

05-022

POSSIBILITIES FOR THE ENERGY REHABILITATION OF A SECONDARY EDUCATION INSTITUTE BUILT IN 1990 BASED ON THE CURRENT CTE-DB-HE

López González, Luis María⁽¹⁾; Bobadilla Martínez, David⁽¹⁾; López Ochoa, Luis María⁽¹⁾; Las Heras Casas, Jesús⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidad de La Rioja

Applying the current Basic Document of Energy Saving of the Technical Building Code (CTE-DB-HE) ensures significant savings in terms of the non-renewable primary energy consumption and a significant reduction in the CO₂ emissions of rehabilitated buildings. The current CTE-DB-HE requires that rehabilitated educational buildings demand limited amounts of energy, have energy-efficient lighting installed, and use a certain amount of solar energy for domestic hot water (DHW). Newly constructed educational buildings must comply with even stricter limits on energy demand and consumption. In this paper, two energy rehabilitation solutions are studied for a secondary school institute built in 1990 and located in Logroño (La Rioja), one for a rehabilitated building and the other for a new building. In both, external thermal insulation composite systems are used, the existing heating oil boiler for heating and DHW is replaced by a natural gas condensing boiler, the lighting installation is improved, and a solar support system is incorporated to cover part of the DHW needs.

Keywords: CTE-DB-HE; energy rehabilitation; educational building; external thermal insulation composite systems; energy saving; reduction of CO₂ emissions

POSIBILIDADES DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN INSTITUTO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA CONSTRUIDO EN 1990 APLICANDO EL ACTUAL CTE-DB-HE

La aplicación del actual Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-HE) asegura un gran ahorro en el consumo de energía primaria no renovable y una gran reducción de las emisiones de CO₂ de los edificios que se rehabiliten. El actual CTE-DB-HE exige a los edificios educativos rehabilitados una limitación de la demanda energética, una eficiencia energética de las instalaciones de iluminación y una contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS). Mientras que, a los edificios educativos de nueva construcción les exige, además de todo lo anterior, una mayor limitación de la demanda energética y una limitación del consumo energético. En este trabajo se estudian dos soluciones de rehabilitación energética para un instituto de educación secundaria construido en 1990 y ubicado en Logroño (La Rioja): una para que cumpla como edificio rehabilitado y otra para que cumpla como edificio nuevo. En ambas se emplean sistemas de aislamiento térmico exterior, se sustituye la caldera existente de gasóleo C para calefacción y ACS por una de condensación de gas natural, se mejoran las instalaciones de iluminación y se incorpora un sistema de apoyo solar para cubrir parte de las necesidades de ACS.

Palabras clave: CTE-DB-HE; rehabilitación energética; edificio educativo; sistemas de aislamiento térmico exterior; ahorro energético; reducción de emisiones de CO₂

Correspondencia: Luis María López González; luis-maria.lopez@unirioja.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La eficiencia energética se presenta como una solución clave ante los desafíos medioambientales y de seguridad energética que existen en la actualidad. Además, dado su gran potencial, desarrollando las políticas de eficiencia energética adecuadas se puede garantizar un sistema energético seguro y sostenible. Con la reducción del consumo energético en edificios y el aumento del uso de energías renovables se contribuye a lograr los objetivos europeos en materia de clima y energía para 2020 y 2030.

La Directiva 2010/31/UE (Unión Europea, 2010) establece un marco común en el que se describen los requisitos y exigencias que deben cumplir los Estados Miembros para asegurar el ahorro y la eficiencia energética de los edificios. Es una versión refundida de la Directiva 2002/91/CE (Comunidad Europea, 2002) y ha sido reforzada por la Directiva 2012/27/UE (Unión Europea, 2012). Por su parte, las Administraciones Públicas deben acometer acciones de rehabilitación energética que contemplen al menos la renovación del 3% anual del stock de los edificios públicos (Unión Europea, 2012; Comisión Europea, 2011).

