

Evolución de los materiales utilizados en redes de distribución de agua caliente

Evolution of the materials used in domestic hot water distribution systems

Juan López-Asiain, María-Nieves González, Carlos Morón y Alejandro Payán-de-Tejada
 Universidad Politécnica de Madrid. ETS de Edificación (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/9019>

El consumo de energía en los edificios representa cerca del 40% del consumo final de energía [1] y es un objetivo fundamental reducirlo lo máximo posible, obligando según su directiva 2010/31/UE [1] a que todos los edificios nuevos, a más tardar el 31 de diciembre de 2020, sean edificios de consumo de energía casi nulo. Es obligación de cada estado miembro definir, tal y como indica Martínez De Alegría-Mancisidor et al. [2], en función de las características particulares de su sector de edificación y sus condiciones meteorológicas, que es un edificio de consumo de energía casi nula, existiendo recomendaciones de la Unión Europea con indicadores de consumo de energía primaria por zonas climáticas [3]. El consumo energético en producción de agua caliente sanitaria (ACS), en los edificios residenciales va a adquirir una mayor relevancia e impacto sobre el consumo total, como ya reflejan diferentes estudios como el realizado por Jiménez y Noguera [4] cuyos resultados se reflejan en la Figura 1.

Debido a la relevancia adquirida por el consumo de agua caliente sanitaria en los edificios residenciales, es imprescindible profundizar en el estudio de este consumo para optimizarlo al máximo. Cualquier pequeño ahorro es significativo en el entorno regulatorio de los edificios de consumo casi nulo aún más, cuando según el estudio de Lutz, las pérdidas energéticas de ACS pueden estar entre 20% y el 40% [5].

En el caso español esta definición de edificio EECN la aportó el RD 564/2017 [6] que a su vez modifica el RD 235/2013 [7] y en el que se indica que los requisitos mínimos que deben satisfacer estos edificios serán los que en cada momento

determine el Código Técnico de la Edificación, CTE [8].

Las mejoras prescriptivas en lo que a eficiencia energética se refiere dentro del sector de la edificación, no es algo nuevo, pues ya se iniciaron en España con la Norma Básica de la Edificación, NBE-CT-79 [9] que incorporaba la obligación de aislar los edificios y de esta manera reducir la demanda energética de calefacción, pero es cierto que, desde que en el año 2006 se aprobara la primera versión del CTE, y su documento básico HE, ahorro de energía,

las mejoras, en lo referente a envolvente térmica del edificio, protección solar, rendimiento de las instalaciones y aprovechamiento de energía renovables, han ido evolucionando hasta conseguir niveles de eficiencia muy elevados. Esto está provocando que la demanda de energía debida al ACS adquiera un valor relativo mucho mayor.

Es muy interesante el estudio realizado por Gangoellis et al. [10], en el que se analizan los datos de más de 129.000 Certificados Energéticos de edificios existentes en España y del que se puede extraer el consumo de energía primaria medio determinado por estos certificados, según el periodo de construcción de los edificios y particularizado por sistema, calefacción, refrigeración e iluminación, según se muestra en la Figura 2.

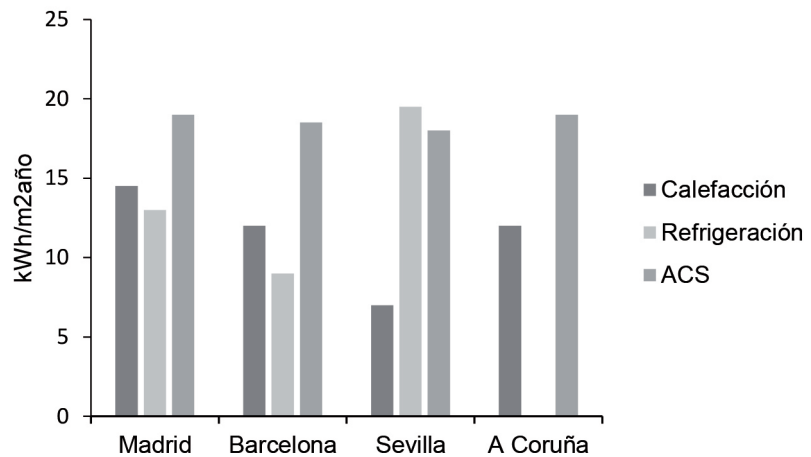


Fig. 1: Consumo anual de energía por instalación (kWh/m² año)

