso de tener que manipular elementos sin tensión pero que habitualmente si la tienen.

Protección colectiva (PC)

- Aviso a toda persona que pueda entrar en contacto con las instalaciones probadas.
- Señalización de seguridad delimitando la zona de trabajo.

Protección individual (PI)

- Casco.

- Arnés de seguridad sujeto a estructuras estables que permita una caída máxima de 1,5 m.
- Calzado anti-deslizante.
- Pantalla facial.
- Gafas de protección contra rayos ultravioleta.
- Guantes de protección mecánica.
- Faja lumbar.
- Guantes anti-térmicos.
- Guantes aislantes.
- Pértigas detectoras de tensión.
- Máscara buco-nasal.

DOCUMENTO N°8

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

DOCUMENTO N°8 – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ÍNDICE

8.1 – GENERALIDADES	516
8.2 – EMISIONES DEL CICLO DE VIDA.....	517
8.2.1 – Disco Parabólico	517
8.2.2 – Colector Solar	518
8.2.3 – Torre De Energía	518
8.3 – AHORRO GLOBAL DE EMISIONES DE CO ₂	519
8.4 – CARGAS AMBIENTALES DE LA TECNOLOGÍA SOLAR	
TERMOELÉCTRICA.....	519
8.5 – IMPACTOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	520
8.6 – IMPACTO VISUAL.....	521
8.7 – RUIDO	521
8.8 – USO DEL SUEÑO E IMPACTOS EN LOS ECOSISTEMAS.....	522
8.9 – RECURSOS DE AGUA.....	522
8.10 – RIESGOS LABORALES	523
8.11 – OTROS IMPACTOS	523
8.12 – RESUMEN DE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES	
POTENCIALES.....	524

8.1 – GENERALIDADES

El impacto medioambiental más significativo de los sistemas de energía solar termoeléctrica es que producen electricidad sin las emisiones atmosféricas asociadas con las centrales de energía convencionales. Sin embargo, existen algunas emisiones asociadas con el uso de la energía en las primeras etapas del ciclo de vida, que evaluaremos más adelante.

La energía solar termoeléctrica forma parte del conjunto de energías renovables cuya principal aplicación es la producción de energía eléctrica, en ausencia de procesos de combustión y por tanto sin emisiones de gases que producen efecto invernadero. La gran ventaja de la energía solar termoeléctrica es poder producir electricidad de la misma forma que las centrales convencionales, pero utilizando como energía primaria la radiación solar concentrada.

No existen impactos sobre el medio físico, ni sobre la calidad del aire, ni sobre los suelos; tampoco se provocan grandes ruidos, ni se afecta a la hidrología existente. Tampoco entraña ningún riesgo para la seguridad.

En términos generales se puede decir que las principales repercusiones son el impacto visual y la ocupación de terrenos, que en el caso de grandes instalaciones pueden ser de gran impacto. Esta ocupación de terrenos en algunos emplazamientos específicos podría tener impacto sobre la flora y fauna del lugar, aunque ese impacto no es superior al de cualquier planta convencional.

Respecto a la ocupación de terrenos también existen diferencias entre tecnologías. Mientras que en las centrales de colectores cilindro- parabólicos la ocupación es de aproximadamente una hectárea por MW, para los proyectos de torre central este ratio se multiplica por un factor del orden de 6 a 8.

Por otro lado, desmontar una central termoeléctrica no entraña dificultades

por lo que podríamos hablar de reversibilidad y la mayoría de los materiales que se utilizan en las plantas (acero, cristal, etc.) se pueden reciclar.

8.2 – EMISIONES DEL CICLO DE VIDA

El uso de la energía implicado en cada una de las etapas del ciclo de vida de una planta de energía solar termoeléctrica no se ha estudiado con detalle. Sin embargo, pueden extraerse algunas conclusiones generales de los estudios realizados acerca de otras fuentes de energías renovables. Estos estudios sugieren que si el patrón de uso de la energía en las etapas del ciclo de vida de una planta de energía solar termoeléctrica se asumen similares a otras técnicas de energías renovables, el uso dominante de la energía (y las consecuentes emisiones) está asociado con las etapas de procesamiento de los materiales y de fabricación de los componentes.

El uso de energía y las emisiones en estas dos etapas puede cuantificarse referido al uso de materiales. A continuación se presenta una evaluación preliminar de las principales tecnologías de energía solar termoeléctrica.

8.2.1 – DISCO PARABÓLICO

Esta tecnología está representada por el sistema existente en la plataforma solar de Almería, con tres discos de 7,5 m de diámetro y una superficie reflejante compuesta de espejos de vidrio de 0,9 mm de espesor pegados en la parte frontal. Cada disco concentra los rayos del sol en un motor Stirling de 9 KW, diseñado para operar a niveles de insolación por encima de 300 W/m². Este sistema es robusto, barato, y puede ser instalado en áreas remotas.

