

4. Análisis de la demanda energética.

4. ANALISIS DE DEMANDA ENERGÉTICA.

4.1. BASE DE LOS CÁLCULOS.

El primer paso para dimensionar el sistema de energía solar térmica es el de conocer las necesidades energéticas de ACS, calefacción y refrigeración de la vivienda unifamiliar. Después se tiene que analizar la radiación solar disponible en la localidad de El Verger (Alicante) y aplicar los rendimientos correspondientes.

Para determinar la demanda energética del ACS basaremos los cálculos en "El documento básico de ahorro de energía HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria" .

Para determinar la demanda energética de la calefacción y refrigeración basaremos los cálculos en el "Documento Básico de Ahorro de Energía HE1: Limitación de la demanda energética" , en la "Norma Básica de la Edificación: Condiciones Térmicas de los Edificios" , y el "Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios" (RITE).

4.2. DATOS DE PARTIDA.

Los datos de partida son de gran importancia en el desarrollo de un proyecto, ya que de ellos dependen los cálculos realizados, y por lo tanto los resultados del proyecto. De manera que estos datos serán definidos, con la mayor exactitud posible para obtener unos resultados satisfactorios en el desarrollo del proyecto.

Siendo estos datos los siguientes:

- Datos referidos a la familia ocupante de la vivienda.

La familia está integrada por cuatro miembros; dos adultos y dos niños.

Según el documento HE-4 (Contribución solar mínima de ACS), el cálculo de número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación:

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

Tabla 4.1. Tabla de cálculos de Nº de personas por vivienda. Documento Básico HE4.

Los hábitos de consumo de agua caliente sanitaria de esta unidad familiar son los habituales, por lo que se utilizará como consumo medio diario 30 litros por persona y día a una temperatura de 60°C (según datos del CTE-HE4).

La temperatura media óptima en el interior de la vivienda oscila entre 20-23 °C para los meses de invierno y entre 23-25 °C para los meses de verano.

Consideraremos que la vivienda está ocupada durante todo el año.

- Datos geográficos de la edificación

La edificación unifamiliar objeto de estudio, está situada en El Verger (Alicante), a una altitud aproximada de 25 m. sobre el nivel del mar.

Según el CTE-HE4, la vivienda unifamiliar se encuentra en la Zona Climática IV. Según se observa en la siguiente figura tomaremos los datos de la localidad de Denia, ya que es la población más próxima al El Verger.

La temperatura máxima en verano es de 32°C y la mínima en invierno es de 6°C.

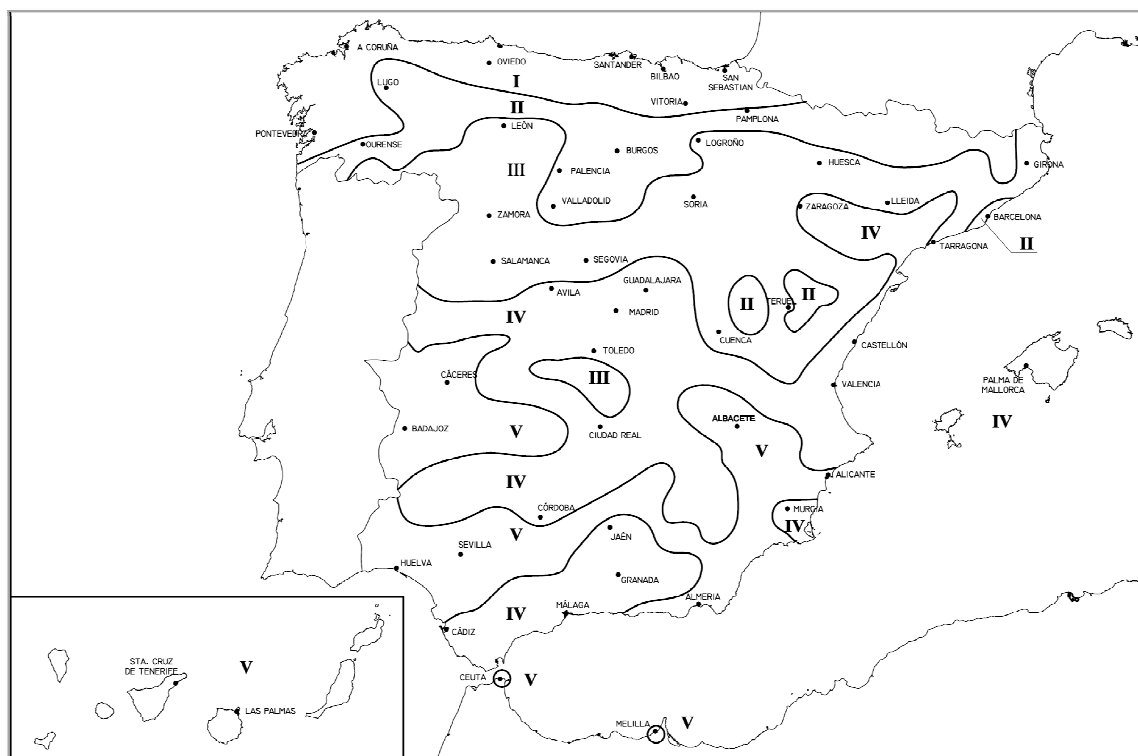


Figura 4.1. Mapa zonas climáticas. CTE-HE4.

ALICANTE	Alcoy	IV
	Alicante	V
	Benidorm	IV
	Crevillent	V
	Denia	IV
	Elche	V
	Elda	IV
	Ibi	IV
	Javea	IV
	Novelda	IV

Figura 4.2. Tabla zonas climáticas. CTE-HE4.

4.3. DEMANDA ENERGÉTICA DE ACS.

El primer cálculo lógico en cualquier instalación es evaluar el consumo necesario. En el caso de agua caliente sanitaria, hay que conocer los litros de agua que cada día consumen los usuarios de las viviendas.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 4.2. Tabla de demanda de referencia a 60°C. CTE-HE4.

Según se desprende la tabla de demanda, obtenemos que en la vivienda unifamiliar objeto de estudio, estableceremos que el consumo de agua es de 30 l/persona, por lo tanto tendremos que el consumo diario es:

$$V = n_{\text{personas}} \times V_{\text{usuario}} = 30 \text{ litros/persona} \times 4 \text{ personas} = \mathbf{120 \text{ litros}}$$

Donde:

V = Volumen total de ACS en la vivienda (litros).

n_{personas} = Numero de personas en la vivienda.

V_{usuario} = Volumen diario de ACS por usuario (litros).

Por lo tanto el consumo diario habitual para una vivienda unifamiliar de 4 miembros es de 120 l de ACS a 60°C. Por lo que al mes obtenemos que el

consumo medio de ACS es de 3.650 l, por tanto al año una familia media de 4 personas consume un total de 43.800 l.