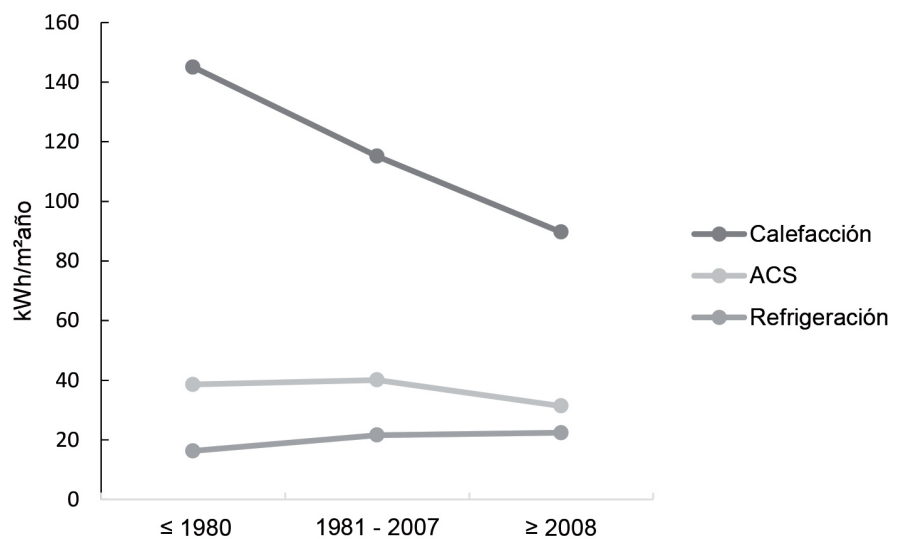


Fig. 2: Consumo medio de energía por periodo constructivo (kWh/m² año)

Se puede observar en la figura como el consumo de calefacción ha descendido en los edificios según el periodo en el que fueron construidos, esto se debe tanto a reducción de la demanda como a la mejora de las instalaciones. La demanda en los edificios se ha ido reduciendo fundamentalmente por requerimientos normativos. Los edificios anteriores al año 1980, no tenían la obligación de cumplir ningún requerimiento energético en lo que a envolvente se refiere y, por lo tanto, era habitual que no contaran con aislamiento térmico, provocando una demanda más alta de energía. Después de la publicación de la NBE-CT-79 al existir una prescripción normativa sobre la envolvente de los edificios, estos comenzaron a incorporar aislamiento, y este a su vez se vio aumentado en su efectividad al publicarse el CTE en el 2006 y exigir unas prestaciones superiores a la envolvente, lo que ha provocado otro salto cualitativo en el consumo a partir del 2008, que fue cuando se empezaron a utilizar edificios proyectados y ejecutados según esta nueva normativa. Por otro lado, las instalaciones y sus rendimientos se han visto mejorados según han ido avanzando los años, gracias a las nuevas tecnologías. Dado que el consumo es el cociente entre la demanda y el rendimiento de las instalaciones, y la primera se ha visto reducida y la segunda aumentada, el consumo se ha reducido proporcionalmente.

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Demanda}}{\rho \text{ Instalación}}$$

El consumo de refrigeración, a pesar de contar con edificios mejores y más aislados, y disponer de una tecnología más eficiente, ha aumentado ligeramente y esto se debe a un aumento de este tipo de instalaciones. Al aumentar las viviendas que cuentan con sistemas de climatización, independientemente de que sean más eficaces, significa que, a más potencia instalada, más consumo de energía.