8.2.2 – COLECTOR SOLAR

Esta tecnología está representada por la planta SEGS II de Kramer Junction, California. Se trata de una planta híbrida gas/solar de 30 MWe, provista de 584 lectores solares, lo que supone 194.280 m².

8.2.3 - TORRE DE ENERGÍA

Esta tecnología está representada por la planta PHOEBUS en Jordania. Se trata de un receptor central aire/volumétrico con una salida de 30 MWe, alimentado por 1.751 heliostatos con una superficie total de 202.200 m².

A continuación mostramos los resultados de las emisiones derivadas del procesado de materiales y fabricación de cada una de las tecnologías.

	Colector		Receptor de
	parabólico	Disco parabólico	energía
CO ₂	38	27	26
SO ₂	0,27	0,13	0,21
NO _x	0,13	0,06	0,08

Tabla 1. Emisiones (g/kWh) derivadas del procesado de materiales y fabricación. Se trata de valores preliminares desarrollados para plantas específicas.

Se trata de resultados preliminares. Evidentemente, los resultados variarían con la localización (niveles de insolación) pero indican que las emisiones de la tecnología solar termoeléctrica son aproximadamente una orden de magnitud menores que las derivadas de las tecnologías de combustible fósil convencional. Se necesitan estudios más detallados de la tecnología solar termoeléctrica para determinar con exactitud sus impactos

medioambientales.

8.3 – AHORRO GLOBAL DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO

El ahorro de emisiones de dióxido de carbono derivado de utilizar tecnología solar termoeléctrica se ha evaluado utilizando los datos de emisiones anteriores y los niveles predichos por los escenarios para 2000- 2020 por WEC(1993).

Los ahorros de dióxido de carbono anuales en 2020 serán 70-150 Mt empleando el escenario “Política actual” y 200-450 Mt para el escenario “Ecológico”.

8.4 – CARGAS AMBIENTALES DE LA TECNOLOGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA

El limitado desarrollo de las plantas solares termoeléctricas a día de hoy significa que hay poca experiencia real de los impactos medioambientales que estos sistemas pueden causar. Los impactos principales están relacionados con las grandes superficies requeridas para esta tecnología.

Otros impactos (por ejemplo sobre las aguas) están asociados con la planta de generación de vapor y los fluidos de transferencia de calor utilizados en algunos de estos sistemas. Los principales impactos potenciales identificados son:

- Impactos derivados de las actividades de construcción (emisiones, ruido, accidentes laborales, efectos sobre los ecosistemas y hábitats locales, etc.)
- Impacto visual
- Ruido
- Uso del suelo y los impactos ecológicos asociados

- Agua
- Riesgos laborales

Muchos de estos impactos son de carácter local y por tanto están muy afectados por el emplazamiento de la tecnología. Los requerimientos de la tecnología (altos niveles de radiación solar directa, bajos niveles de humedad atmosférica, y grandes extensiones de terreno) significan que las localizaciones típicas estarán lejos de los núcleos de población densos, lo cual minimiza el impacto sobre el confort. Siendo cuidadosos en la elección del emplazamiento también pueden minimizarse otros impactos.

8.5 - IMPACTOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Los impactos asociados a la construcción son equivalentes a los de cualquier proyecto de obra civil de escala similar. Los principales impactos son:

- Emisiones atmosféricas: plantas y equipos utilizados in situ, transporte de operarios a y desde la localización, transporte de materiales de construcción mediante vehículos pesado. Estos niveles de emisión son relativamente bajos si se comparan con otras etapas del ciclo de vida.
- El transporte de operarios y materiales se realiza generalmente por carretera. Este tráfico adicional también producirá ruido, aumentará los accidentes de tráfico, etc. Sin embargo, debido a las localizaciones remotas de las plantas de energía solar, estos efectos son pequeños.
- Aumento del impacto visual durante el periodo de construcción debido a la actividad en el emplazamiento y los movimientos de vehículos,

los equipos, etc.

- Accidentes laborales, aunque son comunes a cualquier actividad constructiva.

En la mayoría de los casos el periodo de construcción es corto (como mucho algunos años). Si se pone cuidado en esta fase, la mayoría de los impactos pueden ser mínimos, temporales y completamente reversibles.

8.6 - IMPACTO VISUAL

El impacto visual de una planta de energía solar con colectores cilindro-parabólicos puede ser significativo, ya que los sistemas de espejo ocupan un área considerable. También hay edificios asociados a la planta de generación, torres de refrigeración, etc. Por ejemplo, en una planta de 200MWe la altura de la torre es de 239m, y el área de colectores es de 180 ha, cubriendo una extensión de terreno de 1000 ha. En comparación, una planta de carbón de 1800 MW ocuparía 67 ha y su chimenea mediría 230 m, con torres de refrigeración de 170 m, aunque habría que añadir el impacto visual de la minería, el transporte de carbón y el almacenamiento de las cenizas.

