

# AEA

Asociación Española del Aluminio  
y Tratamientos de Superficie



Estudio **tecnalia**  
Corporación Tecnológica

***La influencia del marco de la Ventana en  
la Calificación Energética y en la Demanda de Energía  
de los edificios***

**Nº INFORME** 14\_05304

<b>CLIENTE</b>	Asociación Española del Aluminio y Tratamientos de Superficie
<b>PERSONA DE CONTACTO</b>	Jon De Olabarria
<b>DIRECCIÓN</b>	Calle Príncipe de Vergara, 74 28006 Madrid
<b>OBJETO</b>	Estudio energético para la evaluación de la influencia del marco de la Ventana en la Calificación Energética y la Demanda de Energía, en función de la tipología de marco, tipología de edificio y zonas climáticas
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	26 de marzo 2014
<b>FECHA DE EMISIÓN</b>	15 de septiembre 2014



Julen Hernández  
Laboratorio Eficiencia Energética  
División Servicios Tecnológicos



Sergio Sáiz  
Área de eficiencia energética y Sostenibilidad Industrial  
División de Energía

\* Los resultados del presente informe conciernen, única y exclusivamente al material ensayado.

\* Este informe no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de FUNDACIÓN TECNALIA R&I, excepto cuando lo sea de forma íntegra.

## Indice

<b>1</b>	<b>Resumen Ejecutivo .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Objeto.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Descripción del estudio.....</b>	<b>5</b>
3.1	Fase 1. Definición de los modelos de edificio tipo a estudiar:.....	5
3.2	Fase 2. Estudio Técnico: Simulación energética mediante el programa Desing Builder .....	6
3.2.1	Tablas de resultados con el edificio tipo vivienda.....	8
3.2.2	Tablas de resultados con el edificio tipo oficina .....	13
3.3	Fase 3: Estudio Normativo: Simulación energética mediante el programa CALENER VYP .....	18
3.4	Fase 4: Tabla de resultados según zona climática.....	21
<b>4</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Anexo .....</b>	<b>23</b>

# 1 Resumen Ejecutivo

**Resumen ejecutivo del Estudio energético para la evaluación de la influencia del marco de la Ventana en la Calificación Energética y la Demanda de Energía, en función del tipo de marco, tipología de edificio y zona climática.**

En este estudio se han simulado con Desing Builder y los programas oficiales, una serie de edificios de viviendas y de oficinas con cuatro sistemas de carpintería de aluminio y PVC en diferentes zonas climáticas con el fin de determinar la influencia que tiene el material con el que están fabricados los marcos de las ventanas con la certificación energética y la demanda de energía.

Las conclusiones que se sacan de este estudio son las siguientes:

- **La sustitución de ventanas envejecidas, de baja resistencia térmica y baja estanqueidad al aire, por ventanas con marcos de aluminio con RPT, favorece el ahorro energético, mejora el confort y mejora la calificación energética de edificios existentes.**

		Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Total (kWh/m2)				
					Zona A (Uv=2,7) f=0,74	Zona D (Uv=2,0) f=0,69	Zona E (Uv=1,5) f=0,69		
Vivienda	20 % Huecos	AL RPT	Existente	U <sub>w</sub> =6 (vidrio+marco)	25	45,04	87,31	111,44	
			Ventanas Nuevas	2	25	35,21	61,70	70,92	
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> =6 (vidrio+marco)	30	45,04	87,31	111,44	
			Ventanas Nuevas	1,5	30	34,67	61,51	71,33	
					2,5	30	34,80	61,87	71,96
	30 % Huecos	AL RPT	Existente	U <sub>w</sub> =6 (vidrio+marco)	25	49,95	93,79	106,84	
			Ventanas Nuevas	2	25	39,45	62,86	66,42	
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> =6 (vidrio+marco)	30	49,95	93,79	106,84	
			Ventanas Nuevas	1,5	30	38,64	62,50	66,91	
					2,5	30	38,75	62,96	67,74

- Las **principales características que influyen en el ahorro energético**, por sustitución de una ventana envejecida por una nueva son:
  - o Estanqueidad al aire de la **ventana completa**.
  - o Coeficiente de transmisión térmica del **conjunto vidrio + perfil**.
  - o **Factor solar del vidrio** en las zonas calurosas.