Por último, se puede apreciar en el gráfico que el consumo de ACS se ha mantenido estable, con una pequeña reducción, debida a la mejora de los equipos y sus rendimientos. El consumo de energía debido al agua caliente sanitaria tiene la particularidad de contar con una demanda poco controlable por métodos pasivos en el edificio, pues depende plenamente del usuario. Se debe tener en cuenta que este consumo comprende cualquier uso de agua caliente que se realice en el hogar, tanto para higiene, limpieza o cocina. Esta demanda depende de factores muy diversos, como la climatología, la edad

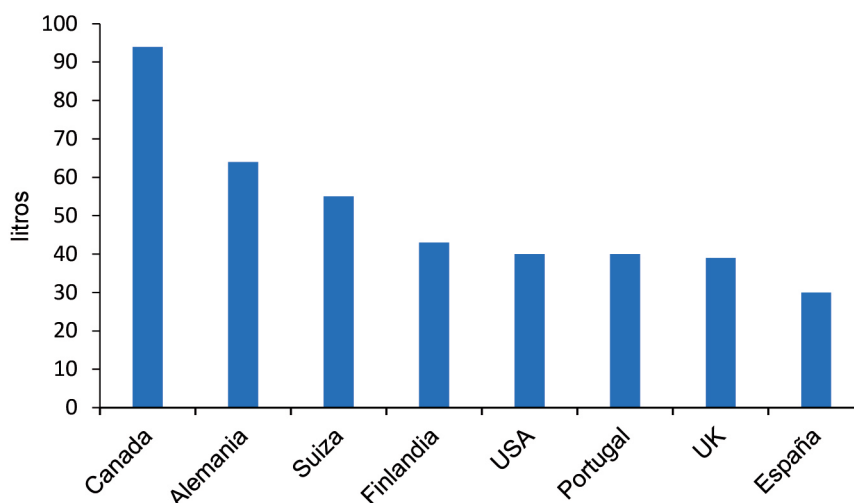


Fig. 3: Consumo ACS por persona y día

de los usuarios, las costumbres higiénico-sanitarias y depende enteramente del uso que los habitantes de una vivienda hagan de la instalación. Existen diferentes estudios que tratan de determinar patrones de consumo del ACS como el realizado por Knight et al [11] que determina diferencias significativas del consumo por persona y día en diferentes países, tal y como muestra la Figura 3.

Estas diferencias no se limitan únicamente al ámbito geográfico de los edificios, aunque son un buen ejemplo de que el consumo de ACS no puede regularse con medidas pasivas como la calefacción o la refrigeración.

La tendencia en las demandas energéticas de edificios residenciales avanza hacia una reducción de las correspondientes a calefacción y refrigeración, manteniendo estable la de ACS, cuya demanda únicamente se puede estimar en base a unos parámetros que nos proporciona el CTE, que nos indica que el consumo por persona y día en España de ACS es de 28 litros. En base a esto y para una vivienda tipo de tres dormitorios con una superficie útil de 90 m², vivienda más común en España según el censo de población y viviendas más reciente del Instituto Nacional de Estadística, INE [12], se puede obtener la siguiente demanda:

Ocupantes: 4 pers/viv

Demanda: 28 l/pers·día x 4 pers= 112 l/día (ACS 60°C) = 4,67 l/h

$$Pot = q \cdot ce \cdot \gamma_e \cdot \Delta T = 219,33 \frac{kcal}{h}$$

donde,

q = demanda ACS en litros/h

ce = Calor específico del agua en kcal/kg°C (se ha estimado en 1)

γ_e = Peso específico del agua en kg/dm³ (se ha estimado en 1)

ΔT= Salto térmico en °C (obtenida la temperatura media de suministro del agua en Madrid según el CTE en 13° y la temperatura del ACS también según el CTE en 60°, el salto térmico es de 47°).

Estas 219,33 kcal/h, trasladadas a una demanda de energía primaria anual por m² y en kW, significan 24,78 kWh/m²año. Si comparamos este valor con las demandas máximas de calefacción y refrigeración, recogidas tanto en la reglamentación actual, el CTE en su versión del año 2013, como en estándares como el publicado por el Passivhaus Institut de Alemania [13], podemos comprobar como en varias zonas climáticas es superior la demanda de ACS, según se muestra en las Figuras 4 y 5.

