
Anexo I; cálculos

10 jul. 14

AUTOR:

DIEGO JOSE RODRIGUEZ RAMIREZ

TUTOR ACADÉMICO:

Amadeo Pascual Galán [Departamento de Física
Aplicada]



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

ETS de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València

Índice

Índice	1
Capítulo 1. Cálculo de la calificación energética de la vivienda e introducción de medidas de mejora.....	3
1 Consideraciones generales.	3
2 Calificación de la vivienda existente.....	7
2.1 Envolvente.	7
2.2 Patrones de sombra.....	10
2.3 Huecos y lucernarios.....	17
2.4 Puente térmico.	21
2.5 Instalaciones.	22
2.6 Calificación.....	23
2.7 Introducción de las medidas de mejora.	24
Capítulo 2. Cálculo de la instalación fototérmica.....	29
3 Datos de partida.	29
3.1 Demanda energética de A.C.S.	30
3.2 Calculo de la producción energética de la instalación de A.C.S.	32

3.3	Calculo de las perdidas.	32
3.4	Sistema de acumulación.	35
3.5	Circuito de intercambio	35
3.6	Circuito hidráulico.....	35
3.7	Ubicación de los captadores.....	40
Capítulo 3. Cálculo de la instalación fotovoltaica.....		42
1	Datos de partida.	42
2	Planteamiento de la instalación.	45
3	Dimensionado.....	46
4	Baterías.	50
5	Paneles solares.	50
6	Reguladores de carga.	57
7	Inversor.....	57
8	Cableado.	58
9	Estructura soporte.....	59
Capítulo 4. Calculo de para la sustitución del equipo de generación de ACS y calefacción por caldera de alta eficiencia energética.....		60
Capítulo 5. Calculo de para la sustitución del equipo de generación de ACS y calefacción por caldera de biomasa.		84
Capítulo 6. Calculo de para la sustitución del equipo de generación de ACS y calefacción por bomba de calor.		85
Capítulo 7. Índice de Figuras.....		88

Capítulo 1. Cálculo de la calificación energética de la vivienda e introducción de medidas de mejora.

1 Consideraciones generales.

En el proceso de calificación hemos de tener presente las siguientes pautas:

Precisamos desplazarnos a la vivienda:

- Hacer un levantamiento de la vivienda **POR EL INTERIOR**, un croquis acotado. **TOMAR ANCHO DE TABIQUES, NO NOS SIRVE LA SUPERFICIE CATASTRAL.**
- **Posición de la vivienda dentro del bloque.**
- **Medianeras a otro edificio (SI EXISTEN).**
- Alturas de forjado a forjado.
- Altura libre de suelo al techo o falso techo, distinguiendo entre zonas húmedas y resto de la vivienda, para obtener su promedio.
- Ancho de los diferentes cerramientos que forman la envolvente.
- Voladizos que existan sobre fachada.
- **Puentes térmicos.**
 - Pilares

- Vigas de cuelgue.
- Cajón de persiana.
- Ventanas distinguir:
 - Ancho del marco de ventanas, para obtener el factor de marco.
 - Si llevan o no persiana (**corrección del factor solar**).
 - Tipo de ventana que nos indica **grado de estanqueidad**:
 - Abatible.
 - Corredera.

Si es de una sola vivienda NO se consideran:

- Las zonas comunes (están en unas condiciones análogas a mi vivienda.
 - Las medianeras con otra vivienda (ADIABATICO).
 - Los forjados con local habitable (ADIABATICO).

Trabajamos con recintos habitables.

Siempre;

- Foto de las instalaciones.
- Apuntar características de caldera o bomba de calor.

En la **figura 1**, podemos apreciar una toma de datos de la planta de la vivienda, donde se han marcado los diferentes cerramientos, así como las diferentes alturas en las habitaciones a fin de obtener la altura promedio, para que de esta manera el programa CE3X calcule las renovaciones de aire.

*Figura 1. Croquis de la planta de la vivienda con los distintos cerramientos.
2014. Elaboración propia.*

Con ayuda de catastro.es, obtengo la orientación de la vivienda **figura 2.**

Figura 2. Etiqueta con los datos catastrales de la vivienda. 2014. Catastro.

La vivienda tiene una orientación de la fachada principal Sur Este **figura 3.**

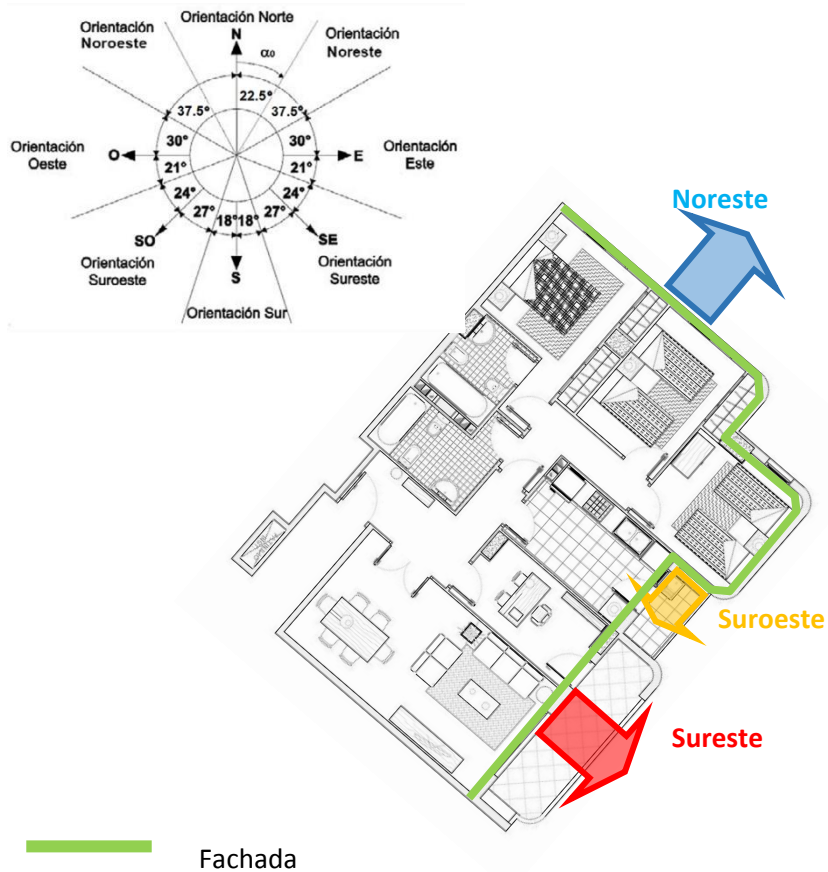


Figura 3. Orientaciones de la vivienda.2014. Elaboración propia.

2 Calificación de la vivienda existente.

2.1 Envoltente.

No es preciso contemplar más que los cerramientos que dan al exterior, ya que tanto las medianeras, como los forjados lindan con otras viviendas, por lo que se consideran adiabáticos.

Existe una gran diferencia de trabajar con valores estimados a valores conocidos, esto lo podemos comprobar con las fachadas caravista.

Si lo consideramos como estimado, formado por doble hoja con cámara no ventilada **figura 4**.

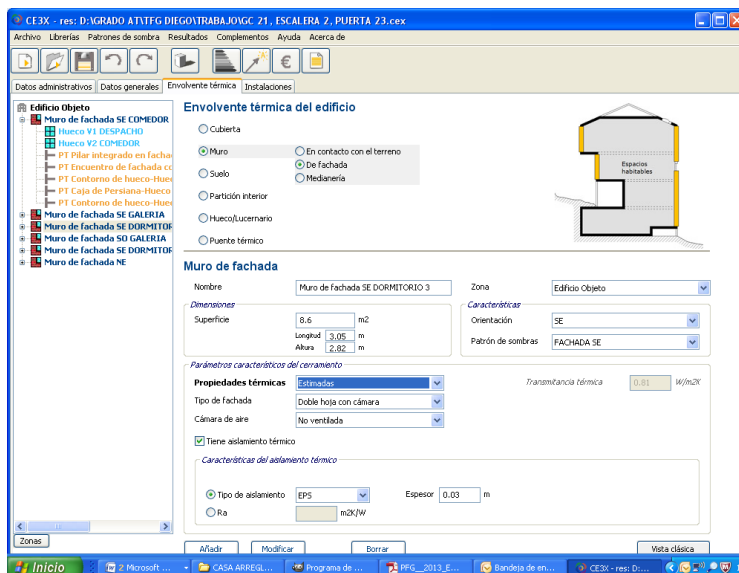


Figura 4. Ventana de definición de la envoltente. 2014. CE3X

Esto nos daría una U del cerramiento de 0.81 W/m²K, pero podemos definir en la librería un cerramiento con las diferentes elementos que lo forman (**figura 5**).

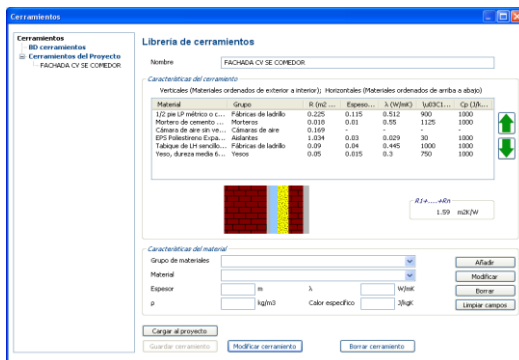


Figura 5. Definición del cerramiento en la librería de cerramientos. 2014. CE3X

Quedando una U de trabajo de 0.57 W/m²K.

Una vez definido en la base de datos de la librería de cerramientos, ya estamos en disposición de incluirlo en nuestra envolvente **figura 6**.

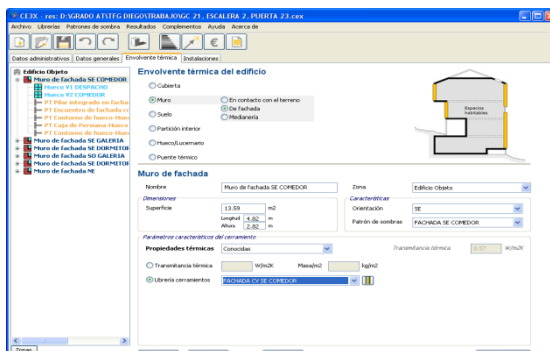


Figura 6. Introducción de un cerramiento procedente de la librería. 2014. CE3X.

Lo mismo ocurre con el cerramiento de la galería. En la **figura 7** tenemos los valores que obtendríamos con la opción Estimadas.

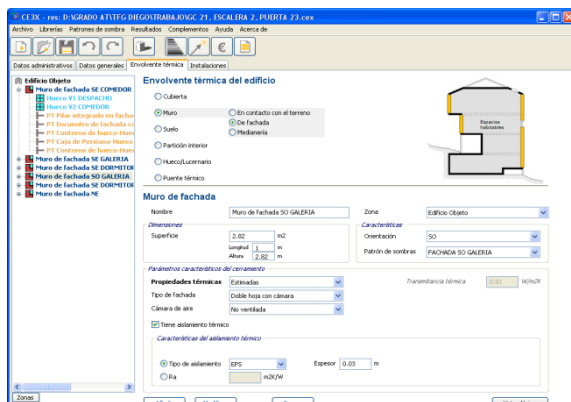


Figura 7. Definición como estimada del cerramiento. 2014. CE3X

Considerando las diferentes capas que lo forman.

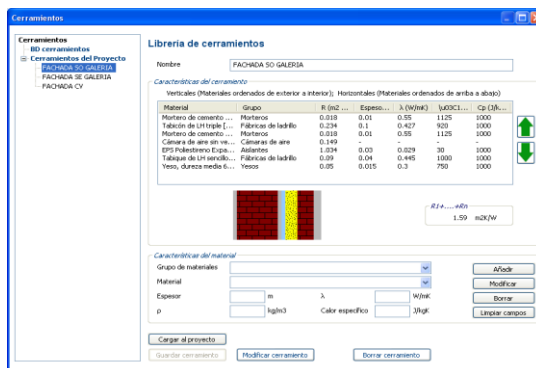


Figura 8. Definición del cerramiento de la galería en la librería de cerramientos. 2014. CE3X.

Tenemos una $U=0.57 \text{ W/m}^2\text{K}$

Y se asocia al cerramiento correspondiente **figura 9**.

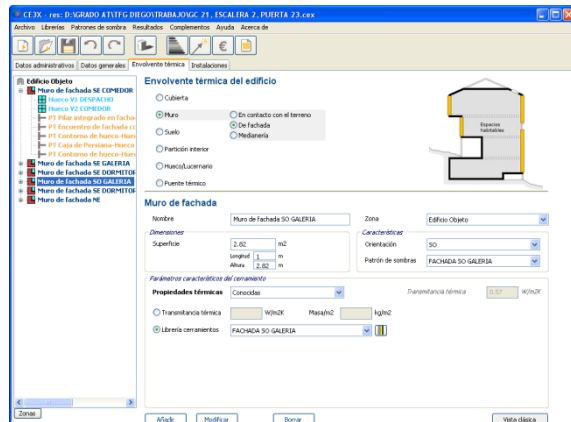


Figura 9. Asociación del cerramiento de la galería en la pestaña envolvente térmica. 2014. CE3X.

2.2 Patrones de sombra.

Así mismo se definen los patrones de sombra asociados a cada fachada. Por ejemplo el de la fachada SE comedor.

Y sé que tengo un edificio de 12 alturas (el casetón no es representativo), si yo estoy en la 6ª planta, tengo 5 por encima, como la altura de forjado a forjado es 2.82 m.

Altura de obstáculo desde la mitad de mi fachada.

$2.82 \cdot 5 + 2.82/2 + 1.1 \text{ m} = 16.61 \text{ m}$ de alto

El desnivel se calcula desde la mitad del elemento sobre el que actúa la sombra.

Mitad de mi fachada o de mi hueco.

Podemos ver un esquema en la **figura 10**.

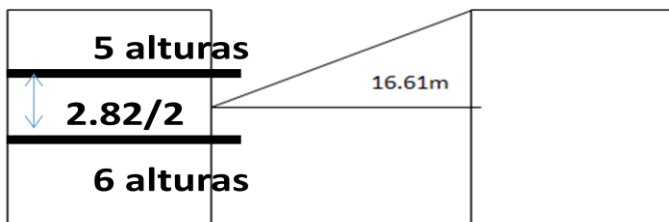


Figura 10. Esquema de cómo aplicar el patrón de sombras. 2014. Elaboración propia.

A continuación se introduce en el programa, **figura 11**.

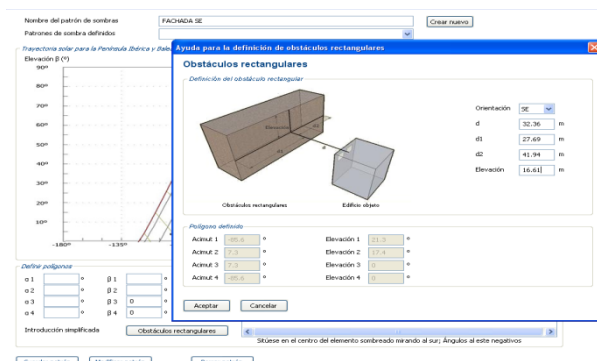


Figura 11. Definición de sombras por el método de obstáculos remotos. 2014. CE3X.

De esta manera la sombra que incide sobre la fachada del dormitorio 3, **figura 12**.

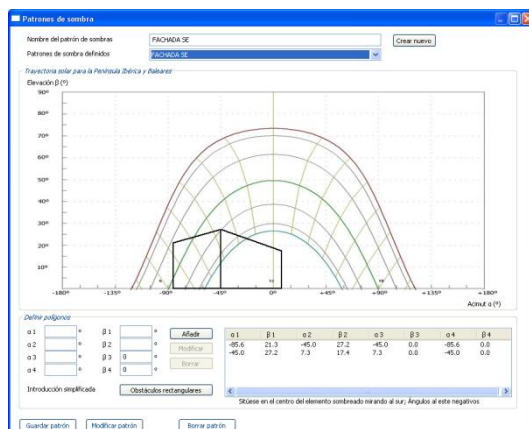


Figura 12. Vista de la sombra generada por el edificio vecino sobre la fachada. 2014. CE3X.

Fachada SE comedor

Partiendo del anterior patrón de sombra añado los obstáculos propios de ese cerramiento, que son una pared a la derecha y el techo del balcón.

Esquemáticamente podemos ver que sobre la fachada tengo una pared que me genera una sombra, debo considerar dos ángulos de cada punto para poder definirlo, el azimut α (positivo cuando es hacia el Oeste y negativo cuando va dirigido al Este.), y el Angulo de elevación β , podemos observar los puntos a considerar en la **figura 13**.

Figura 13. Planta del cerramiento fachada SE comedor sobre el que actúa la sombra formada por el punto 1 y 2. 2014. Elaboración propia..

Pero me falta la elevación β de cada punto, la altura es 16.61 m tanto para el punto 1 como para el 2. Podemos observar en la **figura 14** su cálculo.

Figura 14. Calculo de la elevación θ de los puntos 1 y 2 que definen el muro. 2014 CE3X.

En la figura 15 tenemos un resumen con los puntos del techo del balcón.

Figura 15. Ángulos de cada uno de los puntos del balcón. 2014 CE3X

De esta manera queda definida la sombra que actúa sobre la fachada en la carta cilíndrica **figura 16**.