La Directiva 2010/31/UE (Unión Europea, 2010) se transpuso en España en 2013 mediante la Orden FOM/1635/2013 (Ministerio de Fomento, 2013a), reemplazando el anterior CTE-DB-HE (Ministerio de Vivienda, 2006, 2007, 2009). Dicha Orden FOM/1635/2013 (Ministerio de Fomento, 2013a) ha sufrido dos modificaciones, Ministerio de Fomento (2013b) y Ministerio de Fomento (2017), hasta dar lugar al actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017). Este documento básico contiene las siguientes exigencias: CTE-DB-HE0 sobre la limitación del consumo energético; CTE-DB-HE1 sobre la limitación de la demanda energética; CTE-DB-HE2 sobre el rendimiento de las instalaciones térmicas, desarrollada en las diferentes actualizaciones sufridas por el RITE (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013); CTE-DB-HE3 sobre la eficiencia de las instalaciones de iluminación; CTE-DB-HE4 sobre la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS); y CTE-DB-HE5 sobre la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. Respecto al anterior CTE-DB-HE (Ministerio de Vivienda, 2006, 2007, 2009), el actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) aumenta los niveles de las diferentes exigencias, incorpora la limitación del consumo de energía primaria no renovable y define como edificio de consumo de energía casi nulo aquel edificio que cumple sus exigencias para edificios de nueva construcción. Además, en Ministerio de la Presidencia (2013a), Ministerio de la Presidencia (2013b) y Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales (2017) se establece el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es estudiar el impacto, a nivel energético y medioambiental, de dos soluciones de rehabilitación energética que permite el actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) para un instituto de educación secundaria construido en 1990 y ubicado en Logroño (La Rioja): La primera solución cumplirá como edificio rehabilitado y la segunda solución cumplirá como edificio nuevo. Para ello se incorporarán sistemas de aislamiento térmico exterior, sustitución de huecos, sustitución de la caldera existente para calefacción y ACS, sustitución y mejora de las instalaciones de iluminación e incorporación de un sistema de apoyo solar para cubrir parte de las necesidades de ACS.

3. Metodología

3.1 Instituto de educación secundaria objeto de estudio

El edificio de partida es un instituto de educación secundaria ubicado en la ciudad de Logroño (La Rioja) y fue construido en 1990 de acuerdo a la NBE-CT-79 (Presidencia del Gobierno, 1979), primera normativa que contempla el uso de aislante térmico y de obligado cumplimiento entre 1981 y 2007 (Figura 1).

El instituto está compuesto por planta baja y dos alturas, con una superficie total de 4.595,6 m²: 1.363,8 m² en la planta baja y 1.615,9 m² tanto en la primera planta como en la segunda. Dispone de 20 aulas, 3 salas de dibujo técnico, 6 laboratorios y una sala de usos múltiples, además de baños, cafetería, despachos, administración, biblioteca, archivo y otros. Tiene capacidad para impartir enseñanzas a unos 1.000 alumnos y permanece abierto entre las 8:00 horas y las 22:00 horas.

Se dispone de una caldera convencional de gasóleo C para cubrir todas las necesidades de calefacción y ACS. Las instalaciones de calefacción y ACS, así como las instalaciones de iluminación, no han sufrido ningún cambio ni modificación desde su apertura en 1990.

Figura 1: Instituto de educación secundaria objeto de estudio.



3.2 Normativa a aplicar

El CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) establece las exigencias en materia de ahorro energético que deben cumplir los edificios rehabilitados y los edificios de nueva construcción. Para ello se especifican diferentes zonas climáticas, en función de la severidad climática de invierno y la severidad climática de verano, diferentes zonas climáticas solares y se hace distinción entre edificio de uso residencial privado y de otros usos.

Según el CTE-DB-HE1, para que el edificio cumpla como edificio rehabilitado se debe lograr que la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto sea igual o inferior a la de su edificio de referencia correspondiente. Cada edificio de referencia tiene una envolvente térmica característica en función de su zona climática. La demanda energética conjunta es la suma de la demanda energética de calefacción y del 70% de la demanda energética de refrigeración, con una tasa de ventilación de 0,8 renovaciones/hora. La zona climática correspondiente a Logroño es la D2 (zona climática de invierno D y zona climática de verano 2). Mientras que para que el edificio cumpla como edificio nuevo se debe conseguir un ahorro energético en la demanda energética conjunta del edificio objeto,

respecto a su correspondiente edificio de referencia, en función de la zona climática de verano donde se ubique y la carga de las fuentes internas. El edificio de estudio, al encontrarse en una zona climática de verano 2 y poseer una carga de las fuentes interna media, debe alcanzar un ahorro energético de al menos un 25% en la demanda energética conjunta, respecto a su correspondiente edificio de referencia. Además, en ambos casos, las transmitancias térmicas de la envolvente térmica no pueden superar unos valores establecidos y no se pueden producir condensaciones ni superficiales, ni intersticiales.

