

## **Análisis tipológico de centros escolares para caracterizar los consumos energéticos. El caso de la ciudad de Valencia.**

**Liébana Durán, Esther<sup>(1,\*), Serrano Lanzarote, Begoña<sup>(1), Ortega Madrigal, Leticia<sup>(2)</sup></sup></sup>**

(\*) ETS de Arquitectura, Univ. Politécnica de Valencia, eliebanad@gmail.com, 657367005

(1) ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia

(2) Instituto Valenciano de la Edificación. C/ Tres Forques, 98, 46018 Valencia

**Resumen** Esta comunicación presenta el trabajo desarrollado como continuación del proyecto europeo EIE TABULA (2010-2013), orientado a caracterizar los tipos del parque residencial de viviendas, para plantear estrategias de rehabilitación energética. El trabajo ahora presentado estudia los centros de educación, atendiendo al potencial de ahorro que presentan este tipo de edificios, muchos de ellos, contruidos sin normativa sobre eficiencia energética. Una de las principales barreras detectadas ha sido la escasez de datos energéticos sobre el sector terciario. Otra ha sido la multiplicidad de variables (usos, horarios, ...), que dificultan establecer clasificaciones sistemáticas. El reto de la presente investigación ha sido proponer una clasificación de tipos de construcciones de centros educativos en la ciudad de Valencia, para ayudar a establecer posibles estrategias futuras de mejora, por grupos, y favorecer el ahorro energético. Se analizan los sistemas de clasificación utilizados en múltiples estudios energéticos sobre centros educativos en Europa y, tomando como base el modelo de clasificación elaborado en el proyecto TABULA, la “Matriz de tipos de edificios”, se ha propuesto una nueva matriz para los centros de educación infantil y primaria de Valencia. Por último, se presentan los resultados del estudio energético teórico desarrollado sobre uno de los tipos de colegios incluido en la matriz propuesta. La metodología utilizada puede ser replicable a otras ciudades de España y puede constituir la base para estimar los posibles ahorros energéticos en centros escolares, de cara a plantear futuros escenarios de rehabilitación energética de manera eficiente.

**Palabras clave** TABULA, Rehabilitación energética, Colegios, Estrategias de ahorro.

## 1. Introducción

Atendiendo a la función ejemplarizante que deben tener las instituciones públicas en materia de eficiencia y ahorro energético, y a la exigencia de la Directiva Europea 2012/27/UE que, en su artículo 5, apartado 1, establece que los Estados miembros, a partir del 1 de enero de 2014, deben renovar anualmente el 3 % de la superficie total de los edificios con calefacción y/o sistema de refrigeración que ocupen su Administración central, las instituciones están trabajando en el desarrollo de planes de acción que disminuyan el consumo energético y faciliten la consecución de los objetivos europeos.

Además de los edificios de uso administrativo, judicial o de gobierno, existe una amplia variedad de usos y actividades desarrolladas en edificios públicos, como hospitales, centros educativos, sanitarios, deportivos, etc., que son grandes consumidores de energía.

Al contrario que en el sector residencial, el estudio energético del sector terciario presenta una serie de barreras añadidas, como son la escasez de datos, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo, así como la existencia de múltiples variables que impiden establecer un sistema común de clasificación (usos, horarios, instalaciones, etc.). Como consecuencia, el desarrollo de trabajos de investigación energética en este sector ha de realizarse mediante segmentación de cara a obtener resultados que faciliten la toma de decisiones en materia de rehabilitación energética de los edificios.

Cada vez son más numerosos, tanto en España como en Europa, los estudios sobre ahorro energético en edificios educativos, en concreto colegios. Como afirma (Arambula et al. 2015), el creciente interés en los edificios escolares, se debe principalmente al alto consumo energético en este sector y al inadecuado nivel de confort (tanto térmico como de calidad del aire). En concreto, en España, el consumo energético final en edificios destinados a educación ascendía en 2014 a 599ktep, es decir, un 6,77% del consumo total de energía en el sector servicios, porcentaje muy similar al 6,87% correspondiente al consumo energético en hospitales (IDAE 2016).