Una vez se ha establecido el volumen de agua que consumirán los usuarios de la instalación, debemos saber la energía que se tiene que aportar para conseguir aumentar la temperatura del agua de red hasta los 60 °C de servicio. Para hacer obtener estos datos, primero calcularemos el salto térmico entre el agua de red y el agua de servicio mediante la siguiente expresión:

$$\Delta t = t_{\text{servicio}} - t_{\text{red}}$$

Donde:

Δt = Salto térmico (°C)

t_{servicio} = Temperatura del agua de consumo. Para los cálculos usaremos como temperatura del agua 60 °C, ya que es la temperatura que queremos obtener.

t_{red} = Temperatura a la que llega el agua fría de consumo de la red general de distribución. Este valor lo puede suministrar la compañía local y, si no se dispone de ningún dato local, se utiliza la siguiente tabla de temperaturas medias mensuales provinciales.

	Temperatura media del agua de la red general, en °C. (Fuente: CENSOLAR).												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
VALENCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
CASTELLÓN	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
ALICANTE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3

Tabla 4.3. T_a media del agua de la red general.

	Salto térmico de temperatura del agua hasta los 60 °C												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
VALENCIA	52	51	49	47	46	45	44	45	46	47	49	52	47,7
CASTELLÓN	52	51	49	47	46	45	44	45	46	47	49	52	47,7
ALICANTE	52	51	49	47	46	45	44	45	46	47	49	52	47,7

Tabla 4.4. Salto térmico de temperatura del agua.

Como nuestra vivienda se sitúa en El Verger, provincia de Alicante, y la temperatura media del agua de la red considerada para la Comunidad Valenciana es la misma, obtenemos que la variación de temperatura media anual es de 47,7 °C entre el agua de la red general y el agua caliente a de consumo en la vivienda.

Una vez conocemos el volumen diario de agua a calentar y el salto térmico necesario, calcularemos la energía necesaria mediante la siguiente expresión:

$$Q = V \times \delta \times C_e \times \Delta t$$

Donde:

Q = Cantidad de calor necesaria (Kcal).

V = Volumen total de ACS en la vivienda (litros).

δ = Densidad del agua (kg/l).

C_e = Calor específico del agua (kcal/kg °C).

Δt = Salto térmico (°C).

La cantidad de calor necesaria es muy importante en el cálculo, ya que se trata del dato de partida, es decir, del resultado que queremos obtener en la instalación.

Tomaremos como datos para el cálculo:

- Densidad del agua: 1 Kg/l
- Calor específico del agua: 1 Kcal / Kg °C
- Volumen diario de consumo: 120 l

Con lo que obtenemos las siguientes tablas de valores:

	Energía Necesaria Q kcal/ día												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
ENERGIA	6240	6120	5880	5640	5520	5400	5280	5400	5520	5640	5880	6240	5724

Tabla 4.5. Energía necesaria en la vivienda para ACS por día de cada mes.

MES	ENERGÍA		
	Kcal/ día	kJ/ día	KWh/ día
ENERO	6240	26.125,63	7,26
FEBRERO	6120	25.623,22	7,12
MARZO	5880	24.618,38	6,84
ABRIL	5640	23.613,55	6,56
MAYO	5520	23.111,14	6,42
JUNIO	5400	22.608,72	6,28
JULIO	5280	22.106,30	6,14
AGOSTO	5400	22.608,72	6,28
SEPTIEMBRE	5520	23.111,14	6,42
OCTUBRE	5640	23.613,55	6,56
NOVIEMBRE	5880	24.618,38	6,84
DICIEMBRE	6240	26.125,63	7,26
MEDIA ANUAL	5.724	23.965,24	6,66

Tabla 4.6. Energía necesaria diaria en cada mes

MES	ENERGIA	
	KWh/mes	MJ/ mes
ENERO	224,97	809,89
FEBRERO	199,29	717,45
MARZO	211,99	763,17
ABRIL	196,78	708,41
MAYO	199,01	716,45
JUNIO	188,41	678,26
JULIO	190,36	685,30
AGOSTO	194,69	700,87
SEPTIEMBRE	192,59	693,33
OCTUBRE	203,34	732,02
NOVIEMBRE	205,15	738,55
DICIEMBRE	224,97	809,89
TOTAL	2.431,55	8.753,59

Tabla 4.7. Energía total mensual.

Por lo tanto necesitamos una energía total anual de 8.753,59 MJ, es decir 2.431,55 KWh para el suministrar agua caliente durante todo el año a la vivienda.

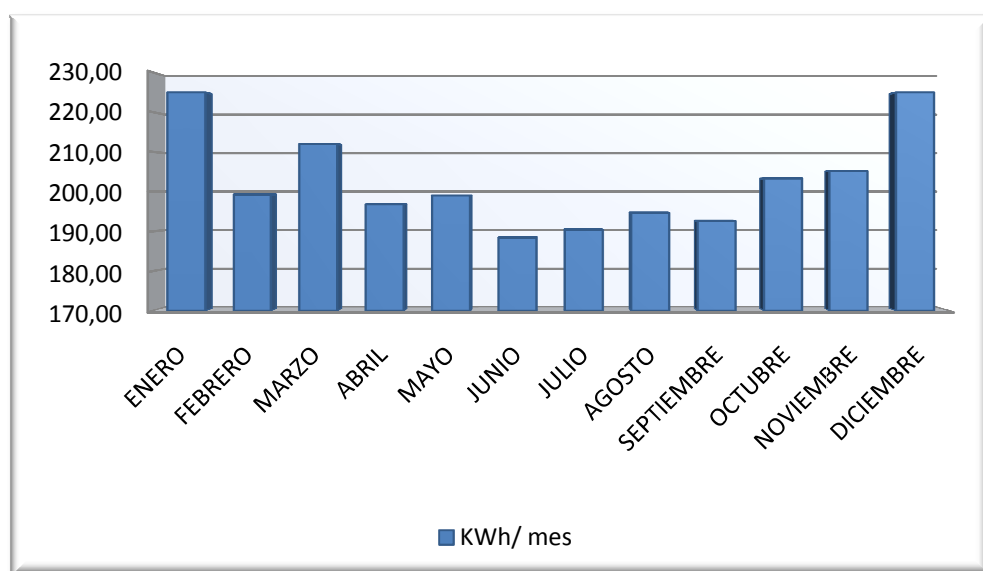


Figura 4.3. Gráfica de consumos energéticos para ACS.

4.4. DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN IDEAL.

Para definir la demanda energética para la calefacción de la vivienda unifamiliar, lo haremos en base a las recomendaciones de la Agencia Valenciana de Energía (AVEN).