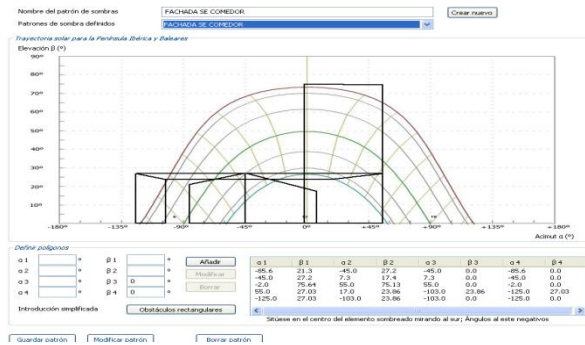


Figura 16. Aspecto de las sombras que actúan sobre la fachada del comedor. 2014. CE3X.

De forma análoga se obtienen el resto de patrones.

Fachada SE galería.

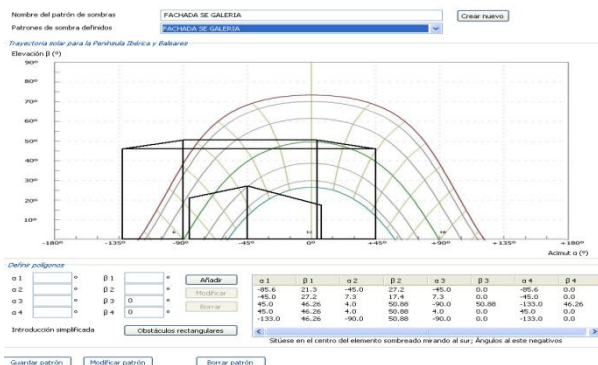


Figura 17. Sombra de la fachada Se galería. 2014. CE3X.

Fachada SO galería. (Figura 18).

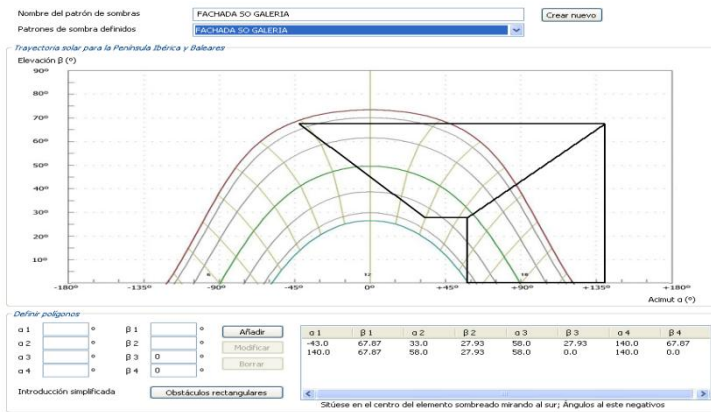


Figura 18. Patrón de sombras de la fachada SE galería. 2014. CE3X

Fachada SE dormitorio 2. (Figura 19)

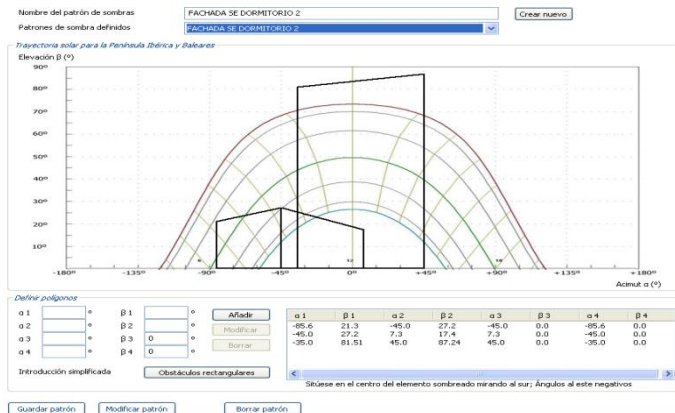


Figura 19. Patrón de sombras de la fachada SE dormitorio 2. 2014. CE3X

Hacer notar que las fachadas con orientación norte no se les asigna patrón de sombras, ya que siempre están en sombra.

2.3 Huecos y lucernarios.

La composición de los huecos es bastante simple, ya que solo existen cuatro tipos de carpinterías, como podemos ver en la **figura 20**.

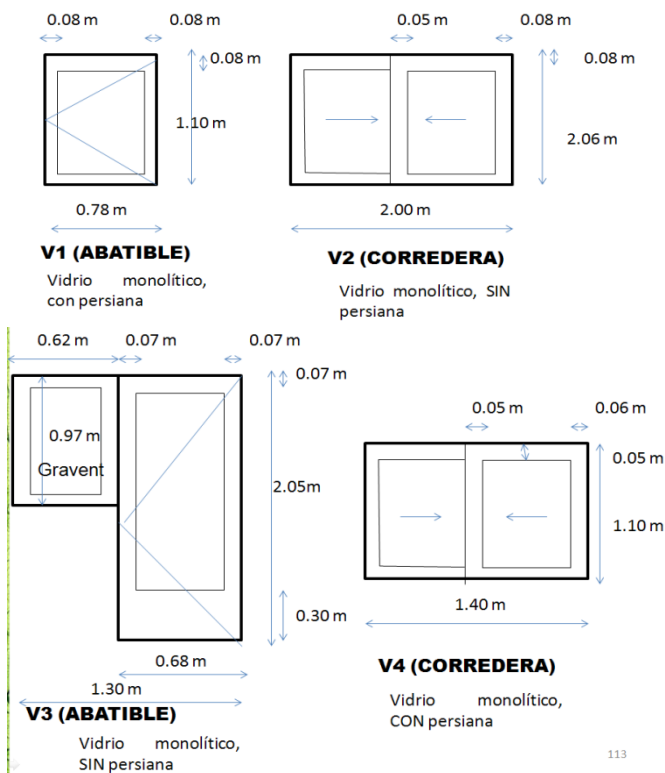


Figura 20. Tipos de carpinterías existentes en la vivienda. 2014. Elaboración propia.

En el caso de la carpintería de aluminio no me queda más remedio que considerar como estimadas, ahora bien se puede afinar calculando la fracción de marco.

Tenemos que considerar el factor de marco, que es la proporción de marco que ocupa el hueco, ya que es un factor que influye en a cantidad de energía que se pierde por el hueco. **Figura 21.**

							FRACCION DE MARCO			Factor de marco de la vivienda
Zona	Ventanas	Ud.	largo	alto	Sup	Sup Total	Sup Ud.	/ % / ud	% Total	
COMEDOR	V2	1,00	2,00	2,06	4,12	4,12	0,7526	18,27%	75,26%	
COCINA	V3	1,00	0,62	0,97	0,60	0,60	0,2226	37,01%	22,26%	
		1,00	0,68	2,05	1,39	1,39	0,5862	42,05%	58,62%	
D1	V4	1,00	1,40	1,10	1,54	1,54	0,355	23,05%	35,50%	
D2	V4	1,00	1,40	1,10	1,54	1,54	0,355	23,05%	35,50%	
D3	V1	1,00	0,78	1,10	0,86	0,86	0,3008	35,06%	30,08%	
DESPACHO	V1	1,00	0,78	1,10	0,86	0,86	0,3008	35,06%	30,08%	
10,9114									2,873	26,33%

Figura 21. Calculo de la fracción de marco de cada una de las carpinterías. 2014. Elaboración propia.

Y de forma análoga a los cerramientos se van introduciendo como parte de la envolvente. (Figura 22).

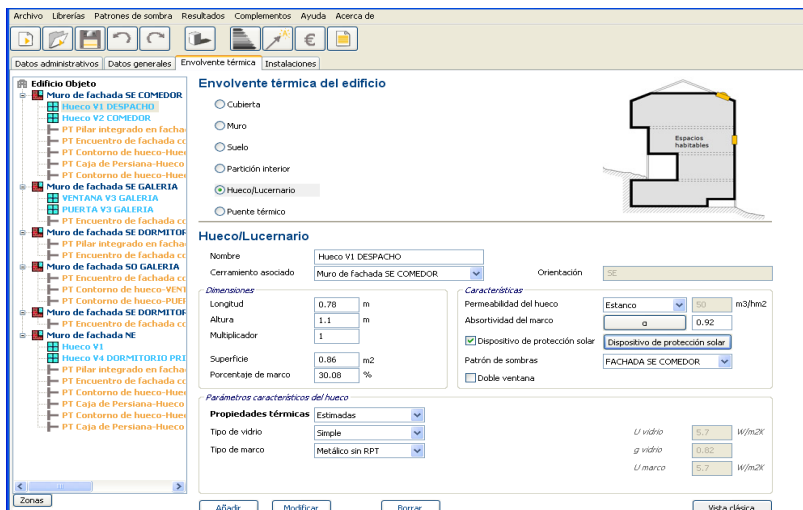


Figura 22. Ventana de entrada de huecos y lucernarios. 2.014. CE3X.

Se definen datos como la asertividad del marco en función del color de la carpintería. (Figura 23).



Figura 23. Introducción del color de la carpintería para el cálculo de la absortividad.2014 CE3X

También se definen elementos de sombreamiento, como es el caso de las persianas indicando en este caso como se modifica la absorción de luz (0.5 en verano porque están bajadas al 50%). (**Figura 24**).

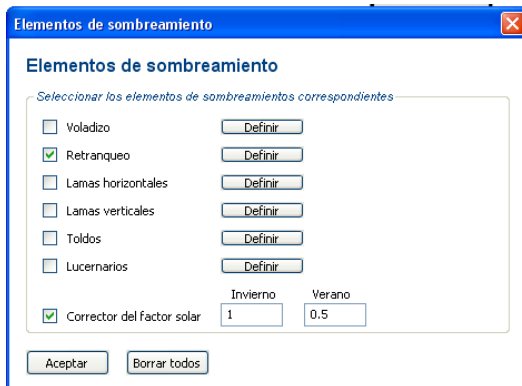


Figura 24. Introducción de elementos de sombreamiento que actúan sobre el hueco. 2014. CE3X.

Otros elementos de sombreamiento, como por ejemplo el retranqueo alrededor del hueco (**figura 25**).

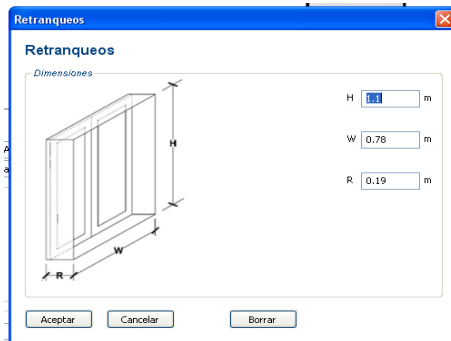


Figura 25. Definición del retranqueo del hueco. 2014 CE3X.

Con todos estos datos ya tenemos perfectamente definidos los huecos (figura 26).

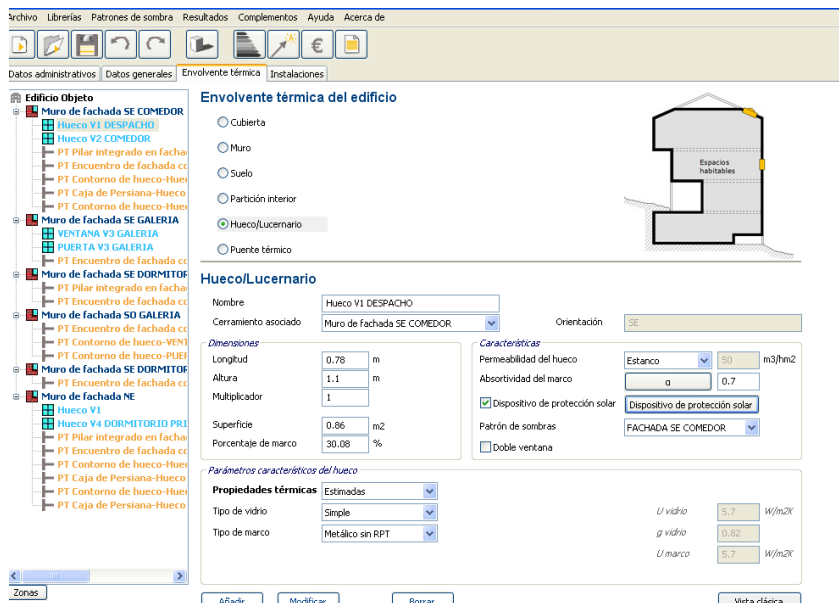


Figura 26. Hueco V1 definido. 2014. Elaboración propia.

2.4 Puente térmico.

En la librería tenemos una amplia base de datos de puentes térmicos, pero hay que tener la precaución de corregir las longitudes.

Así podemos ver el de frente de forjado (**figura 27**), y como el programa le asigna un valor por defecto extraído del catalogo de elementos constructivos, que aunque podemos modificar, es preferible mantener, ya que al modificarlo es preciso justificar ese nuevo valor.

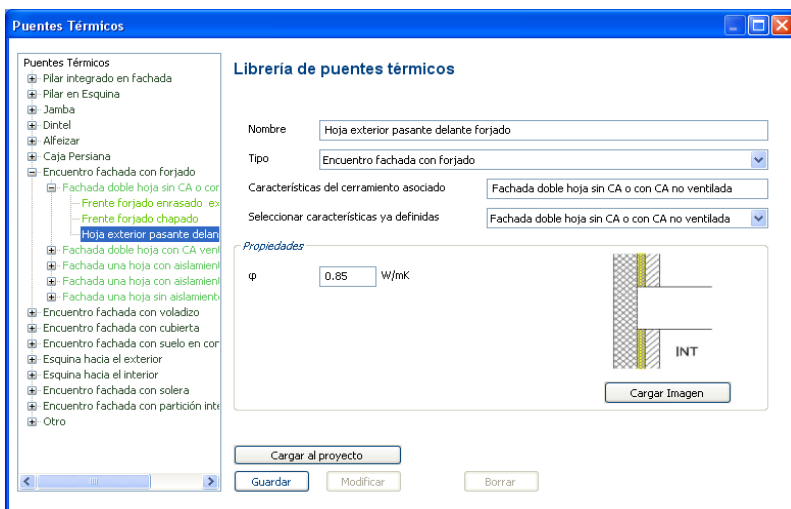


Figura 27. Valor de transmisibilidad del puente termico de forjado. 2014. CE3X.

2.5 Instalaciones.

En vivienda es obligatorio la existencia de ACS (puede no cubrir el 100% de la superficie).



La vivienda solo dispone de un calentador de 10 Lt Aspes ACL-100E2 N de gas natural de 17.4 Kw de potencia máxima nominal y un rendimiento del 85%. (figura 28).

Figura 28. Calentador de 10 Lts existente en la vivienda. 2014. Elaboración propia.

Trabajo Fin de Grado U15

Grado en Arquitectura Técnica – ETS de Ingeniería de Edificación – Universitat Politècnica de València

Para calefactor la vivienda se supone que se usan radiadores de aceite con un rendimiento del 100% ante la falta de datos aportados por el fabricante, a pesar de haberse pedido. Se considera que solo se colocan radiadores en todas las dependencias, menos cuartos húmedos y pasillos. (**Figura 29**).

Figura 29. Definición de la instalación de calefacción. 2014. CE3X.

2.6 Calificación.

Con esto se obtiene la calificación por ejemplo en la orientación Sureste (**figura 30**).

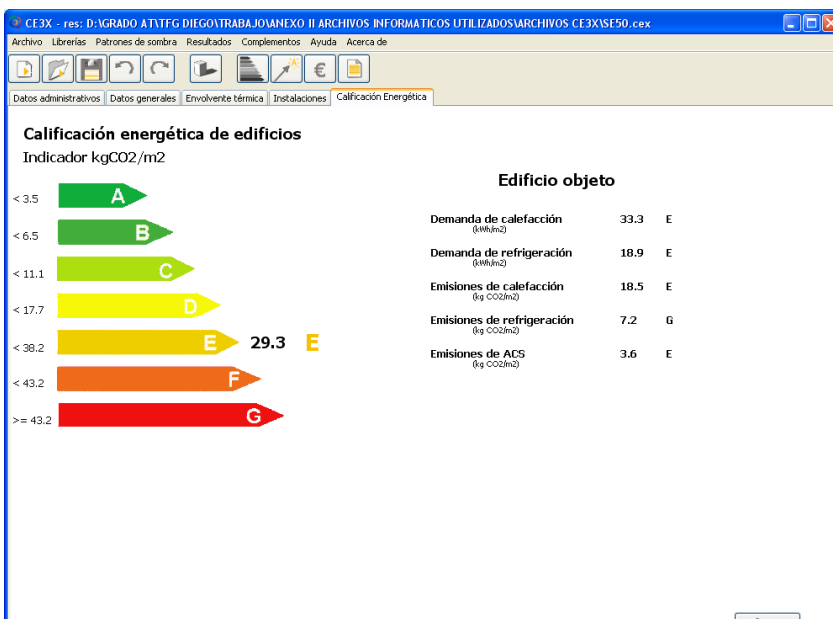


Figura 30. Calificación energética de la vivienda. 2014. CE3X.

2.7 Introducción de las medidas de mejora.

A partir de la calificación el programa permite la definición de diferentes conjuntos de mejora, informando de la calificación que se obtendrá al aplicar cada una de ellas. Podemos de esta forma obtener finalmente una comparativa del ahorro de emisiones respecto al caso base (**figura 31**).



Figura 31. Comparativa de los valores de emisiones respecto al caso base. 2014. CE3X.

Podemos introducir o no el coste si lo conocemos de los consumos en ese caso el programa nos dará una doble comparación del VAN, uno el teórico (supuesto que cumpla las condiciones del RITE en cuanto a habitabilidad de la vivienda), y otro según facturas, por lo tanto real. En ese caso hay que introducir los precios de la energía (figura 32).