- **El tipo de perfil utilizado** en ventanas con altas prestaciones de eficiencia energética, ya sea aluminio con RPT o perfil de PVC, tiene la misma influencia en los ahorros energéticos obtenidos y en la calificación energética de edificios. Las diferencias entre los dos materiales no superan, en ningún caso el 5%.

			Calificación Energética de Edificio					
	Tipo de carpintería	Valor Uf (W/m2K)	Edificio viviendas anterior al CTE 2006	Edificio oficinas anterior al CTE 2006		Edificio Viviendas CTE 2013	Edificio Oficinas CTE 2013	
			20% y 30 % Huecos	30% Huecos	60% Huecos	20% y 30% Huecos	30% Huecos	60% Huecos
ZONA A	Al con RPT	3,5	D	D	E	C	C	D
	PVC	2,5	D	D	E	C	C	D
ZONA D	Al con RPT	2,0	D	D	D	B	C	C
	PVC	1,5	D	D	D	B	C	C
ZONA E	Al con RPT	2,0	D	E	E	B	C	C
	PVC	1,5	D	E	E	B	C	C

Tabla resumen calificación energética de los casos estudiados

## 2 Objeto

Evaluar la influencia de los marcos de las ventanas en la demanda energética y en la calificación energética de un edificio

## 3 Descripción del estudio

Para poder evaluar la influencia de los marcos de ventana en la demanda energética y calificación energética de un edificio se ha planteado un estudio dividido en 4 fases:

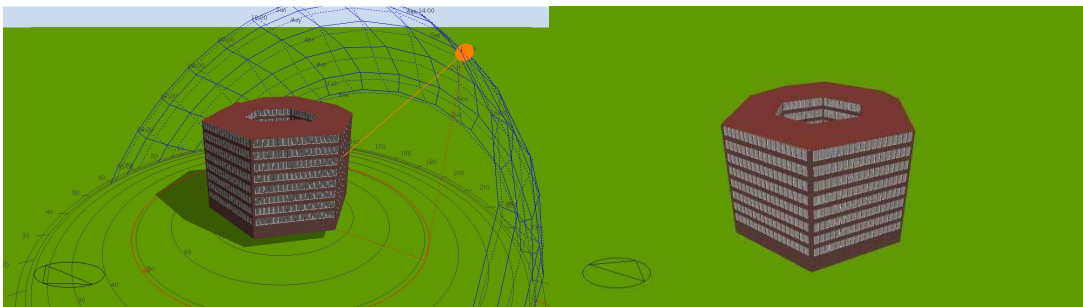
1. Definición de los modelos de edificio tipo a estudiar
2. Estudio técnico
3. Estudio normativo
4. Tabla de resultados según zona climática

### 3.1 Fase 1. Definición de los modelos de edificio tipo a estudiar:

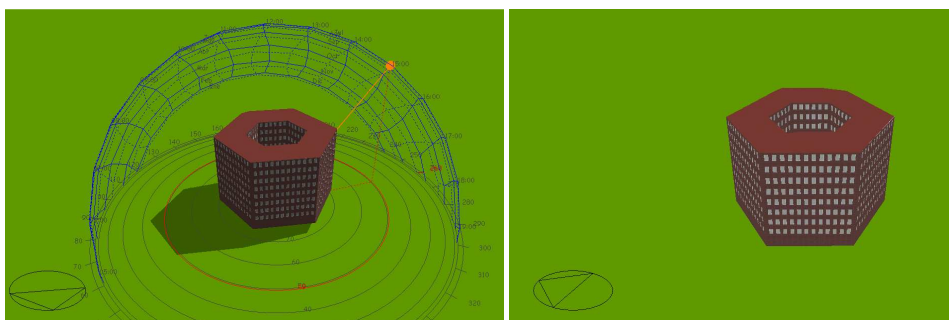
Se han definido dos tipologías de edificio:

- Edificio de viviendas: Típico edificio de bloque de viviendas
- Edificio terciario: Se ha definido un edificio de oficinas de geometría hexagonal de 8 pisos más bajo y cubierta.