Para saber la cantidad de energía que es necesaria para calentar y mantener la vivienda a una temperatura optima, comenzaremos por conocer es la volumen de aire que se tiene que calentar. Para ello utilizaremos la siguiente fórmula:

$$m = \frac{P \times V \times PM}{R \times T}$$

Donde:

m = masa de aire a calentar (kg)

P = presión atmosférica (1 atm)

V = volumen de aire a calentar (m³)

PM = peso molecular del aire (28,96 kg/Kmol)

R = constante universal de los gases ideales (0,0820562 atm·m³/K·kmol)

T = temperatura a la que se encuentra el aire a calentar (°Kelvin)

Como temperatura cogeremos la media mensual recogida en la estación meteorológica de Denia durante los últimos años varios años, recogido por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Temperatura Media en Denia												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
°C	11	11	14	16	19	24	26	26	23	20	14	12
°K	284,16	284,16	287,16	289,16	292,16	297,16	299,16	299,16	296,16	293,16	287,16	285,16

Tabla 4.8. Tabla de temperatura media en Denia.

La superficie a climatizar en el interior de la vivienda:

PLANTA BAJA	
Aseo	1,62 m ²
Cocina	6,24 m ²
Recibidor	4,10 m ²
Salón-Comedor	19,41 m ²
PLANTA 1ª	
Baño 1	3,22 m ²
Dormitorio 1	8,37 m ²
Dormitorio 2	8,15 m ²
Paso	7,30 m ²
PLANTA 2ª	
Baño 2	4,00 m ²
Dormitorio ppl.	10,00 m ²
Paso	1,38 m ²
Escalera	5,04 m ²

	Superficie (m ²)
PLANTA BAJA	31,37
PLANTA 1ª	27,04
PLANTA 2ª	20,42
TOTAL	78,83

Tabla 4.9. Cuadro de superficies de la vivienda.

Teniendo en cuenta que la altura de la edificación es de 2,70 metros podremos calcular con una simple multiplicación el volumen de aire a calentar.

$$V = \text{Superficie (m}^2\text{)} \times \text{Altura (m)} = 78,83 \text{ m}^2 \times 2,70 \text{ m} = 212,84 \text{ m}^3$$

A continuación se muestra la tabla con el cálculo de la masa de aire a calentar distribuido por meses del año.

MES	P (atm)	V (m³)	PM (kg/k.mol)	R (atm.m³/k.Kmol)	T (°K)	m (kg)
ENERO	1	212,84	28,96	0,0820562	284,16	264,35
FEBRERO	1	212,84	28,96	0,0820562	284,16	264,35
MARZO	1	212,84	28,96	0,0820562	287,16	261,59
ABRIL	1	212,84	28,96	0,0820562	289,16	259,78
MAYO	1	212,84	28,96	0,0820562	292,16	257,11
JUNIO	1	212,84	28,96	0,0820562	297,16	252,78
JULIO	1	212,84	28,96	0,0820562	299,16	251,09
AGOSTO	1	212,84	28,96	0,0820562	299,16	251,09
SEPTIEMBRE	1	212,84	28,96	0,0820562	296,16	253,64
OCTUBRE	1	212,84	28,96	0,0820562	293,16	256,23
NOVIEMBRE	1	212,84	28,96	0,0820562	287,16	261,59
DICIEMBRE	1	212,84	28,96	0,0820562	285,16	263,42

Tabla 4.10. Cuadro cálculo de la masa de aire.

Debido a infiltraciones e interferencias del sistema, consideraremos que el aire se renueva un 50% cada día, con el siguiente resultado:

m	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
100%	264,35	264,35	261,59	259,78	257,11	252,78	251,09	251,09	253,64	256,23	261,59	263,42
50%	132,17	132,17	130,79	129,89	128,56	126,39	125,55	125,55	126,82	128,12	130,79	131,71

Tabla 4.11. Cuadro cálculo de la masa de aire con renovación del aire.

Una vez conocemos la masa de aire que debemos calentar, necesitamos saber la energía que necesitamos para ello.

Para calcular la energía necesaria para calentar esta masa de aire utilizaremos la siguiente expresión:

$$Q = m \times C_e \times \Delta t$$

Donde:

Q = Cantidad de calor necesaria (kcal)

m = Masa total de aire a calentar (kg)

C_e = Calor específico del aire (0,4 kcal/kg °K)

Δt = Salto térmico (°K)

Para calcular el salto térmico del exterior de la vivienda al interior consideraremos como temperatura de confort 20° C para los meses de invierno, por lo que en grados Kelvin son 293,16°K.

MES	m (Kg)	Ce (Kcal/Kg.°K)	T media (°K)	T cálculo (°K)	Q (Kcal/día)	Q (KJ/ día)	Q (MJ/ mes)
ENERO	132,17	0,24	284,16	293,16	285,50	1.195,32	35,86
FEBRERO	132,17	0,24	284,16	293,16	285,50	1.195,32	33,47
MARZO	130,79	0,24	287,16	293,16	188,34	788,55	24,45
ABRIL	129,89	0,24	289,16	293,16	124,69	522,07	15,66
MAYO	128,56	0,24	292,16	293,16	30,85	129,18	4,00
JUNIO	126,39	0,24	297,16	293,16	-121,34	-508,01	-15,24
JULIO	125,55	0,24	299,16	293,16	-180,79	-756,92	-23,46
AGOSTO	125,55	0,24	299,16	293,16	-180,79	-756,92	-23,46
SEPTIEMBRE	126,82	0,24	296,16	293,16	-91,31	-382,30	-11,47
OCTUBRE	128,12	0,24	293,16	293,16	0,00	0,00	0,00
NOVIEMBRE	130,79	0,24	287,16	293,16	188,34	788,55	23,66
DICIEMBRE	131,71	0,24	285,16	293,16	252,88	1.058,78	32,82

TOTAL	169,92
-------	--------

Tabla 4.12. Cuadro cálculo de la energía necesaria para el calentamiento.

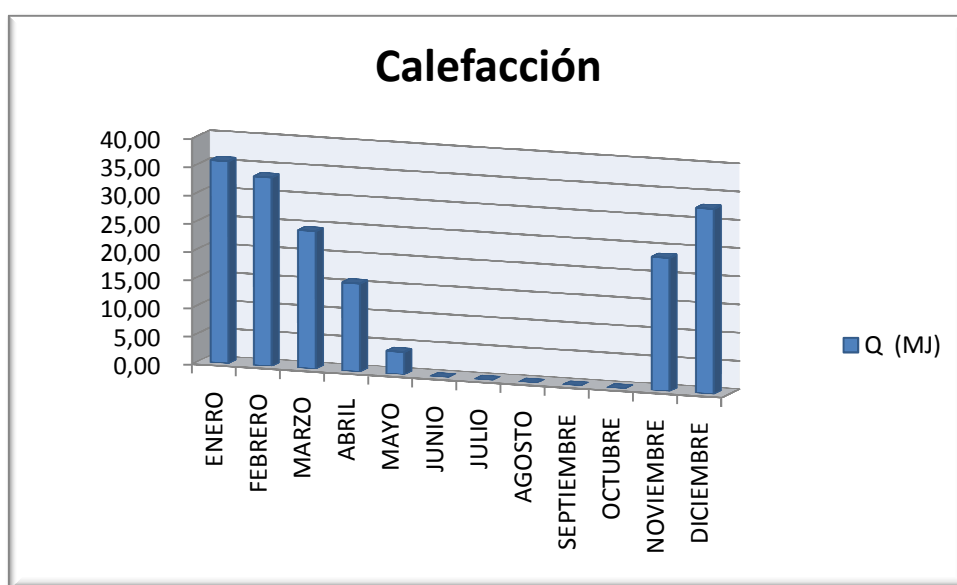


Figura 4.4. Grafica de demanda energética de calefacción mensual ideal.