Teniendo en cuenta que, para cumplir con los requerimientos europeos, el CTE tendrá que reducir las demandas máximas en edificios residenciales a valores más cercanos al estándar passivhaus, se puede concluir que la demanda de energía para la instalación de ACS será en la mayoría de los casos, la de mayor importancia y es por esto por lo que se hace imprescindible un estudio del funcionamiento de la misma para optimizarla al máximo. Como primer paso, el objetivo del presente trabajo es, por tanto, el estudio de la evolución de los materiales utilizados en redes de distribución de ACS que ofrezca un conocimiento profundo de los materiales instalados para actuar sobre ellos prioritariamente, pues dependiendo del material utilizado se podrá estudiar la necesidad y el espesor adecuado del aislamiento a través de la evaluación de las pérdidas energéticas que se produzcan en las tuberías.

En las redes de distribución de agua caliente sanitaria en la edificación, se utilizan fundamentalmente dos tipos de materiales, metálicos y plásticos. Dentro de

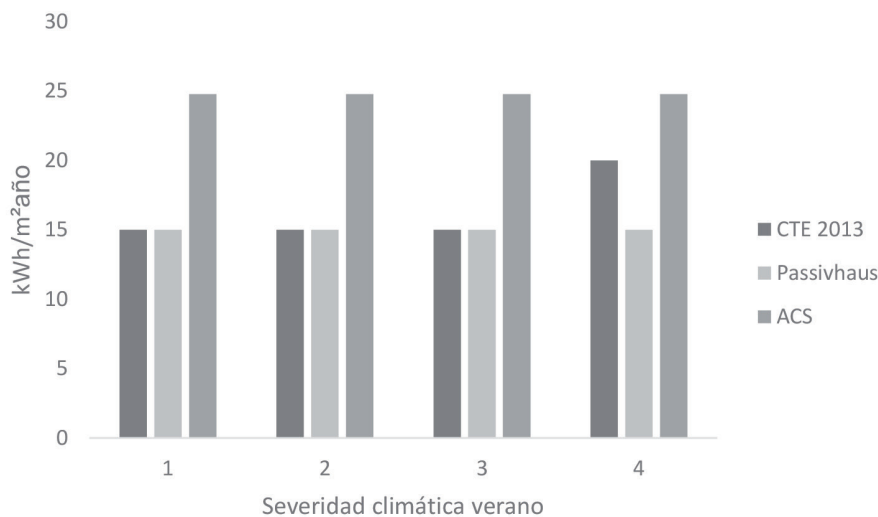


Fig. 4: Demanda de refrigeración en kWh/m² año

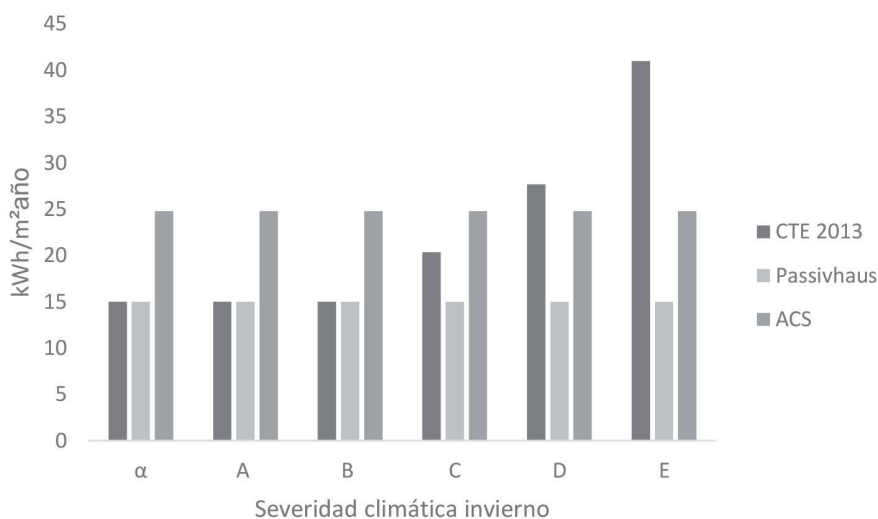


Fig. 5: Demanda de calefacción en kWh/m² año

la categoría de metálicos, el más utilizado es el cobre, aunque el acero aún está presente en algunas partes de la instalación. En la última década el uso de materiales plásticos, tales como el Polietileno Reticulado, Polibutileno o Polipropileno, ha aumentado considerablemente en estos sistemas de distribución, gracias a ciertas ventajas sobre el cobre, como facilidad de montaje, menores pérdidas de carga y mayor aislamiento térmico y acústico.

