

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0:
Limitación del consumo energético

ÍNDICE

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	3
1.1. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.....	3
1.2. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria total.....	3
1.3. Horas fuera de consigna.....	3
2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO.....	3
2.1. Consumo energético de los servicios técnicos del edificio.....	3
2.2. Resultados mensuales.....	4
2.2.1. Consumo de energía final del edificio.....	4
2.2.2. Horas fuera de consigna.....	4
3. ENERGÍA PRODUCIDA Y APORTACIÓN DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES.....	4
3.1. Energía eléctrica producida in situ.....	4
3.2. Energía térmica producida in situ.....	4
3.3. Aportación de energía procedente de fuentes renovables.....	4
4. DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.....	5
4.1. Demanda energética de calefacción y refrigeración.....	5
4.2. Demanda energética de ACS.....	5
5. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.....	6
5.1. Zonificación climática.....	6
5.2. Definición de los espacios del edificio.....	6
5.2.1. Agrupaciones de recintos.....	6
5.2.2. Condiciones operacionales.....	6
5.2.3. Solicitaciones interiores y niveles de ventilación.....	7
5.2.4. Carga interna media.....	7
5.3. Procedimiento de cálculo del consumo energético.....	7
5.4. Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.....	8

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

1.1. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.

$$C_{ep,nren} = 73.52 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq C_{ep,nren,lim} = 35 + 8 \cdot C_{FI} = 117.02 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



donde:

- $C_{ep,nren}$: Valor calculado del consumo de energía primaria no renovable, kWh/m²·año.
- $C_{ep,nren,lim}$: Valor límite del consumo de energía primaria no renovable (tabla 3.1.b, CTE DB HE 0), kWh/m²·año.
- C_{FI} : Carga interna media del edificio (Anejo A, CTE DB HE), 10.25 W/m².

1.2. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria total.

$$C_{ep,tot} = 220.18 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq C_{ep,tot,lim} = 140 + 9 \cdot C_{FI} = 232.27 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



donde:

- $C_{ep,tot}$: Valor calculado del consumo de energía primaria total, kWh/m²·año.
- $C_{ep,tot,lim}$: Valor límite del consumo de energía primaria total (tabla 3.2.b, CTE DB HE 0), kWh/m²·año.
- C_{FI} : Carga interna media del edificio (Anejo A, CTE DB HE), 10.25 W/m².

1.3. Horas fuera de consigna

$$h_{fc} = 9 \text{ h/año} \leq 0.04 \cdot t_{ocu} = 183.68 \text{ h/año}$$



donde:

- h_{fc} : Horas fuera de consigna del edificio al año, h/año.
- t_{ocu} : Tiempo total de ocupación del edificio al año, h/año.

2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

2.1. Consumo energético de los servicios técnicos del edificio.

Se muestra el consumo anual de energía final, energía primaria y energía primaria no renovable correspondiente a los distintos servicios técnicos del edificio. Los consumos de los servicios de calefacción y refrigeración incluyen el consumo eléctrico de los equipos auxiliares de los sistemas de climatización.

EDIFICIO ($S_u = 183.08 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh·año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	5636.78	30.79	6124.74	33.45	696.98	3.81
Refrigeración	852.78	4.66	1048.86	5.73	279.93	1.53
ACS	15169.47	82.86	16487.03	90.05	8040.85	43.92
Ventilación	10699.50	58.44	13157.73	71.87	3511.10	19.18
Iluminación	2839.85	15.51	3492.24	19.07	931.87	5.09
	35198.39	192.26	40310.42	220.18	13460.55	73.52

donde:

- S_u : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m².
- EF: Energía final consumida por el servicio técnico en punto de consumo.
- EP_{tot}: Consumo de energía primaria total.
- EP_{nren}: Consumo de energía primaria de origen no renovable.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