Los meses de Junio a Septiembre marcados con letra roja son aquellos en los que hay una demanda energética negativa y coincide precisamente con los meses de verano y próximos a este. En estos meses podemos sustituir el valor por cero ya que son los meses en los que el sistema no debe aportar energía de calefacción.

4.5. DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN CON PÉRDIDAS.

4.5.1. DATOS DE PARTIDA.

Esta grafica anterior (Figura 4.4.) correspondería si la vivienda unifamiliar fuera ideal, es decir, si no experimentaran pérdida alguna de energía. Pero sabemos que este estado no es del todo cierto pues dependiendo del material y las características de la construcción empleado en la edificación de la vivienda existen unas pérdidas de energía.

Según establece la Sección HE 1 "Limitación de Demanda Energética" en su apartado 1 "Generalidades", se ha optado por la opción simplificada en el procedimiento de comprobación ya que se cumplen simultáneamente las condiciones siguientes:

- El porcentaje de huecos en cada fachada es inferior al 60% de su superficie.
- El porcentaje de lucernarios en la cubierta es 0% con lo cual, es inferior al 5% que nos indica la norma.

ALZADO	% HUECOS
NORTE	21,65
SUR	29,10
ESTE	0,00
OESTE	19,70

Tabla 4.13. Porcentaje de superficie de huecos en cada fachada.

La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican y según la zonificación climática establecida. El CTE DB HE establece las zonas climáticas dependiendo del desnivel entre la localidad y la capital de su provincia.

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	/	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	F1	1054	F1	F1	F1	F1	F1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	F1	F1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	49	C3	C4	D1	D1	E1

Figura 4.5. Detalle de la tabla del Apéndice D. del CTE DB HE 1

En nuestro caso también se indica "Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia", por lo tanto tomaremos la zona climática B4, correspondiente a Alicante.

ZONA CLIMÁTICA B4										
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno					$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Transmitancia límite de suelos					$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Transmitancia límite de cubiertas					$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Factor solar modificado límite de lucernarios					$F_{Lim}: 0,28$					
% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,58 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas B3 y B4.

Figura 4.6. Tabla de zona climática B4. CTE DB HE 1.

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m ² K					
Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos ⁽²⁾	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

(1) Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m
(2) Las transmitancias térmicas de vidrios y marcos se compararán por separado.

Figura 4.7. Tabla transmitancia térmica. CTE DB HE 1.

Para el cálculo de los coeficientes del espacio habitable en contacto con el exterior nos basaremos en el Documento Básico de Ahorro de Energía (Apéndice E) donde están tabuladas en tablas las resistencias térmicas superficiales de los cerramientos dependiendo del sentido del flujo de calor.




Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m ² K/W		
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,04	0,17

Figura 4.8. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m²K/W.

4.5.2. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior así como para los puentes térmicos integrados en dichos cerramientos cuya superficie sea superior a 0,5 m². La transmitancia térmica U (W/m² K) viene dada por la expresión:

$$U = 1 / R_T$$

Donde:

U = la transmitancia térmica (W/m^2K)

R_T = la resistencia térmica total del componente constructivo (m^2K/W), calculada según la expresión:

$$R = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Siendo, R_{si} y R_{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente tomadas de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y situación en el edificio (m^2K/W).

R_1, R_2, \dots, R_n las resistencias térmicas de cada capa (m^2K/W), definida cada una de ellas mediante la expresión:

$$R = e / \lambda$$

Donde:

e = el espesor de la capa (m)

λ = la conductividad térmica de diseño de material que compone la capa (W/mK)

Por lo cual obtenemos los siguientes datos:

FACHADA DE LADRILLO REVESTIDA			
R=	2,24	PARAMETROS CARACTERÍSTICOS	
U=	0,45		
COMPONENTES	Espesor (cm)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia (m^2K/W)
Resistencia del aire exterior			0,400
Enfoscado de mortero de cemento	2,00	1,300	0,015
1/2 pie de ladrillo hueco	11,50	0,440	0,261
Revoco hidrófugo interior	1,00	1,300	0,008
Cámara de aire	4,00		0,170
Aisl. Térmico (Poliuretano proyectado)	3,00	0,028	1,071
Tabicón de LHD	7,00	0,440	0,159
Guarnecido y enlucido de yeso	1,50	0,570	0,026
Resistencia del aire interior			0,130

Tabla 4.14. Transmitancia térmica de la fachada.

MEDIANERA			
R=	1,81	PARAMETROS CARACTERÍSTICOS	
U=	0,55		
COMPONENTES	Espesor (cm)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia (m²K/W)
Resistencia del aire interior			0,130
Guarnecido y enlucido de yeso	1,50	0,570	0,026
1/2 pie Ladrillo perforado	11,50	0,690	0,167
Aisl. Térmico (Poliuretano proyectado)	3,00	0,028	1,071
1/2 pie Ladrillo perforado	11,50	0,440	0,261
Guarnecido y enlucido de yeso	1,50	0,570	0,026
Resistencia del aire interior			0,130

Tabla 4.15. Transmitancia térmica medianera.

TERRAZA			
R=	1,84	PARAMETROS CARACTERÍSTICOS	
U=	0,54		
COMPONENTES	Espesor (cm)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia (m²K/W)
Resistencia del aire exterior			0,400
Guarnecido de yeso	1,50	0,570	0,026
Forjado unid. Entrevigado hormigón	29,00	1,522	0,191
Barrera de vapor	0,10	0,500	0,002
Aislamiento poliestireno extruido	3,00	0,034	0,882
Hormigón celular	5,00	1,150	0,043
Capa de mortero fratasado	2,00	1,800	0,011
Membrana impermeabilizante bicapa	0,10	0,230	0,004
Lámina geotextil 150 gr	0,10	0,500	0,002
Capa de mortero	2,00	1,800	0,011
Baldosa de gres	2,00	2,300	0,170
Resistencia del aire interior			0,100

Tabla 4.16. Transmitancia térmica terraza.

4.5.3. PARTICIONES INTERIORES EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES.

La transmitancia térmica $U(W/m^2K)$ viene dada por la expresión:

$$U = U_p \times b$$

Siendo,

U_p = la transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable, calculada como un cerramiento en contacto con el aire exterior.

b = el coeficiente de reducción de temperatura obtenido por la tabla E.6 de la sección.

Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor	R_{si}	R_{se}
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $\geq 60^\circ$ y flujo horizontal	0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente	0,17	0,17

Figura 4.9. Resistencias térmicas superficiales particiones interiores en m^2K/W .

