



Jornada Técnica

**Edificios de Energía Casi Nula - EECN**

# ENVOLVENTE E INSTALACIONES EN LOS EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO

CARLOS URCULO



Úrculo Ingenieros

Un Edificio de Consumo Casi Nulo (EECN o nZEB):

- nivel de consumo energético muy bajo (comparado con el consumo de los edificios actuales)
- parte del aporte energético proviene de fuentes consideradas renovables

Por lo tanto, un EECN no significa que no consuma energía y que, además, se vaya a desconectar de los suministros habituales.



# 1. INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

## 1. INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los indicadores principales globales empleados en España para explicar el comportamiento energético de un edificio son:

- Consumo anual de energía primaria no renovable → expresado en **kWh por m<sup>2</sup>** de superficie útil del edificio al año de **energía primaria no renovable**
- Emisión anual de CO<sub>2e</sub> (CO<sub>2</sub> equivalente) → expresado **en Kg de CO<sub>2e</sub> por m<sup>2</sup>** de superficie útil del edificio al año

## 1. INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los servicios considerados para analizar la eficiencia son:

- Calefacción
- Refrigeración
- Producción agua caliente sanitaria
- Y, en edificios no residenciales, la iluminación.



## 2. OBJETIVOS EDIFICIOS EECN

## 2. OBJETIVOS EDIFICIOS EECN

Los objetivos principales que persigue el concepto de EECN son:

- Reducir consumo de energía primaria, reduciendo el ratio de kWh/m<sup>2</sup> al año
- Que parte de esa demanda de energía primaria sea cubierta por fuentes renovables.
- Fomentar los sistemas que reduzcan la emisión de CO<sub>2</sub>.



# 3. ENERGÍA

### 3. ENERGÍA

Los diferentes procesos que sufre la energía desde la fuente hasta el punto de consumo son:

- **Energía Primaria:** aquella que no ha sido sometida a ningún proceso de conversión.
- **Energía Secundaria o Final:** energía suministrada al consumidor para ser convertida en energía útil. Procede de las fuentes de energía primaria por transformación de éstas (hidráulica en eléctrica, carbón en eléctrica, etc).
- **Energía Útil:** aquella de la que dispone el consumidor después de la última conversión realizada por los propios aparatos.

### 3. ENERGÍA

Los coeficientes de paso de Energía Primaria a Energía Final, aprobados a 14 de Enero de 2.016, son:

- Electricidad Peninsular: 1,954
- Electricidad Baleares: 2,968
- Electricidad Canarias: 2,924
- Electricidad Ceuta y Melilla: 2,718
- Gasóleo Calefacción: 1,179
- GLP: 1,201
- Gas Natural: 1,19
- Carbón: 1,082
- Biomasa no densificada: 0,034
- Biomasa densificada (pellets): 0,085

NOTA: Todos los años el gobierno publica los coeficientes de paso de energía final a energía primaria, así como las emisiones de CO<sub>2</sub>, de las diferentes energías utilizadas en el sector de la edificación.

### 3. ENERGÍA

Por otro lado, los factores de emisión de  $\text{kgCO}_2$  por cada kWh de Energía Final, aprobados a 14 de Enero de 2.016, son:

- Electricidad Peninsular: 0,331
- Electricidad Baleares: 0,932
- Electricidad Canarias: 0,776
- Electricidad Ceuta y Melilla: 0,721
- Gasóleo Calefacción: 0,311
- GLP: 0,254
- Gas Natural: 0,252
- Carbón: 0,472
- Biomasa no densificada: 0,018
- Biomasa densificada (pellets): 0,018

### 3. ENERGÍA

Las fuentes de energía se clasifican habitualmente en “renovables” y “no renovables”:

- Fuentes “renovables”: Pueden utilizarse de manera continuada para producir energía, bien porque se regeneran fácilmente (biomasa) o porque son una fuente inagotable (solar).
- Fuentes “no renovables”: Una vez utilizadas tardan muchísimo tiempo en regenerarse.

### 3. ENERGÍA

Se consideran fuentes **renovables** de energía:

- Solar
- Biomasa
- Hidráulica
- Geotermia de alta entalpía
- Eólica
- Mareomotriz o energía de las olas

La Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo (ver anexo VII) considera que, en ciertas situaciones, parte de la energía térmica generada por las bombas de calor aerotérmicas, geotérmicas e hidrotermia, se considerará como renovable.