Este artículo forma parte de un estudio de estrategias de ahorro energético para colegios de primaria, centrado principalmente en rehabilitación energética, que sirva de herramienta a las administraciones públicas a la hora de plantear acciones de intervención energética en centros educativos y poder alcanzar los objetivos marcados por la Unión Europea.

La primera medida, o estrategia, es conocer en profundidad el parque edificado y establecer una clasificación por tipos para su posterior estudio y definición de estrategias de intervención realistas para cada grupo.

## **2. Metodología**

Tras analizar los modelos de clasificación realizados en otros estudios energéticos de colegios y del sector residencial en Europa, se ha tomado como referencia el proyecto europeo TABULA, adaptando su sistema de clasificación, la matriz de tipos de edificios, a los centros educativos de primaria y aplicándolo a los colegios de la ciudad de Valencia, España.

Esta matriz permite agruparlos de forma sencilla y rápida en función de aquellas características o factores comunes que definen el consumo energético de los mismos, fundamentalmente los relacionados con su demanda energética y el rendimiento de los sistemas.

La demanda energética de un edificio depende principalmente de la envolvente del mismo, sus características constructivas, su ubicación, clima, perfil de uso, horario de actividad, etc. Para acotar estos aspectos se ha limitado el estudio, dentro del sector docente, a edificios públicos donde se imparte educación infantil y primaria. Esto hace que las condiciones y necesidades de confort, los horarios de funcionamiento, el programa de necesidades, etc., sean, en mayor o menor medida, similares.

Con el fin de obtener un criterio global de clasificación del parque edificado y obviando el diseño arquitectónico específico, los edificios se han categorizado teniendo en cuenta la fecha de construcción del mismo y sus características volumétricas. En función de esta fecha se ha establecido qué normativa le era de aplicación y las exigencias en cuanto a aislamiento térmico que debía cumplir, así como las tendencias constructivas y arquitectónicas de la época.

Desde el punto de vista volumétrico se ha realizado una clasificación en función de la compacidad de los edificios (superficie de la envolvente/volumen).

A partir de estos dos datos, fecha de construcción y compacidad, se ha elaborado una matriz de tipos de edificios de la ciudad de Valencia, se han definido las características principales de cada tipología y seleccionado un edificio representativo de cada grupo para su posterior análisis y estudio detallado.

## **3. La clasificación del parque construido para su estudio energético**

La UE exige a los estados miembros, en el anexo 3 de la Directiva 2010/31/UE, que definan edificios de referencia caracterizados y representativos por su funcionalidad y situación geográfica, tanto residenciales como no residenciales, nuevos y existentes, para, posteriormente, estudiarlos y definir unas medidas de intervención energética y calcular su coste.

A pesar de que cada vez son más numerosos los estudios energéticos sobre centros educativos, la escasez de datos hace que solo unos pocos trabajos de investi-

gación establezcan un sistema de clasificación previa para identificar los más representativos. Es el caso de (Arambula et al, 2015), que, en su estudio, busca identificar unos pocos edificios como representativos de un conjunto de 60 colegios de la provincia Treviso (Italia). Para ello, identifica una serie de parámetros arquitectónicos y energéticos, como son la superficie de la envolvente y de techo, superficie habitable, ratio entre área de ventanas y área de fachada, ratio entre área de ventanas y superficie opaca, la media de la transmitancia de la envolvente, etc. Tras analizar estos parámetros, obtiene como resultado 5 tipos de edificios representativos del conjunto.

Otros estudios como (Gaitan et al. 2010), normalizan los datos recogidos de más de mil escuelas griegas y aplicando un algoritmo, establecen una escuela “patrón” para comparar los márgenes de ahorro, etc.