2. METODOLOGÍA

Para poder determinar en qué proporción se utilizan cada uno de estos materiales en las obras de edificación, se han estudiado los datos facilitados por el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. Esta institución, que representa a los Arquitectos Técnicos, tiene una ficha llamada estadística de materiales, que en algunas de las intervenciones profesionales que estos técnicos visan en sus respectivos Colegios Oficiales, entregan rellena

indicando datos acerca de los materiales utilizados en las obras en las que participan.

Estudiando las estadísticas de materiales de los años 2014, 2015 y 2016, se pueden encontrar más de 7.000 fichas entregadas, por lo que se ha decidido acotar la búsqueda para obtener los mejores datos posibles. En primer lugar, se eligen de acuerdo con el tipo de intervención y el tipo de obra, entre las opciones de las Tablas 1 y 2.

TIPO DE INTERVENCIÓN
Proyecto y Dirección de Obra
Dirección de la Obra
Dirección de la Ejecución Material
Proyecto Legalización de Obra
Legalización de la Dirección de Obra
Legalización de la Dirección de Ejecución Material

Tabla 1: Clasificación de las fichas recopiladas según tipo de intervención

Se eligieron en el tipo de intervención, Dirección de la Ejecución Material, por ser la que más intervenciones hay, y el tipo de obra, tanto obra nueva como rehabilitación, ambas en obras de edificación. Solo se han estudiado obras que estuvieran terminadas. Para acotar los datos y eliminar intervenciones que por su poca entidad carecieran de datos relevantes, se acotaron también las búsquedas por presupuesto de ejecución, solo recogiendo datos de aquellas que superaran los 100.000 €.

TIPO DE OBRA
Obra nueva edificación
Obra nueva naves o similares
Obra nueva otras construcciones
Ampliación edificación
Ampliación naves o similares
Ampliación otras construcciones
Reforma y/o restauración edificio
Reforma y/o restauración de naves y similares
Reforma y/o restauración de otras construcciones
Reforma y/o acondicionamiento de local
Decoración de local
Refuerzo y/o consolidación edificio
Refuerzo y/o consolidación otras construcciones

Tabla 2: Clasificación de las fichas recopiladas según tipo de obra

También se ha acotado la búsqueda por semestres, estudiando los seis correspondientes a los años 2014, 2015 y 2016, obteniendo de esta manera 3.994 fichas, de las cuales, 3.391 corresponden a obra nueva y 603 a rehabilitación.

Estas hojas de estadísticas de materiales cuentan con unos apartados por bloques de materiales, en los que el técnico mediante una selección puede elegir que materiales se han elegido para la obra de referencia. La estadística se completa en dos momentos diferentes, antes de iniciar las obras indicando los materiales proyectados y al finalizar las mismas marcando los materiales realmente ejecutados.

En el apartado de fontanería el técnico podía elegir en cuanto a materiales de fontanería entre las versiones indicadas en la Figura 6a. A finales del 2016 y aprovechando una actualización de la hoja, con el objetivo de obtener más precisión en estudios futuros, se modificó este apartado incluyendo más materiales, como se indica en la Figura 6b.