Por un lado, para cumplir las exigencias de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación del CTE-DB-HE3, en ambos casos, se debe lograr que el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) no supere ciertos valores en función de la zona de actividad de la que se trate, estando dichos valores límite comprendidos para el edificio de estudio entre 3,0 y 5,0; la potencia instalada de iluminación no puede superar los 15 W/m²; y cada zona debe disponer de un sistema de control y regulación adecuado para las instalaciones de iluminación.

Por otro lado, al tener el edificio una demanda diaria de ACS de 4.152 l (4 l/persona·día) y encontrarse en la zona climática solar III, el CTE-DB-HE4 exige que se incorpore un sistema de apoyo solar con el que se cubra al menos el 40% de las necesidades de ACS.

Finalmente, según el CTE-DB-HE0, para que el edificio cumpla como edificio nuevo debe obtener al menos una calificación B en consumo de energía primaria no renovable. Sin embargo, no es necesario que los edificios rehabilitados cumplan esta exigencia.

3.3 Casos de estudio

Para el estudio del impacto de las opciones de rehabilitación energética que permite el actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) se evaluarán las demandas energéticas, los consumos de energía primaria no renovable y las emisiones de CO₂, mediante el programa HULC (Herramienta Unificada LIDER-CALENER) (HULC, 2017), de los siguientes casos:

- Caso I: Edificio de partida, construido de acuerdo a la NBE-CT-79 (Presidencia del Gobierno, 1979).
- Caso II: Edificio rehabilitado energéticamente que cumple como edificio rehabilitado de acuerdo al CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017).
- Caso III: Edificio rehabilitado energéticamente que cumple como edificio nuevo de acuerdo al CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017).

Las rehabilitaciones energéticas que se proponen en los casos II y III consistirán en:

- Mejora de las transmitancias térmicas de la envolvente térmica del edificio, incorporando sistemas de aislamiento térmico exterior y sustituyendo los huecos.
- Sustitución de la caldera convencional existente de gasóleo C, tanto para cubrir las necesidades de calefacción como de ACS, por una caldera convencional de gas natural en el Caso II y por una caldera de condensación de gas natural en el Caso III.
- Sustitución y mejora de las instalaciones de iluminación.
- Incorporación de un sistema de apoyo solar para cubrir parte de las necesidades de ACS.

Tabla 1. Transmitancias térmicas de los cerramientos opacos y de las particiones interiores, espesores del aislante y tipos de aislante en los tres casos de estudio.

	Caso I			Caso II			Caso III		
	U (W/m ² ·K)	e (cm)	Tipo de aislante	U (W/m ² ·K)	e (cm)	Tipo de aislante	U (W/m ² ·K)	e (cm)	Tipo de aislante
Solera	0,99	2	EPS ₁	0,60	+ 3	EPS ₁	0,25	10 ⁽³⁾	EPS ₃
Cubierta	0,66	3	EPS ₂	0,46	+ 3	EPS ₁	0,20	+ 10	EPS ₃
Muro acristalado	3,49	-	-	0,73 ⁽²⁾	-	-	0,28 ⁽²⁾	-	-
Muro de la planta baja	0,86	2	EPS ₁	0,73	+ 1	EPS ₁	0,28	+ 7	EPS ₃
Muro de las plantas 1 y 2	0,87	2	EPS ₁	0,73	+ 1	EPS ₁	0,28	+ 7	EPS ₃
Forjado de entreplantas 1 ⁽¹⁾	0,70	4	EPS ₁	0,60	+ 1	EPS ₁	0,24	+ 8	EPS ₃
Forjado de entreplantas 2	1,77	-	-	1,77	-	-	1,77	-	-
Particiones interiores	1,98	-	-	1,98	-	-	1,98	-	-

Notas: ⁽¹⁾ El forjado de entreplantas 1 posee suelo en contacto con el aire. ⁽²⁾ En cada caso, el muro acristalado es sustituido por un muro de similares características al de la planta baja del caso correspondiente. ⁽³⁾ En este caso, el aislante de la solera original es reemplazado completamente.

Tabla 2. Transmitancias térmicas y factores solares modificados de los huecos en los tres casos de estudio.