A_{01}/A_{02}	No aislado ₀₁ -Aislado ₀₁		No aislado ₀₁ -No aislado ₀₁		Aislado ₀₁ -No aislado ₀₁	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
$0.25 \leq 0.50$	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
$0.50 \leq 0.75$	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
$0.75 \leq 1.00$	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
$1.00 \leq 1.25$	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
$1.25 \leq 2.00$	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
$2.00 \leq 2.50$	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
$2.50 \leq 3.00$	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Figura 4.10. Coef. de reducción de temperatura b .

CUBIERTA DE TEJA			
R=	1,87	PARAMETROS CARACTERÍSTICOS	
U=	0,54		
COMPONENTES	Espesor (cm)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia (m²K/W)
Resistencia del aire exterior			0,170
Guarnecido de yeso	1,50	0,570	0,026
Forjado unid. Entrevigado hormigón	29,00	1,522	0,191
Aislamiento poliuretano proyectado	3,00	0,028	1,071
Tablero de bardos	2,00	0,440	0,045
Capa de compresión	2,00	1,800	0,011
Impermeabilización	0,10	0,500	0,002
Mortero de cemento	2,00	1,800	0,011
Teja cerámica mixta	2,00	1,300	0,170
Resistencia del aire interior			0,170

Tabla 4.17. Transmitancia térmica cubierta de teja.

El coeficiente de reducción de temperatura b obtenido de la tabla E.6, siendo $A_{iu}/A_{ue} = 0,75 < 1,00$, espacio con grado de ventilación, caso 2, es de 0,94.

Por lo tanto la transmitancia térmica será:

$$U = 0,94 \times 0,54 = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

4.5.4. SUELOS CON CÁMARAS SANITARIAS.

Para el cálculo del suelo de planta baja usaremos la fórmula de transmitancia de los cerramientos en contacto con el aire exterior despreciando las resistencias térmicas superficiales.

El forjado sanitario cumple con las dos condiciones:

- La cámara de aire ventilada tiene una altura inferior a 1m.
- La profundidad z respecto al nivel del terreno es inferior a 0,50 m.

SUELO DE PLANTA BAJA/ CAMARA DE AIRE			
R=	1,55	PARAMETROS CARACTERÍSTICOS	
U=	0,64		
COMPONENTES	Espesor (cm)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia (m²K/W)
Resistencia del aire exterior			0,000
Forjado unid. Entrevigado hormigón	29,00	1,522	0,191
Aislamiento térmico (Poliestireno extruido)	4,00	0,034	1,176
Capa de raseo	3,00	1,800	0,017
Baldosa de gres	2,00	2,300	0,170
Resistencia del aire interior			0,000

Tabla 4.18. Transmitancia térmica cámara ventilada.

4.5.5. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE HUECOS.

Para realizar el cálculo de la transmitancia térmica de los huecos se ha utilizado la siguiente expresión:

$$U_H = (1-FM) \times U_{H,v} + FM \times U_{H,m}$$

Donde tenemos:

$U_{H,v}$ = la transmitancia térmica de la parte semitransparente (W/m²K).

$U_{H,m}$ = la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario o puerta (W/m²K).

FM = la fracción del hueco ocupada por el marco.

La carpintería exterior es de aluminio con rotura de puente térmico, acristalamiento climalit 6/10/4 y 3+3/10/4. Los valores de las transmitancias térmicas de la parte semitransparente y del marco son las siguientes:

Parte semitransparente	U (W/m²k)
Acristalamiento 6/10/4	2,80
Acristalamiento 3+3/10/4	2,80
Marco	
Aluminio RPT	3,20

Tabla 4.19. Transmitancia térmica del vidrio y aluminio.

Hemos tomado como consideración un 20% de superficie de marco y un 80% de acristalamiento. Con lo que obtenemos una transmitancia térmica para los huecos de 2,82 W/m²K.

4.5.6. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA.

Una vez obtenidos los coeficientes globales de transmisión de los cerramientos, pasaremos a la trasmisión existente en cada una de las superficies, para ello obtendremos las superficies de cada cerramiento:

SUPERFICIES		SUPERFICIES	
VERTICALES	m²	HORIZONTALES	m²
FACHADAS		TECHO	
Alzado Norte	44,64	Terrazas	1,98
Alzado Sur	43,53		14,60
Alzado Oeste	14,56	TOTAL	16,58
Alzado Este	14,56	Cubierta inclinada	22,56
TOTAL	117,29	TOTAL	22,56
MEDIANERAS		SUELO	
Alzado Este	54,72	Planta baja	40,65
Alzado Oeste	58,38	TOTAL	40,65
TOTAL	113,10		
HUECOS			
Ventanas	17,06		
TOTAL	17,06		

Tabla 4.20. Cuadros de superficies de los cerramientos.

TRASMISIÓN POR SUPERFICIE DE CERRAMIENTO			
FACAHADAS	Sup.	100,23	m ²
	U	0,45	W/m ² K
	UxSup	45,10	W/K
VENTANAS	Sup.	17,06	m ²
	U	2,82	W/m ² K
	UxSup	48,11	W/K
MEDIANERAS	Sup.	113,10	m ²
	U	0,55	W/m ² K
	UxSup	62,21	W/K
TERRAZAS	Sup.	16,58	m ²
	U	0,54	W/m ² K
	UxSup	8,95	W/K
CUBIERTA	Sup.	22,56	m ²
	U	0,51	W/m ² K
	UxSup	12,18	W/K
SUELO	Sup.	40,65	m ²
	U	0,64	W/m ² K
	UxSup	26,02	W/K
TOTAL		201,8925	W/K

Tabla 4.21. Transmitancia por cerramiento.

Obtenido la transmitancia total por los cerramientos del edificio, calcularemos el flujo de calor para cada mes con la tabla de grados días con temperatura base 20/20 de los meses de invierno, obtenida de la guía técnica de "Condiciones climáticas exteriores de proyecto" editado por IDAE. A falta de datos locales suficientes para elaborar la tabla de grados medias días en base 20/20 tomaremos los datos la ciudad de valencia, ya que según se indica en la guía:

"Simplemente, en el caso de inexistencia de datos, se puede operar de forma muy aproximada como sigue:

- *Elección de una ciudad de referencia con datos. Esta ciudad se tomará por proximidad a nuestra localidad, y no por pertenecer a la misma provincia, (aunque esto sea lo más frecuente)."*

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
256	214	169	118	55	6	1	0	5	45	160	226

Tabla 4.22. Cuadro de temperatura grados-días en base 20/20 para calefacción.

