

ESTUDIO COMPARATIVO DE 7 DIFERENTES INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA MULTIVIVIENDAS SEGÚN NUEVO CTE/HE4

0. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El CTE-HE4 ha impulsado un reto importante para los profesionales de la industria de la energía solar térmica.

En el territorio español se construye por año aproximadamente unos 300.000 – 350.000 viviendas en la edificación tipo “multivivienda”.

El potencial de ahorro energético de esta cantidad de viviendas equipadas con sistemas solares térmicas para la producción de ACS se puede estimar a unos 270.000 MWh/año. La pérdida de solo un 5 % en eficiencia energética en dichas instalaciones corresponde a una cifra de 13.500 MWh/año.

El ponente quiere facilitar unos criterios orientativos que sirvan para el constructor / promotor, el arquitecto, la ingeniería, la instaladora tal como para la entidad pública y los fabricantes del ramo en el momento de tomar decisiones respectivas.

La herramienta principal de este estudio comparativo es un programa de cálculo de simulación dinámica.

Se enfocará las siete configuraciones más comunes de energía solar térmica para ACS en la edificación tipo multivivienda. Se trata generalmente de sistemas descentralizados, semidescentralizados y centralizados.

Se considerará un edificio “tipo” con el mismo perfil de consumo equipado siempre con el mismo campo de colectores solares calculándolo con los datos climatológicos de Madrid – zona de cuadro vientos

Se presentará los resultados de la simulación dinámica anual por pasos de 30 minutos referente :

0.1. COMPARACIÓN ENERGÉTICA

- La fracción solar anual según criterio del CTE
- La eficiencia energética del campo de captadores solares
- La eficiencia energética del sistema
- Consumo energético de las bombas recirculadoras

0.2. COMPARACIÓN ECONÓMICA

- Estimación de coste del sistema total
- Estimación de coste sistema solar
- Estimación de coste del sistema sin energía solar

0.3. COMPARACIÓN PÉRDIDAS DEL SISTEMA

- Pérdidas energéticas por parte de la tubería del circuito primario
- Pérdidas energéticas por parte de la recirculación interior con sus derivaciones a los subestaciones de cada piso

- Pérdidas energéticas por parte del sistema de acumulación

0.4. VALORACIÓN TIPO DE INSTALACIÓN

- Dificultades técnicas principales

1. DEFINICIÓN DEL MÉTODO DEL ESTUDIO

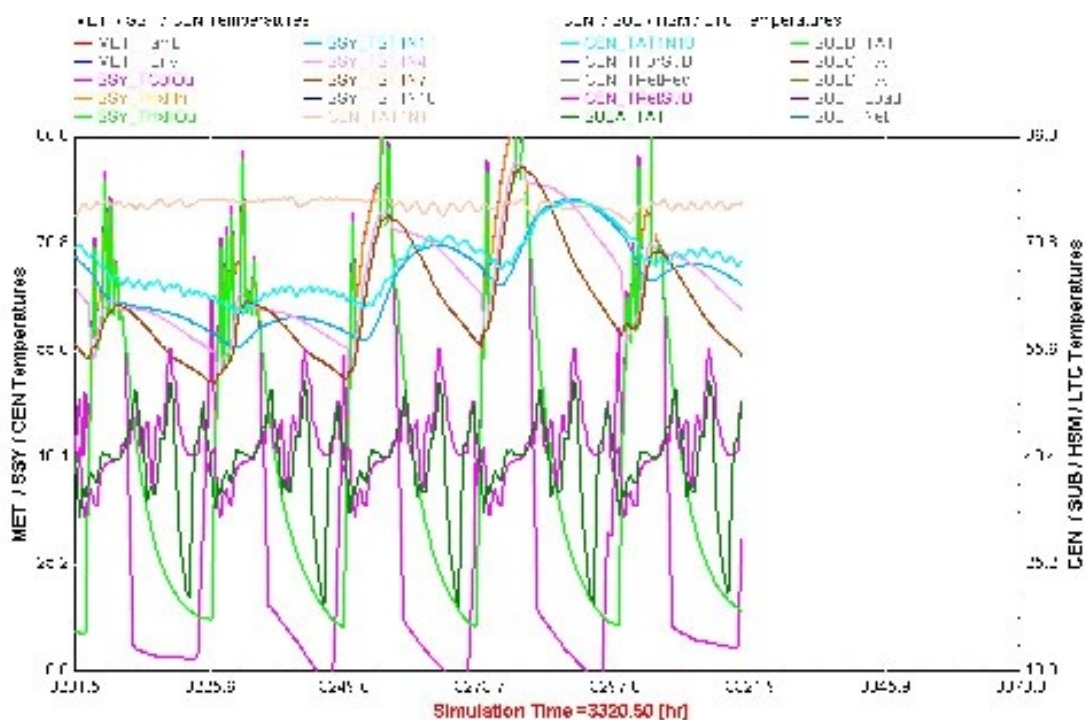
- Determinación de la demanda de ACS según criterio CTE para un edificio multivivienda “tipo” con unas características muy estandar referente su frecuencia en al construcción
- Determinación de un perfil común del consumo de ACS por día y mes
- Determinación común del lugar, de la temperatura común del agua de la red, de las características metereológicas idénticas
- Determinación de un campo de captadores común
- Determinación de un sistema de tubería común referente longitud, diámetros y material de aislamiento
- Determinación de una ratio común entre acumulación / m² de captación solar