### 3. ENERGÍA

Se consideran fuentes **no renovables** de energía:

- Carbón
- Petróleo
- Gas Natural
- Uranio



# 4. CONSUMO ENERGÍA EN EDIFICIOS

## 4. CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS

La distribución del consumo de energía depende del uso del edificio.  
Se suelen considerar dos tipos de edificio:

- Residencial
- No residencial





# 5. CONSUMO ENERGÍA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

## 5. CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Distribución del consumo de la energía final en una vivienda en España:

- **Calefacción: 46%**
- **Producción ACS: 21%**
- **Iluminación: 16%**
- **Electrodomésticos: 13%** (el reparto entre los electrodomésticos sería: frigorífico 5%; TV 3%; Lavadora 2%; Lavavajillas 1% Pequeño Electrodoméstico 2)%
- **Cocina: 2%**
- **Aire Acondicionado: 1%**

## 5. CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Como ya se comentó al principio, los servicios considerados en el análisis del consumo de energía de los ECCN eran:

- Calefacción
- Refrigeración
- Producción agua caliente sanitaria

El consumo derivado de la refrigeración de una vivienda en España es, en general, y por el momento, despreciable.

Por lo tanto, la atención debe centrarse en la **calefacción y producción de agua caliente sanitaria.**



## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

El consumo energético derivado de la calefacción depende (aparte de la situación geográfica, evidentemente), principalmente, de los siguientes factores:

- Envoltente
- Ventilación
- Sistema de calefacción y eficiencia del mismo.

A priori, el orden presentado coincide con el peso en el consumo energético, es decir, la envoltente es la que más relevancia tiene.

## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Para llevar a cabo el análisis vamos a tomar como ejemplo de una vivienda en la ciudad de Madrid en la que se ha estimado que el consumo de energía útil derivado de la calefacción a lo largo del año es de 10.000 kWh.

Datos iniciales:

- Transmisión de la Envolvente cumpliendo con los mínimos exigidos por el CTE en la ciudad de Madrid (Cubierta:  $0,38 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ; Muro:  $0,66 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ; Ventana:  $2,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$ )
- Ventilación: se considera un sistema de ventilación como el planteado por el CTE en su documento HS3, es decir, una extracción mecánica en los locales sucios y una entrada de aire directa desde el exterior en los locales limpios.

## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES



## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

### CALEFACCIÓN VIVIENDA EN MADRID

SI SE ESTIMA UNA DEMANDA DE 10.000 kWh/año CON UNA ENVOLVENTE CON LOS LÍMITES CTE

CUBIERTA 0,38; MURO 0,66; VENTANA 2,5. SISTEMA VENTILACIÓN MÍNIMO PREVISTO EN EL CTE

SITUACIÓN: MADRID

LA DEMANDA SE REPARTE, APROXIMADAMENTE, 60% TRANSMISIÓN Y 40% VENTILACIÓN (SI EL VENTILADOR FUNCIONA 24H)



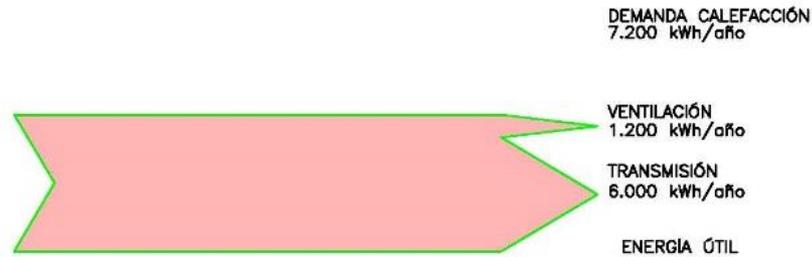
## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Si se sustituye el sistema de ventilación convencional en viviendas por otro formado por una red de aporte de aire mediante conductos hasta los locales limpios, y otra más de extracción en locales sucios.