Datos de la factura

Nombre:

Combustible:

Consumo anual: kWh

Demandas satisfechas: ☒ ACS ☐ Calefacción ☐ Refrigeración ☐ Otros

Distribución de consumos:

ACS	<input type="text" value="100"/> %
Calefacción	<input type="text" value=""/> %
Refrigeración	<input type="text" value=""/> %
Otros	<input type="text" value=""/> %

Figura 32. Coste del gas a partir de las facturas del año. 2013. CE3X.

En caso de plantearse equipos como parte de las medidas de mejora, entonces se deberá indicar su consumo futuro, para que el programa pueda calcular ese ahorro, como por ejemplo la biomasa (**figura 33**).

Definición de Factura Energética

Datos de la factura

Nombre: BIOMASA

Combustible: Biomasa/Renov.

Consumo anual: 309780 Kg Factor de conversión: 0.00501 kWh/Kg

Demandas satisfechas: ☒ ACS ☒ Calefacción ☐ Refrigeración ☐ Otros

Distribución de consumos:

Demandas satisfechas	Distribución de consumos
<input checked="" type="checkbox"/> ACS	70 %
<input checked="" type="checkbox"/> Calefacción	30 %
<input type="checkbox"/> Refrigeración	%
<input type="checkbox"/> Otros	%

Figura 33. Consumo de biomasa previsto. 2014. CE3X

Y también su coste previsto, ya que de otro modo el programa da un mensaje de error, por lo tanto de cada sistema se ha de definir su consumo y el coste del combustible (**figura 34**).

Definición de los parámetros económicos

Precio asociado a los diferentes combustibles

Gas Natural	0.1199 €/kWh
Gasóleo-C	€/kWh
Electricidad	0.2209 €/kWh
GLP	€/kWh
Carbón	€/kWh
Biocombustible	€/kWh
Biomasa/Renovable	0.0451 €/kWh
Electricidad generada para autoconsumo	0.2209 €/kWh

Datos económicos

Incremento anual del precio de la energía	5 %
Tipo de interés o coste de oportunidad	2 %

Figura 34. Coste €/kWh de cada tipo de energía utilizada por cada sistema. 2014. CE3X

Además se introduce el coste de cada medida, valores que servirán al programa para el cálculo del VAN (Valor Actualizado Neto) que nos informa si es positivo de que la cantidad de ganancias generada por la medida en el tiempo que está previsto su vida útil.

Con esos datos se obtiene unos resultados de años de amortización (es una mera aproximación y el VAN. (**Figura 35**).

Conjunto de mejoras	Años amortización simple (Análisis facturas)	VAN (€) (Facturas)	Años amortización simple (Análisis teórico)	VAN (€) (Teórico)
1.- SATE	43,80	7.022,60	13,00	34.205,30
2.- AISLAMIENTO POR INTERIOR	373,10	-2.412,90	102,20	405,60
3.- CAMBIO DE VENTANAS CON RPT + CAJA DE PERSIANA	134,00	-717,00	39,00	9.287,50
4.- CAMBIO DE VENTANAS CON RPT+ CAJA PERSIANA +AISLAMIENTO POR INTERIOR	184,60	-3.227,80	54,10	9.391,60
5.- CAMBIO DE VENTANAS SIN RPT+AISLAMIENTO POR INTERIOR	161,10	-1.763,50	47,00	8.632,10
6.- TRASDOSADO INTERIOR DE PILARES INTEGRADOS	86,10	138,60	22,00	1.781,50

7.- TRASDOSADO CAJA DE PERSIANA	94,10	87,90	23,60	1.580,20
8.- FOTOTERMIA	28,20	2.870,00	8,60	15.984,90
9.- FOTOVOLTAICA	12,90	14.266,80	7,70	27.402,40
10.-CALDERA ALTA EFICIENCIA	-85,60	-6.778,90	77,40	868,80
11.-CALDERA DE BIOMASA	448,60	-2.675,80	27,20	9.486,60
12.- BOMBA DE CALOR ALTA EFICIENCIA	-93,90	-11.051,70	91,20	1.323,60
13.- BOMBA DE CALOR NORMAL	-25,50	-9.937,30	-294,10	-2.554,70
14.- FOTOVOLTAICA+BATERIA	19,90	4.904,90	11,90	14.602,60

Figura 35. Resultados proporcionados por el programa en cuanto a viabilidad económica. 2014. elaboración propia a partir deCE3X.

Capítulo 2. Cálculo de la instalación fototérmica.

3 Datos de partida.

Para el cálculo de la instalación se ha utilizado el método la hoja de cálculo del COAM, basada en el método F-Chart, que se encuentra en el anexo II de este trabajo.

Se trata de aprovechar la energía del sol para la producción de ACS según marca el CTE dentro de HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la tabla 3.1 (Demanda de referencia a 60 °C), en nuestro caso 22 litros/día * persona.

En el uso residencial privado el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación (**figura 36**):

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Figura 36. Número de personas en función de los dormitorios de la vivienda. 2006. CTE.

Según esto en mi vivienda de cuatro habitaciones debo considerar 6 personas, por lo tanto tendré un consumo de 6 personas*22 lt=132

lt/día. Como queda recogido en la herramienta del COAM GAT-17 (figura 37).

3.1 Demanda energética de A.C.S.

Viviendas

Vivienda colectiva



Vivienda tipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Nº viviendas				1						Total viviendas
Nº dorm/vivienda	1	2	3	4	5	6	7			1
Nº pers/vivienda*	1,5	3	4	6	7	8	9	0	0	
Total persa/viv tipo	0	0	0	6	0	0	0	0	0	Total personas
										6
l/día persona	22									
Total l/día	132									
Factor simultaneidad f:	1,									Total demanda l/día
										132

* Según C.T.E.

Figura 37. Demanda de ACS. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.

Conocido el consumo, la demanda energética mensual se calculará como:

$$D_{mes} = \rho * c_p * C * N * (T_c - T_f)$$

Siendo:

Dmes : demanda mensual de energía (MJ)

ρ : densidad del agua (1 kg/l)

c_p : calor específico del agua (4.18 kJ/kg K)

C : consumo diario de ACS (l)

N : días del mes

Tc : temperatura del agua caliente (°C)

Tf : temperatura del agua fría de la red (°C)

Esto nos da unas demandas en el mes y por lo tanto anuales. **Figura 38.**

Demanda energética total

Temperatura a.c.s. 60 °C C.T.E. Temperatura a.c.s. ≠ 60 °C

Mes	Nº Días	Tª A.F.S. (°C) (IDAE)	DEmes (kW h/mes)
Enero	31	8	246,83
Febrero	28	9	218,66
Marzo	31	11	232,59
Abril	30	13	215,90
Mayo	31	14	218,35
Junio	30	15	206,71
Julio	31	16	208,86
Agosto	31	15	213,60
Septiembre	30	14	211,31
Octubre	31	13	223,10
Noviembre	30	11	225,09
Diciembre	31	8	246,83
ANUAL	365	12,3	2.667,81

Figura 38. Demandas anuales de energía. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.

3.2 Cálculo de la producción energética de la instalación de A.C.S.

Como se ha supuesto un volumen de almacenamiento de 75 l/m² de captador y el consumo de ACS es de 132 l, en una primera aproximación se necesitarían $132/75 = 1.76$ m² de captación que si se utilizan captadores de 2.26 m² de superficie útil supone que se necesita 1 captador.

Se ha trabajado con la placa Sonnenkraft SKR500, con las siguientes características:

Dimensiones

Largo; 2.79 m

Ancho; 1.24 m

Área de apertura; 2.26 m²

Eficiencia óptica; 0.82

Coefficiente de pérdidas; 3.82

3.3 Cálculo de las pérdidas.

Según el CTE las pérdidas por orientación e inclinación deben ser menores del 10% en el caso general, es decir cuando los captadores se colocan sobre una subestructura, como es el caso.

En primer lugar decir que los captadores van en cubierta en la vertical de la vivienda, y que no recibe sombra ni de elementos del propio edificio ni de otros edificios colindantes, ya que todos son de la misma altura. Para ello recurro a www.catastro.es como puede verse en la **figura 39**.

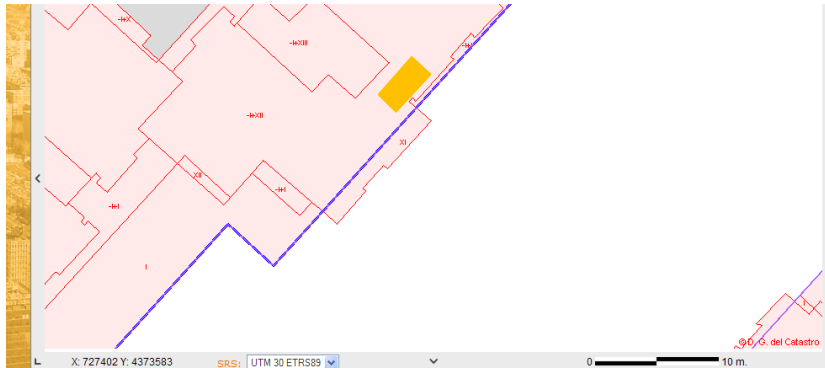


Figura 39. Planta de la zona donde se ubicarían los captadores. 2014.

www.catastro.es

Vamos a evaluar, utilizando la figura, si las pérdidas por orientación e inclinación del captador están dentro de los límites permitidos para un captador orientado al sur ($\alpha = 0^\circ$) e inclinado 45° respecto al plano horizontal ($\beta = 45^\circ$), para un lugar de latitud 39.48° N.

La inclinación según el CTE Se considerará como la orientación optima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

- a) demanda constante anual: la latitud geográfica;
- b) demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10° , considerando este caso y además que el catalogo del captador indica que está es la máxima admisible, opto por 45° de inclinación obligado por el sistema que vende la casa (ref. BBALSKR45), ya que se colocan con lastres de hormigón y no dañamos de esta forma la cubierta.

En primer lugar se traza un círculo concéntrico con la figura de radio el valor de la inclinación β de los paneles, por otro lado se dibuja una recta que indica el azimut con el que se encuentran orientados los captadores respecto al sur, la intersección entre la recta y la circunferencia nos da un punto, ese punto nos da un porcentaje de perdidas, en este caso 4%, **figura 40.**

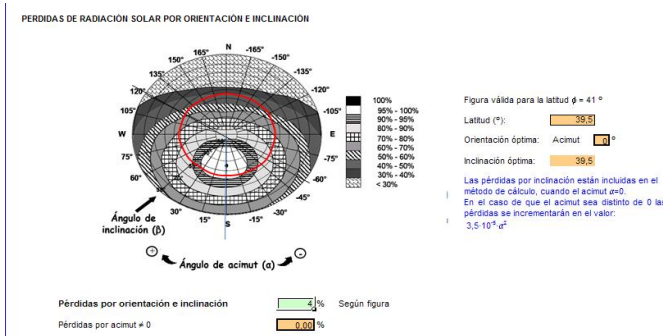


Figura 40. Calculo de perdidas por orientaciones. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.

Con esto según el proceso de cálculo basado en el método F-Chart, tengo un aporte del 67.53% con una sola placa. **Figura 41.**

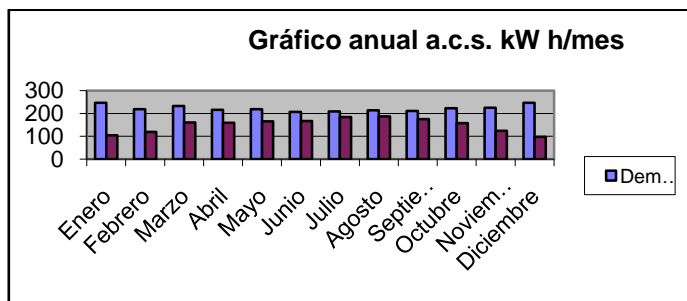


Figura 41. Aporte de la instalación por meses. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.

3.4 Sistema de acumulación.

Se plantea una necesidad de 169.5 lt en el mercado existe el modelo Remeha BP 200-2 de 200 lt, de las siguientes características. **Figura 42.**

Datos	Unidades	BP 150-2	BP 200-2	BP 300-2	BP 400-2	BP 500-2
Acumulación	Litros	150	200	300	395	500
Contenido del serpentín	Litros	5,9	8,0	11,5	14,8	21,1
Superficie de intercambio	m ²	0,9	1,2	1,7	2,2	3,1
Caudal primario	m ³ / h	3	3	3	3	3
Pérdida de carga (3)	kPa	12	14	17	20	23
Temperatura de primario	°C	80	80	80	80	80
Potencia (1)	kW	29	39	54	68	86
Producción con AT:35K (1)	L/h	705	960	1330	1650	2130
Producción con AT:30K (2)	Ltr./10 Min.	250	340	520	670	800
Cte. de enfriamiento ΔT 45K	kWh/24 h	1,1	1,3	1,6	2,0	2,2
Peso neto	kg	99	116	144	187	222

Figura 42. Características técnicas acumulador. 2014. catalogo Remeha.

3.5 Circuito de intercambio

Posee un intercambiador con una superficie útil de intercambio de 1.2 m² y un volumen de 8 lt y una pérdida de carga de 14 kPa=1.42 mca.

3.6 Circuito hidráulico.

Tengo un caudal de fluido caloportador de 23 lt/h m², por lo que al ser una captador de 2.26 m² circulan 52 lt/h de agua con anticongelante en el circuito primario.

Las tuberías de cobre por supuesto para evitar problemas por deformaciones estaría constituido por 34.91 ml de tubería de 18 mm de DN. Las tuberías del circuito primario se aislarán con espuma elastomérica suministrada en coquillas. El espesor mínimo para una

conductividad térmica de 0.04 W/m K será de 30 mm. El aislamiento de todo el circuito primario se protegerá exteriormente con chapa de aluminio.

Para la bomba de recirculación es suficiente con una que nos garantice un caudal a mover es de 52 l/h (0.052 m³/h) y con una pérdida de carga a vencer de 2.85 mca, que provienen de las pérdidas en:

- Recorrido en las tuberías del circuito primario.
- El intercambiador.
- El captador, para lo que se ha utilizado la ficha técnica del producto, con un TM 20 kg/m³h y superficie de 2.5, tenemos 100 mbar=1019.72 mmca. **Figura 43.**

Tablas pérdida de carga*

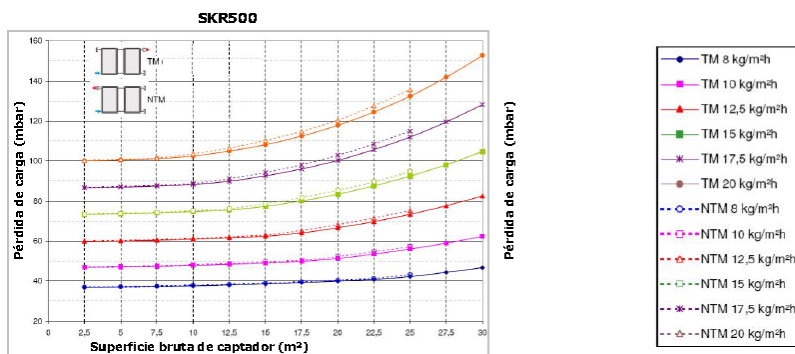


Figura 43. Perdidas de carga en el captador. 2014. Catalogo Sonnenkraft.

Como podemos ver el programa nos facilita las características de la bomba que necesito en la **figura 44.**

Bomba circuito primario

Pérdidas recorrido de tuberías más desfavorable	0,03	m.c.a.
Pérdidas intercambiador de calor	1,42	m.c.a.
Pérdidas captadores	Pdc/Ud	1019,72 mm.c.a.
	Número	1 ud.
Total captadores	1,02	m.c.a.
Pérdida de carga total	2,47	m.c.a.
Columna de fluido	0	m
Caudal de la bomba	52	l/h
Altura manométrica	2,47	m.c.a.

Figura 44. Datos de pérdida de carga total y caudal de la bomba. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.

Con lo que usando la curva de funcionamiento de la bomba Wilo-Stratos ECO-STG vemos que estamos plenamente cubiertos. **Figura 45.**

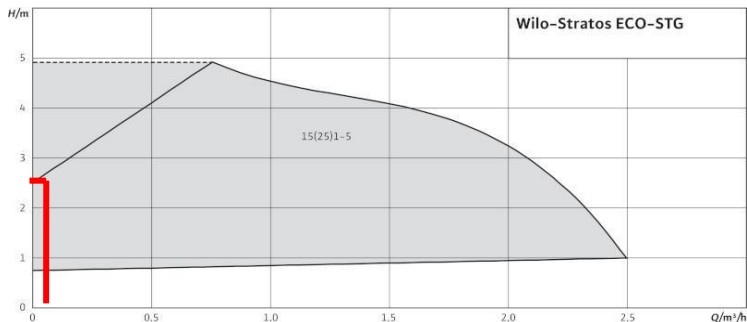


Figura 45. Curva de funcionamiento bomba. 2014. catalogo de la casa Wilo.

Vaso de expansión

El volumen de fluido en el circuito primario. **Figura 46.**

Volumen de fluido en las tuberías

DN (mm)	L total (m)	Di (mm)	Volumen tubo(l/m)	Volumen tubo(l)
18	34,68	16,0	0,20	6,97
22	0,00	20,0	0,31	0,00
28	0,00	26,0	0,53	0,00
35	0,00	33,0	0,86	0,00
42	0,00	40,0	1,26	0,00
54	0,00	51,6	2,09	0,00
66,7	0,00	64,3	3,25	0,00
76,1	0,00	73,1	4,20	0,00

6,97 l

Volumen de fluido en intercambiador de calor

8 l

Volumen captadores

A.C.S. Modelo

Volumen l/Ud N° Uds.