2.2. Resultados mensuales.

2.2.1. Consumo de energía final del edificio.

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	
EDIFICIO (S _u = 183.08 m ²)															
Demanda energética	Calefacción	1726.1	1266.0	967.4	513.5	351.8	32.0	--	--	6.0	87.4	832.3	1545.6	7328.2	40.0
	Refrigeración	--	--	--	--	42.6	224.9	790.0	795.6	257.6	8.2	--	--	2118.9	11.6
	ACS	1310.0	1160.6	1259.9	1195.7	1185.5	1074.5	1060.2	1060.2	1074.5	1159.7	1195.0	1284.9	14020.8	76.6
	TOTAL	3036.1	2426.6	2227.3	1709.2	1580.0	1331.4	1850.2	1855.8	1338.1	1255.3	2027.4	2830.6	23467.9	128.2
Electricidad	Calefacción	543.8	391.2	280.9	128.4	80.6	4.5	--	--	0.1	11.5	209.9	473.2	2124.0	11.6
	Refrigeración	--	--	--	--	25.2	105.7	303.5	294.2	117.4	6.7	--	--	852.8	4.7
	ACS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ventilación	932.0	820.2	913.4	857.4	932.0	876.1	894.7	932.0	838.8	932.0	894.7	876.1	10699.4	58.4
	Control de la humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Iluminación	247.4	217.7	242.4	227.6	247.4	232.5	237.5	247.4	222.6	247.4	237.5	232.5	2839.8	15.5
Medioambiente	Calefacción	897.0	640.2	451.3	204.0	138.5	6.2	--	--	0.1	19.9	355.7	799.8	3512.7	19.2
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	ACS	786.0	696.4	755.9	717.4	711.3	644.7	636.1	636.1	644.7	695.8	717.0	771.0	8412.5	45.9
Gas natural	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	ACS	631.3	559.3	607.2	576.3	571.3	517.8	510.9	510.9	517.8	558.9	575.9	619.3	6757.0	36.9
C _{ef,tot}		4037.5	3324.9	3251.1	2711.2	2706.4	2387.6	2582.8	2620.7	2341.5	2472.1	2990.7	3771.8	35198.3	192.3

donde:

S_u: Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m².

C_{ef,tot}: Consumo total de energía en punto de consumo, kWh/m².año.

2.2.2. Horas fuera de consigna

Se indica el número de horas en las que la temperatura del aire de los espacios habitables acondicionados del edificio se sitúa, durante los periodos de ocupación, fuera del rango de las temperaturas de consigna de calefacción o de refrigeración, con un margen superior a 1°C para calefacción y 1°C para refrigeración. Se considera que el edificio se encuentra fuera de consigna cuando cualquiera de dichos espacios lo está.

Zonas acondicionadas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
		(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)
Comedor	Calefacción	4.25	1.25	1.00	--	--	--	--	--	--	--	--	2.50	9.00
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Edificio	Calefacción	4.25	1.25	1.00	--	--	--	--	--	--	--	--	2.50	9.00
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	TOTAL	4.25	1.25	1.00	--	--	--	--	--	--	--	--	2.50	9.00

3. ENERGÍA PRODUCIDA Y APORTACIÓN DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES.

3.1. Energía eléctrica producida in situ.

Sistema de producción	Origen	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
Paneles fotovoltaicos	Renovable	900.0	1000.0	1500.0	2000.0	2400.0	2500.0	2600.0	2100.0	1700.0	1100.0	800.0	700.0	19300.0
TOTAL		900.0	1000.0	1500.0	2000.0	2400.0	2500.0	2600.0	2100.0	1700.0	1100.0	800.0	700.0	19300.0

3.2. Energía térmica producida in situ.

Sistema de producción	Servicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
Energía térmica renovable	ACS	786.0	696.4	755.9	717.4	711.3	644.7	636.1	636.1	644.7	695.8	717.0	771.0	8412.5
TOTAL		786.0	696.4	755.9	717.4	711.3	644.7	636.1	636.1	644.7	695.8	717.0	771.0	8412.5

3.3. Aportación de energía procedente de fuentes renovables.

Se indica la energía final consumida por los servicios técnicos del edificio que procede de fuentes renovables no fósiles, como son la biomasa, la electricidad consumida que se produce en el edificio a partir de fuentes renovables y la energía térmica captada del medioambiente.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

EDIFICIO ($S_u = 183.08 \text{ m}^2$)

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año)	Año (kWh/m ² ·año)
Electricidad autoconsumida de origen renovable	900.0	1000.0	1436.7	1213.5	1285.2	1218.9	1435.7	1473.6	1178.9	1100.0	800.0	700.0	13742.5	75.1
Medioambiente	1683.0	1336.5	1207.3	921.5	849.8	650.9	636.1	636.1	644.8	715.7	1072.7	1570.8	11925.2	65.1
Biomasa	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Biomasa densificada (pellets)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

donde:

S_u : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m².

4. DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.

La demanda energética del edificio que debe satisfacerse en el cálculo del consumo de energía primaria, magnitud de control conforme a la exigencia de limitación del consumo energético HE 0, corresponde a la suma de la energía demandada de calefacción, refrigeración y ACS del edificio según las condiciones operacionales definidas.

4.1. Demanda energética de calefacción y refrigeración.

La demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio se obtiene mediante el procedimiento de cálculo descrito en el apartado 5.3, determinando para cada hora el consumo energético de un sistema ideal con potencia instantánea e infinita con rendimiento unitario.

Se muestran los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	S_u (m ²)	D_{cat} (kWh/año)	D_{cat} (kWh/m ² ·año)	D_{ref} (kWh/año)	D_{ref} (kWh/m ² ·año)
Comedor	131.25	7328.23	55.83	2118.95	16.14
Cocina y aseos	51.83	--	--	--	--
	183.08	7328.23	40.03	2118.95	11.57

donde:

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².

D_{cat} : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/año.

D_{ref} : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/m²·año.

4.2. Demanda energética de ACS.

La demanda energética correspondiente a los servicios de agua caliente sanitaria de las zonas habitables del edificio se determina conforme a las indicaciones del apartado 4.1.8 de CTE DB HE 0.

El salto térmico utilizado en el cálculo de la energía térmica necesaria se realiza entre una temperatura de referencia definida en la zona, y la temperatura del agua de red en el emplazamiento del edificio proyectado, de valores:

	Ene (°C)	Feb (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	May (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Sep (°C)	Oct (°C)	Nov (°C)	Dic (°C)
Temperatura del agua de red	9.1	10.1	11.1	12.0	14.0	17.0	19.0	19.0	17.0	15.1	12.1	10.1

Se muestran a continuación los resultados del cálculo de la demanda energética de ACS para cada zona habitable del edificio, junto con las demandas diarias.

Zonas habitables	Q_{ACS} (l/día)	T_{ref} (°C)	S_u (m ²)	D_{ACS} (kWh/año)	D_{ACS} (kWh/m ² ·año)
Comedor	348.0	60.0	131.25	7010.38	53.41
Cocina y aseos	348.0	60.0	51.83	7010.38	135.26
	696.0		183.08	14020.75	76.58

donde:

Q_{ACS} : Caudal diario demandado de agua caliente sanitaria, l/día.

T_{ref} : Temperatura de referencia, °C.

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².

D_{ACS} : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria, kWh/m²·año.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

5. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

5.1. Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Barcelona (provincia de Barcelona), con una altura sobre el nivel del mar de 9.000 m. Le corresponde, conforme al Anejo B de CTE DB HE, la zona climática C2.

La pertenencia a dicha zona climática define las solicitaciones exteriores para el procedimiento de cálculo, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

5.2. Definición de los espacios del edificio.

5.2.1. Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio.

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	Q _{ocup,s} (kWh-año)	Q _{ocup,l} (kWh-año)	Q _{equip,s} (kWh-año)	Q _{equip,l} (kWh-año)	Q _{ilum} (kWh-año)	Perfil de uso	Condiciones operacionales
Comedor (Zona habitable acondicionada)										
Comedor	131.25	354.38	0.80	6025.87	3804.26	4520.29	--	1808.12	Alta, Otros usos 16h	Alta, Otros usos 16h
	131.25	354.38	0.80/3.79*	6025.87	3804.26	4520.29	--	1808.12		
Cocina y aseos (Zona habitable no acondicionada)										
Cocina	34.60	93.41	0.80	1588.43	1002.81	1191.56	--	794.37	Alta, Otros usos 16h	
Aseo masculino	8.55	23.09	0.80	78.48	49.55	58.91	--	117.82	Baja, Otros usos 16h	Oscilación libre
Aseo femenino	8.68	23.43	0.80	79.63	50.27	59.77	--	119.54	Baja, Otros usos 16h	
	51.83	139.94	0.80/8.88*	1746.55	1102.63	1310.24	--	1031.73		

donde:

- S: Superficie útil interior del recinto, m².
- V: Volumen interior neto del recinto, m³.
- ren_h: Número de renovaciones por hora del aire del recinto.
- *: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas.
- Q_{ocup,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, kWh-año.
- Q_{ocup,l}: Sumatorio de la carga interna latente debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, kWh-año.
- Q_{equip,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, kWh-año.
- Q_{equip,l}: Sumatorio de la carga interna latente debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, kWh-año.
- Q_{ilum}: Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, kWh-año.