Sin embargo, la mayoría de los estudios no desarrollan un sistema de clasificación que identifique un edificio representativo, sino que estudian directamente una serie de edificios, o todo el conjunto, de una región o ciudad, estableciendo después escenarios de intervención y mejora energética u otras conclusiones en función del enfoque de la investigación.

Es el caso de (Santoli et al. 2014) que, a partir de los certificados energéticos realizados, los datos de consumo energético y la localización de los colegios dentro de la ciudad de Roma, analizan y comparan diversos parámetros energéticos por distritos. Finalmente, clasifican el parque de colegios de primaria en edificios históricos, edificios construidos entre 1860-1940 y construidos en la postguerra, y proponen una serie de mejoras para cada grupo.

(Dall’O’ y Sarto 2013) realizaron una campaña de auditoría energética en 49 complejos escolares situados en la región de Lombardy, Italia, proponiendo un conjunto de escenarios de intervención y llegando a la conclusión de que no siempre es necesario intervenir excesivamente en las mejoras de calefacción.

En otras ocasiones, además de la localización y la cantidad y calidad de los datos que se tengan sobre los colegios, se emplean como criterio de selección el periodo en que fueron construidos o rehabilitados y el nivel de consumo cuando está por encima o por debajo de la media. Por ejemplo, (Thewes et al. 2014) analiza el consumo real de 68 edificios escolares de Luxemburgo (de educación infantil, primaria, secundaria y deportivos) construidos, ampliados o completamente renovados después de 1996.

Además de los estudios específicos sobre centros educativos, se han ido desarrollando diversos programas europeos y nacionales, que recopilaban datos y estudiaban las características energéticas de edificios para su posterior clasificación y propuesta de intervenciones. Algunos de estos proyectos son E-RETROFIT-KIT, DATAMINE y TABULA-EPISCOPE, así como trabajos de otros grupos de investigación como el GTR, que realiza una la clasificación del sector residencial identificando los grupos representativos de viviendas (Cuchi 2011).

El proyecto TABULA, tomado como modelo en este estudio, que se desarrolló entre 2010 y 2013, tenía como objetivo principal estudiar y caracterizar los tipos de edificios de viviendas existentes para plantear estrategias de actuación comunes

en el área residencial, en materia de eficiencia energética, permitiendo comparar los parques de edificios residenciales de los diferentes países, intercambiar experiencias y aprender unos de otros sobre las buenas prácticas de rehabilitación energética (IVE 2015).

Sobre edificios no residenciales solo se recoge información de cinco países, esto se debe a la gran variedad de edificios y usos que componen el sector terciario y a la escasa información existente sobre los mismos, tanto en cantidad como en calidad. Los colegios aparecen en la mayoría de los casos como una categoría, pero sin llegar a profundizar en su estudio o tipología (Stein et al. 2012)

	Region	Construction Year Class	Additional Classification	SFH	TH	MFH	AB
				Single-Family House	Terraced House	Multi-Family House	Apartment Block
1	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	... 1900	generic	 ES,ME,SFH,01,Gen	 ES,ME,TH,01,Gen	 ES,ME,MFH,01,Gen	 ES,ME,AB,01,Gen
2	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	1901 ... 1936	generic	 ES,ME,SFH,02,Gen	 ES,ME,TH,02,Gen	 ES,ME,MFH,02,Gen	 ES,ME,AB,02,Gen
3	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	1937 ... 1959	generic	 ES,ME,SFH,03,Gen	 ES,ME,TH,03,Gen	 ES,ME,MFH,03,Gen	 ES,ME,AB,03,Gen
4	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	1960 ... 1979	generic	 ES,ME,SFH,04,Gen	 ES,ME,TH,04,Gen	 ES,ME,MFH,04,Gen	 ES,ME,AB,04,Gen
5	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	1980 ... 2006	generic	 ES,ME,SFH,05,Gen	 ES,ME,TH,05,Gen	 ES,ME,MFH,05,Gen	 ES,ME,AB,05,Gen
6	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	2007 ...	generic	 ES,ME,SFH,06,Gen	 ES,ME,TH,06,Gen	 ES,ME,MFH,06,Gen	 ES,ME,AB,06,Gen