1,45 l

Volumen total del circuito

16,42 l

Figura 46. Calculo del volumen del circuito primario. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.

- El contenido total de fluido en el circuito es, de 16.42 l
 - El coeficiente de expansión es de 0.08 ya que se utiliza una mezcla de agua y anticongelante.
 - La válvula de seguridad que está a la misma cota que el vaso de expansión en la galería, esta tarada a 4 bar
 - La presión mínima $P_{min} = 1.5 \text{ bar} + P \text{ estática} = 1.5 = 1.5$
 - Presión absoluta final en vaso de expansión
- $P_{max} = P_{vs} - 0.3 \text{ bar} = 4 - 0.3 = 3.7 \text{ bar}$
- Todo ello nos da el volumen del vaso, como puede verse en la **figura 47**.

Tipo de fluido caloportador:	Agua con anticongelante	Coeficiente de dilatación	0,08
Presión absoluta inicial en vaso de expansión P_i	1,5	kg/cm ²	1,5 + altura estática
Presión absoluta final en vaso de expansión P_f	3,7	kg/cm ²	
Factor de presión			1,68
Volumen del vaso de expansión calculado			2,21 l

Figura 47. Calculo del vaso de expansión. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.

El vaso de expansión sería el Sonnenkraft AG8S de 8 lt de capacidad.

3.7 Ubicación de los captadores

La distancia mínima que debe dejarse entre el murete y el inicio de la primera fila de captadores (d) se puede calcular tal como se explica a continuación (**figura 48**):

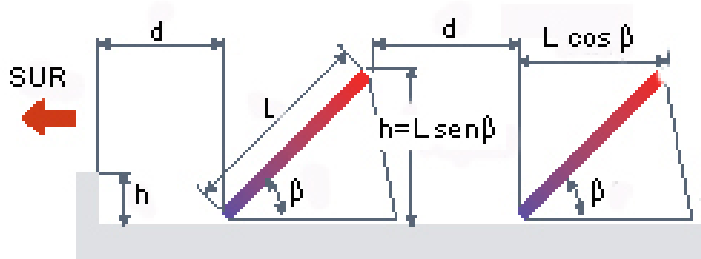


Figura 48. Esquema de los conceptos a considerar en el cálculo de la separación entre paneles. 2013. Francisco Galvany.

$$d = h * K$$

siendo

h: altura del murete

$$K = 1/\tan(90 - \Psi + \delta)$$

Ψ : latitud del lugar (Valencia 39.48°N)

δ : declinación el día del solsticio de invierno (-23.5°)

Para el ejemplo con $h = 1$ se tiene que $d = 1.96$, se tomará 2 m.

Si se colocasen varias filas, porque se ampliase esta medida a varias viviendas del bloque.

La segunda fila de captadores debe separarse una cierta distancia de la primera, el procedimiento es similar al caso anterior con la diferencia que en este caso h es la altura vertical del primer grupo de captadores que vale:

$$h = L * \sin \beta = 2.079 * \sin 50^\circ = 1.59 \text{ m}$$

$$K = 1/\tan(90 - \Psi + \delta) = 1/\tan(90-39.48-23.5) = 1.96$$

Por tanto la separación valdrá:

$$d = h * K = 1.59 \text{ m} * 1.96 = 3.12 \text{ m}$$

Capítulo 3. Cálculo de la instalación fotovoltaica.

1 Datos de partida.

Partimos de un consumo anual conocido a partir de la facturación del último año, que es de:

28/12/2012...lectura real....027836 kWh

27/12/2013...lectura real....030082 kWh

Consumo..... 2246 kWh

Como puede verse en las facturas de la **figura 49 y 50**.

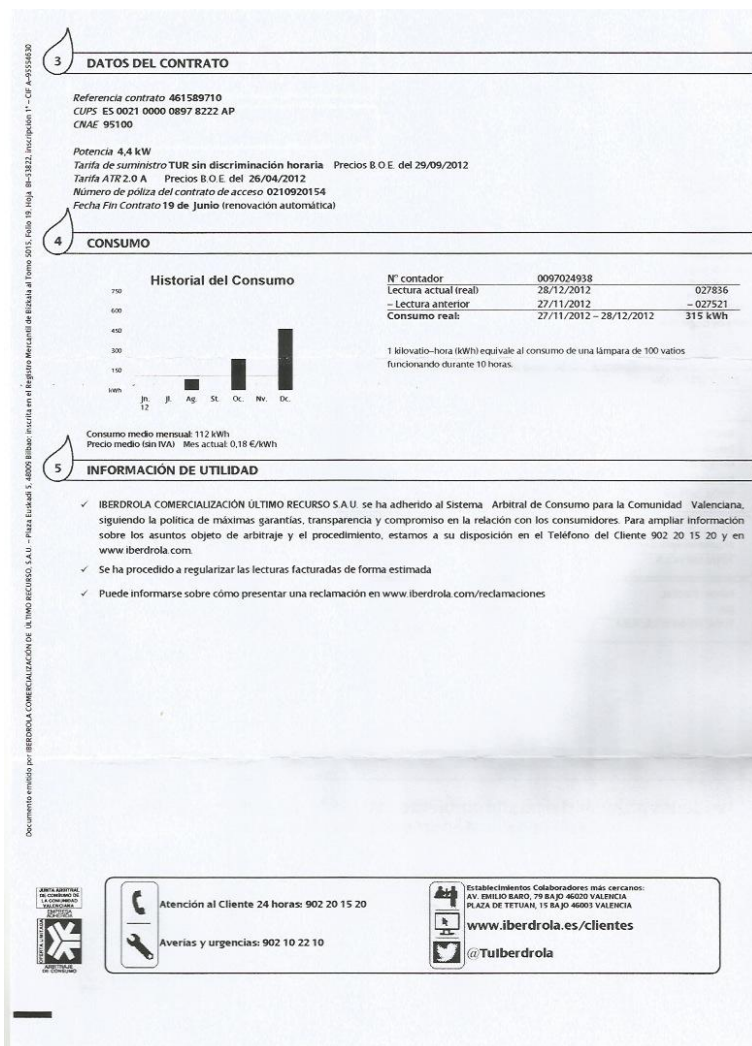


Figura 49. Factura de consumo eléctrico Diciembre 2012. Año 2012. Iberdrola.

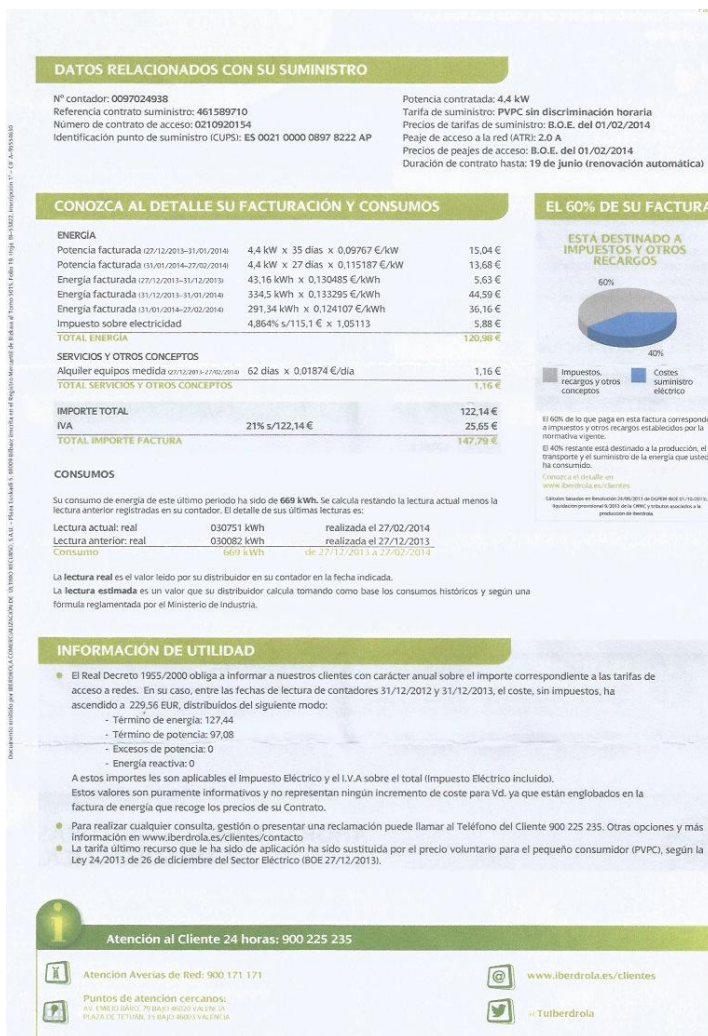


Figura 50. . Factura de consumo eléctrico Diciembre 2013. Año 2013. Iberdrola.

2 Planteamiento de la instalación.

El planteamiento está basado inicialmente en el autoconsumo, penalizado por la legislación actual, pero cuya idea es que durante el día se produce una energía por medio de una inversión realizada por el particular, con la intención de compensar el consumo en las horas en las que no hay sol, vendiendo dicha producción al mismo precio que es comprada la que se consume.

El esquema de proceso de un sistema fotovoltaico es el siguiente (**figura 51**):

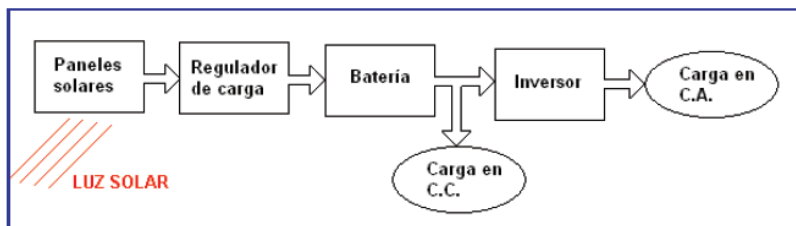


Figura 51. Diagrama del proceso fotovoltaico. 2006 – Diseño de una instalación solar fotovoltaica (Diego Oñate Arresti).

En primer lugar la luz solar incide en los paneles ó módulos fotovoltaicos formados por un material semiconductor de silicio cristalino que posee efecto fotoeléctrico, es decir, transforma (con un rendimiento aproximado del 18 %), la luz solar en energía eléctrica continua de 12 V normalmente.

Posteriormente esa electricidad debe acumularse en una **batería** para disponer de energía durante periodos nocturnos ó de poca irradiación solar (días nublados, o con niebla).

Entre los paneles solares y la batería es necesario incluir un **regulador de carga** de modo que cuando la batería esté cargada (por medida de su tensión) el regulador cierre el aporte de energía desde los paneles solares a la batería, para impedir la sobrecarga de ésta y por consiguiente el acortamiento de su vida útil.

Finalmente, la energía acumulada por la batería (en forma de corriente continua) puede emplearse como tal en luminarias y otros equipos, si bien lo más habitual es transformar, por medio de un **inversor**, la corriente continua en alterna a 230 V y 50 Hz en forma de onda senoidal pura que es el estándar eléctrico en España, pudiendo entonces alimentar equipos como televisiones, lavadoras, frigoríficos, que trabajan con corriente alterna, y que son habituales e imprescindibles para la vida diaria.

En nuestro caso, como me voy a apoyar en el suministro eléctrico existente, la **batería y por tanto el regulador serán elementos de los que prescindiremos en la valoración del primer caso** (aunque se hace su cálculo), y además no voy a necesitar un transformador, con lo que tendremos un ahorro importante en la instalación. No obstante finalmente también he considerado el coste de una instalación aislada como segunda posibilidad.

3 Dimensionado.

En primer lugar estimaremos los consumos eléctricos diarios de los equipos eléctricos que vayan a operar de continuo en la instalación (**figura 52**):

ELECTRODOMÉSTICOS	horas/día	Consumo (kwh)	Consumo día
Horno	0,1	2,480303472	0,25
Microondas	0,3	1,2	0,36
Nevera	24	0,042	1,01
Lavadora	0,7	0,821917808	0,58
Lavavajillas	0,7	0,90	0,63
Iluminación: dorm. Ppal	0,1	0,3	0,0300
Iluminación: dorm. 1	0,1	0,18	0,0180
Iluminación: dorm. 2	3	0,12	0,3600
Iluminación: dorm. 3	2	0,15	0,3000
Iluminación: aseo 1	0,5	0,3	0,1500
Iluminación: aseo 2	0,5	0,2	0,1000
Iluminación: comedor	2	0,24	0,4800
Iluminación: cocina	3	0,2	0,6000
Iluminación: recibidor	0,1	0,16	0,0160
Televisor	3	0,24	0,7200
Teléfono inalámbrico	24	0,012	0,2880
Cargadores varios	2	0,01	0,0200
Ordenador	1	0,36	0,36
Consumo diario (Consumo energético teórico: ET (KWh))			6.26

Figura 52. Consumos actuales de la vivienda. 2014. Elaboración propia.

Coincide aproximadamente con el consumo anual dividido por 12 meses y a su vez por 30 días.

A partir del consumo energético teórico ET (W·h), deberemos calcular el consumo energético real E (W·h), necesario para hacer frente a los múltiples factores de pérdidas que van a existir en la instalación fotovoltaica, del siguiente modo:

$$E = \frac{E_T}{R} \quad (3.1)$$

Donde R es el parámetro de rendimiento global de la instalación fotovoltaica, definido como:

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{k_a * N}{P_d}\right) \quad (3.2)$$

Los factores de la ecuación son los siguientes

- **kb**: Coeficiente de pérdidas por rendimiento de la batería:
 0,05 en sistemas que no demanden descargas intensas.
 0,1 en sistemas con descargas profundas.
- **kc**: Coeficiente de pérdidas en el inversor o convertidor:
 0,05 para convertidores senoidales puros, trabajando en régimen óptimo.
 0,1 en otras condiciones de trabajo, lejos del óptimo.
- **kv**: Coeficiente de pérdidas varias
 Agrupa otras pérdidas como (rendimiento de red, efecto Joule, etc.).
 0,05 – 0,15 como valores de referencia.
- **ka**: Coeficiente de autodescarga diario:
 0,002 para baterías de baja autodescarga Ni-Cd.

0,005 para baterías estacionarias de Pb-ácido (las más habituales).

0,012 para baterías de alta autodescarga (arranque de automóviles).

- **N:** Número de días de autonomía de la instalación:

Serán los días que la instalación deba operar bajo una irradiación mínima (días nublados continuos), en los cuales se va a consumir más energía de la que el sistema fotovoltaico va a ser capaz de generar.

4 - 10 días como valores de referencia.

- **pd:** Profundidad de descarga diaria de la batería:

Esta profundidad de descarga no excederá el 80 % (referida a la capacidad nominal del acumulador), ya que la eficiencia de este decrece en gran medida con ciclos de carga - descarga muy profundos.

En la realización de este proyecto se han considerado los siguientes valores de los coeficientes de pérdidas:

$$k_b = 0,05 / k_c = 0,05 / k_v = 0,1 / k_a = 0,005 / N = 4 / p_d = 0,7$$

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,1) * \left(1 - \frac{0,005*4}{0,7}\right) = 0,777 \quad (3.3)$$

Y a partir de la ecuación 3.1, el consumo energético real E (W·h) es:

$$\frac{6,26}{0,777} = 8,056 \quad (3.4)$$

Es decir 8.056 Wh

4 Baterías.

Una vez definida la utilidad energética real E (W·h), se puede obtener fácilmente la capacidad del banco de baterías C (A·h) necesario, del siguiente modo:

$$C = \frac{E \cdot N}{V \cdot P_d} = \frac{8,056 \cdot 1}{12 \cdot 0,7} = \frac{8086}{8,4} = 962.62 \text{ Ah} \quad (3.5)$$

Donde V (V) es la tensión nominal del acumulador, 12 V.

La energía que se debería almacenar en las baterías E_{acu} tras añadir un factor de corrección es:

$$E_{acu} = \frac{1,1 \cdot N \cdot E}{P_d} = \frac{1,1 \cdot 1 \cdot 8,056}{0,7} = 12.651,68 \text{ Wh} \quad (3.6)$$

A partir de la capacidad calculada, seleccionaremos el equipo comercial más próximo en prestaciones, dentro de la categoría de baterías plomo-ácido. En nuestro caso el banco de baterías seleccionado será batería estacionaria traslúcida de 6 vasos de 2V, 1025 Ah TUDOR, 6.8 Enersol T1000.

5 Paneles solares.

Una vez definida la batería vamos a pasar a calcular los paneles solares necesarios para la instalación. Para ello deberemos conocer, a partir de valores estadísticos históricos de la zona, el valor de irradiación solar diaria media en superficie inclinada H (kWh/m²·día) del lugar. Para ello se hará uso de base de datos de irradiación solar mundial online: <http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php> y de las coordenadas

geográficas del lugar (**latitud 39°28'11" Norte, 0°22'34" Oeste**).

Vamos a la página de inicio de Pvgis (**figura 53**).

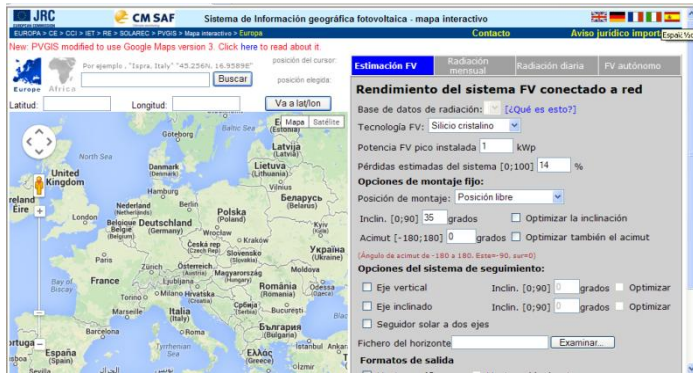


Figura 53. Ventana principal de Pvgis. 2014.
<http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php>

Indicamos la población y doy a buscar (**figura 54**).