El impacto visual está influenciado por el emplazamiento. Si se encuentra lejos de las áreas residenciales (como viene siendo hasta el momento) el impacto visual será reducido. Este impacto puede reducirse aun mas evitando situar las plantas en paisajes considerados estéticos.

8.7 - RUIDO

La planta de generación de vapor genera ruido debido a los ventiladores, bombas y turbinas. Sin embargo, el ruido se generara solamente durante el

día, porque por la noche (momento en que las personas son más sensibles al ruido), la planta no podrá operar a no ser que se disponga de almacenamiento térmico. Además, la localización remota típica de estos sistemas hace poco probable que el ruido suponga un impacto significativo debido a las largas distancias de las áreas residenciales.

8.8 – USO DEL SUELO E IMPACTOS EN LOS ECOSISTEMAS

Las plantas de energía solar de colectores cilindro-parabólicos ocupan gran cantidad de terreno (unas 4 ha por MWe). Hoy por hoy, la mayoría de emplazamientos utilizados o considerados para sistemas de energía solar se encuentran en áreas desérticas, las cuales presentan suelos y flora frágiles.

A no ser que se tenga cuidado durante el proyecto, la construcción y la operación, los efectos del sistema sobre la vegetación y el suelo aumentaran la erosión potencial del suelo y la pérdida de hábitat.

La sombra ofrecida por los reflectores (del sol y del viento) cambia el microclima alrededor del sistema, lo que podría tener efectos beneficiosos sobre la vegetación.

Como las plantas solares no se sitúan en áreas ecológicamente importantes, es poco probable que cualquiera de estos cambios se considere significativo.

8.9 - RECURSOS DE AGUA

Los sistemas de colectores cilindro-parabólicos que utilizan una planta de vapor para generar electricidad tienen necesidad de agua para refrigeración. Esto supone una presión sobre los recursos de agua en áreas áridas. El consorcio dependiente de la Comunidad Europea PHOEBUS ha diseñado

un sistema de almacenamiento de agua que utiliza el aire frío de la noche para enfriar el agua que se ha calentado durante el día. Esto genera que a la hora de seleccionar el emplazamiento se cuente con un recurso híbrido suficiente.

Podría haber cierta contaminación de las aguas. Durante la operación normal, se aumentarían las concentraciones de ciertos componentes en el agua como resultado de la evaporación. El agua vertida podría también contener biocidas. También existirá cierta contaminación térmica.

En cualquier caso, la importancia de la contaminación térmica y química dependerá de las características del medio receptor. La contaminación de las aguas podría darse también debido a accidentes o a prácticas indebidas (por ejemplo, vertidos incontrolables de las aguas de refrigeración o de limpieza), que podrían resultar en la descarga de contaminantes incluyendo hidrocarburos, aceites, inhibidores de corrosión, bactericidas y glicoles.

Estos incidentes pueden minimizarse aplicando buenas prácticas de operación.

8.10 - RIESGOS LABORALES.

El vertido accidental de los fluidos de transferencia de calor (agua y aceite) podría suponer un riesgo para la salud. El riesgo podría ser sustancial en caso de emplear otros fluidos como sodio líquido o sales fundidas, aunque esto es más propio de sistemas torre. Los accidentes laborales también pueden suceder en las etapas de fabricación, construcción y transporte, y también en la industria asociada con el sistema de energía solar.

8.11 - OTROS IMPACTOS

Habrán algunos beneficios en cuestión de generación de empleo,

principalmente durante la fase de construcción, pero también durante la fase de operación. La mayoría de la mano de obra podría ser local.

8.12 - RESUMEN DE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES POTENCIALES

Los impactos medioambientales se han resumido en la tabla que se muestra a continuación.

Carga	Receptor	Impacto	Rango	Prioridad
EXTRACCIÓN DE RECURSOS	Varios	Emisiones, ruido, etc.	Local, regional, Global	Baja
TRANSPORTE DE RECURSOS	Varios	Emisiones, ruido, etc.	Local, regional, global	Baja
PROCESADO DE MATERIALES	Varios	Emisiones, ruido, etc.	Local, regional, global	Media
FABRICACIÓN DE COMPONENTES	Varios	Emisiones, ruido, etc.	Local, regional, global	Media

TRANSPORTE DE COMPONENTES	Varios	Emisiones, ruido, etc.	Local, regional, global	Baja
CONSTRUCCIÓN				
Actividad constructiva, tráfico rodado	Varios	Emisiones atmosféricas	Local	Baja
Construcción de carreteras	Varios	Aumento de los accesos locales	Local	Baja
<i>Emisiones</i>				
Varias	Varios	Emisiones atmosféricas	Local, regional, global	Media
<i>Confort</i>	Público General	Confort acústico	Local	Baja
Ruido (incluyendo tráfico rodado)	Público General		Local	Baja
Impacto visual	Ecosistemas	Confort visual	Local	Baja
<i>Ecología</i>				