Fig. 1 TABULA. Matriz de tipos de edificios: España-Zona climática mediterránea (IVE 2012)

### 3.1. Clasificación según TABULA

El proyecto TABULA realiza una matriz de edificios por cada país y clima (Fig.1). Cada matriz incluye dos variables: el año de construcción y el tamaño o tipo de edificio. Mientras que el primer factor varía en función de la normativa de cada región, el segundo es común a todos, de manera que los edificios pueden ser:

viviendas unifamiliares aisladas, viviendas unifamiliares adosadas, edificios plurifamiliares de hasta cinco alturas y bloques en altura.

En el caso de España, la segmentación establecida en el proyecto TABULA, realiza una primera clasificación de los edificios residenciales, aplicable a no residenciales, en función de la zona climática en la que se encuentran: atlántico-norte, continental y mediterránea. Respecto a la fecha de construcción se establecen seis periodos, atendiendo a la normativa de aplicación en esa época sobre condiciones térmicas y sistema constructivo-estructural: antes de 1900, de 1901 a 1936, de 1937 a 1959, de 1960 a 1979, de 1980 a 2006 y a partir de 2007.

Los hitos que marcan el cambio de época son los cambios de período económico del país, así como, la aparición de normativa que influyó en los métodos constructivos, como son la norma de Condiciones Térmicas de los Edificios de 1979 y el Código Técnico de la Edificación de 2006.

Tanto los criterios de clasificación en función de la zona climática, como en función del año de construcción, son aplicables para segmentar todos los edificios del sector terciario, ya sean hospitales, edificios de oficinas, comerciales, educativos, etc. Sin embargo, el tamaño o tipo de edificio hay que definirlo en función del segmento del parque terciario que se vaya a estudiar.

#### **4. La matriz de tipos de edificios aplicada a los colegios públicos de Valencia.**

La ciudad de Valencia cuenta con 90 centros públicos de educación infantil y primaria, compuestos por alrededor de 215 construcciones. Muchas de estas edificaciones son ampliaciones, pequeños aularios, despachos, bibliotecas, gimnasios, vestuarios, almacenes, etc., construidas de manera independiente al edificio principal y, en muchos casos, pertenecen a diferentes épocas.

Los datos disponibles para su clasificación han sido:

- Listado de colegios de Valencia obtenidos de la Guía de Centros de la GV.
- Datos de catastro, con características geométricas generales, superficies, fecha de construcción, n<sup>o</sup> de plantas, etc.
- Planos, documentación histórica y gráfica de los colegios, obtenida de bibliografía, archivos o in situ.

La adaptación del modelo de matriz de tipos de edificios al parque de colegios se ha llevado a cabo manteniendo las variables de zona climática y año de construcción, e incluyendo la compactidad (superficie de la envolvente/volumen) como factor de clasificación del tamaño del edificio. A pesar de los múltiples diseños arquitectónicos y los escasos datos que se tienen sobre estas construcciones, este parámetro permite ordenar de forma objetiva y rápida los edificios según su tamaño y, a su vez, aporta datos sobre su comportamiento energético, puesto que cuanto más compacto es un edificio, más eficiente energéticamente es.

#### 4.1. Clasificación de los colegios según su compacidad

La segmentación por tipos de los centros educativos en función de su compacidad se ha llevado a cabo en tres pasos: cálculo de la compacidad, análisis de los edificios y establecimiento de niveles.