Figura 54. Selección de la población en Pvgis. 2014.
<http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php>

Me indica que la inclinación óptima de los paneles sería 36° para todo el año (figura 55).

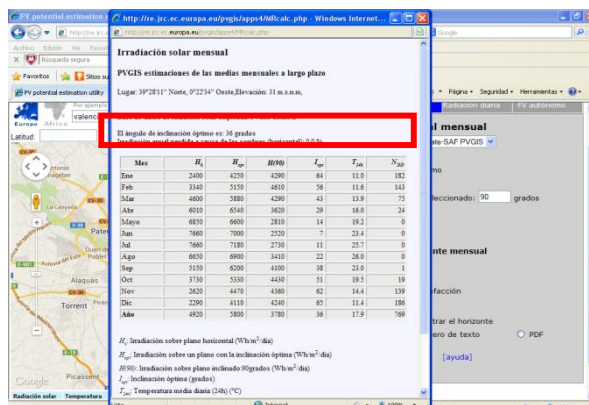


Figura 55. Datos aportados por el programa, incluyendo inclinación óptima. 2014. <http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php>

Luego vuelvo a entrar indicando como inclinación de mis paneles 36°, para ver la irradiancia media diaria (figura 56).



Figura 56. Calculo de irradiancia media diaria. 2014. <http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php>

Los resultados mensuales medios se recogen en la siguiente tabla, donde se ha considerado que los paneles se disponen en **orientación Sur** con una **inclinación de 36º**. Se ha considerado sin pérdidas por sombreado, debido a que los edificios cercanos son de la misma altura y por lo tanto hay obstáculos (**figura 57**).

El ángulo de inclinación óptimo es: 36 grados

Irradiación anual perdida a causa de las sombras (horizontal): 0.0 %

Mes	Hh	Hopt	H(36)	lopt	T24h	NDD
Ene	2400	4250	4250	64	11.0	182
Feb	3340	5150	5150	56	11.6	143
Mar	4600	5880	5880	43	13.9	75
Abr	6010	6540	6540	29	16.0	24
Mayo	6850	6600	6600	14	19.2	0
Jun	7660	7000	7000	7	23.4	0
Jul	7660	7180	7180	11	25.7	0
Ago	6650	6900	6900	22	26.0	0
Sep	5150	6200	6200	38	23.0	1
Oct	3730	5330	5330	51	19.5	19
Nov	2620	4470	4470	62	14.4	139
Dic	2290	4110	4110	65	11.4	186
Año	4920	5800	5800	36	17.9	769

Figura 57. Irradiación diaria de cada mes. 2014.

<http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php>

Hopt: Irradiación sobre un plano con la inclinación óptima (Wh/m²/día)
 Ahora es necesario introducir un concepto muy importante, las horas de pico solar HPS (h), definido como las horas de luz solar por día equivalentes, pero definidas en base a una irradiancia I (Kw/m²) constante de 1 Kw/m², a la cual está siempre medida la potencia de los

paneles solares. Es un modo de estandarizar la curva diaria de irradiancia solar (**figura 58**):



Figura 58. Concepto de hora solar pico. 2014. www.wikipedia.

Como puede verse en la figura 3.1, el área definida por el rectángulo (irradiancia en base a las horas de pico solar) es igual al área definida por la curva horaria de irradiancia real.

La irradiancia H (kWh/m²) es igual al producto de la irradiancia de referencia I (1 Kw/m²) por las horas de pico solar HPS (h). Luego entonces los valores numéricos de la irradiancia y horas de pico solar son iguales.

$$H(\text{kWh/m}^2) = I(1\text{ kW/m}^2) \cdot HPS(h) \quad (3.7)$$

Entonces, según la ecuación 3.6, los valores numéricos de la tabla 3.1 son igualmente válidos para las horas de pico solar (**figura 59**).

MES	Enero	Feb	Marzo	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
H	4.25	5.15	5.88	6.84	6.6	7.0	7.18	6.9	6.2	5.33	4.47	4.11	5.8

Figura 59. Horas solar pico consideradas. 2014. Elaboración propia.

Los paneles solares producen una energía eléctrica durante todo el día equivalente a sólo las horas de pico solar operando a su máxima potencia. Esa máxima potencia es el principal parámetro que define un panel solar y es uno de principales parámetros de diseño que el proyectista debe definir.

En el mercado hay paneles solares de diversas potencias máximas: 5, 30, 50, 75, 100, 150, 165 (W), etc.; según la demanda de energía que se precise.

Así mismo hay paneles de diversas calidades, según las celdas cristalinas de silicio semiconductor de las que están formados sean monocristalinas (las más eficientes y caras), policristalinas (menos eficientes pero más baratas) ó amorfas (poco eficientes pero muy baratas).

En nuestro caso optaremos por la mejor calidad y una potencia intermedia; se elegirán paneles fotovoltaicos ATERSA A-240P SOL de 240 W de potencia máxima (pico) de las siguientes características (**figura 60**):

Potencia máxima	240 W
Voltaje (Vmp)	29.21 V
Corriente (Imp)	8.21 A
Voltaje circuito abierto (Voc)	37.16 V
Corriente de corto circuito (Isc)	8.73 A
Eficiencia del módulo	14.74%
Coeficiente de Temperatura (Pmp)	-0.43 %/°C
Coeficiente de Temperatura (Voc)	-0.32%/°C
Largo	1690 mm
Ancho	1016 mm

Figura 60. Características panel solar.2014. Atersa.

El número de paneles solares NP necesarios se calcula del siguiente modo:

$$NP = \frac{E}{0.9 * W_p * HPS} \quad (3.8)$$

Donde Wp (W) es la potencia pico de cada panel solar (240 W).
Como se puede ver en la tabla 3.2, los valores de las horas de pico solar varían cada mes, luego como la casa se ocupa permanentemente, calcularemos el número de paneles necesarios, según la ecuación 3.8:

$$NP = \frac{6260}{0.9 * 240 * 5.8} = 4.99 \text{ por lo tanto } 5 \quad (3.9)$$

Como comprobación del funcionamiento adecuado de los paneles propuestos, calcularemos el factor de utilización o cobertura solar del mes i (Fi) de la instalación.

$$F_i = \frac{\text{Energía disponible}}{\text{Energía consumida}} = \frac{NP * 0.9 * W_p * HPS_i}{E} \quad (3.10)$$

Este factor es la relación entre la energía fotovoltaica disponible y la consumida.

Los resultados obtenidos a partir de la ecuación 3.10, se muestran a continuación (**figura 61**):

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Med
H	4,25	5,15	5,88	6,54	6,6	7	7,18	6,9	6,2	5,33	4,47	4,11	5,80
Fi	0,73	0,89	1,01	1,13	1,14	1,21	1,24	1,19	1,07	0,92	0,77	0,71	1,00

Figura 61. Factor de utilización. 2006. Diseño de una instalación solar fotovoltaica.

Lógicamente como pretendo un equilibrio entre lo que consumo de la red y las necesidades cubiertas por la red no utilizo el método del mes más desfavorable, logrando un factor de cobertura medio anual del 100%.

Los paneles se situarán en la azotea del bloque de viviendas, la superficie ocupada por estos será de 8.58 m². Se orientarán al sur, (a lo sumo se permitirían tolerancias de 20º hacia el oeste ó el este) y con una inclinación lo más cercana a posible a 36º (el óptimo para la latitud estudiada).

6 Reguladores de carga.

Una vez definido el generador fotovoltaico, deberemos calcular el regulador de carga necesario, para ello primero debe preverse los aumentos de intensidades y tensiones suministrados por el modulo, para ello aplicaremos un coeficiente de corrección y después multiplicaremos la intensidad de cortocircuito de cada panel, obtenida del catálogo y por el número de paneles en paralelo necesarios, Ese producto será la máxima intensidad nominal a la que trabajará el regulador, $I_{m\acute{a}x}$ (A):

$$I = 1.25 * I_{ISC_{modulo}} * N_{Modulo_{paralelo}} = 1.25 * 8.73 * 5 = 54.56 A$$

El regulador podría ser LEO 20 50A Bitensión 12/24 V Maestro de Atersa

7 Inversor.

Por último seleccionaremos el inversor necesario. Para ello debemos estimar la potencia instantánea máxima que la instalación va a demandar.

Analizando la tabla 3.1, vemos que esta puede llegar a ser de unos 2638 W (suma de frigorífico, lavadora y TV). Luego en consecuencia seleccionaremos un inversor que pueda hacer frente a ese valor, dando además un margen de seguridad para posibles conexiones adicionales que exijan un pico de demanda mayor. Tendremos presente que los inversores son equipos con bajo rendimiento a bajas cargas de trabajo, por lo que no es de utilidad aplicar un gran sobredimensionado en su elección.

El equipo seleccionado es el Inversor TAURO onda senoidal BC 2548 48Vcc/220Vca 2500W

8 Cableado.

El cableado a la intemperie entre los paneles solares y el resto de equipos de la instalación (que se situarán la cubierta) se realizará en cable para exteriores de una sección de 10 mm², con recubrimiento de PVC antillama. Considerándose necesarios unos 50 ml de cable. En nuestro caso tenemos la ventaja de que existe un patinillo de instalaciones que evita trabajos de albañilería como casamuros.

9 Estructura soporte.

Estará formada por dos soportes de acero galvanizado tipo A, a los que hay que hacer una base de hormigón para evitar taladrar la cubierta (**figura 62**).

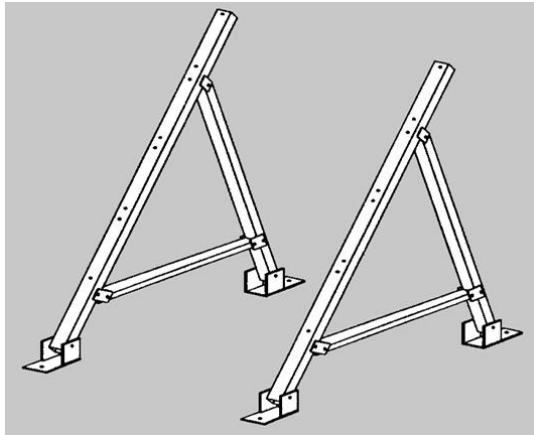


Figura 62. Soportes de los paneles. 2014. Atersa.

1502064 Acero galvanizado para 2 paneles 6" 6x10 6" 6x12 AA6 6x12-6x10/2 CT 434,10

1502065 Acero galvanizado para 3 paneles 6" 6x10 6" 6x12 AA6 6x12-6x10/3 CT 435.10

Capítulo 4. Cálculo de para la sustitución del equipo de generación de ACS y calefacción por caldera de alta eficiencia energética.

En cuanto al factor de simultaneidad el CTE solo indica que se aplicara un criterio adecuado, el Método español indica:

- Aparatos.

$$K_{sapar} = 1 / \sqrt{(Na - 1)} = 1 / \sqrt{(7-1)} = 0.4$$

K_{sapar} Coeficiente de simultaneidad entre aparatos. Mínimo 0,2

Na : Número de Aparatos de la vivienda.

Considero que aplicar el promedio es más que de sobra.

Según los aparatos previstos necesito una caldera de 36.8 Kw para cubrir las necesidades de ACS, y aunque las necesidades de calefacción serían de 6.56 Kw, estas no se tiene en cuenta, ya que la caldera prioriza el uso de ACS que es para el que se hace el cálculo (**figura 63**).

POTENCIA ACS				
Consumos acs (l/s)		densidad agua	1	Potencia necesaria ACS [Kw]
Lavamanos	0,1	Cp agua	4,186	36,8
Ducha		Tacs	45	
Bañera	0,6	Tred	13	
Bidé	0,2			
Fregadero	0,2			
ratio	0,275			

Figura 63. Potencia requerida para el ACS en función de los aparatos. 2014.
Elaboración propia.

La caldera que podría cumplir es la Remeha Avanta Plus 39C (figura 64).

Tiene una potencia nominal en ACS de 39 Kw

Características técnicas

General	Unidad	Remeha Avanta			
		24s	28c	35c	39c
Modulación de potencia	-	(25 - 100)%	(17 - 100)%	(17 - 100)%	(17 - 100)%
Potencia útil 80/60°	l/W	21,6	21,6	29,4	33,3
Potencia útil 50/50°	l/W	23,5	23,5	31,3	35,5
Potencia útil A.C.S.	l/g	-	28	35	39
Peso sin agua	lts	29	30,5	32	34,5
Contenido de agua	°C	1,8	1,8	2,0	2,2
Temperatura máxima	°C	110	110	110	110
Temperatura de trabajo máxima	bar	90	90	90	90
Presión de trabajo (mín./máx.)	mbar	0,8 / 3	0,8 / 3	0,8 / 3	0,8 / 3
Pérdida de carga disponible $\Delta 20^{\circ}\text{C}$		250	250	250	250
Máx. caudal continuo ACS $\Delta 35^{\circ}\text{C}$	%	-	11,50	14,2	16
Máx. caudal continuo ACS $\Delta 50^{\circ}\text{C}$	%	-	13,44	16,7	18,72
Máx. caudal continuo ACS $\Delta 25^{\circ}\text{C}$	%	-	16,35	20	22,46
Caudal mínimo de arranque ACS	l/min	-	1,2	1,2	1,2
Presión entrada agua (mín./máx.)	bar	-	0,5 / 8	0,5 / 8	0,5 / 8
Capacidad agua	lts	-	0,5	0,6	0,6
Pérdida de carga en intercambiador	mbar	-	100	100	100
Rendimiento %PCI, en carga y temperatura del agua					
100% PN temp. media 70° C	%	98,3	98,3	98,2	98,0
100% PN temp. retorno 50° C	%	104,4	104,4	104,4	104,4
50% PN temp. retorno 50° C	%	108,7	108,7	109,7	110,5
Voltaje conexión	V/Hz	230/50	230/50	230/50	230/50

Figura 64. Características de la caldera. 2014. Catalogo Remeha.

Lógicamente tenemos el precio de la caldera (figura 65).

Modelo	Potencia útil		Código	PVP caldera + plantilla €	Código Kit Humos	PVP kit de humos €	Total caldera €
	50/30°C	80/60°C					
	kW	kW					
Remeha Avanta 24s	6,5 - 25	6,0 - 23,6	CG4009924	1.763	XY6010080	85	1.848
Remeha Avanta 24c	6,5 - 21,6	6,0 - 20,0	CG4009925	1.835	XY6010080	85	1.889
Remeha Avanta 28c	6,2 - 25	5,5 - 23,6	CG4009928	2.030	XY6010080	85	2.115
Remeha Avanta 35c	6,6 - 31,3	5,9 - 29,5	CG4009935	2.399	XY6010080	85	2.484
Remeha Avanta 39c	7,1 - 35,5	6,3 - 33,3	CG4009939	2.716	XY6010080	85	2.801



Figura 65. Precio de la caldera. 2014. Catalogo Remeha.

Para la calefacción, considero la superficie a la que queremos dar servicio, da una potencia calorífica y considerando un ratio de 100 W/m2 (figura 66).

CALEFACCIÓN					
Nombre	Área	ratio calefacción [W/m2]	calor nominal [KW]	COP	consumo nominal [KWh]
Entrada		100	0,00	3,20	0,00
Salón	20,03	100	2,00	3,20	0,63
Habitación 1	12,02	100	1,20	3,20	0,38
Habitación_2	9,52	100	0,95	3,20	0,30
Habitación_3	8,65	100	0,87	3,20	0,27
Habitación_4	7,01	100	0,70	3,20	0,22
Cocina		100	0,00	3,20	0,00
Baño 1		100	0,00	3,20	0,00
Baño 2		100	0,00	3,20	0,00
Baño 3		100	0,00	3,20	0,00
TOTALES	57,23		5,72		1,79

Figura 66. Necesidad a cubrir en calefacción. 2014. Elaboración propia

En cuanto a la calefacción, los radiadores elegidos son de aluminio modelo Dubal de Baxi Roca (figura 67).

		Emisión calorífica en W				
		Frontal plano		Frontal aberturas		
Referencia	Modelo	$\Delta t=50^{\circ}\text{C}$	$\Delta t=40^{\circ}\text{C}$	$\Delta t=50^{\circ}\text{C}$	$\Delta t=40^{\circ}\text{C}$	Euros
						
DUBAL						
194A1xx01	Radiador de aluminio DUBAL 30	82,0	61,5	82,9	62,0	18,20
194A1xx01	Radiador de aluminio DUBAL 45	88,6	65,6	82,4	68,4	12,70
194A2xx01	Radiador de aluminio DUBAL 60	116,1	85,4	120,8	89,4	13,10
194A3xx01	Radiador de aluminio DUBAL 70	132,2	98,0	138,5	102,7	16,10
194A3xx01	Radiador de aluminio DUBAL 80	148,7	110,3	155,5	115,5	17,50

Precios por elemento. Suministro en baterías de 3 a 12 y 14 elementos. Accesorios no incluidos (ver pág. accesorios).

Figura 67. Características de los radiadores. 2014. Baxi Roca.

Dividiendo el calor nominal necesario en cada estancia, por la potencia de cada elemento, obtengo el número de elementos necesarios en cada habitación, y la potencia real requerida (**figura 68**).