Además, a este sistema se le añadiría un equipo de recuperación de energía (por ejemplo, un recuperador de placas con flujos paralelos, con una eficiencia 70%). Con este planteamiento se estima que la carga debida a la ventilación se reduce un 70% (pasando de 4.000 kWh/año a 1.200 kWh/año):

## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

CALEFACCIÓN VIVIENDA EN MADRID  
SI SE IMPLEMENTA UN SISTEMA DE VENTILACIÓN CON RECUPERACIÓN (EFICIENCIA 70%)  
LA CARGA DEBIDA A LA VENTILACIÓN SE REDUCE SENSIBLEMENTE  
SITUACIÓN: MADRID



## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Y, en segundo lugar, se propone mejorar las características de la envolvente reduciendo los coeficientes de transmisión de la siguiente forma:

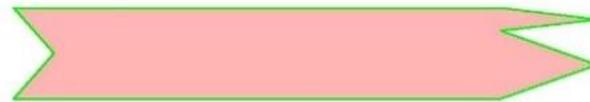
- Cubierta:  $0,38 \text{ W/m}^2\text{°C} \rightarrow 0,23 \text{ W/m}^2\text{°C}$  (añadiendo 10 cm aislamiento)
- Muro:  $0,66 \text{ W/m}^2\text{°C} \rightarrow 0,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$  (añadiendo 5 cm aislamiento)
- Ventana:  $2,5 \text{ W/m}^2\text{°C} \rightarrow 1,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Con este segundo planteamiento se estima que la carga debida a la envolvente se reduce un 40% (pasando de 6.000 kWh/año a 3.600 kWh/año)

## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

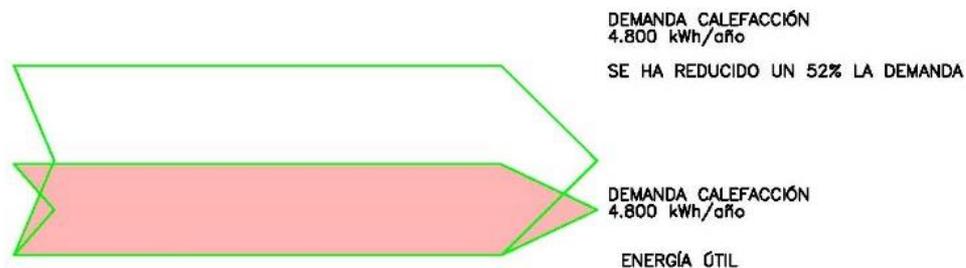
CALEFACCIÓN VIVIENDA EN MADRID  
SI, ADEMÁS, MEJORAMOS LOS COEFECIENTES DE TRANSMISIÓN  
CUBIERTA 0,38 (10cm AISLAMIENTO) A 0,23 (15cm AISLAMIENTO)  
MURO 0,66 (5cm AISLAMIENTO) A 0,4 (10cm AISLAMIENTO)  
VENTANA 2,5 A 1,5

DEMANDA CALEFACCIÓN  
4.800 kWh/año



VENTILACIÓN  
1.200 kWh/año  
TRANSMISIÓN  
3.600 kWh/año  
ENERGÍA ÚTIL

## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES



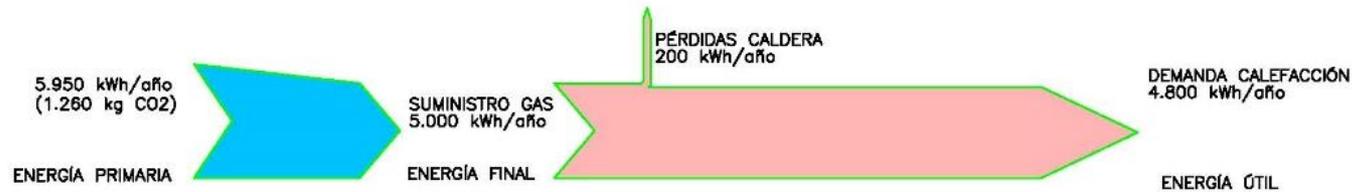
## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Se plantean varias soluciones:

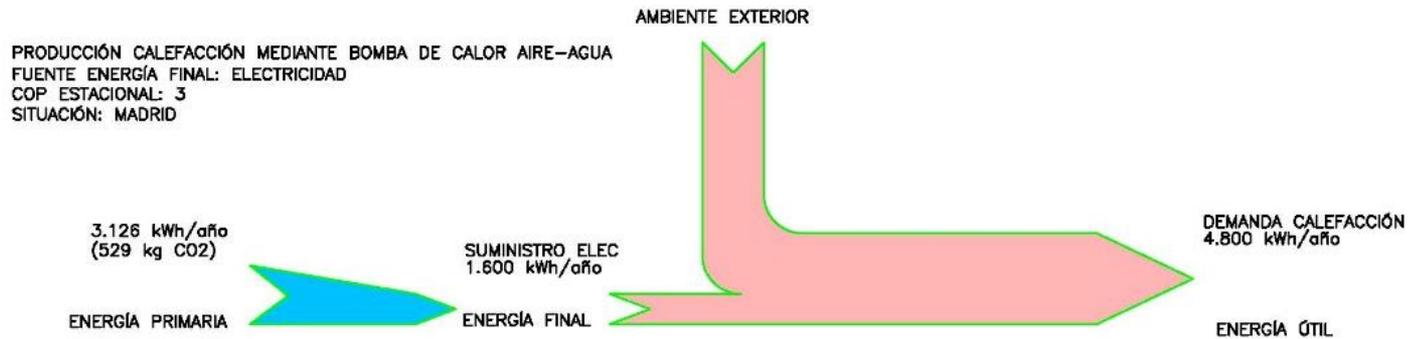
- Caldera de Gas Natural (eficiencia 96%)
- Bomba de Calor Aire-Agua (COP estacional 3)
- Caldera de Biomasa

## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

PRODUCCIÓN CALEFACCIÓN MEDIANTE CALDERA  
FUENTE ENERGÍA FINAL: GAS NATURAL  
RENDIMIENTO CALDERA: 96%  
SITUACIÓN: MADRID



## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES



## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

PRODUCCIÓN CALEFACCIÓN MEDIANTE CALDERA  
FUENTE ENERGÍA FINAL: BIOMASA  
RENDIMIENTO CALDERA: 85%  
SITUACIÓN: MADRID



## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Si se analizan los resultados se puede observar que para generar 4.800 kWh/año de energía útil de calefacción, dependiendo del sistema, será necesaria la siguiente energía primaria:

- Caldera Gas Natural → 5.950 kWh/año y 1.260 kg/año CO<sub>2</sub>
- Bomba Calor (Aerotermia) → 3.126 kWh/año y 529 kg/año CO<sub>2</sub>
- Caldera de Biomasa → 480 kWh/año y 102 kg/año CO<sub>2</sub>

## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Conclusiones previas:

- **Reducir necesidades** de calefacción **mejorando la envolvente y el sistema de ventilación** en fase de proyecto con el fin de acercarse al objetivo de ECCN.
- Además, aparentemente, en estos momentos parece que una solución de **Bomba de Calor obtiene mejor calificación que otra con Caldera de Gas Natural.**
- Y, sin lugar a dudas, **la que mejor calificación** que se obtiene, en este análisis, es con **la caldera de Biomasa.**

## 5.1 CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

NOTA: Sin actuar sobre la envolvente y la ventilación del ejemplo presentado, dejando la demanda en los 10.000 kWh/año, la energía primaria necesaria en una solución con biomasa (rendimiento 85%) requeriría 1.000 kWh/año y 212 kg/año de CO<sub>2</sub>. 3 veces menos que la solución con bomba de calor, a la que, además, se le ha aplicado una mejora en la envolvente y en el sistema de ventilación.



## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

El consumo energético derivado de la producción de agua caliente sanitaria depende, principalmente, del consumo de la misma.

El proyectista no puede actuar, a priori, sobre el consumo (salvo que se prevea la colocación de perlizadores en los grifos).

Lo único que podría hacer es actuar sobre la producción, planteando sistemas que consuman menos energía o que estén mejor valorados desde el punto de vista de la calificación de EECN.

## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Se va a tomar como ejemplo una vivienda en la que el consumo energético anual derivado de la producción de agua caliente sanitaria es de 1.000 kWh/año



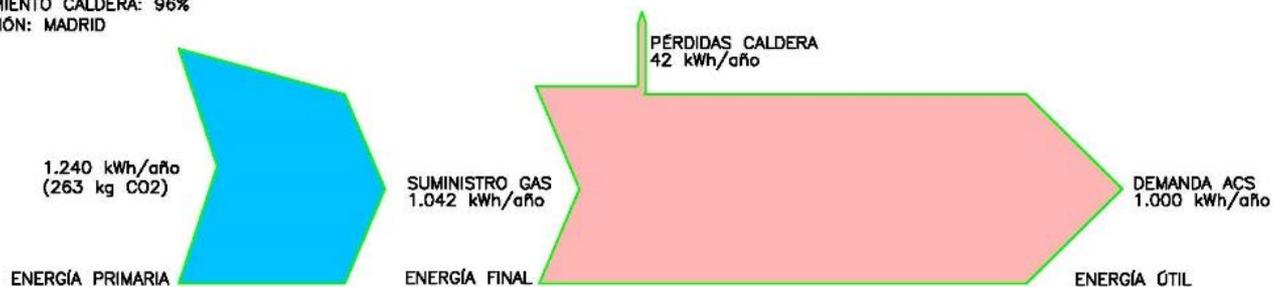
## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Se plantean varias soluciones:

- Caldera de Gas Natural (eficiencia 96%)
- Caldera de Gas Natural (eficiencia 96%) + paneles solares térmicos
- Bomba de Calor Aire-Agua (COP estacional 3,5)
- Bomba de Calor Aire-Agua (COP estacional 3,5) + paneles solares térmicos
- Resistencia Eléctrica
- Resistencia Eléctrica y 50% + paneles solares térmicos
- Caldera de Biomasa

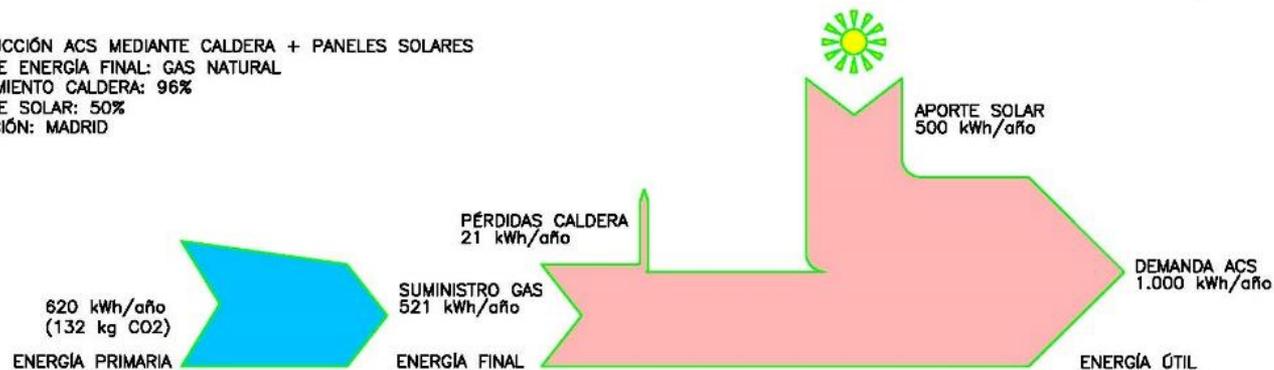
## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

PRODUCCIÓN ACS MEDIANTE CALDERA  
FUENTE ENERGÍA FINAL: GAS NATURAL  
RENDIMIENTO CALDERA: 96%  
SITUACIÓN: MADRID



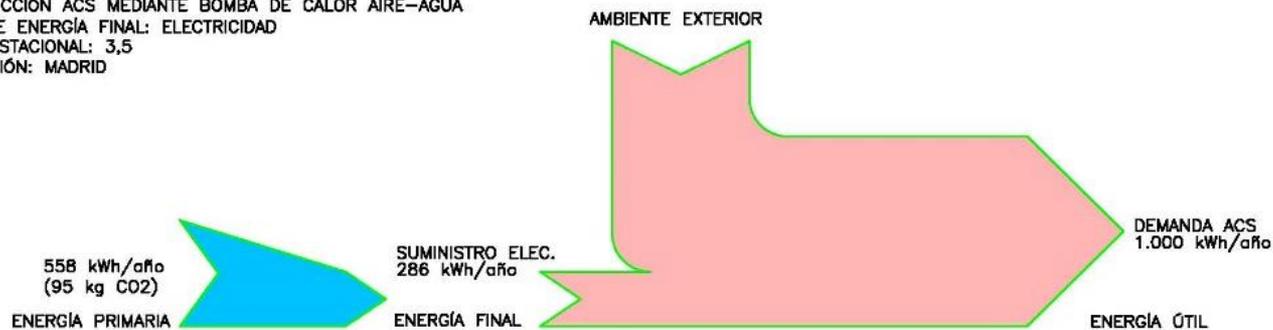
## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

PRODUCCIÓN ACS MEDIANTE CALDERA + PANELES SOLARES  
FUENTE ENERGÍA FINAL: GAS NATURAL  
RENDIMIENTO CALDERA: 96%  
APORTE SOLAR: 50%  
SITUACIÓN: MADRID