En primer lugar, el cálculo de la compacidad se ha realizado obteniendo del catastro la superficie de la envolvente (fachadas, suelo y cubierta) y la superficie construida, tomando como valor medio una altura de tres metros por planta para el cálculo del volumen. En los casos que ha sido posible, se han consultado planos y documentación gráfica de los edificios, descartándose aquellos colegios de los que no se tenían suficientes datos.

Por ejemplo, un edificio con una superficie construida de 1800 m<sup>2</sup> y una superficie de su envolvente de 2800 m<sup>2</sup>, tendrá una compacidad de 0,528, obtenido de dividir la superficie de la envolvente entre el volumen del edificio (superficie construida por tres metros de altura).

Una vez obtenida la compacidad, se han descartado las edificaciones con un valor superior a uno, por tratarse en su mayoría de pequeñas construcciones que albergan vestuarios, aseos, almacenes, etc., y aquellas edificaciones aisladas con compacidad superior a uno que albergan gimnasios o pabellones.

Como resultado se dispone de la compacidad de 79 colegios y 135 edificaciones, que corresponden a edificios de aulas y edificios de administración, bibliotecas, comedores, etc.

En segundo lugar, se han dividido los resultados por intervalos de 0,1 (Tabla 1) y se ha analizado, por un lado, la relación entre compacidad y forma de los colegios que tienen la misma superficie en todas sus plantas, y, por otro, aquellos en los que la superficie en cada planta varía respecto a las otras.

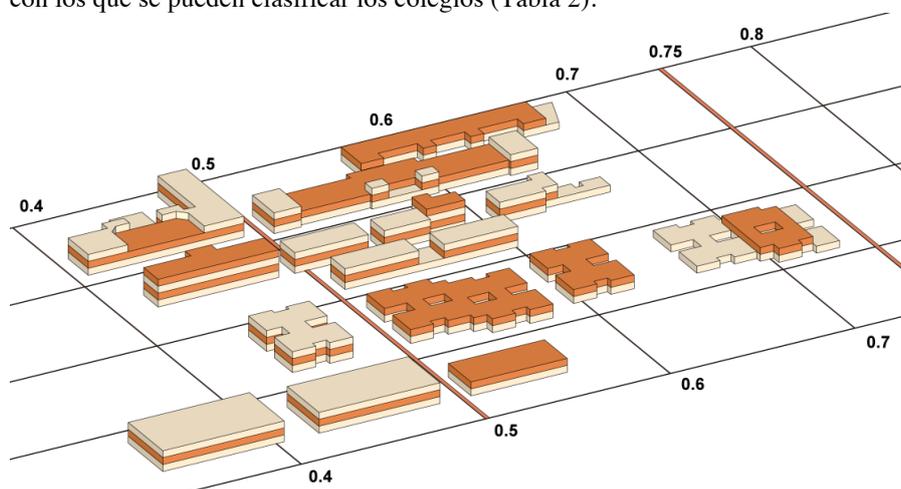
**Tabla 1** Compacidades por intervalos de 0,1 y el número de edificios por cada intervalo

Compacidad	<0,3	0,31 a 0,4	0,41 a0,50	0,51 a 0,60	0,61 a 0,70	0,71 a 0,80	0,81 a 0,90	0,91 a 1,00
Nº edificios	0	10	32	41	13	2	10	27

Tras observar que hay edificios de distintas formas y alturas que tienen la misma compacidad (Fig.2), y teniendo en cuenta su época de construcción, se han identificado y analizado seis formas, o tipos constructivos, que representan el 86.67% de las edificaciones estudiadas. El resto son colegios con un diseño singular que no es posible enmarcar dentro de un grupo específico.

Estas formas o tipos serían: edificios estrechos con estructura de muros de fábrica, edificios rectangulares de planta muy alargada y muros de fábrica, edificios rectangulares y estrechos, de gran altura y con los pasillos de acceso a las aulas en la fachada posterior, edificios con planta en X, edificios de planta rectangular con pasillo central y edificios de distinta superficie por plantas.