CALCULO DE ELEMENTOS DE CALEFACCION						
Nombre	Área	Calor nominal	P (KW/elem)	Nº elem teórico	Nº adoptado	Potencia real
Entrada						
Salón	20,03	2,00	0,1208	16,58	17	2,05
Habitación 1	12,02	1,20	0,1208	9,95	10	1,21
Habitación_2	9,52	0,95	0,1208	7,88	8	0,97
Habitación_3	8,65	0,87	0,1208	7,16	8	0,97
Habitación_4	7,01	0,70	0,1208	5,80	6	0,72
Cocina		0,00	0,1208	0,00	1	0,12
Baño 1		0,00	0,1208	0,00	1	0,12
Baño 2		0,00	0,1208	0,00	1	0,12
Baño 3		0,00	0,1208	0,00	1	0,12
TOTALES	57,23					6,04

Figura 68. Potencia real necesaria por habitación. 2014. Elaboración propia.

A partir de la potencia que precisa cada habitación, dividiendo la potencia entre 10°C (80°-70°) que es el salto de la caldera, podemos hacer el cálculo del caudal necesario en cada habitación y partir de ahí el de las tuberías (**figura 69**).

Nombre				Caudal (litros/h)
Nombre	Nombre Vyp	Planta	Área	
Entrada				
Salón			20,03	205,36
Habitación 1			12,02	120,8
Habitación_2			9,52	96,64
Habitación_3			8,65	96,64
Despacho			7,01	72,48
Cocina				
Baño 1				
Baño 2				
Baño 3				
TOTALES			57,23	591,92

Figura 69. Caudal necesario por habitación. 2014. Elaboración propia.

Dividiendo el caudal/número de elementos de cada habitación, tenemos que cada elemento precisa un caudal de 12.08 lts/h y de esta forma se que caudal precisa cada radiador, dependiendo de los elementos que lo forman.

Esquemáticamente la instalación queda de la siguiente forma (**figura 70**).

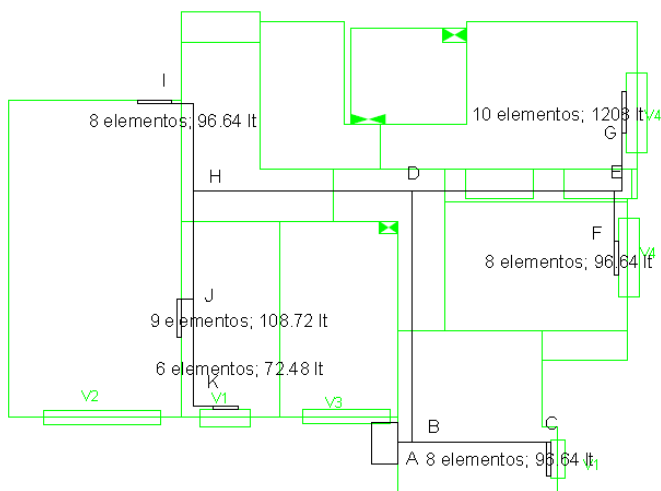


Figura 70. Esquema de la vivienda con radiadores y los tramos a estudiar. 2014. Elaboración propia.

Por tramos, tenemos unos caudales (figura 71).

Tramo	Caudal lts/h	Caudal m3/h
A-B	591,92	0,59192
B-C	96,64	0,09664
B-D	1582,48	1,58248
D-E	1304,64	1,30464
E-F	96,64	0,09664
E-G	1208	1,208
D-H	277,84	0,27784
H-J	181,2	0,1812
H-I	96,64	0,09664
J-K	72,48	0,07248

Figura 71. Caudal de cada uno de los tramos. 2014. Elaboración propia.

Ahora se calcula por tramos, los diámetros interiores y la pérdida de carga, considerando una velocidad máxima de de 1 m/s, perdida máxima de 40 mmca y los caudales los anteriores.

Agua a 45º C.

Para otras temperaturas aplicar el siguiente factor de corrección, **(figura 72)**.

T ºC	5	10	20	40	45	50	60	80	90	95
Factor	1.24	1.18	1.09	1.02	1	0.99	0.96	0.92	0.91	0.91

Figura 72. Factores de corrección para tubería de cobre. 2014. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

En mi caso extrapolando para $\Delta t=50^{\circ}\text{C}$ 0.99, ya que mi salto de temperatura serán 50°C (20°C de temperatura ambiente y 70°C del radiador).

Los cálculos se han hecho sobre las graficas de pérdidas de carga para tuberías de cobre **(figura 73 a 82)**. Comentar que los tramos que dan servicio a los radiadores necesariamente tienen que ser de 12 mm.

Tramo A-B

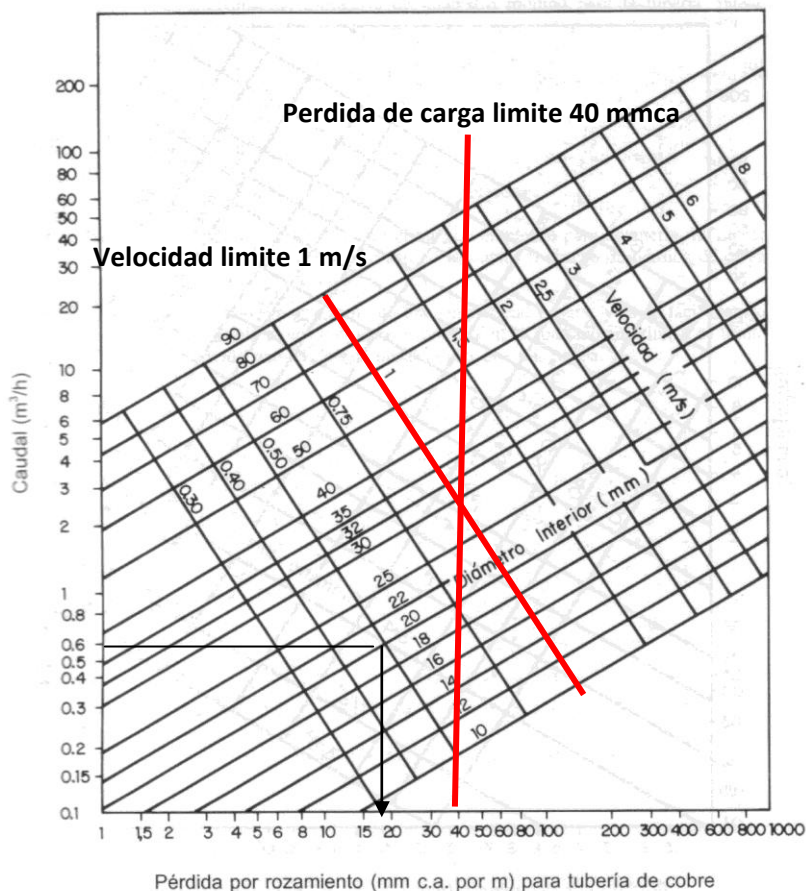


Figura 73. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Diámetro interior 20 mm, pérdida corregida $18 \times 0.99 = 17.82$ mmca

Tramo B-C

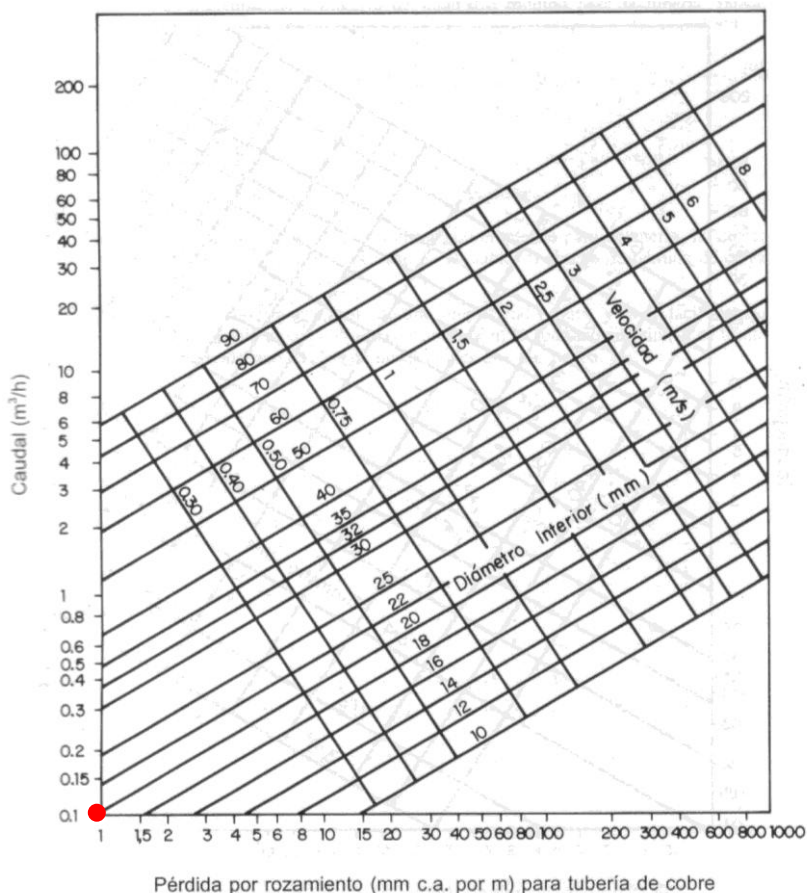


Figura 74. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Diámetro interior 12 mm, pérdida corregida $8 \cdot 0.99 = 7.92$ mmca.

Tramo B-D

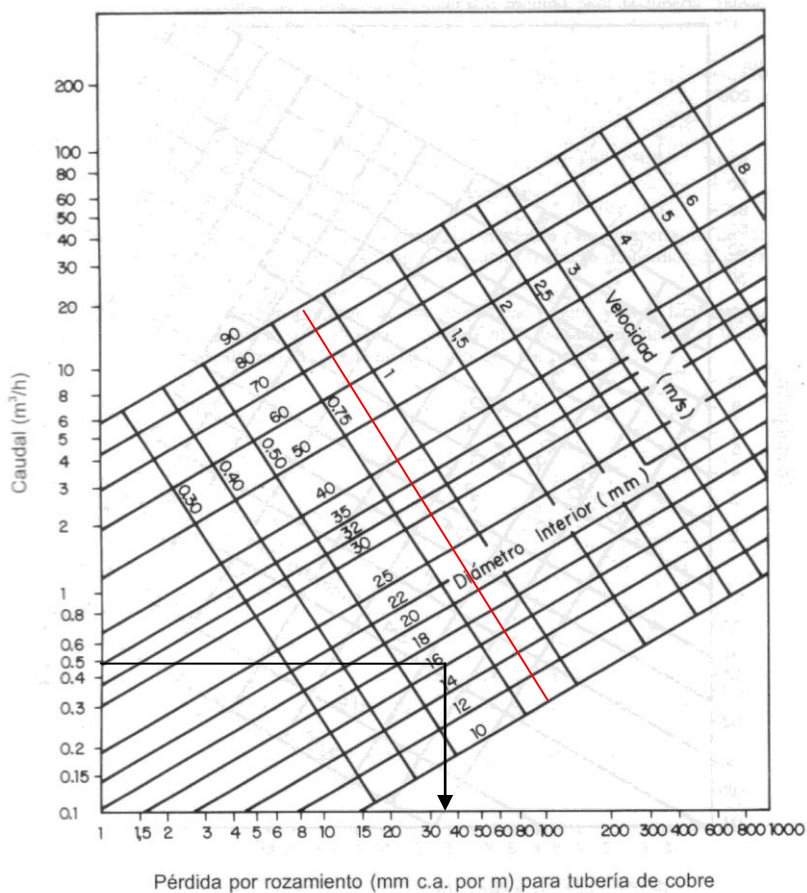


Figura 75. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Diámetro interior 16 mm, pérdida corregida $35 \cdot 0.99 = 34.65$ mmca

Tramo D-E

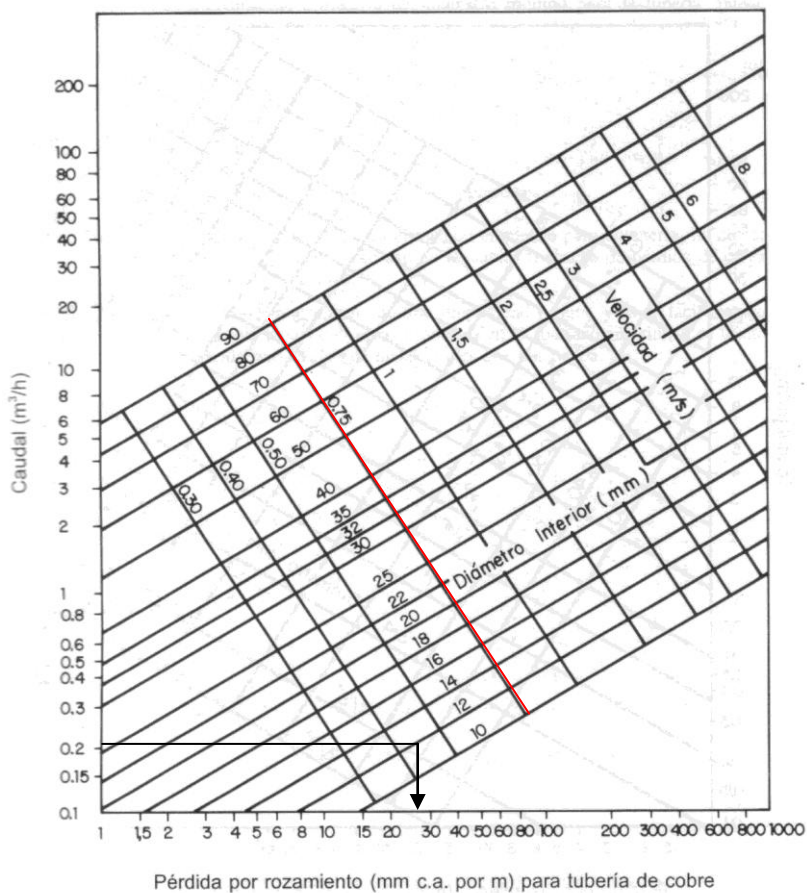


Figura 76. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Diámetro interior 12 mm, pérdida corregida $26 \cdot 0.99 = 25.74$ mmca

Tramo E-F

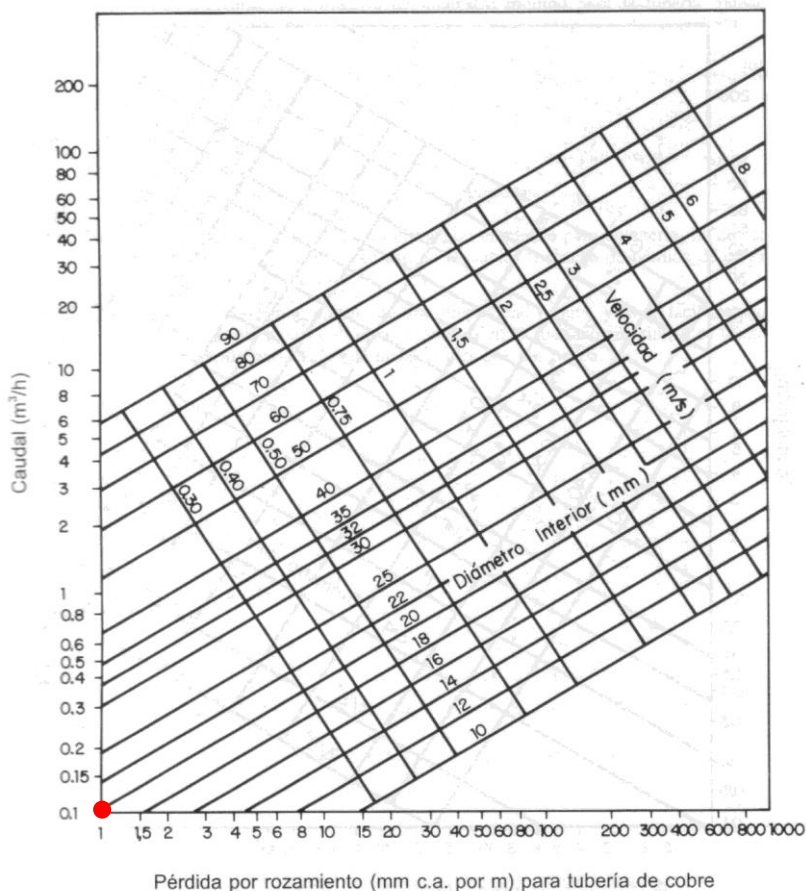


Figura 77. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Diámetro interior 12 mm, pérdida corregida $8 \cdot 0.99 = 7.92$ mmca.