13. INST. FONTANERÍA Y A.C.S.			13. INST. FONTANERÍA Y A.C.S.		
CANALIZACIONES	P	E	CANALIZACIONES	P	E
ACERO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ACERO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
POLIETILENO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COBRE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
POLIETILENO RETICULADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	POLIETILENO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COBRE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	POLIETILENO RETICULADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MULTICAPA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MULTICAPA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OTRAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	POLIBUTILENO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			POLIPROPILENO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			PVC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			OTRAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 6: a) Pantalla de la aplicación para la introducción de los materiales por el técnico; b) Pantalla de la aplicación para la introducción de materiales modificada

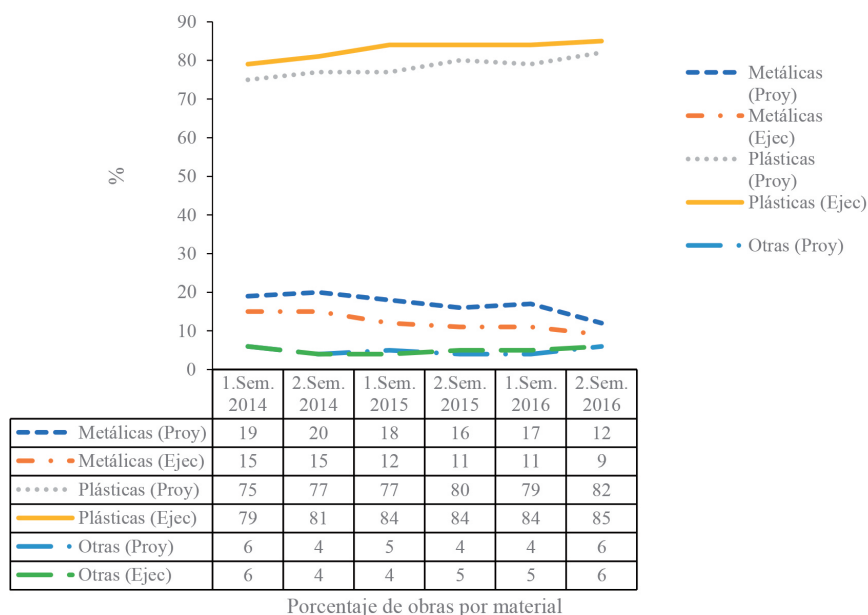


Fig. 7: Porcentaje uso materiales generales en obra nueva

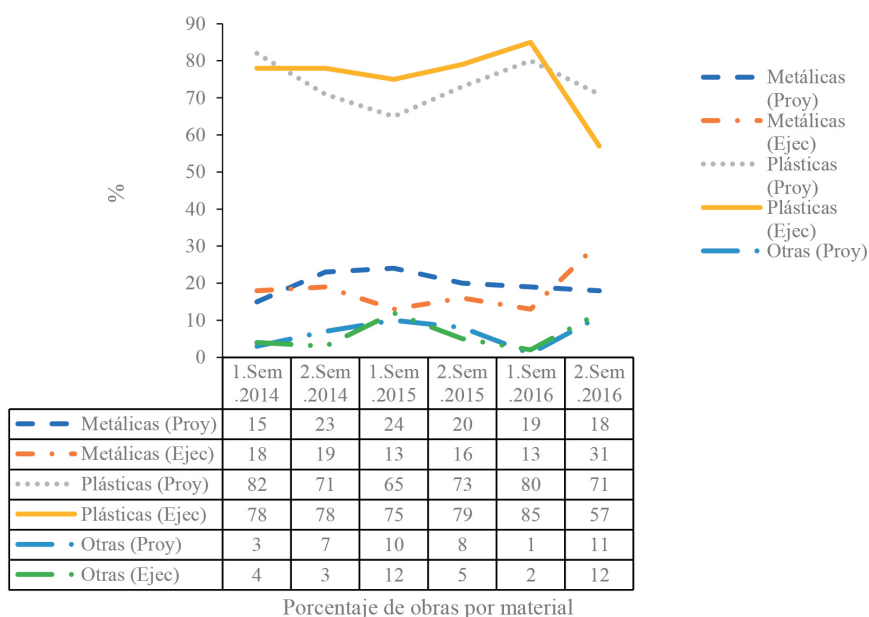


Fig. 8: Porcentaje uso materiales generales en obras de rehabilitación

lamiento térmico, dato relevante en el estudio de eficiencia energética de esta instalación.