1.1. HERRAMIENTA DE CÁLCULO

1.1.1. SIMULACIÓN ESTÁTICA – SIMULACIÓN DINÁMICA

- Método de cálculo de simulación dinámica del programa Transol se basa en el método TRNSYS. En pasos de cálculo en tiempo de una hora o menor el programa relaciona los parametros principales de un sistema termodinámico en una manera simultánea, determinando ganancias y pérdidas por ejemplo de la tubería, de la acumulación.

GRAFICA DE EVOLUCIÓN DE TEMPERATURAS PROGRAMA TRANSOL



- En España el método de cálculo para sistemas solares térmicas más frecuente es el programa F-chart que relaciona la demanda energética de ACS únicamente con la aportación solar en pasos por meses. Se trata de un método estático simplificado que estima las ganancias solares apto para sistemas pequeñas o simples. En sistemas complejos como tipo multivivienda su margen de error se mueve normalmente entre un 20 hasta un 40 %.

2. PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

2.1. UBICACIÓN

- Como referencia se ha determinado un lugar en el centro de España eligiendo Madrid, Cuatro Vientos.
- Zona climática según CTE-HE4 = IV
- Contribución solar mínima = 60 %
- Latitud = 40,38°
- Longitud = 3,78°

2.2. DATOS METEOROLÓGICOS (METEONORM)

Estación meteorológica: Madrid-Cuatro Vientos.

Temperaturas ambiente medias (°C):

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
6.4	8.5	10.6	12.6	16.6	21.7	25.2	25.0	21.4	15.5	9.2	7.0

Irradiación solar sobre el plano horizontal (kWh/m².día):

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2.14	2.77	4.57	5.11	6.59	7.45	7.42	6.48	5.02	3.40	2.15	1.59

Temperatura de agua fría (°C):

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
8.8	8.3	8.8	10.2	12.2	14.2	15.7	16.2	15.7	14.2	12.2	10.3

2.3. DEFINICIÓN EDIFICIO “TIPO” Y CONSUMOS SEGÚN CTE-HE4

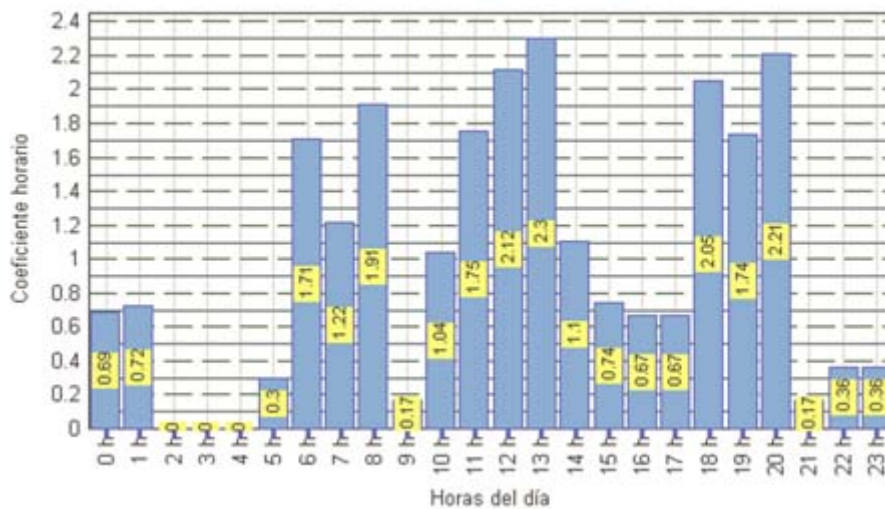
Se ha definido un edificio tipo multivivienda que corresponde según experiencia profesional del ponente a una configuración muy típica:

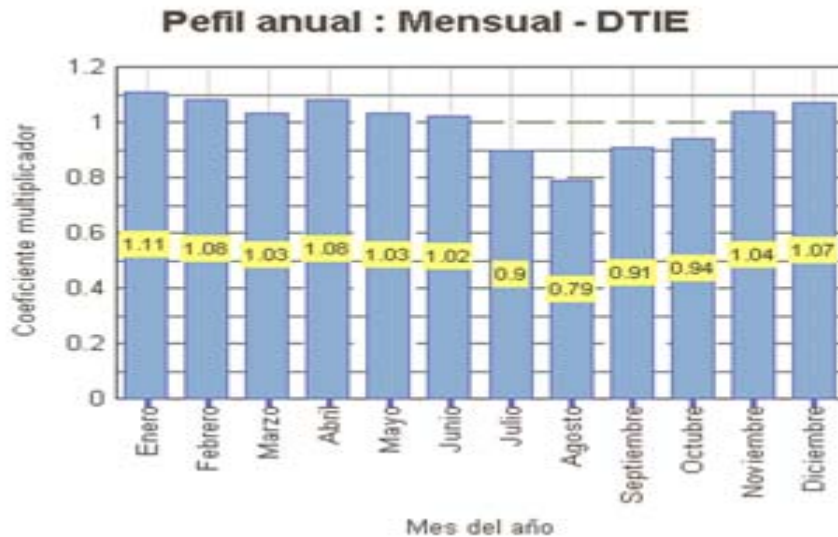
- Edificio de 5 alturas
- Dos plantas de cada una con 6 viviendas de 2 dormitorios
- Dos plantas de cada una con 4 viviendas de 3 dormitorios
- Una planta Duplex con 6 viviendas

Tipo de vivienda	2 Dormitorios A	3 Dormitorios B	4 Dormitorios C	Total
Unidad	12	8	6	
Numero usuarios/vivienda	3	4	6	
Numero usuarios total	36	32	36	104
Consumo diario 22 l a 60°C	792	701	792	2288

2.4. CÁLCULO Y PERFIL DE CONSUMO

Perfil diario : Multivivienda





3. PARÁMETROS COMUNES DE LAS CONFIGURACIONES

3.1. CAMPO DE CAPTADORES SOLARES

Colector de alta selectividad para reducir superficie de instalación en la cubierta

Superficie de absorción total	[m ²]	43,8
Inclinación resp. Horizonte	[°]	40,0
Azimut	[°]	0,0
Numero de captadores en serie		2
Caudal del campo	[kg/h.m ²]	45,7
Caudal primario (salvo descentral directo)	[kg/h]	1.999,9 (2.600)

Características del Captador (según informe CENER)

Modelo genérico	[m ²]	2,19
η_0 – rendimiento óptico		0,793
a_1 – factor de pérdidas 1. orden	[W/m ² K]	3,33
a_2 – factor de pérdidas 2. orden	[W/m ² K ²]	0,02
Modificador de angulo de incidencia K50	[-]	0,95
Caudal de diseño	[kg/h.m ²]	91,3

3.2. ACUMULACIÓN SOLAR

Ratio acumulación solar / m² captación = 77,63 litros / m²

3.3 TUBERÍA

Como material de aislamiento se ha definido para todos los conductos el material Polietileno (tipo Armaflex)

	Diámetro [m]	Longitud [m]	Esp. aislamiento [m]	Coef. conduct. [W/m.°C]
Circuito primario exterior	0,035	15,0	0,030	0,035
Circuito primario interio	0,035	1,0	0,030	0,035
Circuito distribución (bajantes) (salvo sistema 1 + 2)	0,042 (0,035)	0,042 (0,035)	0,030	0,035
Circuito distribución (subestación) salvo sistema 1 + 2)	0,018 (0,015)	8,0 (7,0 – sist.3)	0,030	0,035