Tramo E-G

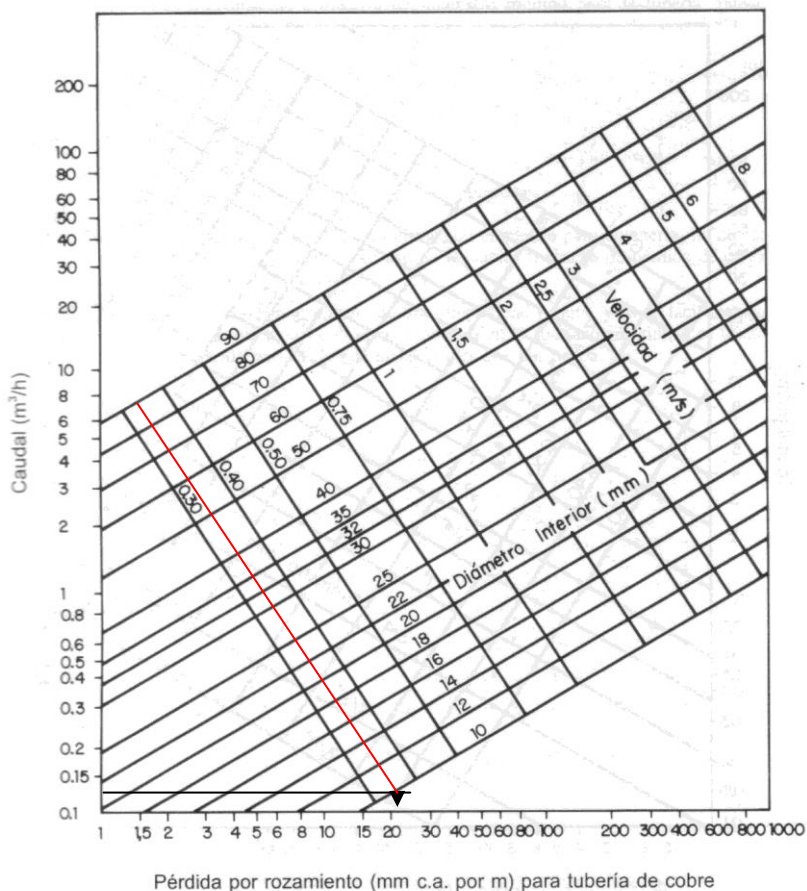


Figura 78. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Diámetro interior 10 mm, pérdida corregida $21 \cdot 0.99 = 20.79$ mmca

Tramo D-H

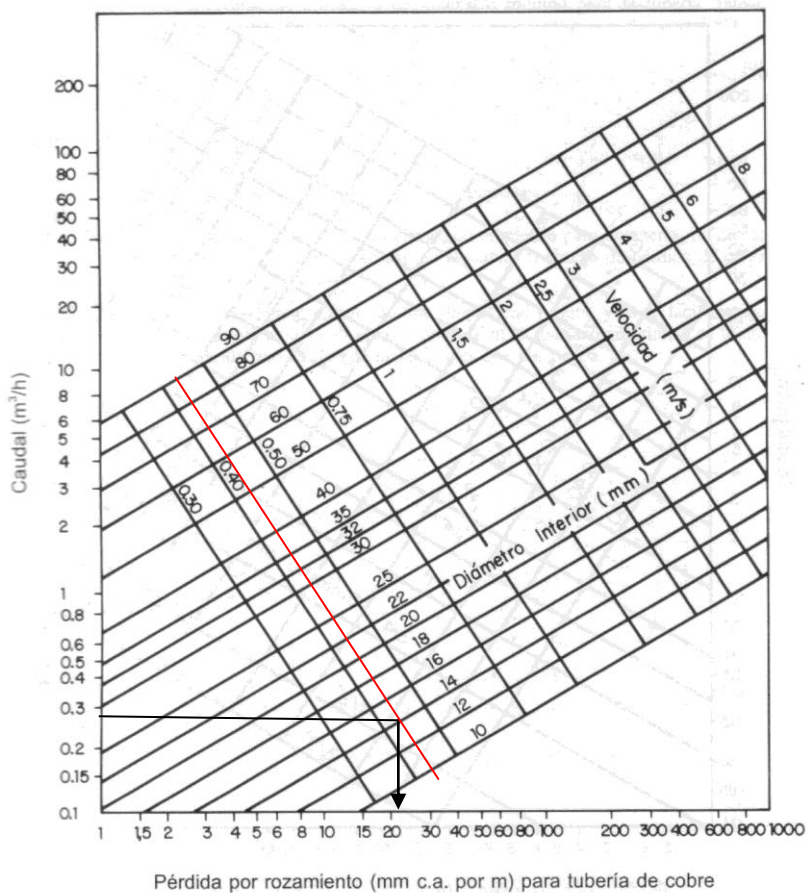


Figura 79. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Diámetro interior 14 mm, pérdida corregida $22 \cdot 0.99 = 21.78$ mmca.

Tramo H-J

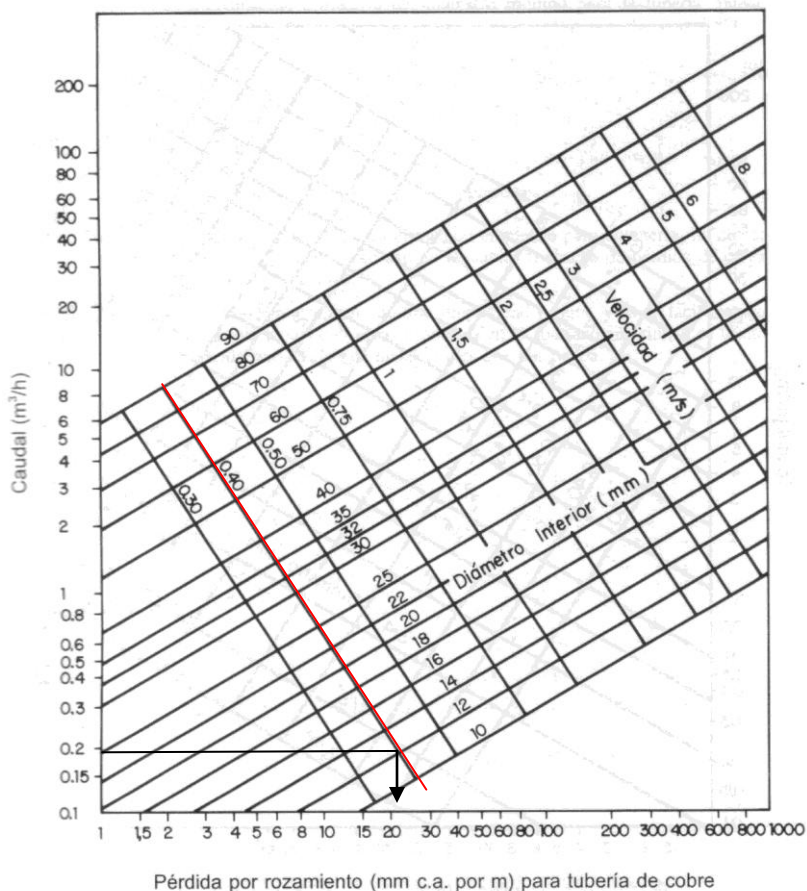


Figura 80. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Diámetro interior 12 mm, pérdida corregida $22 \cdot 0.99 = 21.78$ mmca.

Tramo H-I

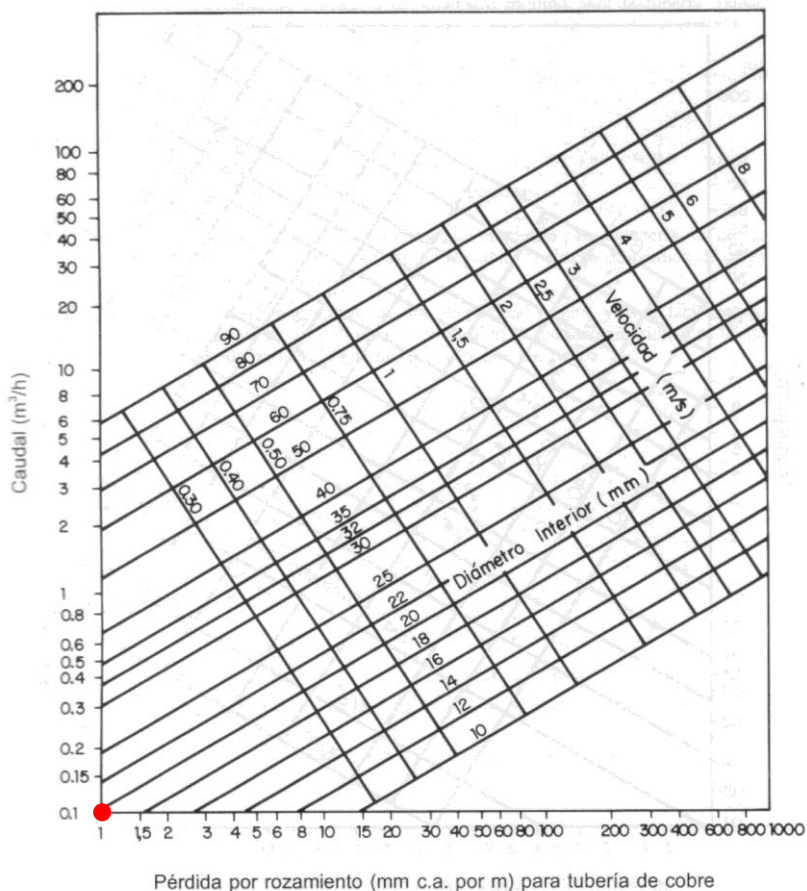


Figura 81. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Diámetro interior 12 mm, pérdida corregida $8 \cdot 0.99 = 7.92$ mmca.

Tramo J-K

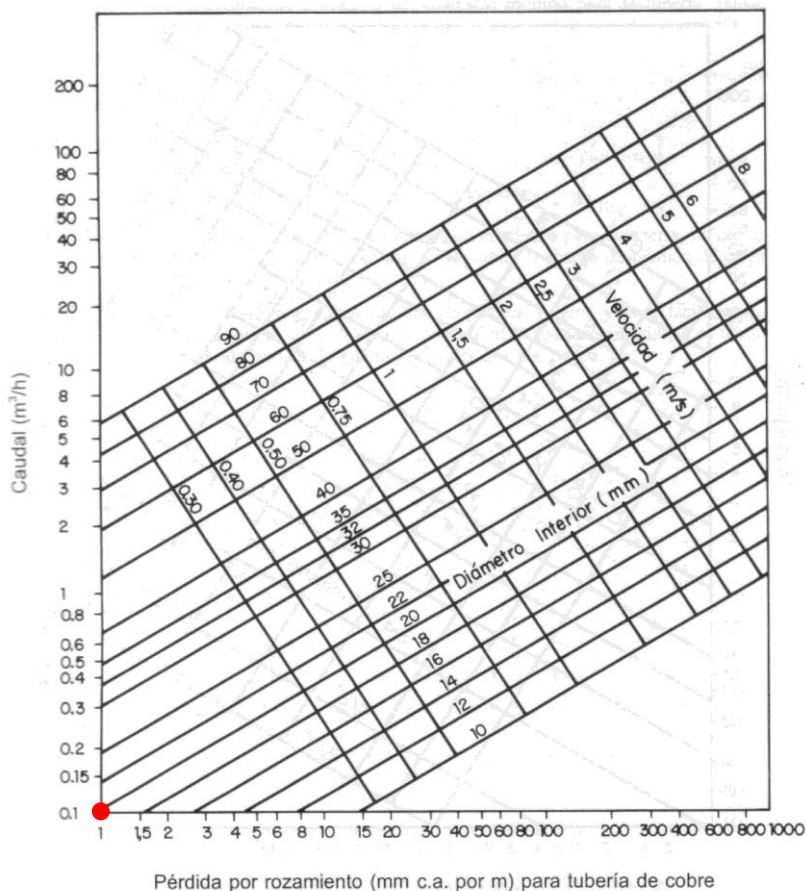


Figura 82. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Diámetro interior 12 mm, pérdida corregida $8 \cdot 0.99 = 7.92$ mmca.

Las equivalencias en diámetros nominales del cobre (**figura 83**).

Diámetro exterior nominal D_{ext} (mm)	Diámetros interiores D (mm)											
	Espesor de la pared e (mm)											
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,5	2	2,5	3
6	5,0	4,8		4,4		4,0						
8	7,0	6,8		6,4		6,0						
10	9,0	8,8	8,6	8,4		8,0						
12	11,0	10,8	10,6	10,4		10,0						
14			12,6	12,4		12,0						
15	14,0		13,6	13,4		13,0		12,6	12,0			
16				14,4		14,0		13,6				
18		16,8		16,4		16,0		15,6	15,0			
22		20,8		20,6	20,2	20,0	19,8	19,6	19,0			
25						23,0		22,6	22,0			
28		26,8		26,4	26,2	26,0		25,6	25,0			
35			33,6	33,4		33,0	32,8	32,6	32,0	31,0		
40						38,0	37,8					
42				40,4		40,0		39,6	39,0	38,0		
54				52,4	52,2	52,0		51,6	51,0	50,0		
64									61,0	60,0	59,0	
66,7						64,7		64,3	63,7	62,7	61,7	
70										66,0	65,0	
76,1								73,7	73,1	72,1	71,1	
80						78,0				76,0		
88,9										84,9	83,9	82,9
108								105,6	105,0	104,0	103,0	102,0
133									130,0	129,0		127,0
159									156,0	155,0		153,0
219												213,0
267												261,0

Figura 83. Equivalencias entre diámetro interior y DN del cobre. 2013.
Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

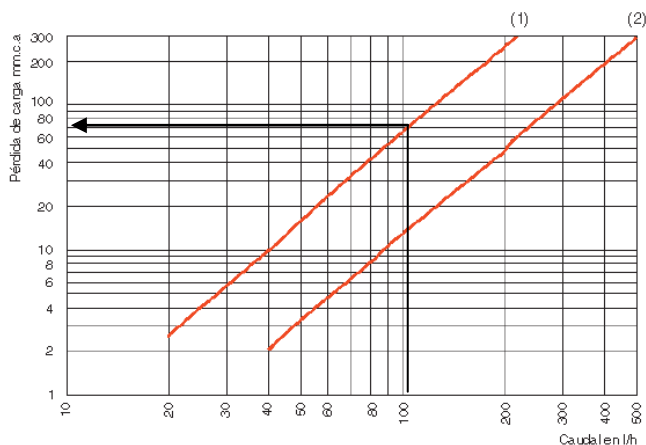
Quedando finalmente la instalación formada por **(figura 84)**:

Perdidas en tuberías

Tramo	Caudal lts/h	Caudal m3/h	D int	DN	Longitud	Perdida por ml de tubería (mmca)	Pérdida total (mmca)
A-B	591,92	0,592	20	22	0,52	17,82	9,27
B-C	96,64	0,097	12	14	10,18	7.92	81,44
B-D	495,28	0,495	16	18	9,62	34,65	333,33
D-E	217,44	0,217	12	14	7,76	25,74	199,74
E-F	96,64	0,097	12	14	6,96	7.92	55,68
E-G	120,80	0,121	10	12	7,7	20,79	160,08
D-H	277,84	0,278	14	16	8,32	21,78	181,21
H-J	181,20	0,181	12	14	9,26	21,78	201,68
H-I	96,64	0,097	12	14	9,24	7.92	73,92
J-K	72,48	0,072	12	14	9,66	7.92	77,28
							1373,64

*Figura 84. Perdida de carga por rozamiento en la instalación.
2014.Elaboración propia*

A estas pérdidas hay que sumar la de los radiadores, por ejemplo el radiador de 9 elementos del comedor **(figura 85)**.



(1) Instalación bitubo

(2) Instalación monotubo con llave totalmente abierta (45% a radiador y 55% al by-pass)

Figura 85. Pérdidas de carga de los radiadores. 2014. Baxi Roca.

Calculando cada radiador con el mismo procedimiento, tenemos (figura 86):

Pérdidas en radiadores

Radiador	elementos	m3h/elemento	m3/h	lt/h	perdida por radiador (mmca)
Comedor	9	0,0121	0,1087	108,72	70
	8	0,0121	0,0966	96,64	60
D1	10	0,0121	0,1208	120,8	95
D2	8	0,0121	0,0966	96,64	60
D3	8	0,0121	0,0966	96,64	60
Despacho	6	0,0121	0,0725	72,48	35
			0,5919	591,9200	380

Figura 86. Pérdidas en los radiadores. 2014. Elaboración propia

Otras pérdidas de carga a considerar son las **pérdidas de carga singulares**.

Las pérdidas singulares son las motivadas por los cambios de dirección y de velocidad. Estas pérdidas se producen en elementos como codos, té, válvulas...

Pueden ser calculadas por dos métodos diferentes: el método de la longitud equivalente y el método de los coeficientes de pérdida de carga.

- Método de los coeficientes: es un método en el que a cada accesorio se le pone un coeficiente (resistencia simple) y se determinan las pérdidas con la siguiente expresión:

$$\Delta p = k \frac{v^2 \gamma}{2g} (\text{kg/m}^2; \text{ se convertirá a mmca})$$

Siendo

V velocidad del agua en cada tramo de tubería (m/s);

γ densidad del agua (kg/m³);

g aceleración de la gravedad (m/s²);

K coeficiente resistencia (no depende de Reynolds).

TABLA 5. Valores del factor de forma k de algunos accesorios.





















SÍMBOLO	RESISTENCIA SIMPLE	k
	Pieza T (1), en ángulo recto	
	derivación, división	1.5
	derivación, unión	1.0
	paso, división	0
	paso, unión	0.5
	cruce (entrada o salida por ambos extremos de la T)	3.0

(1) En las piezas T el valor k es válido considerando la velocidad de la corriente total

Figura 87. Valores de K. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

- Método de la longitud equivalente: es el utilizado en este proyecto consiste en la sustitución de cada uno de los accesorios de la instalación por una tubería de longitud ficticia de tramo recto, tal que las pérdidas de carga que se produzcan en dicho tramo sean iguales a las que se producen en el elemento considerado.

TABLA 8. Longitudes equivalentes (m) de las pérdidas localizadas de carga correspondientes a distintos elementos singulares de las redes hidráulicas.