3. RESULTADOS

Estudiadas las casi 4.000 hojas de estadística, se obtiene el porcentaje de utilización sobre el total de obras de cada uno de los materiales que los técnicos han indicado, tanto para obra nueva como para rehabilitación. También se concreta como estos porcentajes se modifican entre la fase previa al inicio de la obra, fase de proyecto y la fase de finalización de la actuación, es decir, lo realmente ejecutado. Para obra nueva, se configuran los datos diferenciando entre tuberías metálicas, plásticas y otras, como se muestra en la Figura 7.

Tal y como se puede observar, el uso de materiales plásticos, además de ser claramente el de mayor porcentaje, tiene una tendencia creciente, mientras que el uso de materiales metálicos decrece. Si tenemos en cuenta que el apartado de otros materiales, fundamentalmente se refiere a materiales también plásticos como el Polibutileno o Polipropileno, esta tendencia es aún mayor. También es posible observar que, aun no siendo especialmente significativa, hay diferencia entre los materiales proyectados y los que finalmente se incorporan a la obra y en todas ellas hace que el porcentaje de materiales plásticos aumente, y el de materiales metálicos decrezca. Sin tener en cuenta el apartado de otros materiales, en el último semestre estudiado, el porcentaje de materiales metálicos incorporados a las obras fue del 9 % frente al 85 % de materiales plásticos.

Para obras de rehabilitación, se configuran los datos diferenciando entre tuberías metálicas, plásticas y otras, como se muestra en la Figura 8.

En esta figura los resultados varían con respecto a la obra nueva. Aunque los materiales plásticos son igualmente los más utilizados, las diferencias porcentuales son menores y la tendencia menos clara, pues, aunque disminuyen aparentemente los materiales plásticos, aumentan los englobados en la casilla "otros" que como ya se ha mencionado, son fundamentalmente otros materiales plásticos. También las diferencias entre los proyectos y lo realmente ejecutado, siendo notables, no tienden siempre a la sustitución de los metales por los plásticos como en la obra nueva.

Para determinar de entre las opciones que los técnicos disponían al rellenar estas estadísticas de materiales, cuales son

En la modificación de esta hoja estadística en el año 2016 también se incluyó

una casilla para que el técnico pudiera indicar si las tuberías cuentan con ais-

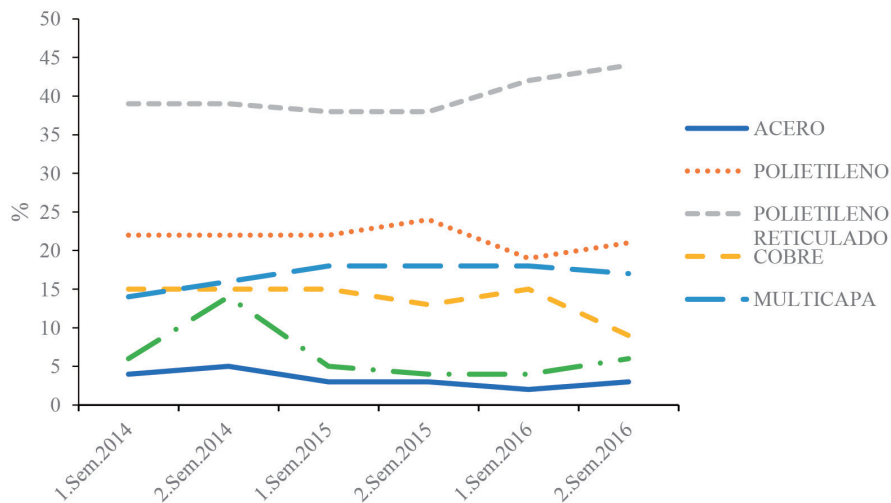


Fig. 9: Porcentaje uso materiales en obra nueva proyectada

los más utilizados, se han obtenido los porcentajes como se muestran en la Figura 9.