3.4. INTERCAMBIADOR CIRCUITO SOLAR / SECUNDARIO

Potencia intercambiador: 30,66 kW
 ΔT primario: 10 K
 ΔT secundario: 20 K

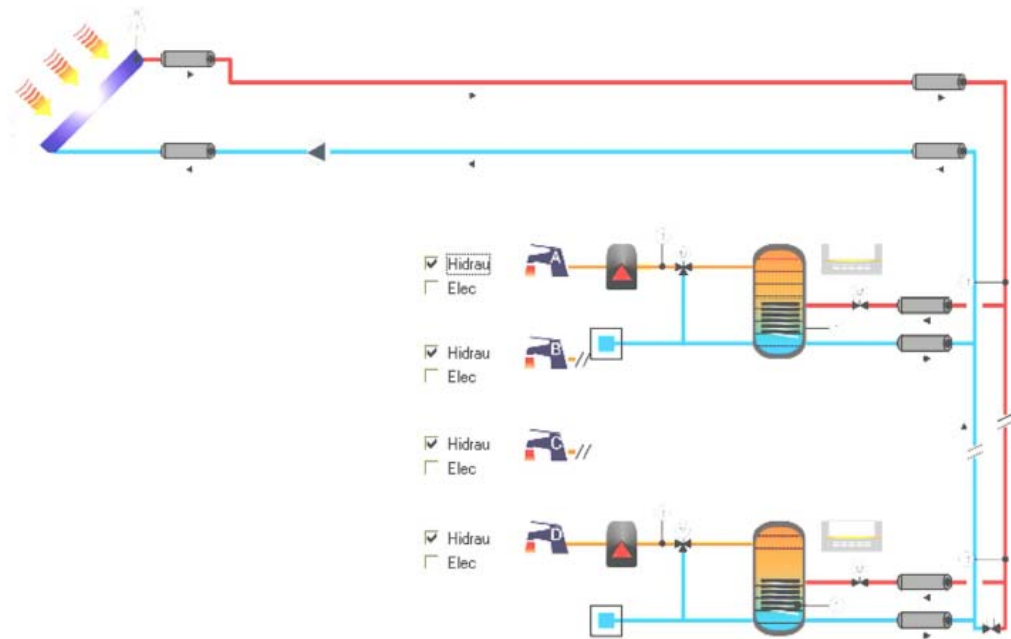
3.5. REGULACIÓN CIRCUITO SOLAR

Regulación por radiación: 300 W/m² arranque
250 W/m² apagado

4. CONFIGURACIONES DE LAS INSTALACIONES

A continuación se considera las características particulares de cada configuración

4.1. Sistema descentral sin separación del sistema = DESCENTRAL 1



4.1.1 Acumulación descentralizada:

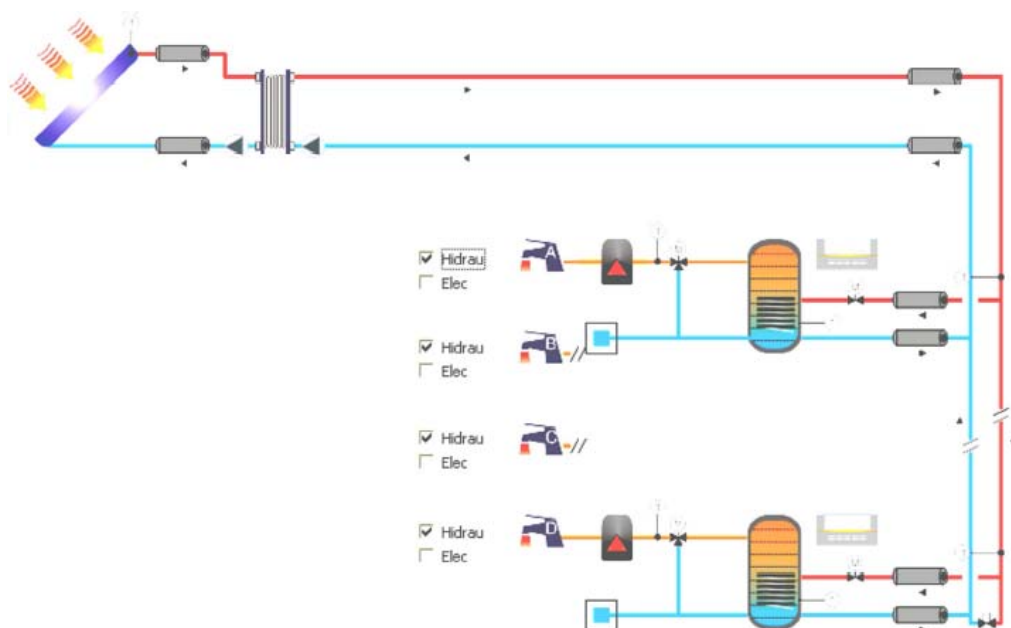
Tipo de vivienda	2 Dormitorios A	3 Dormitorios B	4 Dormitorios C
Volumen [m ³]	0,100	0,125	0,200
Altura acumulador [m]	0,928	1,000	1,170
Espesor aislamiento [m]	0,03	0,03	0,05

4.1.2. Características Bomba circuladora circuito solar:

Caudal: 2584,20 kg./h para obtener 100 l / h caudal útil para intercambiador interno de cada acumulador subestación

Potencia: 228 W

4.2. Sistema descentral con separación de sistema = DESCENTRAL 2



4.2.1. Acumulación descentralizada:

Tipo de vivienda	2 Dormitorios A	3 Dormitorios B	4 Dormitorios C
Volumen [m ³]	0,100	0,125	0,200
Altura acumulador [m]	0,928	1,000	1,170
Espesor aislamiento [m]	0,03	0,03	0,05