En tercer lugar, se han fijado niveles de compacidad, comunes a todos los tipos, con los que se pueden clasificar los colegios (Tabla 2).



**Fig.2** Esquema en perspectiva de la variación de la compacidad en función de la forma y el tamaño del edificio

**Tabla 2** Niveles de compacidad en relación con la altura y forma del edificio

Compacidad	Edificios con la misma superficie en todas las plantas	Edificios con distinta superficie por plantas
< 0,25	*	*
0,26 a 0,50	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 plantas en edificios rectangulares, estrechos y de gran altura</li> <li>• 3 plantas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacia 0,26: Edificios donde la superficie de planta segunda es prácticamente la misma que la de planta baja.</li> <li>• 3 y 4 plantas en edificios rectangulares, estrechos y de gran altura</li> <li>• Hacia 0,50: Edificios donde la superficie de cubierta de planta segunda es igual a la suma de las superficies de cubierta de planta baja y primera.</li> </ul>
0,51 a 0,75	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 plantas en edificios rectangulares, estrechos y de gran altura</li> <li>• 2 plantas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacia 0,5: Edificios donde la superficie de cubierta de planta primera es prácticamente la misma que la de planta baja.</li> <li>• 1 y 3 plantas en edificios rectangulares, estrechos y de gran altura</li> <li>• Hacia 0,75: Edificios donde la superficie de cubierta de planta primera es menor o igual a la de planta baja.</li> </ul>
0,76 a 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edificios con escasa superficie de planta primera.</li> </ul>

\* Como se observa en la Fig.2, en la ciudad de Valencia no hay ningún colegio con una compacidad inferior a 0,30.

#### 4.2. La matriz de tipos de colegios

A partir de los datos anteriores, se ha elaborado una matriz de tipos de edificios con seis periodos (A-F) y cuatro niveles de compacidad (I-IV). Varios de los periodos se han subdividido, pues en esa época se construyeron colegios con varias de las formas o tipos constructivos mencionados en el apartado anterior. Finalmente, se ha obtenido una matriz de ocho filas y cuatro columnas (Fig.3).

	Región	Año de construcción	Compacidad (A/V)			
			I. 1 a 0.76	II. 0.75 a 0.51	III. 0.50 a 0.26	IV. < 0.25
A	Clima Mediterráneo	...1900	A.I	A.II	A.III	A.IV
B	Clima Mediterráneo	1901 ... 1936	B.I		B.III	B.IV
C1	Clima Mediterráneo	1937 ... 1959				C1.IV
C2	Clima Mediterráneo	1937 ... 1959	C2.I			C2.IV
D	Clima Mediterráneo	1960 ... 1979				D.IV
E1	Clima Mediterráneo	1980 ... 2006				E1.IV
E2	Clima Mediterráneo	1980 ... 2006	E2.I			E2.IV
F	Clima Mediterráneo	2007...	F.I	F.II	F.III	F.IV

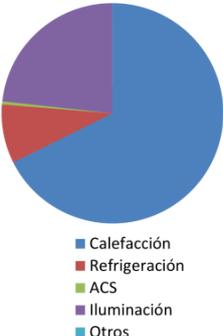
**Fig. 3** Matriz de tipos de edificios aplicada a los colegios públicos de Valencia

En el caso de Valencia, no todos los tipos coinciden con un modelo real, por ejemplo, no existen colegios públicos construidos antes de 1900, o son escasos y

de diseño singular, como ocurre con los construidos a partir de 2007. Por otro lado, algunos de los tipos de edificios de la matriz abarcan varios periodos, como el tipo C2, que incluye edificios construidos en la década 1950 y 1960, o los del tipo D, construidos entre los años 1970 y principios la década de los 80.