Para el cálculo de pérdidas de energía por los cerramientos consideramos que los meses de verano de Junio a Septiembre es igual a 0, ya que sobreentiende que no es necesario aporte de energía para caldear la vivienda. Por lo tanto una vez conocidos estos datos multiplicaremos los GDM por la transmitancia obtenida por superficie. Obteniéndose los siguientes resultados:

MES	GDM (K)	U·A (W/K)	Q (W)	Q (KW)	Q (MJ)
ENERO	256	201,89	51.683,84	51,68	4.465,48
FEBRERO	214	201,89	43.204,46	43,20	3.732,87
MARZO	169	201,89	34.119,41	34,12	2.947,92
ABRIL	118	201,89	23.823,02	23,82	2058,31
MAYO	55	201,89	11.103,95	11,10	959,38
JUNIO	0	201,89	0,00	0,00	0,00
JULIO	0	201,89	0,00	0,00	0,00
AGOSTO	0	201,89	0,00	0,00	0,00
SEPTIEMBRE	0	201,89	0,00	0,00	0,00
OCTUBRE	45	201,89	9.085,05	9,09	784,95
NOVIEMBRE	160	201,89	32.302,40	32,30	2.790,93
DICIEMBRE	226	201,89	45.627,14	45,63	3.942,18

TOTAL	21.682,02
--------------	------------------

Tabla 4.23. Tabla de pérdidas energéticas mensuales y totales de la edificación para las condiciones de calefacción.

Una vez se han obtenido las pérdidas energéticas mensuales, si las sumamos a la demanda energética para calefacción mensual se obtiene la demanda energética por calefacción mensual total. Es decir, la demanda total es la suma de las dos demandas: la energética y la de pérdidas.

MES	Calefacción (MJ)	Perdidas (MJ)	Total (MJ)
ENERO	35,86	4.465,48	4.501,34
FEBRERO	33,47	3.732,87	3.766,33
MARZO	24,45	2.947,92	2.972,36
ABRIL	15,66	2.058,31	2.073,97
MAYO	4,00	959,38	963,39
JUNIO	0,00	0,00	0,00
JULIO	0,00	0,00	0,00
AGOSTO	0,00	0,00	0,00
SEPTIEMBRE	0,00	0,00	0,00
OCTUBRE	0,00	784,95	784,95
NOVIEMBRE	23,66	2.790,93	2.814,58
DICIEMBRE	32,82	3.942,18	3.975,01

TOTAL	21.851,94
--------------	------------------

Tabla 4.24. Tabla de demanda energética para calefacción.

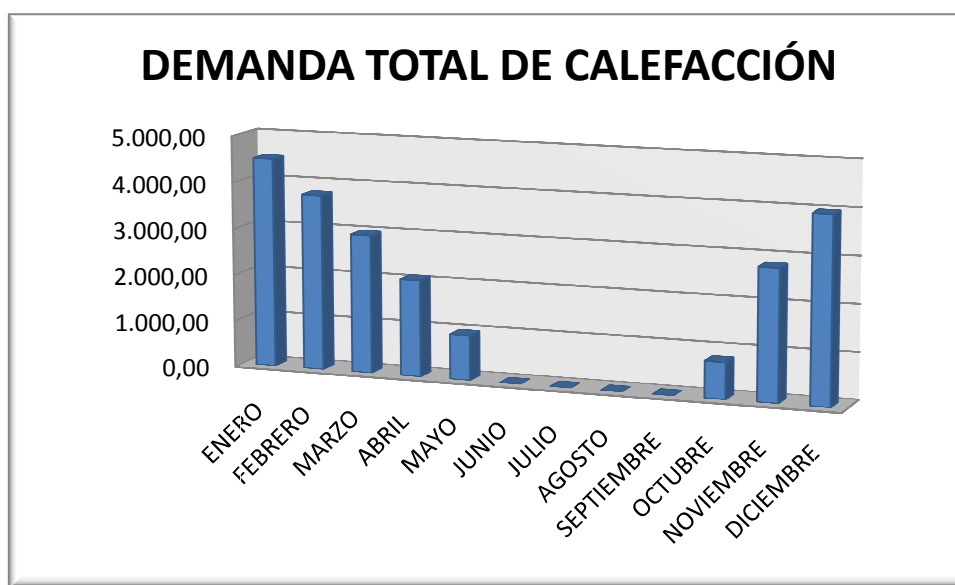


Figura 4.11. Gráfica de demanda energética para calefacción por meses en MJ.

4.6. DEMANDA ENERGÉTICA DE REFRIGERACIÓN.

Para calcular la demanda energética de refrigeración, actuaremos de igual modo que hicimos para el estudio de la demanda de calefacción pero esta vez solo valoraremos la refrigeración en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, ya que coinciden con los meses más calurosos.

Además consideraremos una temperatura óptima en el interior de la vivienda de 23 °C (296,16 °K) como se aconseja por el Ministerio y la Conselleria.

Para la vivienda objeto de estudio obtendríamos una energía de refrigeración ideal de 27,27 MJ para los meses de verano.

MES	m (Kg)	Ce (Kcal/Kg.°K)	T media (°K)	T cálculo (°K)	Q (Kcal/día)	Q (KJ/ día)	Q (MJ/mes)
JUNIO	126,39	0,24	297,16	296,16	30,33	127,00	3,81
JULIO	125,55	0,24	299,16	296,16	90,39	378,46	11,73
AGOSTO	125,55	0,24	299,16	296,16	90,39	378,46	11,73
SEPTIEMBRE	126,82	0,24	296,16	296,16	0,00	0,00	0,00

TOTAL	27,27
-------	-------

Tabla 4.25. Demanda energética de refrigeración ideal.

Pero al igual que pasaba con la calefacción tenemos que considerar que nuestro edificio está sometido a pérdidas y ganancias de calorías, lo cual se traduce en un aumento de la energía demandada para llegar a la temperatura deseada.

A continuación calcularemos las pérdidas producidas con la tabla grados días mes 20/20 para las condiciones de verano de la ciudad de Valencia.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	2	9	11	38	112	181	198	115	47	5	1

Tabla 4.25. Cuadro de temperatura grados-días en base 20/20 para refrigeración.

Para los cálculos de las pérdidas de energía por la edificación en verano consideraremos únicamente los meses de Junio a Septiembre, ya que es el periodo en donde necesitaremos refrigerar la vivienda.

MES	GDM (K)	U·A (W/K)	Q (W)	Q (KW)	Q (MJ)
JUNIO	112	201,89	22.686,72	22,69	1.953,65
JULIO	181	201,89	36.663,36	36,66	3.157,24
AGOSTO	198	201,89	40.106,88	40,11	3.453,77
SEPTIEMBRE	115	201,89	23.294,40	23,29	2.005,98

TOTAL	10.570,64
--------------	------------------

Tabla 4.26. Tabla de pérdidas energéticas mensuales y totales de la edificación para las condiciones de refrigeración.

Por lo tanto obtenemos:

MES	Refrigeración (MJ)	Pérdidas (MJ)	Total (MJ)
JUNIO	3,81	1.953,65	1.957,46
JULIO	11,73	3.157,24	3.168,97
AGOSTO	11,73	3.453,77	3.465,50
SEPTIEMBRE	0,00	2.005,98	2.005,98

TOTAL	10.597,91
--------------	------------------

Tabla 4.27. Tabla de demanda energética para refrigeración.