A continuación se muestran imágenes de los modelos estudiados:



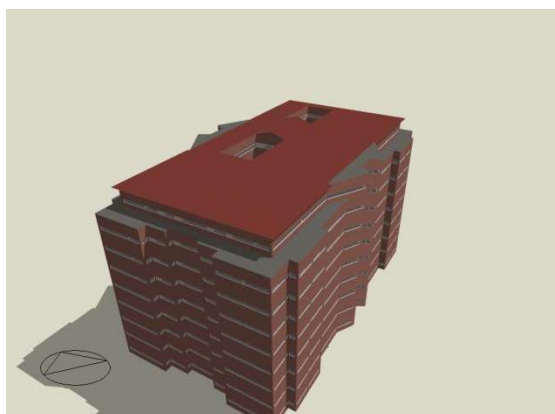
*Modelo de edificio oficinas con un 60% de huecos en fachada*



*Modelo de edificio oficinas con un 30% de huecos en fachada*



*Modelo de edificio viviendas con un 30% de huecos en fachada*



*Modelo de edificio viviendas con un 20% de huecos en fachada*

Los edificios, se han modelizado asegurando el cumplimiento del CTE 2013 y cumpliendo con los límites exigidos en las propiedades térmicas de los sistemas y productos utilizados. En el Anexo se pueden ver las características de los cerramientos, huecos, particiones, cubiertas, suelos, etc. utilizados.

### **3.2 Fase 2. Estudio Técnico: Simulación energética mediante el programa Desing Builder**

Los modelos iniciales se han simulado con el programa de simulación energética DESING BUILDER, herramienta más completa en cálculo de demandas energéticas (utiliza como motor de cálculo Energyplus) frente a los programas de simulación puramente normativos.

Los modelos simulados corresponden a los definidos en la siguiente tabla:

Tipo de edificio	% huecos	Tipo de marco de ventana	Cumplimiento propiedades térmicas (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Tipo de edificio	% huecos	Tipo de marco de ventana	Cumplimiento propiedades térmicas (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)				
Edificio de viviendas	20%	AI RPT	CTE2013	2	25	Edificio de oficinas	30% huecos	AI RPT	CTE2013	2	20				
				3,5	25					3,5	20				
		PVC	CTE2013	1,5	30			PVC	CTE2013	1,5	25				
				2,5	30					2,5	25				
	30%	AI RPT	CTE2013	2	25		60% huecos	AI RPT	CTE2013	2	20				
				3,5	25					3,5	20				
		PVC	CTE2013	1,5	30			PVC	CTE2013	1,5	25				
				2,5	30					2,5	25				
	20%	AI	Anterior al CTE2006	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25		25	30%	AI	Anterior al CTE2006	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	20			
					30							25			
		PVC			AI				25			30	PVC	AI	20
	30%	AI RPT	Anterior al CTE2006	2	25		25	60%	AI RPT	Anterior al CTE2006	2	20			
					3,5							20			
		30%			AI RPT				2			25	3,5	20	
												3,5			20
20%	PCV	Anterior al CTE2006	1,5	30	30%	PCV	Anterior al CTE2006	1,5	25						
			2,5	30				2,5	25						
			1,5	30				1,5	25						
			2,5	30				2,5	25						

**Tabla 1:** Nota aclaratoria; La columna "cumplimiento propiedades térmicas (muros opacos)" hace referencia a las propiedades térmicas de los cerramientos exteriores, particiones interiores y cubiertas que cumplen los casos estudiados. Es decir, si hace referencia al CTE 2013, significa que ese caso cumple con los límites establecidos para cerramientos opacos en el CTE 2013. Si hace referencia a "anterior al CTE 2006" significa que las propiedades térmicas de los cerramientos opacos y particiones no cumplen con los límites establecidos en el CTE 2006.