	Caso I		Caso II		Caso III	
	U (W/m ² ·K)	Factor solar	U (W/m ² ·K)	Factor solar	U (W/m ² ·K)	Factor solar
Hueco tipo 1	4,35	0,51	2,97	0,43	1,57	0,42
Hueco tipo 2	4,62	0,44	3,02	0,36	1,62	0,34
Hueco tipo 3	3,86	0,64	2,89	0,56	1,49	0,55
Hueco tipo 4	4,36	0,51	2,98	0,43	1,58	0,41
Hueco tipo 5	4,22	0,55	2,95	0,46	1,55	0,45
Hueco tipo 6	4,19	0,56	2,95	0,47	1,55	0,46
Hueco tipo 7	5,19	0,29	3,11	0,22	1,71	0,19
Hueco tipo 8	4,13	0,57	2,94	0,49	1,54	0,48
Hueco tipo 9	4,00	0,61	2,92	0,52	1,52	0,51
Hueco tipo 10	3,97	0,61	2,91	0,53	1,51	0,52

En la Tabla 1 se muestran las principales características de los cerramientos opacos y de las particiones interiores empleados en los tres casos de estudio, destacando sus transmitancias térmicas. En el caso de partida se muestran los espesores de aislantes originales y en los casos de rehabilitación energética el espesor de aislante añadido con los sistemas de aislamiento térmico exterior. Se han empleado tres tipos de aislante EPS, cuyas conductividades térmicas son $0,046 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (EPS₁), $0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (EPS₂) y $0,029 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (EPS₃).

En la Tabla 2 se muestran las transmitancias térmicas y los factores solares modificados de los huecos empleados en los tres casos de estudio. En los huecos del caso I se emplean vidrios dobles con $U = 3,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y $g = 0,791$, y marcos metálicos sin rotura de puente térmico con $U = 5,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y $\alpha = 0,7$; en los huecos del caso II se emplean vidrios dobles 4-12-4 con $U = 2,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y $g = 0,70$, y marcos metálicos con rotura de puente térmico de 12 mm con $U = 3,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y $\alpha = 0,7$; y en los huecos del caso III se emplean vidrios dobles bajo emisivos < 0,03 4-20-4 con $U = 1,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y $g = 0,70$, y marcos de PVC de tres cámaras con $U = 1,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y $\alpha = 0,7$.

La caldera convencional de gasóleo C de 950 kW y rendimiento del 85% del caso I es sustituida por una caldera convencional de gas natural de 750 kW y rendimiento del 90% en el caso II y por una caldera de condensación de gas natural de 700 kW y rendimiento del 95% en el caso III. Se observa que disminuye la potencia de calefacción necesaria cuanto mejor es la envolvente térmica. Además, se incorpora un sistema de apoyo solar para cubrir el 40% de la demanda energética anual de ACS del edificio en los casos II y III.

Las instalaciones de iluminación en el caso I no cumplen con la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes (IDAE, 2001), cuenta con una potencia media instalada de $12,90 \text{ W/m}^2$ y su VEEI medio es de $6,80 \text{ W/m}^2$ 100 lux. El VEEI recomendado por la Guía Técnica está comprendido entre 2,00 y 4,50, siendo el óptimo de 3,50 (IDAE, 2001). Mientras que en los casos II y III se cumple con dicha Guía Técnica (IDAE, 2001), siendo la potencia media instalada de $7,20 \text{ W/m}^2$ y el VEEI medio de $2,30 \text{ W/m}^2$ 100 lux en el caso II, y la potencia media instalada de $6,20 \text{ W/m}^2$ y el VEEI medio de $2,00 \text{ W/m}^2$ 100 lux en el caso III.

Para las simulaciones se ha tenido en cuenta que su perfil de uso es el de un edificio de uso no residencial, con densidad de fuentes internas media y periodo de utilización de 16 horas. La tasa de ventilación del edificio en el caso I es de 1,83 renovaciones/hora y en los casos II y III es de 1,77 renovaciones/hora. Las cargas de fuentes internas consideradas han sido las siguientes: Las cargas internas de ocupación son $13,81 \text{ W/m}^2$ en todos los casos; las cargas internas de iluminación se corresponde con la potencia de iluminación media de cada uno de los casos; y las cargas internas de los equipos son de $4,50 \text{ W/m}^2$ en el caso I, $5,50 \text{ W/m}^2$ en el caso II y $6,60 \text{ W/m}^2$ en el caso III.

3.4 Programa de simulación

El programa HULC (2017) permite verificar el cumplimiento del CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017), certificar energéticamente y evaluar las demandas energéticas, los consumos de energía primaria no renovable y las emisiones de CO₂.