Análisis e Instalación de un generador Termo-Solar de 25kW
Juan F. Peraita Fernández

Ruido/Actividad constructiva	Ecosistemas	Molestias	Local	Baja/Media
Uso del suelo/excavación	Trabajadores	Pérdida de Hábitat	Local	Baja
Salud Laboral	Trabajadores	Accidentes	Local	Baja
Empleo		Aumento del empleo		
GENERACIÓN				
Emisiones				
Operacional	Cursos de agua	Contaminación térmica y concentración de compuestos	Local	Baja / media
Vertidos Accidentales	Cursos de agua/suelo	Descarga de contaminantes	Local	Baja / media
Confort				
Ruido	Residentes/Otros	Intrusión	Local	Baja
Impacto Visual	Residentes/ Viajeros/ Otros	Visual	Local	Baja
Salud Laboral				
Luz Reflejada	Trabajadores	Intrusión Visual	Local	Baja

Vertidos de fluidos de transferencia de calor	Trabajadores	Daños en la vista	Local	Baja
Empleo	Trabajadores	Impacto sobre la salud	Local	Baja
Ecosistemas	Ecosistemas	Aumento del empleo	Local	Baja / Media
Uso del Suelo		Pérdida de hábitat, molestias		
DESMANTE-LAMIENTO	Varios	Emisiones, Ruido, Etc.	Local	Baja

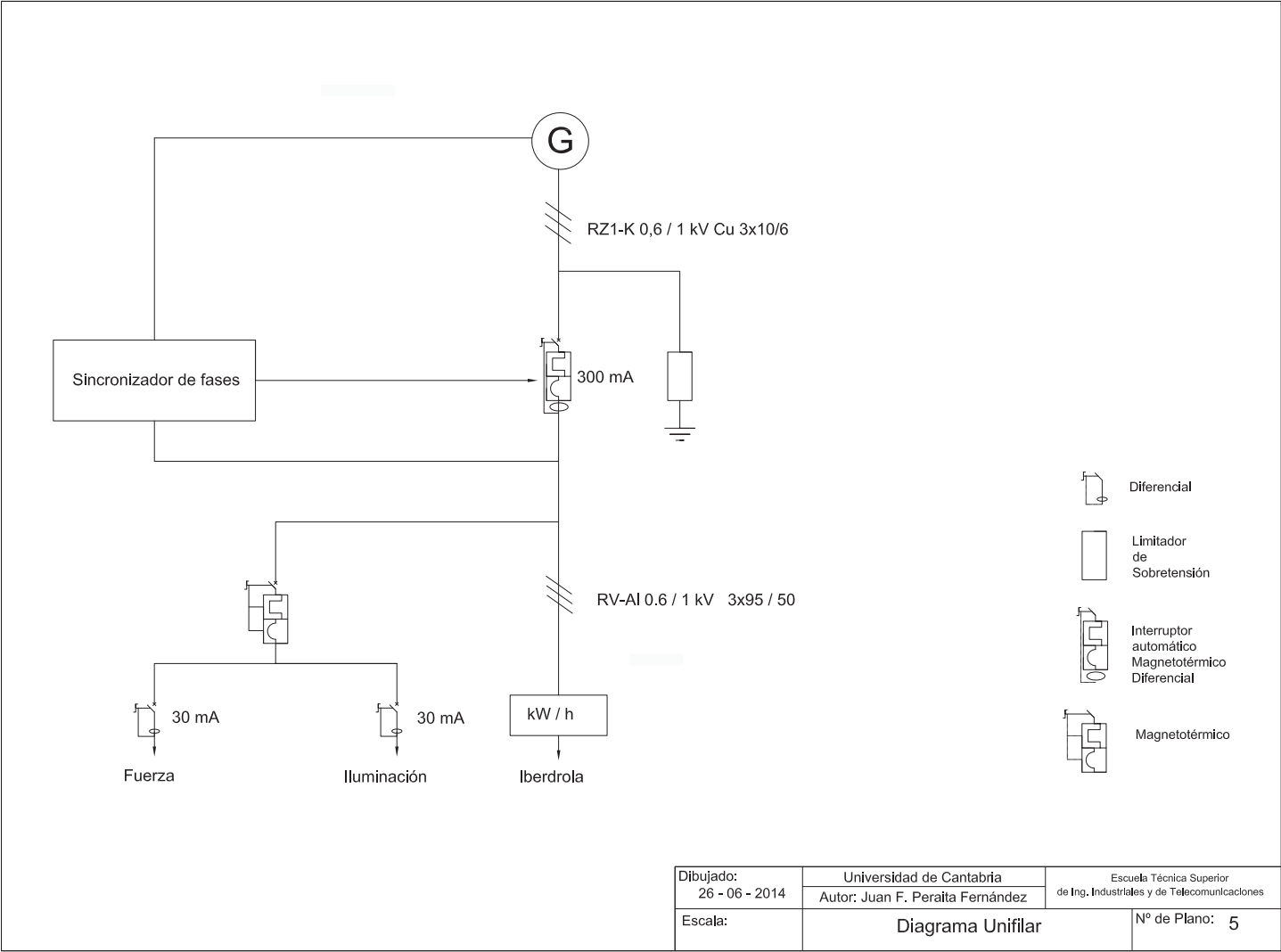
El principal impacto medioambiental de los sistemas solares termoeléctricos es que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y la acidificación, debido al desplazamiento de la generación de energía convencional mediante combustible fósil.