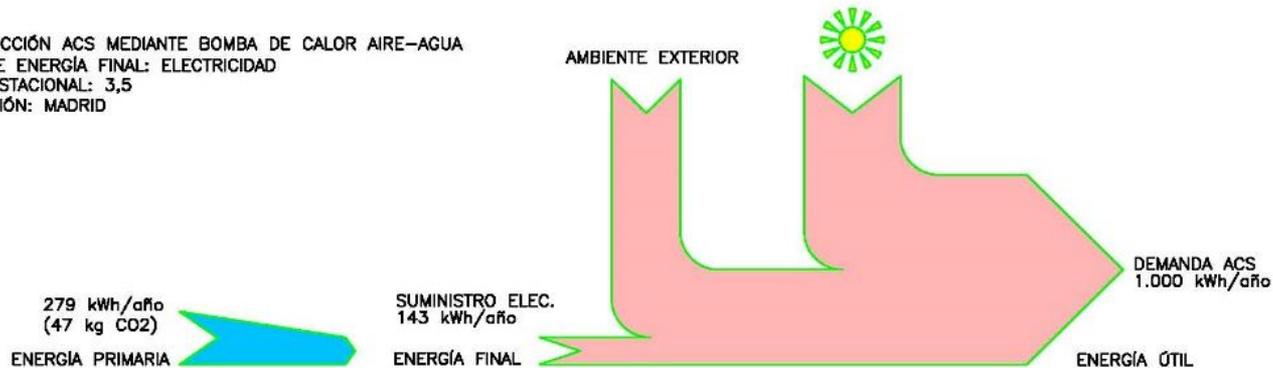
## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

PRODUCCIÓN ACS MEDIANTE BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA  
FUENTE ENERGÍA FINAL: ELECTRICIDAD  
COP ESTACIONAL: 3,5  
SITUACIÓN: MADRID

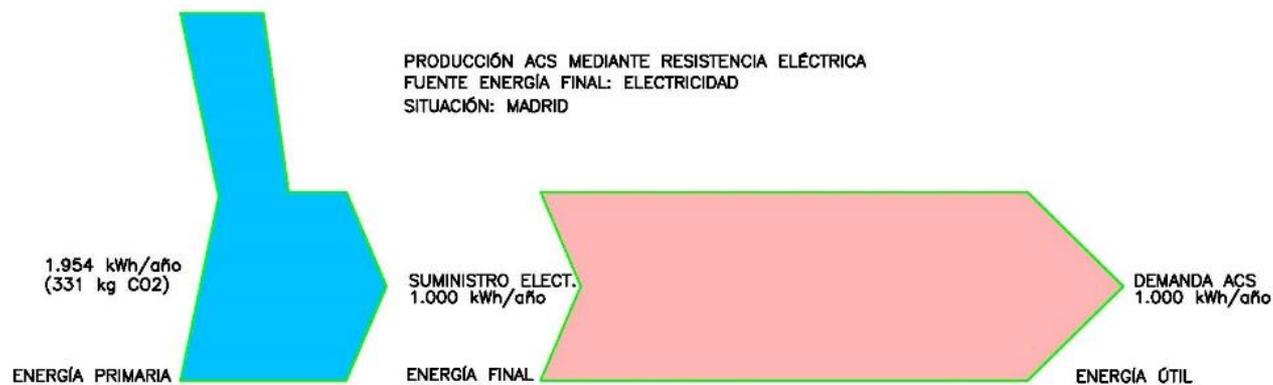


## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

PRODUCCIÓN ACS MEDIANTE BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA  
FUENTE ENERGÍA FINAL: ELECTRICIDAD  
COP ESTACIONAL: 3,5  
SITUACIÓN: MADRID