Caracterización energética del tipo:   Colegio C2-II   Periodo 1937-59   Clima mediterráneo					C2-II
Zona climática	Clima mediterráneo				
Periodo de construcción	Periodo 1937-59				
Tipo de construcción	Colegio, tipo c2, comp. II				
S. Habitable (m2)	Volumen (m3)	Compacidad S/v (m-1)	Nº de plantas	Nº de unid. escolares	
1051.30	3364.16	0.55	4	16	

Características: elementos constructivos e instalaciones			Análisis del consumo y las emisiones	
Elemento	Descripción	U(w/m2 K)	Demanda (kWh/m2)	
Cubierta plana (C1)	Baldosa cerámica de 20mm Capa de Impermeabilización Hormigón áridos ligeros Forjado unidireccional entrevigado de hormigón 250mm Enlucido de yeso	1.79	Global	452.37
Cubierta plana ventilada (C2)	Baldosa cerámica de 20mm Capa de impermeabilización Tablero de bardos cerámicos Cámara de aire horizontal de 200 mm Forjado unidireccional hormigón 250mm Enlucido de yeso	2.33	Calefacción	70.25
Fachada principal (F1-F2-F4)	Enfoscado de mortero de cemento Ladrillo cerámico h. doble de 115 mm Cámara de aire 50mm. Ladrillo cerámico h s 40 mm Enlucido de yeso	1.33	Refrigeración	25.44
Fachada posterior (F3)	Enfoscado de mortero de cemento Ladrillo macizo de 115 mm Enlucido de yeso.	1.94	Emisiones (kg CO2/m2)	
Suelo	Baldosa de terrazo Forjado losa hormigón armado 200 mm	0.3-0.86	Global	112.37
Ventanas	Madera Vidrio simple	2.2 5.7	Calefacción	75.99
Puertas exteriores	Metálica Vidrio simple	5.7	Refrigeración	9.71
Sistema Descripción			ACS	0.52
Calefacción	Radiador eléctrico Potencia 1500w 3 radiadores/aula. 1 rad/despacho.		Iluminación	26.10
A.C.S.	Termo-acumulador eléctrico en cocina		Otros	



**Detalle de emisiones de CO2**

**Fig. 4** Modelo de ficha de características y resultados del análisis del consumo y las emisiones de CO<sup>2</sup> de un edificio tipo C2.II

Como resultado, los 135 edificios estudiados se reducen a 14 tipos representativos, de los que se ha realizado el análisis del consumo energético teórico y las

emisiones de CO<sup>2</sup>. Siguiendo la metodología del proyecto TABULA, se han recogido los resultados en fichas individuales con información general del edificio (periodo, superficie habitable, volumen, número de plantas, compactidad, n° de unidades escolares, etc.), características de los elementos constructivos e instalaciones y consumo energético y emisiones de CO<sup>2</sup> (Fig.4).

Estas fichas sirven como referencia de consumo energético para otros edificios del mismo tipo, y como base para elaborar propuestas y estrategias de intervención y rehabilitación energética para cada tipo y por grupos.

## 5. Conclusiones

A partir de tres factores que influyen en el consumo energético, fecha de construcción, compactidad y forma, se ha obtenido un modelo de matriz de tipos de edificios que permite agruparlos de forma rápida y sencilla. Su aplicación a los colegios públicos de la ciudad de Valencia, da como resultado una matriz de ocho filas y cuatro columnas, y clasifica los 135 edificios estudiados, correspondientes a 79 de los 90 colegios, en 14 tipos representativos para su posterior estudio y cálculo potencial de ahorro energético por niveles de intervención.

Se ha constatado la falta de organización y dificultad de acceso a la información de consumos energéticos del parque público de colegios, por lo que se propone crear herramientas informáticas que permitan gestionar eficientemente la energía en el sector público.

A pesar de la dificultad para obtener datos, se ha podido caracterizar el parque de colegios y la metodología utilizada puede ser replicable a otras ciudades y regiones de España.