Los impactos negativos son:

- Emisiones durante el procesado de los materiales, la fabricación de los componentes y la construcción.
- Contaminación térmica de los cursos de agua
- Descargas accidentales de contaminantes

- Uso del suelo
- Los impactos que se acaban de relacionar pueden ser minimizados o evitados totalmente si se aplican determinadas medidas como las que se indican a continuación:

Impacto medioambiental potencial	Métodos de mejora
Contaminación térmica o química de los cursos del agua	Adopción de legislación existente y buenas prácticas de operación
Uso del suelo-pérdida de hábitat	Evitar áreas ecológicamente sensibles, restablecimiento de la fauna y flora locales





Latitud (ϕ): 37° 26' 16" N
 Longitud (λ): 5° 51' 23,1" W
 S.Ref: ETRS 89

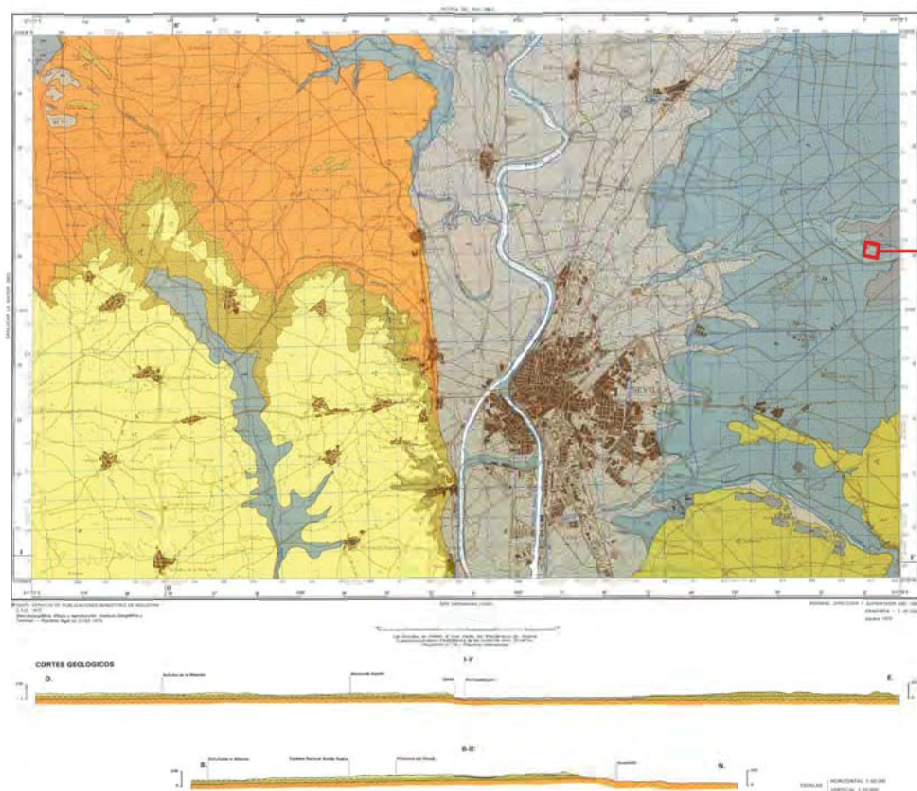
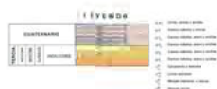
Dibujado: 26 - 06 - 2014	Universidad de Cantabria	
	Autor: Juan F. Peralta Fernández	
Escala:	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones	
	Emplazamiento	Nº de Plano: 3

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

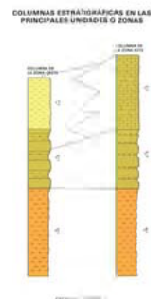


SEVILLA

984
12-40



Parque Tecnológico
y Aeroespacial
"Aerópolis"