Gráficamente estos meses podríamos traducirlos de la siguiente forma:

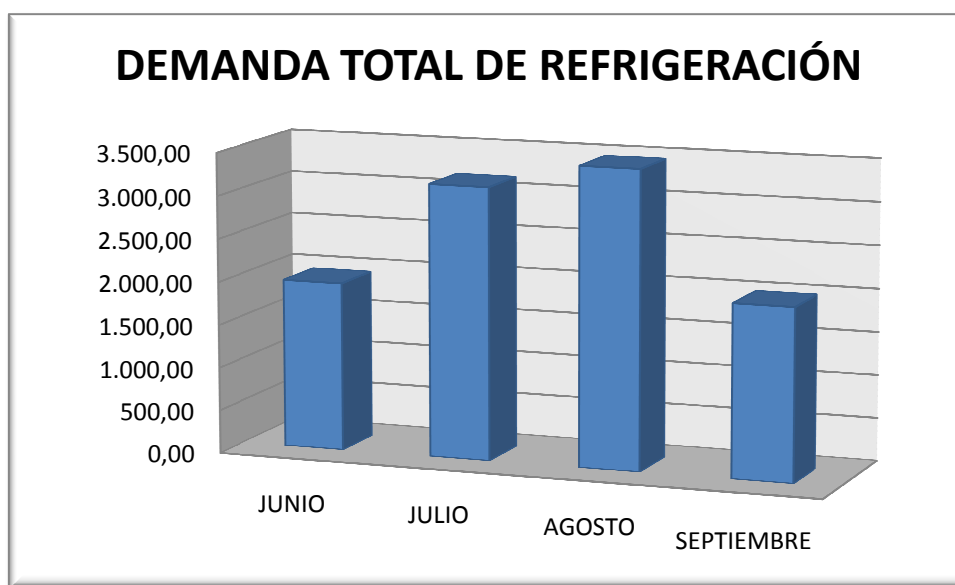


Figura 4.12. Gráfica de demanda energética para refrigeración por meses en MJ.

4.7. RESUMEN DE DEMANDA ENERGETICA DE LA VIVIENDA.

En el presente estudio valoraremos, estudiaremos y compararemos la instalación solar térmica para los siguientes tres casos de demanda energética:

I. INSTALACIÓN SOLAR TERMICA DE ACS.

Como anteriormente calculamos, valoraremos la instalación solar térmica para abastecer a la vivienda durante todo el año con agua caliente mediante energía solar con apoyo de otra energía.

La demanda energética anual de agua caliente sanitaria es de 8.753,59 MJ.

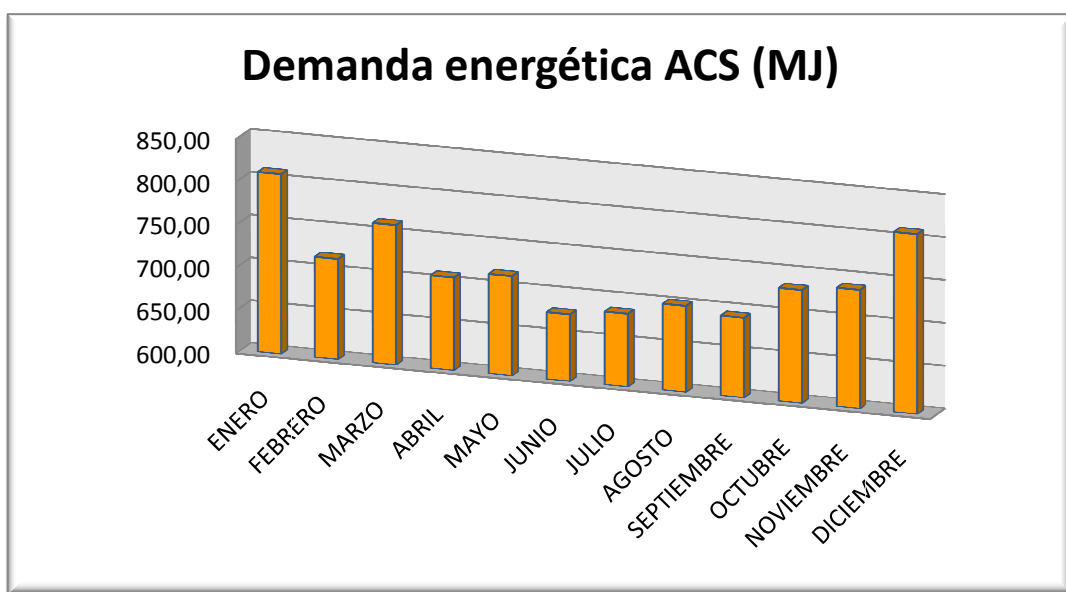


Figura 4.13. Gráfica de demanda energética ACS por meses en MJ.

II. INSTALACIÓN SOLAR TERMICA PARA ACS Y CALEFACCIÓN.

En este segundo supuesto además de abastecer a la vivienda de ACS con el sistema solar térmico, valoraremos la posible instalación combinada de ACS y calefacción.

MES	Calefacción (MJ)	ACS (MJ)
ENERO	4.501,34	809,89
FEBRERO	3.766,33	717,45
MARZO	2.972,36	763,17
ABRIL	2.073,97	708,41
MAYO	963,39	716,45
JUNIO	0,00	678,26
JULIO	0,00	685,30
AGOSTO	0,00	700,87
SEPTIEMBRE	0,00	693,33
OCTUBRE	784,95	732,02
NOVIEMBRE	2.814,58	738,55
DICIEMBRE	3.975,01	809,89
TOTAL	21.851,94	8.753,59

Demanda energetica Total	30.605,53
---------------------------------	------------------

Tabla 4.28. Tabla de demanda energética Calefacción + ACS.