4.2.2. Características Bomba circuladora circuito solar:

Caudal: 1999,91 kg./h

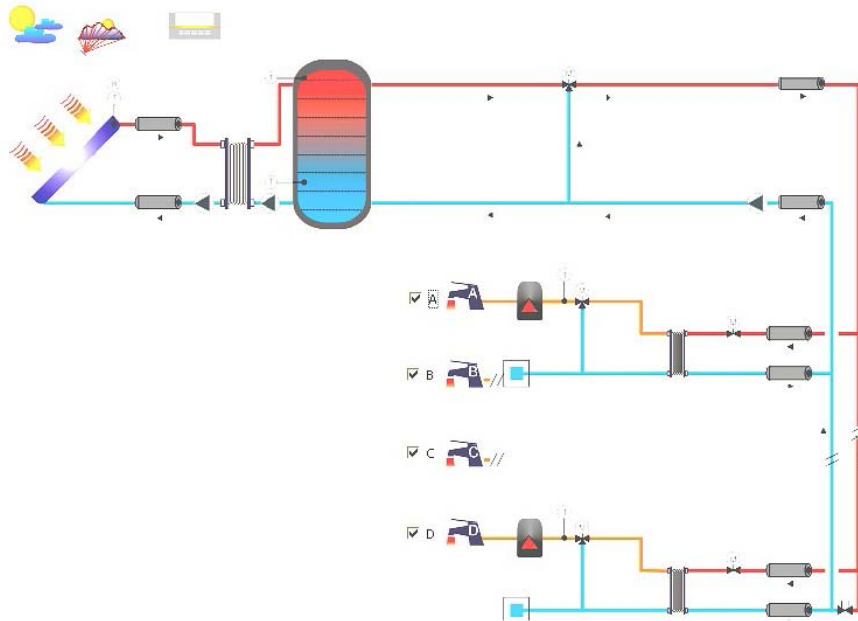
Potencia: 110 W

4.2.3. Características Bomba circuladora circuito secundario

Caudal : 2600,00 kg./h para obtener 100 l / h caudal útil para intercambiador interno de cada acumulador subestación

Potencia : 255 W

4.3. Sistema semicentralizado directo = SEMIDIR 3



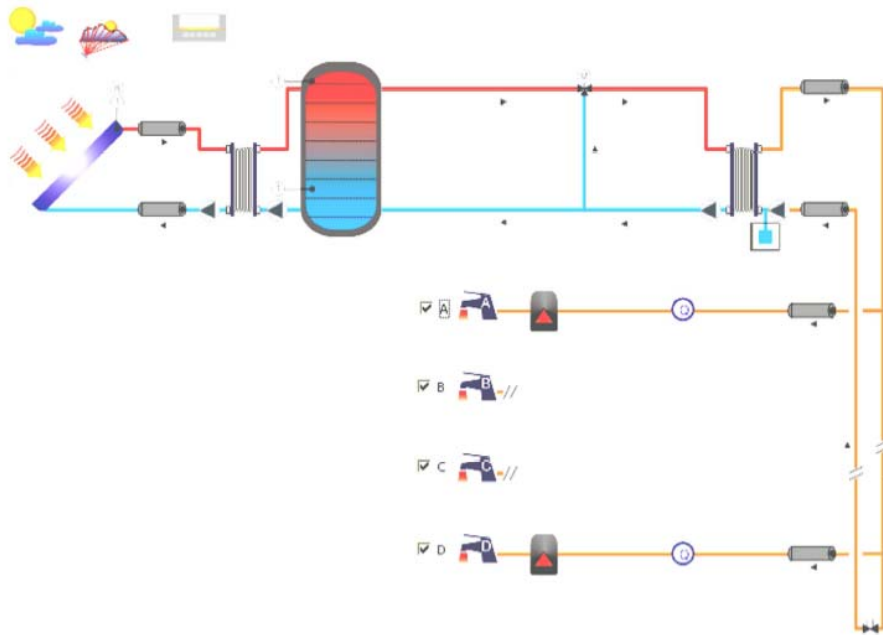
4.3.1. Acumulación solar centralizada

Volumen [m ³]	3,400
Altura acumulador [m]	3,007
Espesor aislamiento [m]	0,100

4.3.2. Características Bomba circuladora circuito secundario interior

Caudal : 4850,00 kg./h para obtener 12,5l / min caudal útil para intercambiador subestación - coef. simult.: 0,25