La matriz ha permitido desarrollar una segmentación del parque de colegios con criterios energéticos, conociendo los tipos más representativos y numerosos, permitiendo de esta forma, estimar los posibles ahorros energéticos en centros escolares y plantear futuros escenarios de rehabilitación energética de manera eficiente. Es imprescindible conocer cómo se ha construido en el pasado para mejorar de manera eficiente en el futuro.

**Agradecimientos** a la Generalitat Valenciana, el Ayuntamiento y la Diputación de Valencia y a los centros públicos de educación infantil y primaria de la ciudad de Valencia, por dedicarnos su tiempo, permitirnos el acceso sus instalaciones y por toda la información facilitada, sin la cual gran parte de este estudio no sería posible.

## Bibliografía

Archivo Histórico de la Generalitat Valenciana. Consellería de Educación., Cultura y Deportes.

Libro de Actas del 3<sup>er</sup> Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones  
Eco-Eficientes

- Arambula L et al (2015) Energy audit of schools by means of cluster analysis. *Energy and Buildings* 95: 160-171
- Bosch M. (2015) Eficiència energètica en edificis d'ús docent en la ciutat mediterrània. Cas a estudi, ciutat de Barcelona. Tesis, Universad Politècnica de Catalunya.
- Cuchí A, Sweatman P, (2011) Una visión-país para el sector de la edificación en España. Hoja de ruta para un nuevo sector de la edificación. Grupo de Trabajo Sobre Rehabilitación (GTR). Available: [http://www.gbce.es/archivos/ckfinderfiles/Investigacion/libro\\_GTR\\_cast\\_postimprenta.pdf](http://www.gbce.es/archivos/ckfinderfiles/Investigacion/libro_GTR_cast_postimprenta.pdf). Accessed 06 Jul 2016
- Dall'O' G, Sarto L (2013) Potential and limits to improve energy efficiency in space heating in existing school buildings in northern Italy. *Energy and Buildings* 67: 298-308
- DATAMINE (2008) Programa Europeo. Available via: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/datamine>. Accessed 28 Sept 2016
- European Union (2010) Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. <http://eur-lex.europa.eu>
- European Union (2012) Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency. <http://eur-lex.europa.eu>
- Gaitani N et al (2010) Using principal component and cluster analysis in the heating evaluation of the school building sector. *Appl. Energy* 87 (6): 2079–2086.
- Guía de centros docentes (2016) Generalitat Valenciana. Consellería de Educación, Cultura y Deportes. <http://www.cece.gva.es/ocd/areacd/es/guiadecentros.asp> Accessed Apr 2014-2016
- IVE. Instituto Valenciano de la Edificación (2012) Catálogo de tipología edificatoria residencial. Ámbito: España. Valencia: GeneralitatValenciana.
- IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2016) Informe anual de consumos energéticos. Año 2014. Consumo de energía final del sector servicios. <http://www.idae.es/index.php/idpag.802/recategoria.1368/re/menu.363/mod.pags/mem.detalle>. Accessed 19 Apr 2016
- RETROFIT-KIT (2007) Programa Europeo. Available via: <http://retrofit.energieinstitut.at/> Accessed 28 Sept 2016
- Santoli L et al (2014) Energy performance assessment and a retrofit strategies in public school buildings in Rome. *Energy and Buildings* 68: 196-202
- Stein B et al (2012) Typology Approaches for Non-Residential Buildings in Five European Countries. Existing Information, Concepts and Outlook. Available via EPISCOPE. [http://episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA\\_TR3\\_D9\\_NonResidentialBuildings.pdf](http://episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA_TR3_D9_NonResidentialBuildings.pdf). Accessed 19 Apr 2016
- TABULA (2013) Programa Europeo. Available via: <http://episcope.eu/> Accessed 28 Sept 2016
- Thewes A et al (2014) Field study on the energy consumption of school buildings in Luxembourg. *Energy and Buildings* 68: 460-470