Clase de resistencia aislada	Diámetros de las tuberías (")														
		3/8	1/2	3/4	1 1/4	1 1/2	2 2 1/2	3	4	5	6				
	(mm)	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150		
Manguito de unión		0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15	0,20	0,25		
Codo de reducción		0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	4,00	5,00		
Codo o curva de 45°		0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25	1,45	1,63		
Curvas de 90°		0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97	2,61	3,43		
Codo de 90°		0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21	2,94	3,99		
«Te» de 45°		1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00	3,30		
«Te» arqueada o de curvas («pantalones»)		1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,60		
«Te» confluencia de ramal (paso recto)		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20		
«Te» derivación a ramal		1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90	7,70	8,90		
Válvula de retención de batiente		0,20	0,30	0,55	0,75	1,15	1,50	1,90	2,65	3,40	4,85	6,60	8,30		
De pistón		1,33	1,70	2,32	2,85	3,72	4,67	5,75	6,91	8,40	11,1	12,8	15,4		
Válvula de compuerta abierta		0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09	1,44	1,70		
Válvula de paso recto y asiento inclinado		1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80	10,8	13,1		
Válvula de escuadra o ángulo (abierta)		1,90	2,55	3,35	4,30	5,60	6,85	8,60	11,1	13,7	17,1	21,2	25,5		
Válvula de asiento de paso recto		—	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	—	—	—	—	—		
Radiador		2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,00		
Radiador con valvulería		3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70	14,00	15,00		
Caldera		2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,00		
Caldera con valvulería		3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,00	11,00	12,00		
Contador		general individual o divisionario 10 m.c.d.a.													

NOTA: Para tuberías lisas ($\epsilon = 0,05 \text{ mm}$) multiplicar los valores del cuadro por 1,40

Figura 88. Longitudes equivalentes de los componentes de una instalación de cobre. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).

Debemos tener presente que el cobre tiene una rugosidad absoluta de 0.0015, luego se multiplican esos valores por 1.40 (figura 89).

Perdidas en accesorios

Tramo	Accesorio	Long equivalente	D int	cantidad	Long equivalente	Perdida (mmca)	Pérdida total (mmca)
A-B	Codo 90°	0,630	20	2	1,764	17,82	31,43
	Confluencia de ramal	0,200	20	2	0,560	17,82	9,98
B-C	Codo 90°	0,330	12	5	2,310	8	18,48
B-D	T	2,500	16	2	7,000	34,65	242,55
D-E	Confluencia de ramal	0,150	12	2	0,420	25,74	10,81
E-F	Codo 90°	0,500	12	5	3,500	8	28,00
E-G	Codo 90°	0,380	10	5	2,660	20,79	55,30
D-H	Derivación a ramal	2,500	14	1	3,500	21,78	76,23
H-J	Confluencia de ramal	0,150	12	1	0,210	21,78	4,57
H-I	Codo 90°	0,330	12	5	2,310	8	18,48
J-K	Codo 90°	0,330	12	5	2,310	8	18,48
válvula de escuadra		1,900	12	6	15,960	8	127,68
							642,00

Figura 89. Resumen de las longitudes equivalentes y las pérdidas de carga de los elementos singulares. 2014. Elaboración propia.

Por último añadir la pérdida en el intercambiador

Perdida de carga intercambiador de la caldera

1019,72

La suma de los cuatro conceptos nos da la pérdida de carga a vencer por la bomba de la caldera.

Total perdidas de carga a absorber por la bomba de la caldera (mmca)

3415,36

Total perdidas de carga a absorber por la bomba de la caldera (mbar)

334,93

Con estos datos voy a la curva de funcionamiento de la bomba de la caldera, para comprobar que es válida (**figura 90**).

X = carga residual

Y = circulación de la calefacción central

1 = ajuste de la bomba "alto"

2 = ajuste de la bomba "bajo"

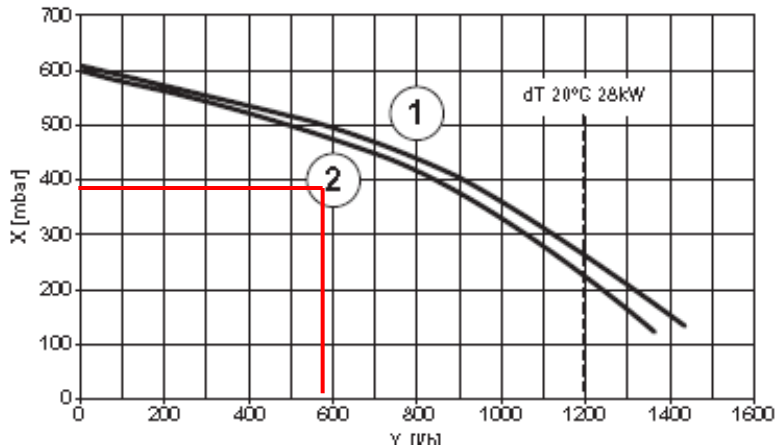


Figura 90. Curva de funcionamiento de la bomba de la caldera. 2014. Remeha.

Estoy dentro del rango de la bomba, tendré que con una válvula aumentar las pérdidas para mantener el caudal.

Capítulo 5. Cálculo de para la sustitución del equipo de generación de ACS y calefacción por caldera de biomasa.

A partir de los datos anteriores, una posible solución es la caldera FERROLI SLF6 de 42 Kw (**figura 91**).

5.1 Tabla de datos técnicos

En la columna de la derecha se indica la abreviatura utilizada en la placa de datos técnicos.

Dato	Unidad	SFL 3	SFL 4	SFL 5	SFL 6	SFL 7
Potencia térmica leña	kW	19	27	36	43	50 (P)
Potencia térmica carbón	kW	22,5	32,5	42,5	52,5	62,5 (P)
Potencia térmica pellets	kW	22	30	36	42	48 (P)
Rendimiento leña	%	77	78	78	78	78,5
Rendimiento carbón	%	79	79,5	80	80,5	81
Rendimiento pellets	%	87,8	87,7	87,7	87,7	87,8
Presión máx. funcionamiento	bar	4	4	4	4	4
Contenido de agua	l	28	30	34	38	42
Volumen cámara	dm ³	48	66	88	108	128
Dimensiones boca de carga leña/carbón	mm	384x210	384x210	384x210	384x210	384x210
Campo de regulación temperatura leña/carbón	°C	30-90	30-90	30-90	30-90	30-90
Temperatura máx. calefacción leña/carbón	°C	95	95	95	95	95
Temperatura de consigna recomendada	°C	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60
Temperatura mínima retorno caldera	°C	50	50	50	50	50
Requisitos de la línea de alimentación de agua de refrigeración del serpentín de seguridad	Presión mínima - bar	2	2	2	2	2
	Caudal mínimo - l/min	10	10	10	10	10
	Temperatura máx. - °C	25	25	25	25	25
Duración de una carga de leña	h	≥ 2,5	≥ 2,5	≥ 2,5	≥ 2,5	≥ 2,5
Duración de una carga de carbón	h	≥ 4,5	≥ 4,5	≥ 4,5	≥ 4,5	≥ 4,5
Tiro mínimo chimenea con leña	Pa	12	14	16	18	20
Tiro mínimo chimenea con carbón	Pa	8	10	15	20	25
Tiro mínimo chimenea con pellets	Pa	23	25	28	30	32
Clase de eficiencia EN303-5		3	3	3	3	3
Peso sin carga	kg	193	241	289	337	385

Figura 91. Datos técnicos caldera SLF6. 2014. Catalogo Ferroli.

Capítulo 6. Cálculo de para la sustitución del equipo de generación de ACS y calefacción por bomba de calor.

El documento reconocido de la Calificación Energética “Prestaciones medias estacionales de equipos y sistemas de producción de frío y calor en edificios de viviendas” determina los valores del FP y del FC

Las prestaciones medias estacionales de un equipo o sistema (SPF) se calcularán multiplicando sus prestaciones nominales (COP) por un factor denominado factor de ponderación representativo (FP) y por un factor de corrección (FC) para las distintas tecnologías y aplicaciones de las bombas de calor accionadas eléctricamente.

$$\text{SPF} = \text{COP}_{\text{nominal}} \times \text{FP} \times \text{FC}$$

El factor de ponderación tiene en cuenta las diferentes zonas climáticas de España que marca el CTE y se ha calculado mediante una metodología exclusivamente técnica, utilizando valores objetivos y los Documentos Reconocidos existentes.

El factor de corrección tiene en cuenta la diferencia entre la temperatura de distribución o uso y la temperatura para la cual se ha obtenido el COP en el ensayo.

Dichos factores pueden verse en la **figura 92**.

Tabla 4.1: Factor de ponderación (FP) para sistemas de Calefacción y/o ACS con bombas de caloren función de las fuentes energéticas, según la zona climática.

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

Tabla 4.2: Factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP.

Factor de Corrección (FC)						
Tª de condensación (°C)	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

Figura 92. Factores de ponderación y corrección del COP. 2014. Prestaciones medias estacionales de equipos y sistemas de producción de frío y calor en edificios de viviendas (IDAE).

La bomba de calor tiene un COP nominal para calefacción a 35° C de 4,45.

El FP se obtendrá de la tabla 4.1 conforme a la zona climática del emplazamiento de la vivienda y al tipo de bomba de calor empleado.

Valencia es zona de severidad climática en invierno B y el tipo de bomba de calor es aerotérmica. Equipos tipo split, por lo que el factor de ponderación que le corresponde es de 0,68.

La temperatura elegida de preparación del ACS es de 50 °C por lo que según la tabla 4.2 de factores de corrección le corresponde el valor de 0,68.

Aplicando la fórmula para la determinación del rendimiento estacional tenemos que:

$$SPF = COP_{nominal} \times FP \times FC = 4.45 \times 0.68 \times 0.68 = 2,05$$

En este caso el SPF de la bomba de calor no es superior a 2,5 y por tanto no podría considerarse como renovable.

Realmente para ser renovable necesito un COP de 5.43, he buscado en diferentes casas y es imposible, si es viable en bombas agua-agua (geotermia).

Capítulo 7. Índice de Figuras

Figura 1. Planta de la vivienda con los distintos cerramientos. 2014. Elaboración propia.....	5
Figura 2. Etiqueta con los datos catastrales de la vivienda. 2014. Catastro.	5
Figura 3. Orientaciones de la vivienda.2014. Elaboración propia.	6
Figura 4. Ventana de definición de la envolvente. 2014. CE3X	7
Figura 5. Definición del cerramiento en la librería de cerramientos. 2014. CE3X.....	8
Figura 6. Introducción de un cerramiento procedente de la librería. 2014. CE3X.....	8
Figura 7. Definición como estimada del cerramiento. 2014. CE3X	9
Figura 8. Definición del cerramiento de la galería en la librería de cerramientos. 2014. CE3X.	9
Figura 9. Asociación del cerramiento de la galería en la pertaña envolvente termica. 2014. CE3X.....	10
Figura 10. Esquema de cómo aplicar el patrón de sombras. 2014. Elaboración propia.....	11
Figura 11. Definición de sombras por el metodo de obstaculos remotos. 2014. CE3X.....	11
Figura 12. Vista de la sombra generada por el edificio vecino sobre la fachada. 2014. CE3X.	12
Figura 13. Planta del cerramiento fachada SE comedor sobre el que actua la sombra formada por el punto 1 y 2. 2014. Elaboración propia..	13

Figura 14. Calculo de la elevación β de los puntos 1 y 2 que definen el muro. 2014 CE3X.	14
Figura 15. Angulos de cada unos de los puntos del balcón. 2014 CE3X.....	14
Figura 16. Aspecto de las sombras que actuan sobre la fachada del comedor. 2014. CE3X.	15
Figura 17. Sombra de la fachada Se galeria. 2014. CE3X.....	15
Figura 18. Patrón de sombras de la fachada SE galeria. 2014. CE3X.....	16
Figura 19. Patrón de sombras de la fachada SE dormitorio 2. 2014. CE3X	16
Figura 20. Tipos de carpinterias existentes en la vivienda. 2014. Elaboración propia.....	17
Figura 21. Calculo de la fracción de marco de cada una de las carpinterías. 2014. Elaboración propia.....	18
Figura 22. Ventana de entrada de huecos y lucernarios. 2.014. CE3X.	19
Figura 23. Introducción del color de la carpinteria para el calculo de la absortividad.2014 CE3X.....	19
Figura 24. Introducción de elementos de sombreado que actuan sobre el hueco. 2014. CE3X.	20
Figura 25. Definición del retranqueo del hueco. 2014 CE3X.....	20
Figura 26. Hueco V1 definido. 2014. Elaboración propia.....	21
Figura 27. Valor de trasmisibilidad del puente termoc de forjado. 2014. CE3X.....	22
Figura 28. Calentador de 10 Lts existente en la vivienda. 2014. Elaboración propia.....	22
Figura 29. Definición de la instalación de calefacción. 2014. CE3X.....	23
Figura 30. Calificación energetica de la vivienda. 2014. CE3X.....	24
Figura 31. Comparativa de los valores de emisiones respecto al caso base. 2014. CE3X.	25
Figura 32. Coste del gas a partir de las facturas del año. 2013. CE3X.	25

Figura 33. Consumo de biomasa previsto. 2014. CE3X	26
Figura 34. Coste €/kWh de cada tipo de energía utilizada por cada sistema. 2014. CE3X.....	26
Figura 35. Resultados proporcionados por el programa en cuanto a viabilidad económica. 2014. elaboración propia a partir de CE3X.....	28
Figura 36. Número de personas en función de los dormitorios de la vivienda. 2006. CTE.....	29
Figura 37. Demanda de ACS. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.....	30
Figura 38. Demandas anuales de energía. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.....	31
Figura 39. Planta de la zona donde se ubicarían los captadores. 2014. www.catastro.es	33
Figura 40. Cálculo de pérdidas por orientaciones. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.	34
Figura 41. Aporte de la instalación por meses. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.	34
Figura 42. Características técnicas acumulador. 2014. catálogo Remeha.	35
Figura 43. Pérdidas de carga en el captador. 2014. Catálogo Sonnenkraft.	36
Figura 44. Datos de pérdida de carga total y caudal de la bomba. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.	37
Figura 45. Curva de funcionamiento bomba. 2014. catálogo de la casa Wilo.....	37
Figura 46. Cálculo del volumen del circuito primario. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.	38
Figura 47. Cálculo del vaso de expansión. 2014. GAT-17 Pilar Pereda Suquet.....	39

Figura 48. Esquema de los conceptos a considerar en el calculo de la separación entre paneles. 2013. Francisco Galvany.	40
Figura 49. Factura de consumo electrico Diciembre 2012. Año 2012. Iberdrola.	43
Figura 50. . Factura de consumo electrico Diciembre 2013. Año 2013. Iberdrola.	44
Figura 51. Diagrama del proceso fotovoltaico. 2006 – Diseño de una instalación solar fotovoltaica (Diego Oñate Arresti).	45
Figura 52. Consumos actuales de la vivienda. 2014. Elaboración propia.	47
Figura 53. Ventana principal de Pvgis. 2014. http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php	51
Figura 54. Selección de la población en Pvgis. 2014. http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php	51
Figura 55. Datos aportados por el programa, incluyendo inclinación optima. 2014. http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php	52
Figura 56. Calculo de irradiancia media diaria. 2014. http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php	52
Figura 57. Irradiación diaria de cada mes. 2014. http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php	53
Figura 58. Concepto de hora solar pico. 2014. www.wikipedia	54
Figura 59. Horas solar pico consideradas. 2014. Elaboración propia.	54
Figura 60. Características panel solar.2014. Atersa.	55
Figura 61. Factor de utilización. 2006. Diseño de una instalación solar fotovoltaica.....	56
Figura 62. Soportes de los paneles. 2014. Atersa.....	59
Figura 63. Potencia requerida para el ACS en función de los aparatos. 2014. Elaboración propia.....	61
Figura 64. Características de la caldera. 2014. Catalogo Remeha.....	61

Figura 65. Precio de la caldera. 2014. Catalogo Remeha.	62
Figura 66. Necesidad a cubrir en calefacción. 2014. Elaboración propia	62
Figura 67. Características de los radiadores. 2014. Baxi Roca.....	63
Figura 68. Potencia real necesaria por habitación. 2014. Elaboración propia.....	63
Figura 69. Caudal necesario por habitación. 2014. Elaboración propia.	64
Figura 70. Esquema de la vivienda con radiadores y los tramos a estudiar. 2014. Elaboración propia.	65
Figura 71. Caudal de cada uno de los tramos. 2014. Elaboración propia.	65
Figura 72. Factores de corrección para tubería de cobre. 2014. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).....	66
Figura 73. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	67
Figura 74. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	68
Figura 75. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	69
Figura 76. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	70
Figura 77. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	71
Figura 78. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	72
Figura 79. Pérdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	73

Figura 80. Perdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	74
Figura 81. Perdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	75
Figura 82. Perdidas por rozamiento tuberías de cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	76
Figura 83. Equivalencias entre diámetro interior y DN del cobre. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany). ..	77
Figura 84. Pérdida de carga por rozamiento en la instalación. 2014. Elaboración propia.....	78
Figura 85. Pérdidas de carga de los radiadores. 2014. Baxi Roca.	79
Figura 86. Pérdidas en los radiadores. 2014. Elaboración propia	79
Figura 87. Valores de K. 2013. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).	80
Figura 88. Longitudes equivalentes de los componentes de una instalación de cobre. Componentes de las instalaciones fototérmicas (Francisco Galvany).....	81
Figura 89. Resumen de las longitudes equivalentes y las pérdidas de carga de los elementos singulares. 2014. Elaboración propia.	82
Figura 90. Curva de funcionamiento de la bomba de la caldera. 2014. Remeha.....	83
Figura 91. Datos técnicos caldera SLF6. 2014. Catálogo Ferroli.	84
Figura 92. Factores de ponderación y corrección del COP. 2014. Prestaciones medias estacionales de equipos y sistemas de producción de frío y calor en edificios de viviendas (IDAE).....	86