Una vez ejecutados los modelos de simulación con Desing Builder, se evaluarán los resultados y se volcarán los modelos a los programas normativos LIDER y CALENER VYP y realizar una evaluación a nivel normativo de la influencia de los marcos de ventana. A continuación se muestran los resultados obtenidos en el programa de simulación Desing Builder para los edificios en que se rehabilitan los huecos:



### 3.2.1 Tablas de resultados con el edificio tipo vivienda

Tabla 2: Resultados CTE 2013 vivienda en zona A

			Zona A (Almería) (Uv=2,7) f=0,73						
			Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Diferencia en demanda energética entre PVC y AI con RPT (%)
Vivienda	20% huecos	AI RPT	cte2013	2	25	5,70	25,50	31,20	-0,35%
			cte2013	3,5	25	5,78	25,44	31,22	0,00%
		PVC	cte2013	1,5	30	5,61	25,48	31,09	0,35%
			cte2013	2,5	30	5,78	25,44	31,22	0,00%
	30% huecos	AI RPT	cte2013	2	25	4,50	31,56	36,06	-2,83%
			cte2013	3,5	25	4,60	31,40	36,00	-2,36%
		PVC	cte2013	1,5	30	4,62	30,42	35,04	2,83%
			cte2013	2,5	30	4,78	30,37	35,15	2,36%

Tabla 3: Resultados CTE 2013 vivienda en zona D

			Zona D (Madrid) (Uv=2,0) f=0,69						
			Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Diferencia en demanda energética entre PVC y AI con RPT (%)
Vivienda	20% huecos	AI RPT	cte2013	2	25	22,93	19,06	41,99	-0,71%
			cte2013	3,5	25	23,22	19,04	42,26	-0,54%
		PVC	cte2013	1,5	30	23,16	18,53	41,69	0,71%
			cte2013	2,5	30	23,54	18,49	42,03	0,54%
	30% huecos	AI RPT	cte2013	2	25	21,95	23,16	45,11	-0,80%
			cte2013	3,5	25	22,87	22,35	45,22	-0,49%
		PVC	cte2013	1,5	30	22,13	22,62	44,75	0,80%
			cte2013	2,5	30	22,62	22,38	45,00	0,49%

Tabla 4: Resultados CTE 2013 vivienda en zona E

				Zona E (Burgos) (Uv=1,5) f=0,69					
			Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Diferencia en demanda energética entre PVC y AI con RPT (%)
Vivienda	20% huecos	AI RPT	cte2013	2	25	37,53	0,00	37,53	-0,88%
			cte2013	3,5	25	38,15	0,00	38,15	-0,87%
		PVC	cte2013	1,5	30	37,20	0,00	37,20	0,88%
			cte2013	2,5	30	37,82	0,00	37,82	0,87%
	30% huecos	AI RPT	cte2013	2	25	35,19	0,00	35,19	0,85%
			cte2013	3,5	25	35,82	0,00	35,82	1,34%
		PVC	cte2013	1,5	30	35,49	0,00	35,49	-0,85%
			cte2013	2,5	30	36,30	0,00	36,30	-1,34%

Resultados obtenidos en cambio de ventanas en edificios existentes con exigencias en prestaciones térmicas anteriores al CTE 2006, por ventanas de mayores prestaciones térmicas. Diferencia en ahorros entre ventanas con perfiles de Aluminio con RPT y ventanas con perfiles de PVC.