Los pasos a seguir son los siguientes:

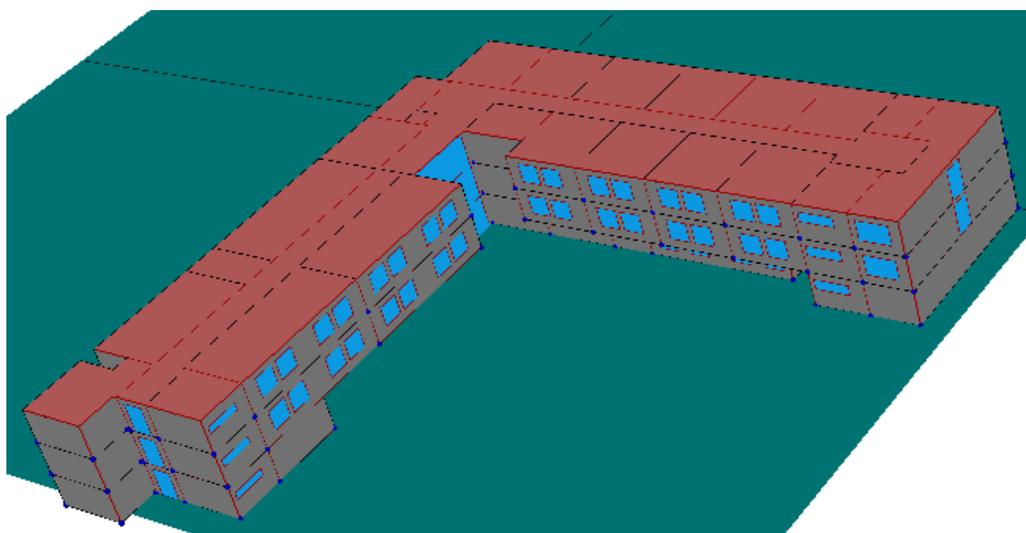
1. Introducir el modelo 3D del instituto, teniendo en cuenta, además de su geometría, su ubicación, tipo de edificio, tipo de uso, cargas internas, sistema de iluminación, equipos, tasa de ventilación, tipo de espacio, higrometría y envolvente térmica.
2. Verificar el cumplimiento del CTE-DB-HE1.

3. Introducir en CALENER-VYP todas las instalaciones térmicas del edificio para, posteriormente, evaluar los diferentes parámetros térmicos y medioambientales, así como sus correspondientes calificaciones energéticas.
4. Verificar el cumplimiento del CTE-DB-HE0.
5. Imprimir el informe de verificación de los requisitos del CTE-DB-HE1 y CTE-DB-HE0, y el informe de certificación de eficiencia energética del edificio.

4. Resultados

En la Figura 2 se muestra el modelo 3D del edificio objeto de estudio.

Figura 2: Modelo 3D del instituto objeto de estudio en HULC (2017).



En el proceso de verificación del CTE-DB-HE1 se han obtenido las demandas energéticas conjuntas del edificio en todos los casos estudiados y se han comparado con las de su edificio de referencia correspondiente, bajo las condiciones de verificación impuestas, tal como se muestra en la Tabla 3. Se ha obtenido, respecto al edificio de referencia, que la demanda energética conjunta del edificio en el caso I la excede en un 12,98%; mientras que en los casos II y III la ve reducida en un 0,90% y 27,50%, respectivamente. Se comprueba que el edificio en el caso II cumple como edificio rehabilitado, al ser su demanda energética conjunta inferior a la de su edificio de referencia correspondiente, y que el edificio en el caso III cumple como edificio nuevo, al ser su demanda energética conjunta más de un 25% inferior a la de su edificio de referencia correspondiente.

Tabla 3. Resultados de la verificación del CTE-DB-HE1 en los tres casos de estudio.

	Caso I	Caso II	Caso III
Ahorro alcanzado (%)	-12,98	0,90	27,50
Demanda energética de calefacción (kWh/m ² ·año)	38,35	34,68	15,65
Demanda energética de refrigeración (kWh/m ² ·año)	27,03	22,80	30,61
Demanda energética conjunta (kWh/m ² ·año)	57,27	50,64	37,08

En la Tabla 4 se muestran los totales y los desglosados de las demandas energéticas, los consumos de energía primaria no renovable y las emisiones de CO₂, así como sus calificaciones de eficiencia energética correspondientes.