4.4. Sistema semicentralizado con intercambiador individual = SEMI 4



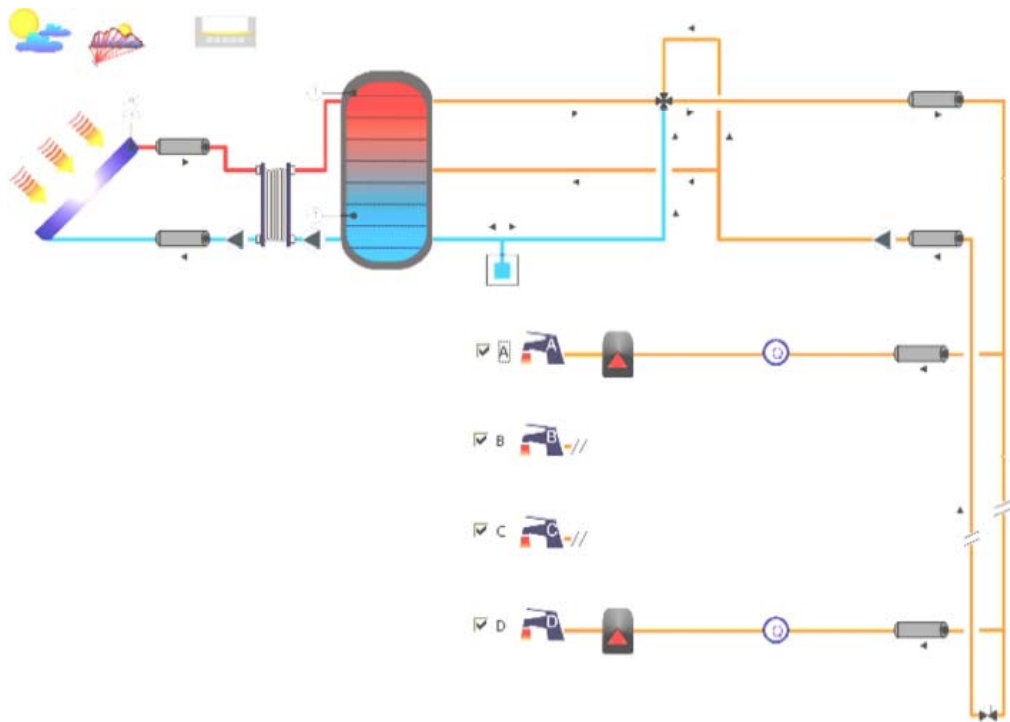
4.4.1. Acumulación solar centralizada

Volumen [m ³]	3,400
Altura acumulador [m]	3,007
Espesor aislamiento [m]	0,100

4.4.2. Características Bomba recirculadora circuito secundario interior

Caudal: 850,00 kg./h

4.5. Sistema semicentralizado con intercambiador centralizado = SEMI 5



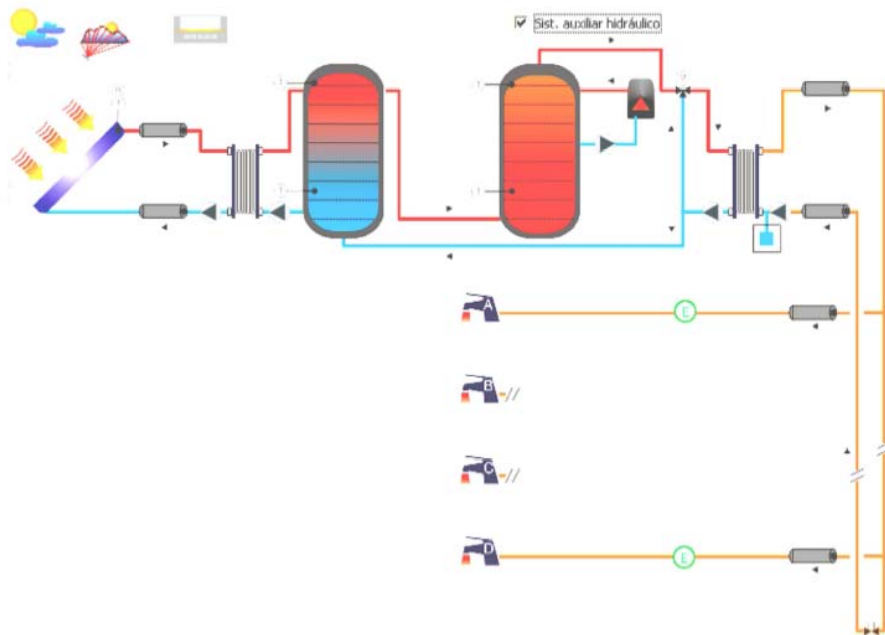
4.5.1. Acumulación solar centralizada

Volumen [m ³]	3,400
Altura acumulador [m]	3,007
Espesor aislamiento [m]	0,100

4.5.2. Características Bomba recirculadora circuito secundario interior

Caudal: 850,00 kg./h

4.6. Sistema centralizado indirecto = CENTRALINDIR 6

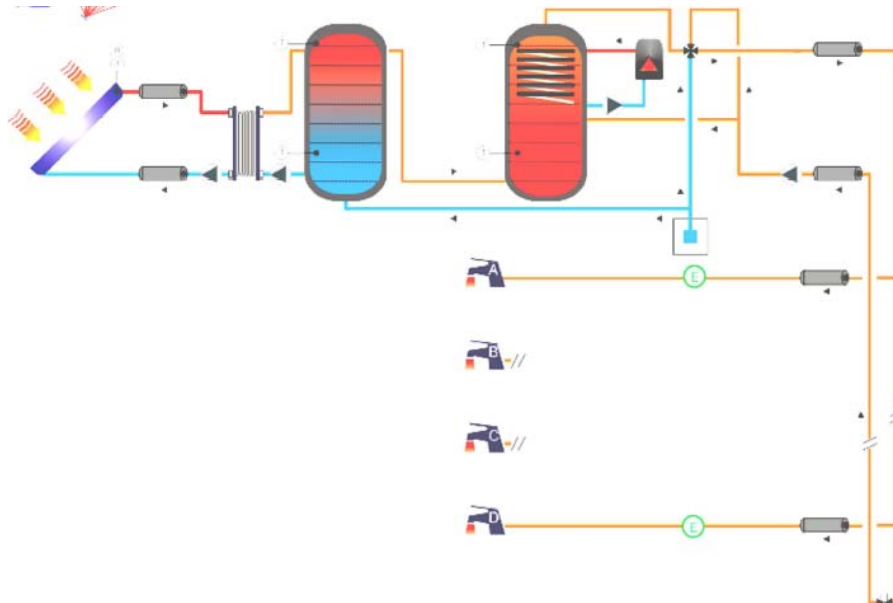


4.6.1. Acumulación solar centralizada

Volumen [m ³]	3,400
Altura acumulador [m]	3,007
Espesor aislamiento [m]	0,100

Volumen Auxiliar [m ³]	1000
Altura acumulador [m]	2,00
Espesor aislamiento [m]	0,100