SIGNOS CONVENCIONALES

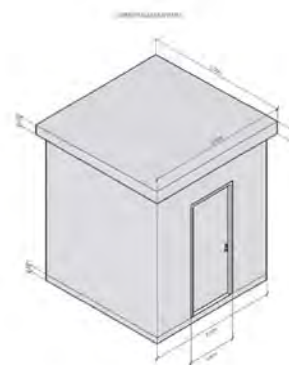
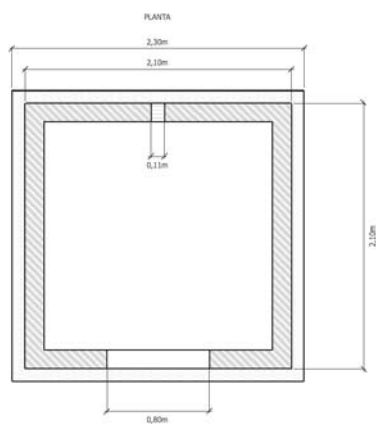
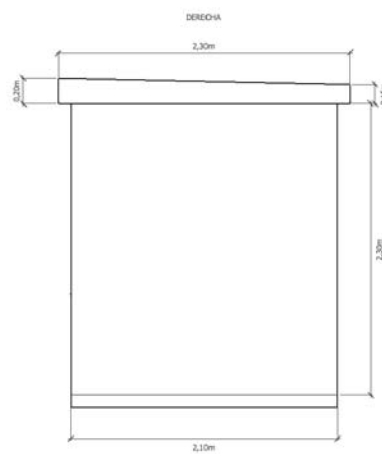
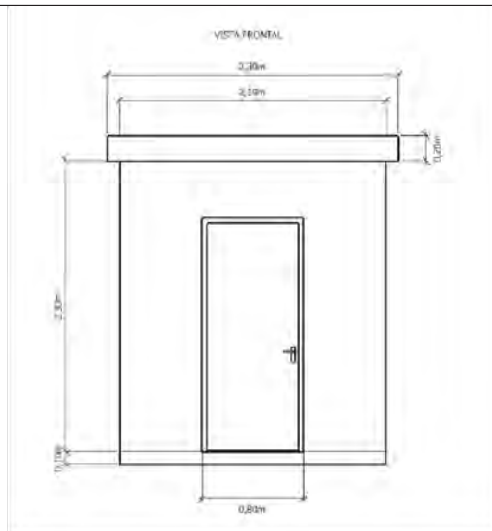