Tabla 4. Resultados de los parámetros energéticos y medioambientales evaluados en los tres casos de estudio.

	Caso I	Caso II	Caso III
Demanda energética de calefacción (kWh/m ² ·año)	70,18	66,87	44,39
Demanda energética de refrigeración (kWh/m ² ·año)	23,04	19,09	24,08
Demanda energética de ACS (kWh/m ² ·año)	18,48	18,48	18,48
Consumo de energía primaria no renovable de calefacción (kWh/m ² ·año y calificación)	97,66 D	89,77 D	51,39 B
Consumo de energía primaria no renovable de ACS (kWh/m ² ·año y calificación)	25,64 D	14,66 C	13,89 C
Consumo de energía primaria no renovable de iluminación (kWh/m ² ·año y calificación)	136,42 C	76,36 B	65,83 B
Consumo de energía primaria no renovable total (kWh/m ² ·año y calificación)	259,71 D	180,79 C	131,11 B
Emisiones de CO ₂ de calefacción (kg CO ₂ /m ² ·año y calificación)	25,76 D	19,01 C	10,88 B
Emisiones de CO ₂ de ACS (kg CO ₂ /m ² ·año y calificación)	6,76 F	3,11 C	2,94 C
Emisiones de CO ₂ de iluminación (kg CO ₂ /m ² ·año y calificación)	19,10 C	10,70 B	9,20 B
Emisiones de CO ₂ totales (kg CO ₂ /m ² ·año y calificación)	51,62 D	32,81 C	23,02 B

Por un lado, respecto al caso I se logran reducir la demanda energética de calefacción un 4,72% y la demanda energética de refrigeración un 17,14% en el caso II; mientras que, en el caso III se alcanza una reducción de la demanda energética de calefacción del 36,75%, pero se produce un aumento del 4,51% de la demanda energética de refrigeración. Por otro lado, con la incorporación del sistema de apoyo solar térmico para ACS y la mejora de la caldera empleada, respecto al caso I, se logra un ahorro en el consumo de energía primaria no renovable de ACS del 42,84% en el caso II y del 45,83% en el caso III, mientras que se reducen las emisiones de CO₂ de ACS en un 53,99% en el caso II y del 56,51% en el caso III.

En la Figura 3 se muestran los consumos de energía primaria no renovable desglosados y en la Figura 4 se muestran las emisiones de CO₂ desglosadas para todos los casos estudiados. En el caso II se logran reducir el consumo de energía primaria no renovable total un 30,39% y las emisiones de CO₂ totales un 36,44%, respecto al caso I, mejorando en una letra tanto la calificación en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO₂, obteniendo una letra C en ambas calificaciones; mientras que en el caso III se logran reducir el consumo de energía primaria no renovable un 49,52% y las emisiones de CO₂ un 55,40%, respecto al caso I, mejorando en dos letras tanto la calificación en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO₂, obteniendo una letra B en

ambas calificaciones. Se puede verificar que el caso III es el único que cumple el CTE-DB-HE0, al obtener una calificación B en consumo de energía primaria no renovable.

Figura 3: Consumo de energía primaria no renovable de calefacción, de ACS y de iluminación para cada caso de estudio.