Se puede observar que el material más utilizado en obra nueva es el Polietileno Reticulado. Esta circunstancia aumenta, incluso llegando a porcentajes prácticamente del 50%, en los datos de lo realmente ejecutado y mantiene la hegemonía también en las obras de rehabilitación. Esta circunstancia favorece el menor gasto energético de las redes de distribución de ACS por tener este material un coeficiente de conductividad térmica más bajo produciendo menores pérdidas energéticas. No obstante, se comprobó en la muestra de hojas estadísticas ampliadas, que solo el 13,68% de las instalaciones mediante este material, contaban con el aislamiento térmico circundante, lo que reduciría aún más dichas pérdidas de energía.

4. CONCLUSIONES

Se puede determinar que, debido al aumento de las exigencias normativas, los edificios residenciales están mejorando de tal manera sus envolventes térmicas, el control solar y la ventilación, que la demanda energética debida al consumo de agua caliente sanitaria adquiere un valor relativo muy importante en el consumo total. Demanda que depende en gran parte del usuario y de parámetros poco controlables, como las costumbres higiénico-sanitarias o sociales.

Estudiadas casi 4.000 hojas estadísticas realizadas por Arquitectos Técnicos de toda España, sobre sus propias intervenciones profesionales en obras de edificación, tanto de obra nueva como rehabilitación, se puede concluir que los materiales plásticos son los más utilizadas en las redes de distribución de agua caliente

sanitaria, y más concretamente y en un porcentaje cercano al 50%, el Polietileno Reticulado también llamado PEX o PER.

El uso mayoritario actual del PER en las instalaciones de distribución de ACS es un avance de cara a la eficiencia energética en los edificios, pero queda demostrado que aún sería mejorable aumentando el porcentaje relativo a la inclusión de aislantes térmicos sobre este tipo de instalaciones, disminuyendo en gran medida las posibles pérdidas energéticas producidas en la circulación de ACS y que cabría estudiar en función del tipo de material elegido para la red así como el espesor utilizado en el aislamiento.

REFERENCIAS

- [1] Directive 2010/31/UE of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union 18.06.2010.
- [2] Martínez De Alegría-Mancisidor, I., Álvarez-Meaza, I., Zarrabeitia-Bilbao, E., Bueno-Mendieta, G., Vicente-Molina, M.. (2016). THE NEARLY ZERO-ENERGY BUILDING (nZEB) STRATEGY IN THE EUROPEAN UNION (EU): THE SPANISH PERSPECTIVE. DYNA, 91(5). 522-528. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7851>
- [3] Recomendaciones (UE) 2016/1318 de la Comisión de 29 de julio de 2016. Diario Oficial de la Unión Europea 2.8.2016.
- [4] A. Jiménez, H. Noguera. Tecnologías de climatización para los EECN en los edificios de nueva construcción, Libro de Ponencias Congreso EECN, (2017), 132-137.
- [5] J. Lutz. Water and Energy wasted during residential shower events: Findings from a pilot field study of hot water distribution systems, Tech. Rep. (2011).
- [6] 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. BOE, núm. 134, de 6 de junio de 2017, Sec I. Pág 45935.

- [7] Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación energética de los edificios. BOE, núm. 89, de 13 de abril de 2013.
- [8] Código Técnico de la Edificación. Disponible en Web. <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-real-decreto-parte-i.html> [Consulta: Febrero 2018].
- [9] Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación, NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios. BOE, núm. 253, de 22 de octubre de 1979.
- [10] M. Gangoellis, M. Casals, N. Forcada, M. Macarulla, E. Cuerva. Energy mapping of existing building stock in Spain, Journal of Cleaner Production 112 (2016) 3895-3904.
- [11] I.K. Knight, N. Manning, M. Swinton, M.R. Hajo. European and Canadian non-HVAC electric and DHW load profiles for use in simulating the performance of residential cogeneration systems, Energy conservation in buildings and community systems programme. IEA Annex, 42 (6) (2007).
- [12] Censo de población y viviendas del Instituto Nacional de Estadística, INE. Available: https://www.ine.es/censos2011_datos/cen11_datos_inicio.htm. Accessed: 16-Jan-2019
- [13] Passivhaus Institut. Certificación Passivhaus. Criterios de certificación para edificios residenciales, 13.09.2013.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a los datos facilitados por el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.