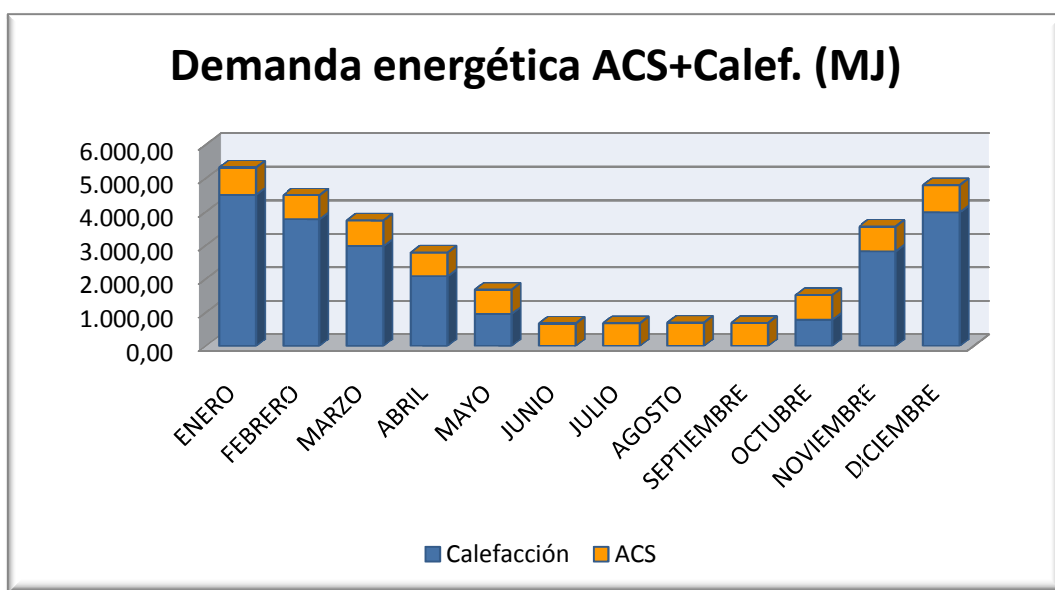


Figura 4.14. Gráfica de demanda energética ACS+ Calefacción por meses en MJ.

III. INSTALACIÓN SOLAR TERMICA PARA ACS, CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN.

Y por último valoraremos la instalación completa de climatización, calefacción y refrigeración, y ACS mediante un sistema solar térmico.

MES	Calefacción (MJ)	ACS (MJ)	Refrigeración
ENERO	4.501,34	809,89	0,00
FEBRERO	3.766,33	717,45	0,00
MARZO	2.972,36	763,17	0,00
ABRIL	2.073,97	708,41	0,00
MAYO	963,39	716,45	0,00
JUNIO	0,00	678,26	1.957,46
JULIO	0,00	685,30	3.168,97
AGOSTO	0,00	700,87	3.465,50
SEPTIEMBRE	0,00	693,33	2.005,98
OCTUBRE	784,95	732,02	0,00
NOVIEMBRE	2.814,58	738,55	0,00
DICIEMBRE	3.975,01	809,89	0,00
TOTAL	21.851,94	8.753,59	10.597,91

Demanda energetica Total	41.203,44
---------------------------------	------------------

Tabla 4.29. Tabla de demanda energética Calefacción + ACS+ Refrigeración.

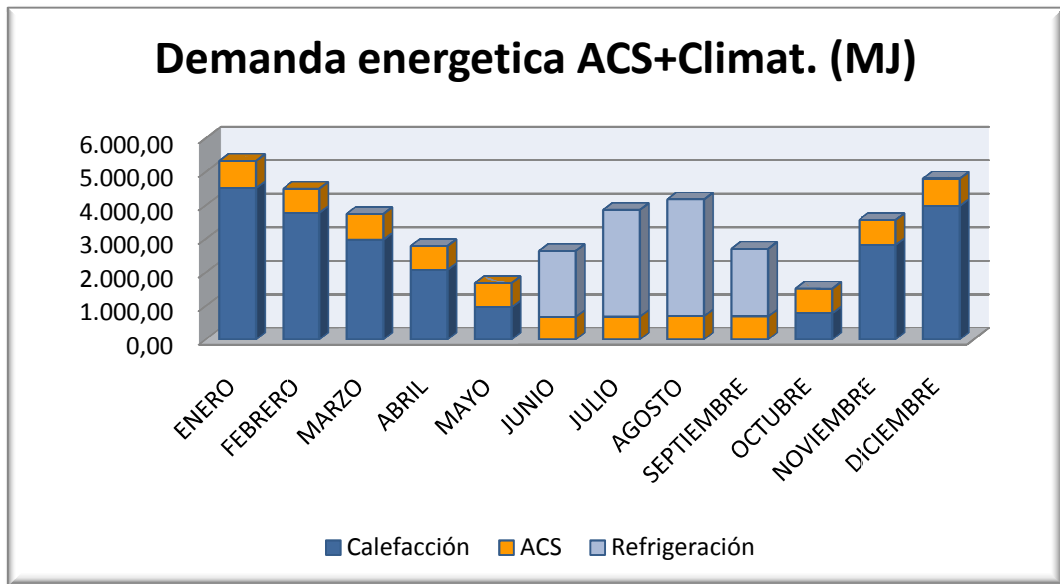


Figura 4.15. Gráfica de demanda energética ACS+ Calefacción+ Refrigeración por meses en MJ.

Para concluir adjuntamos la siguiente grafica en donde se observa por separado de los consumos energéticos de ACS, Calefacción y Refrigeración, estimados durante todos los meses del año.

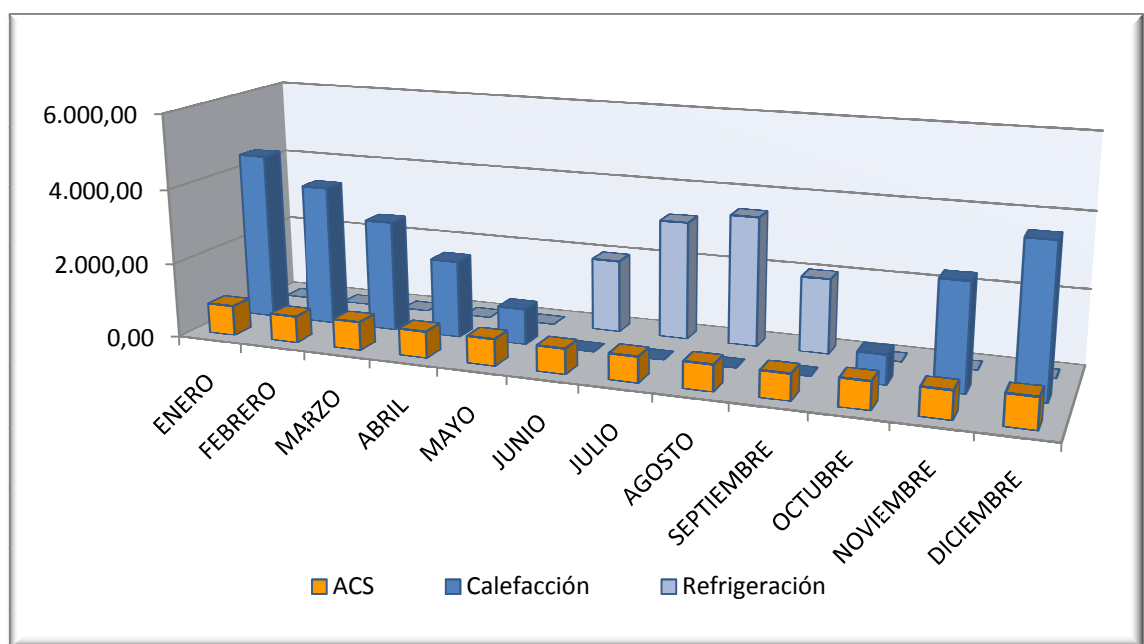


Figura 4.16. Gráfica de consumos estimados de ACS+ Calefacción+ Refrigeración por meses en MJ, durante un año.