4.7. Sistema centralizado directo = CENTRALDIR 7



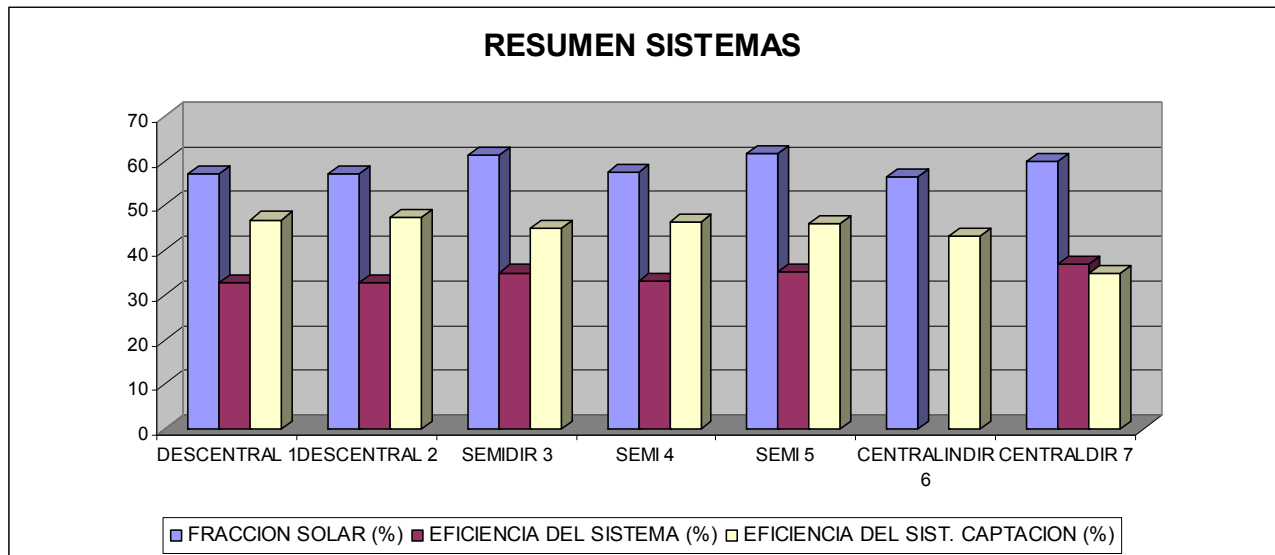
4.7.1. Acumulación solar centralizada

Volumen [m ³]	3,400
Altura acumulador [m]	3,007
Espesor aislamiento [m]	0,100

Volumen Auxiliar [m ³]	1000
Altura acumulador [m]	2,00
Espesor aislamiento [m]	0,100