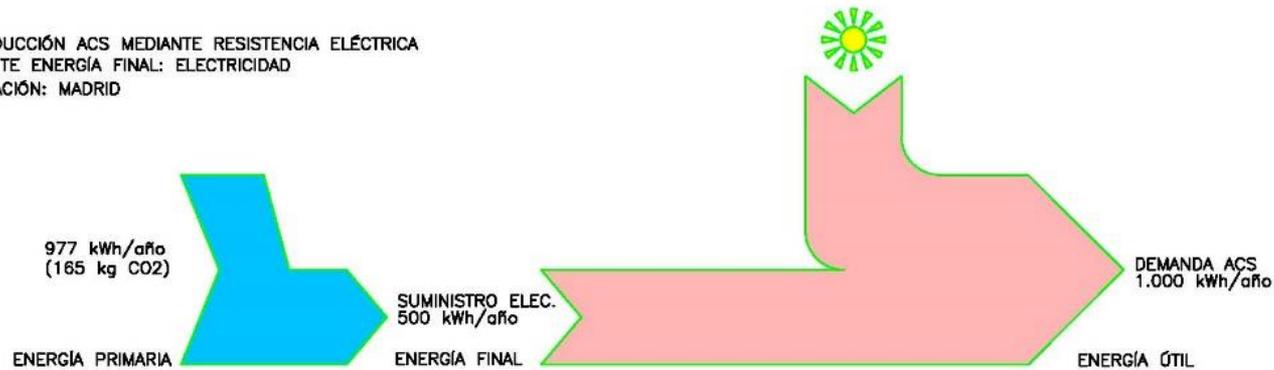


## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES



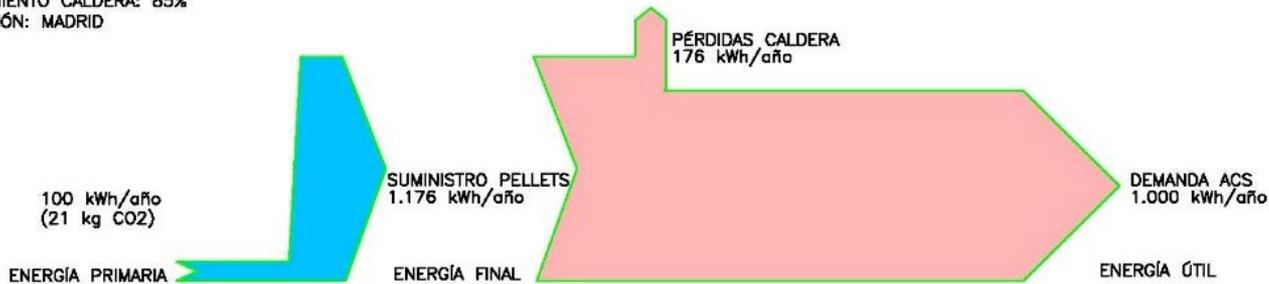
## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

PRODUCCIÓN ACS MEDIANTE RESISTENCIA ELÉCTRICA  
FUENTE ENERGÍA FINAL: ELECTRICIDAD  
SITUACIÓN: MADRID



## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

PRODUCCIÓN ACS MEDIANTE CALDERA BIOMASA  
FUENTE ENERGÍA FINAL: PELLETS  
RENDIMIENTO CALDERA: 85%  
SITUACIÓN: MADRID



## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Si se analizan los resultados se puede observar que para generar 1.000 kWh/año de energía útil de agua caliente sanitaria, dependiendo del sistema, será necesaria la siguiente energía primaria:

- Caldera Gas Natural → 1.240 kWh/año y 263 kg/año CO<sub>2</sub>
- Caldera Gas Natural + Paneles Solares → 620 kWh/año y 132 kg/año CO<sub>2</sub>
- Bomba de Calor (Aeroterminia) → 558 kWh/año y 95 kg/año CO<sub>2</sub>
- Bomba de Calor (Aeroterminia) + Paneles Solares → 279 kWh/año y 47 kg/año CO<sub>2</sub>
- Resistencia Eléctrica → 1.954 kWh/año y 331 kg/año CO<sub>2</sub>
- Resistencia Eléctrica + Paneles Solares → 977 kWh/año y 165 kg/año CO<sub>2</sub>
- Caldera de Biomasa → 100 kWh/año y 21 kg/año CO<sub>2</sub>

## 5.2 PRODUCCIÓN ACS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Conclusiones previas:

- Con el fin de acercarse a la calificación de ECCN, el proyectista, en este caso, **no puede alterar, a priori, la demanda**. Sólo puede actuar en la producción.
- Es evidente, que el **apoyo de una instalación de paneles solares térmicos** ayuda en la reducción de las necesidades energéticas en la producción.
- Por otro lado, al igual que en el caso de la calefacción, aparentemente (dependerá de cómo se vayan modificando a lo largo de los años los coeficientes de conversión de energía final en energía primaria), en estos momentos parece que una solución de **Bomba de Calor obtiene mejor calificación que otra con Caldera de Gas Natural o Resistencia Eléctrica**
- Y, sin lugar a dudas, de nuevo, **la que mejor calificación** que se obtiene, en este análisis, es con **la caldera de Biomasa**.