CORTES GEOLOGICOS

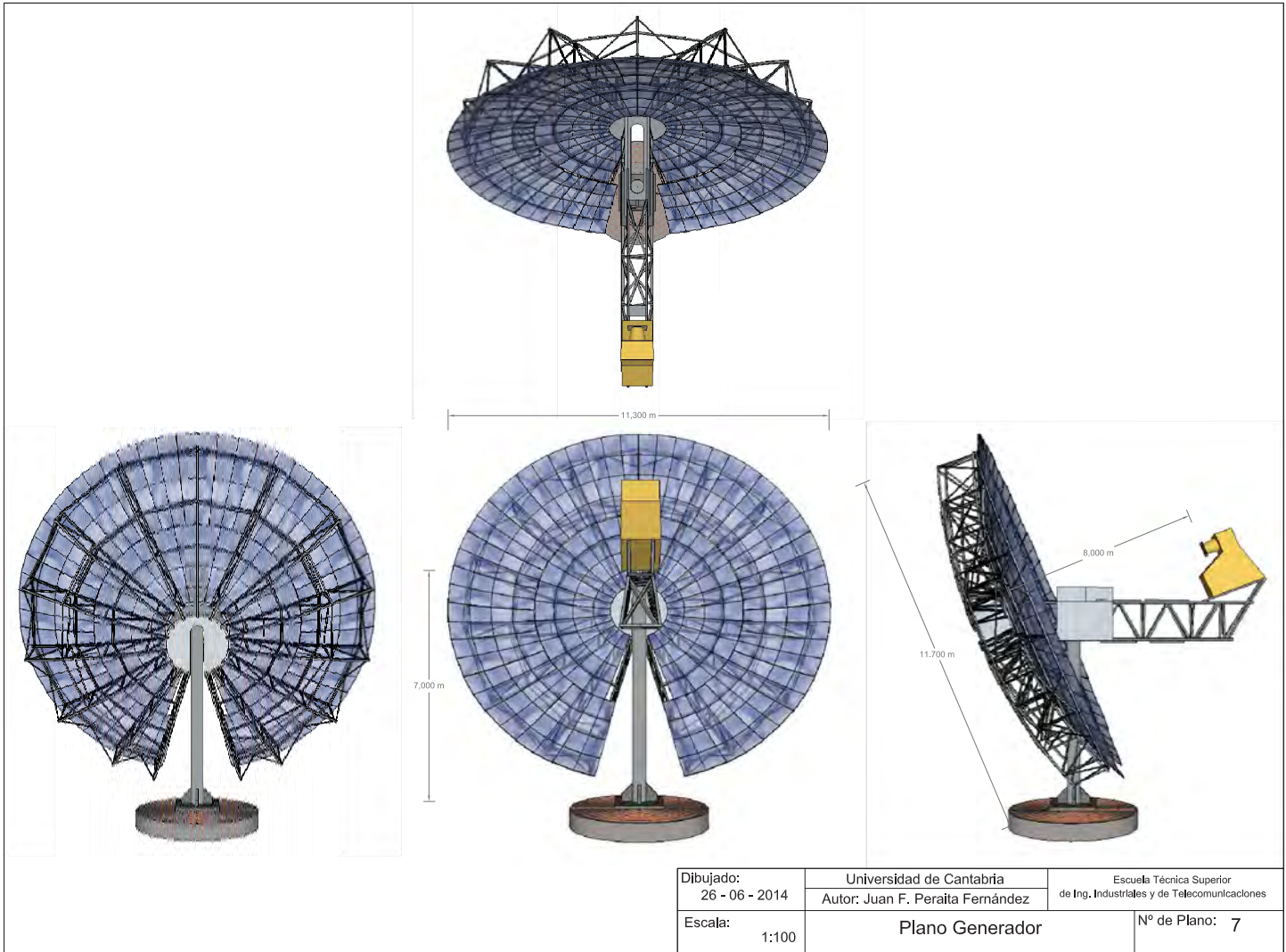


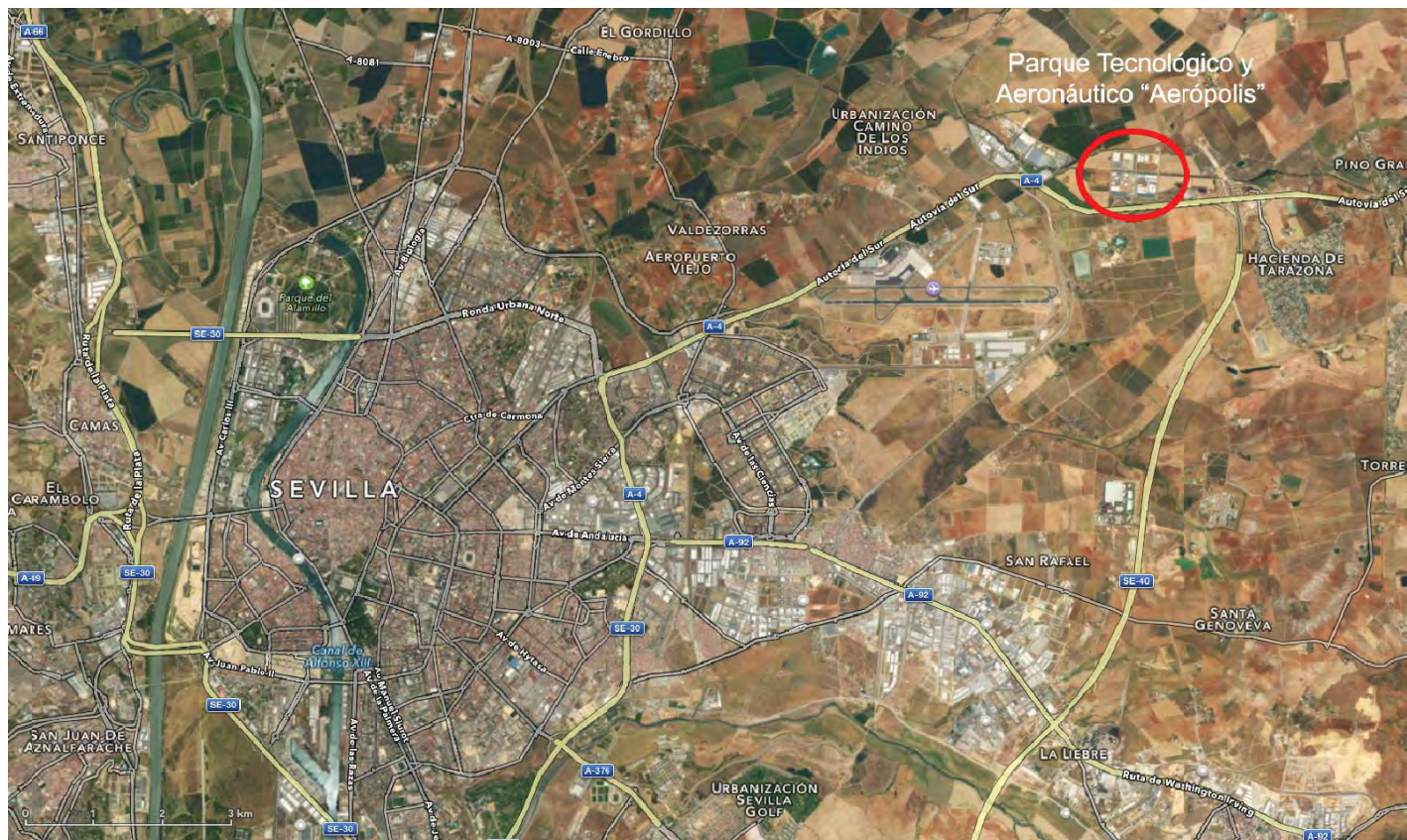
Latitud (ϕ): 37° 26' 16" N
Longitud (λ): 5° 51' 23,1" W
S.Ref: ETRS 89