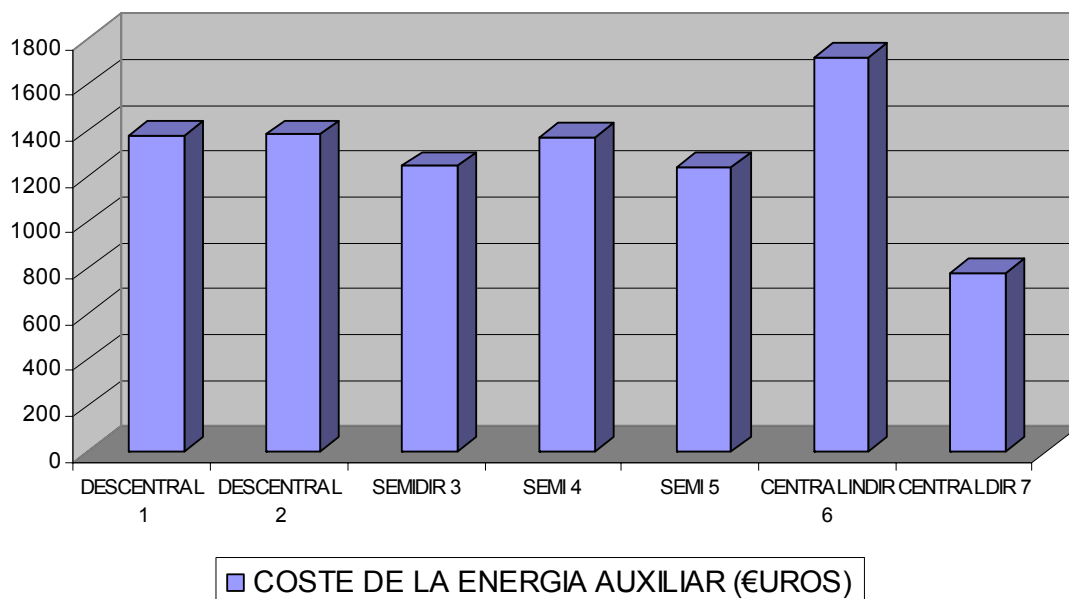
5. RESULTADOS

APORTACION DEL SISTEMA					
CONFIGURACION	FRACCION SOLAR (%)	EFICIENCIA DEL SIST. CAPTACION (%)	EFICIENCIA DEL SISTEMA (%)	PRODUCCION SOLAR CAMPO (kWh/año)	APORTACION SOLAR (kWh/año)
DESCENTRAL 1	57,0	46,80	32,80	38981,0	26695,3
DESCENTRAL 2	57,0	47,22	32,66	39311,6	26611,3
SEMIDIR 3	61,3	44,79	35,00	37293,1	28605,1
SEMI 4	57,5	46,26	33,00	38510,1	26822,4
SEMI 5	61,5	45,86	35,20	38179,0	28684,4
CENTRALINDIR 6	56,5	43,15		35927,3	30408,4
CENTRALDIR 7	59,9	34,90	36,78	28402	21127



ENERGIA AUXILIAR		
CONFIGURACION	CONSUMO AUXILIAR (kWh/año)	COSTE DE LA ENERGIA AUXILIAR (€UROS)
DESCENTRAL 1	28507,1	1376,89
DESCENTRAL 2	28627,1	1382,69
SEMIDIR 3	25778,7	1245,11
SEMI 4	28325,6	1368,13
SEMI 5	25665,5	1239,64
CENTRALINDIR 6	35646,3	1721,72
CENTRALDIR 7	16115	778,35

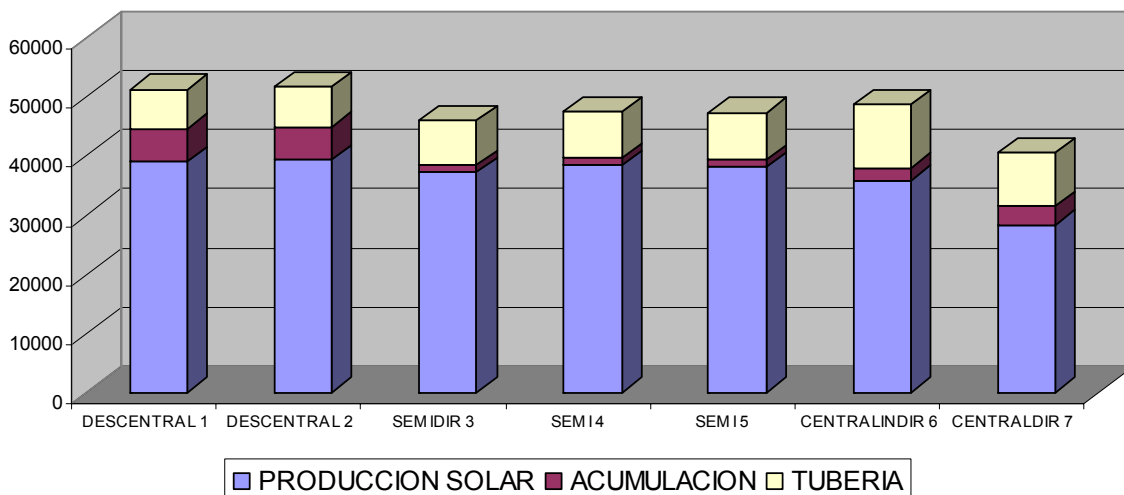
ENERGIA AUXILIAR



PERDIDAS ENERGETICAS DEL SISTEMA (kWh/año)

CONFIGURACION	PRODUCCION SOLAR	TUBERIA PRIMARIO	ACUMULACION	TUB. DISTRIBUCION	TUB. SUBESTACION
DESCENTRAL 1	38981,0	3607,0	5655,9	657,6	2362,8
DESCENTRAL 2	39311,6	3782,0	5635,6	640,7	2368,3
SEMIDIR 3	37293,9	3854,7	1201,3	1352,4	2195,6
SEMI 4	38510,1	3684,6	1129,0	1364,1	2732,8
SEMI 5	38179,0	3762,4	1171,1	1259,9	2993,8
CENTRALINDIR 6	35927,3	4087,2	2015,7	3031,2	3632,9
CENTRALDIR 7	28402,0	5133,0	3186,0	1947,0	1867,0

Captación total (kWh/año)



RESUMEN GENERAL:

Los sistemas semidescentralizados destacan por su

- mayor fracción solar,
- pérdidas de acumulación reducidas,
- costes de energía auxiliar más bajos,
- eficiencia del sistema y
- eficiencia del campo de los captadores más equilibrada.