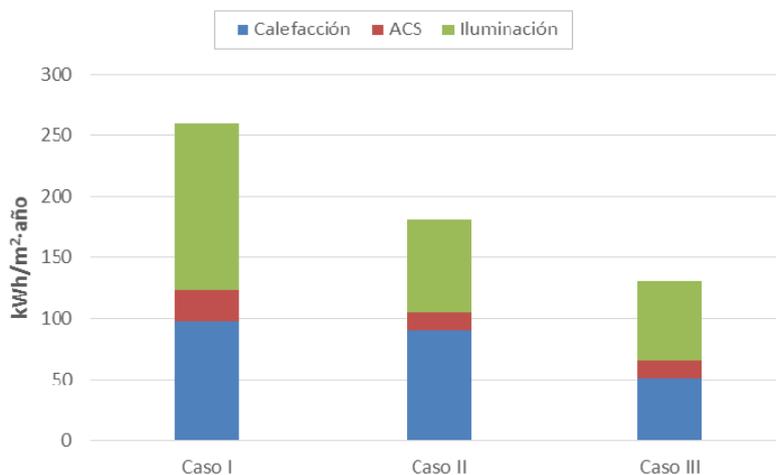
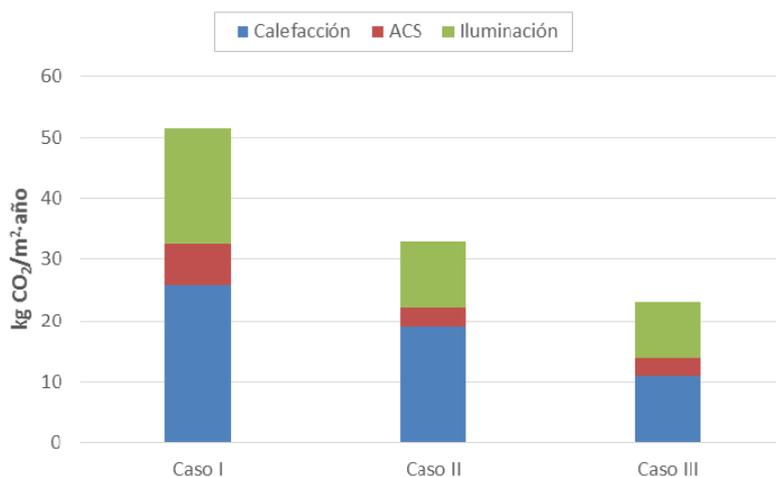


Figura 4: Emisiones de CO₂ de calefacción, de ACS y de iluminación para cada caso de estudio.



Con todo esto, se comprueba que la solución de rehabilitación energética propuesta en el caso II cumple el actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) como edificio rehabilitado y que la solución de rehabilitación energética propuesta en el caso III cumple el actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) como edificio nuevo y logra un instituto de consumo de energía casi nulo.

5. Conclusiones

En este trabajo se han estudiado, a nivel energético y medioambiental, dos soluciones de rehabilitación energética para un instituto de educación secundaria construido de acuerdo a la NBE-CT-79 (Presidencia del Gobierno, 1979).

La solución de rehabilitación energética más ambiciosa, es decir, la que cumple con el actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) como edificio nuevo, logra que el instituto objeto de estudio se convierta en un edificio de consumo de energía casi nulo. Se reduce el consumo de energía primaria no renovable en un 49,52% y las emisiones de CO₂ en un 55,40%, respecto al edificio de partida, pasando de una calificación D a una calificación B tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO₂. Respecto a la solución que cumple con el actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) como edificio rehabilitado, reduce el consumo de energía primaria no renovable en un 27,48% y las emisiones de CO₂ en un 29,84%, mejorando en una letra tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO₂.

Referencias

- Comisión Europea (2011). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: Plan De Eficiencia Energética 2011. COM(2011) 109 final [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0109:FIN:ES:PDF>.
- Comunidad Europea (2002). Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0091&from=ES>.
- HULC (2017). Herramienta Unificada LIDER-CALENER, Versión 1.0.1564.1124 [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/lider-calener/iCTEHE2013_last.
- IDAE (2001). Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación: Centros Docentes [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803da23.pdf.
- Ministerio de Fomento (2013a). Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/09/12/pdfs/BOE-A-2013-9511.pdf>.
- Ministerio de Fomento (2013b). Corrección de errores de la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/11/08/pdfs/BOE-A-2013-11688.pdf>.
- Ministerio de Fomento (2017). Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE “Ahorro de energía” y el Documento Básico DB-HS “Salubridad”, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2017/06/23/pdfs/BOE-A-2017-7163.pdf>.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2013). Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Versión consolidada [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>.

- Ministerio de la Presidencia (2013a). Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3904.pdf>.
- Ministerio de la Presidencia (2013b). Corrección de errores del Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/05/25/pdfs/BOE-A-2013-5511.pdf>.
- Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales (2017). Real Decreto 564/2017, de 2 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2017/06/06/pdfs/BOE-A-2017-6350.pdf>.
- Ministerio de Vivienda (2006). Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2006/03/28/pdfs/A11816-11831.pdf>.
- Ministerio de Vivienda (2007). Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2007/10/23/pdfs/A42992-43045.pdf>.
- Ministerio de Vivienda (2009). Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2009/04/23/pdfs/BOE-A-2009-6743.pdf>.
- Presidencia del Gobierno (1979). Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/1979/10/22/pdfs/A24524-24550.pdf>.
- Unión Europea (2010). Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición) [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=ES>.
- Unión Europea (2012). Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=ES>.