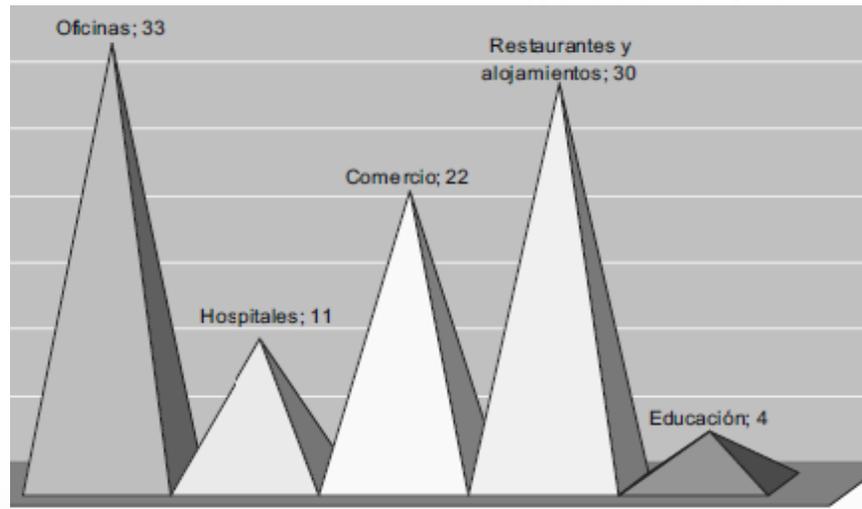


# 6. CONSUMO ENERGÍA EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

## 6. CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

Por otro lado, el sector servicios aglutina oficinas, hospitales, colegios, administración, hoteles, etc.

La distribución del consumo en el sector servicios por subsectores es la siguiente:



## 6. CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

La disparidad dentro del sector servicios, así como la variedad de edificios dentro de una misma tipología, no permiten, en este breve análisis, comentar cada uno de los casos. Nos vamos a centrar en oficinas.

Los servicios considerados para analizar la eficiencia son:

- Calefacción
- Refrigeración
- Producción agua caliente sanitaria
- Y, en edificios no residenciales, la iluminación.

## 6. CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

En un edificio de oficinas en Madrid (datos tomados de la Guía de Auditorías Energéticas en Edificios de Oficinas publicado por la Consejería de Economía e Industria de la Comunidad de Madrid) el consumo de energía final se distribuye de la siguiente forma:

- Refrigeración: 32%
- Calefacción 20%
- Ventiladores y Bombas: 14%
- Iluminación y otros aptos eléctricos: 34%

## 6. CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

En este apartado, en vez de llevar a cabo un análisis detallado como el de las viviendas, se van a realizar comentarios para la reflexión y sugerir actuaciones con el fin de reducir la demanda energética en las oficinas.

## 6. CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

En relación con la **envolvente**, en estos últimos años se ha tendido a edificios de oficinas con muro cortina. Esta solución, muy atractiva desde el punto de vista del usuario, genera un consumo energético mayor que el de una fachada sólida (menor transmisión y menor ganancia solar).

Sin embargo, en este tipo de edificios, generalmente, el balance energético de las cargas térmicas a lo largo del año es positivo, es decir, **requieren principalmente refrigerarse**. Con el fin de poder actuar en la reducción de las necesidades de refrigeración debería intervenir, principalmente, **sobre la protección solar, transmisión y la iluminación.**

## 6. CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

En los edificios de oficinas la demanda energética debida a la **producción de agua caliente sanitaria es muy reducida.**

En relación con la **iluminación**, sería conveniente hacer una reflexión sobre **la norma UNE 12464-1:2002** que establece los niveles de iluminación en los lugares de trabajo. En el apartado 4.3.1 se menciona que los valores establecidos son sobre el área de trabajo.

Otro aspecto que debería tenerse en cuenta es el **consumo derivado de ventiladores y bombas** (14%). Con el fin de reducir dicha demanda se proponen sistemas de caudal variable con el fin de “mover” por el edificio sólo la energía que se demanda en cada momento.

# ¡Muchas gracias!

Organiza



Asociación de Empresas  
de Eficiencia Energética



Spain Chapter