5.2.2. Condiciones operacionales

Perfil: Otros usos 16 h (uso no residencial)	Distribución horaria																							
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
Temp. Consigna Alta (°C)																								
Laboral	--	--	--	--	--	--	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	--	--
Sábado	--	--	--	--	--	--	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	--	--
Festivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Temp. Consigna Baja (°C)																								
Laboral	--	--	--	--	--	--	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	--	--
Sábado	--	--	--	--	--	--	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	--	--
Festivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

5.2.3. Solicitaciones interiores y niveles de ventilación

		Distribución horaria																							
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
Perfil: Alta, Otros usos 16 h (uso no residencial)																									
Ocupación sensible (W/m ²)																									
Laboral		0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0
Sábado		0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iluminación (%)																									
Laboral		0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Sábado		0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipos (W/m ²)																									
Laboral		0	0	0	0	0	0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	0	0
Sábado		0	0	0	0	0	0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventilación (%)																									
Laboral		0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Sábado		0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.2.4. Carga interna media

Se muestran los resultados del cálculo de la carga interna media de las zonas habitables del edificio.

Zonas habitables	S _u (m ²)	C _{Fi} (W/m ²)
Comedor	131.25	10.7
Cocina y aseos	51.83	9.0
	183.08	10.3

donde:

S_u: Superficie habitable del edificio, m².

C_{Fi}: Carga interna media, W/m². Carga media horaria de una semana tipo, repercutida por unidad de superficie del edificio o zona del edificio, teniendo en cuenta la carga sensible debida a la ocupación, la carga debida a la iluminación y la carga debida a los equipos (Anejo A, CTE DB HE).

5.3. Procedimiento de cálculo del consumo energético.

El procedimiento de cálculo empleado tiene como objetivo determinar el consumo de energía primaria del edificio procedente de fuentes de energía renovables y no renovables. Para ello, se ha empleado el documento reconocido CYPETHERM HE Plus. Mediante dicho programa, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo térmico zonal del edificio con el motor de cálculo de referencia EnergyPlus™ versión 9.1, en la que, hora a hora, se realiza el cálculo de la distribución de las demandas energéticas a satisfacer en cada zona del modelo térmico para mantener las condiciones operacionales definidas, determinando, para cada equipo técnico, su punto de trabajo, la energía útil aportada y la energía final consumida, desglosando el consumo energético por equipo, servicio técnico y vector energético utilizado.

El cálculo de la energía primaria que corresponde a la energía final consumida por los servicios técnicos del edificio, teniendo en cuenta la contribución de la energía producida in situ, se realiza mediante el programa CteEPBD integrado en CYPETHERM HE Plus, desarrollado por IETcc-CSIC en el marco del convenio con el Ministerio de Fomento, que implementa la metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios descrita en la norma EN ISO 52000-1:2017.

La metodología descrita considera los aspectos recogidos en el apartado 4.1 de CTE DB HE 0.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

5.4. Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.

Los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes renovables y no renovables corresponden a los publicados en el Documento Reconocido del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) 'Factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España', conforme al apartado 4.1.5 de CTE DB HE0. Los valores empleados se han obtenido a través del programa CteEPBD.

Para las fuentes de energía utilizadas en el edificio que no se encuentran definidas en dicho documento, se han considerado los factores de conversión correspondientes a los vectores energéticos "Red 1" y "Red 2".

Vector energético	$f_{cep,nren}$	$f_{cep,ren}$
Medioambiente	0	1.000
Gas natural	1.190	0.005
Electricidad producida in situ	0	1.000
Electricidad obtenida de la red	1.954	0.414

donde:

$f_{cep,nren}$: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

$f_{cep,ren}$: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes renovables.