Dibujado: 26 - 06 - 2014	Universidad de Cantabria	
	Autor: Juan F. Peraita Fernández	
Escala:	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones	
	Mapa Geológico	Nº de Plano: 4



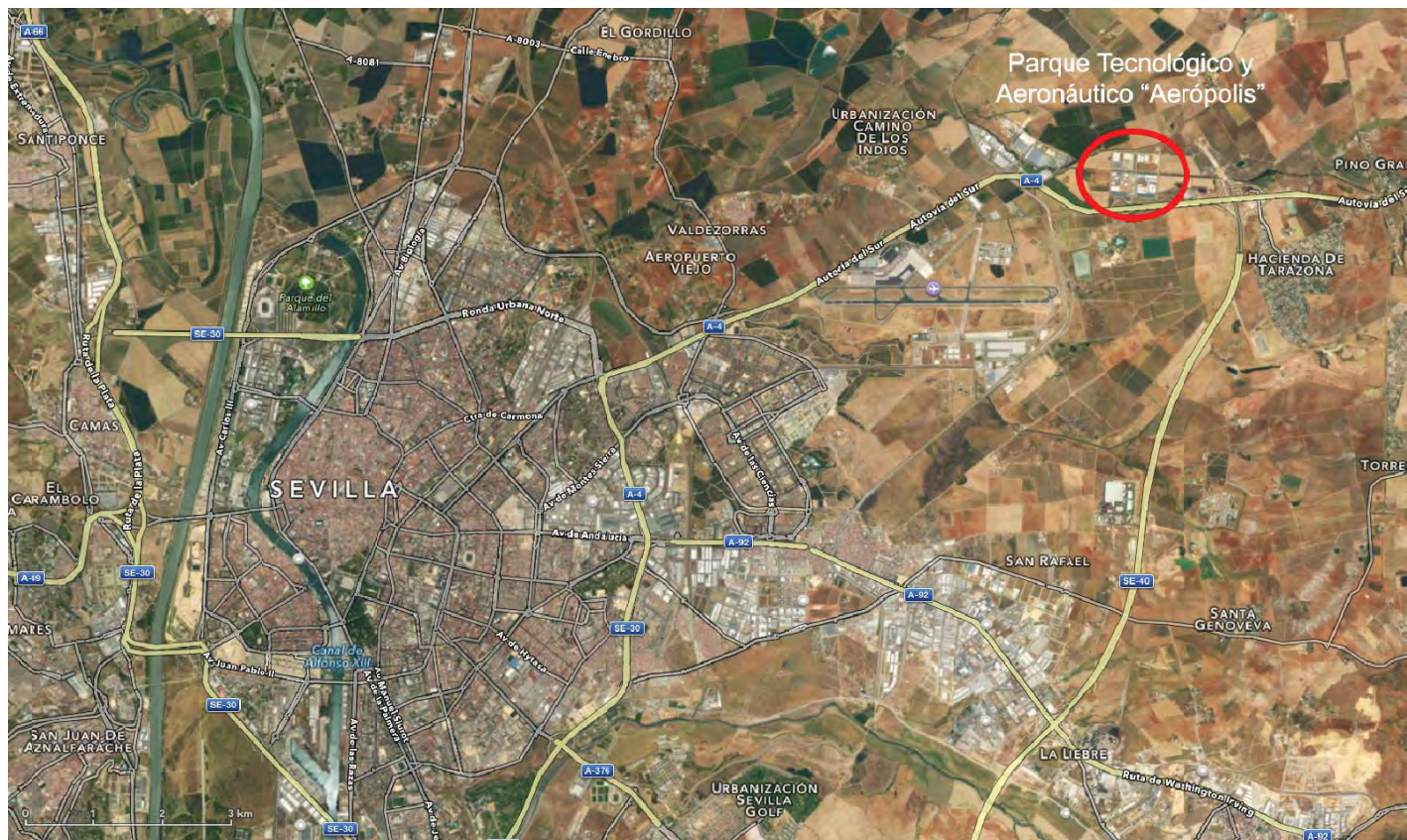
Dibujado: 26 - 06 - 2014	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
	Autor: Juan F. Peraita Fernández	
Escala: 1:30	Plano Caseta	Nº de Plano: 6





Latitud (ϕ): 37° 26' 16" N
 Longitud (λ): 5° 51' 23,1" W
 S.Ref: ETRS 89

Dibujado: 26 - 06 - 2014	Universidad de Cantabria Autor: Juan F. Peraita Fernández	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
Escala:	Situación	Nº de Plano: 1



Latitud (ϕ): 37° 26' 16" N
 Longitud (λ): 5° 51' 23,1" W
 S.Ref: ETRS 89

Dibujado: 26 - 06 - 2014	Universidad de Cantabria Autor: Juan F. Peraita Fernández	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
Escala:	Situación	Nº de Plano: 1