Tabla 5: Comparativa cambio de ventanas antiguas por nuevas zona A

			Zona A (Almería) (Uv=2,7) f=0,74								
		Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Ahorro en Demanda Total (%)	Diferencia en el ahorro de demanda entre PVC y Al con RPT (%)	Ahorro en Demanda Total (kWh/m2)	
Vivienda	20% huecos	Al	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	19,30	25,74	45,04			
		RPT	Ventanas Nuevas	2	25	9,39	25,82	35,21	21,83%	-1,20%	9,83
				3,5	25	9,50	25,79	35,29	21,65%	-1,09%	9,75
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	30	19,30	25,74	45,04			
			Ventanas Nuevas	1,5	30	9,61	25,06	34,67	23,02%	1,20%	10,37
				2,5	30	9,77	25,03	34,80	22,74%	1,09%	10,24
	30% huecos		Al	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	19,25	30,70	49,95		
		RPT	Ventanas Nuevas	2	25	7,79	31,66	39,45	21,02%	-1,62%	10,50
				3,5	25	7,93	31,61	39,54	20,84%	-1,58%	10,41
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	30	19,25	30,70	49,95			
			Ventanas Nuevas	1,5	30	7,99	30,65	38,64	22,64%	1,62%	11,31
				2,5	30	8,16	30,59	38,75	22,42%	1,58%	11,20

Tabla 6: Comparativa cambio de ventanas antiguas por nuevas, zona D

			Zona D (Madrid) (Uv=2,0) f=0,69								
		Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Ahorro en Demanda Total (%)	Diferencia en el ahorro de demanda entre PVC y AI con RPT (%)	Ahorro en Demanda Total (kWh/m2)	
Vivienda	20% huecos	AI	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	63,72	23,59	87,31			
		AIRPT	Ventanas Nuevas	2	25	41,07	20,63	61,70	29,33%	-0,22%	25,61
				3,5	25	41,36	20,61	61,97	29,02%	-0,11%	25,34
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	30	63,72	23,59	87,31			
			Ventanas Nuevas)	1,5	30	41,36	20,15	61,51	29,55%	0,22%	25,80
				2,5	30	41,75	20,12	61,87	29,14%	0,11%	25,44
	30% huecos		AI	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	65,68	28,11	93,79		
		AIRPT	Ventanas Nuevas	2	25	38,49	24,37	62,86	32,98%	-0,38%	30,93
				3,5	25	38,87	24,33	63,20	32,62%	-0,26%	30,59
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	30	65,68	28,11	93,79			
			Ventanas Nuevas	1,5	30	38,81	23,69	62,50	33,36%	0,38%	31,29
				2,5	30	39,31	23,65	62,96	32,87%	0,26%	30,83

				Zona E (Burgos) (Uv=1,5) f=0,69							
Tabla 7: Comparativa cambio de ventanas antiguas por nuevas zona E			Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Ahorro en Demanda Total (%)	Diferencia en el ahorro de demanda entre PVC y AI con RPT (%)	Ahorro en Demanda Total (kWh/m2)
Vivienda	20% huecos	AI	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	111,44	0,00	111,44			
		AIRPT	Ventanas Nuevas	2	25	70,92	0,00	70,92	36,36%	0,37%	40,52
				3,5	25	71,39	0,00	71,39	35,94%	0,51%	40,05
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	30	111,44	0,00	111,44			
			Ventanas Nuevas	1,5	30	71,33	0,00	71,33	35,99%	-0,37%	40,11
				2,5	30	71,96	0,00	71,96	35,43%	-0,51%	39,48
	30% huecos		AI	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	106,84	0,00	106,84		
		AIRPT	Ventanas Nuevas	2	25	66,42	0,00	66,42	37,83%	0,46%	40,42
				3,5	25	67,06	0,00	67,06	37,23%	0,64%	39,78
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	30	106,84	0,00	106,84			
			Ventanas Nuevas	1,5	30	66,91	0,00	66,91	37,37%	-0,46%	39,93
				2,5	30	67,74	0,00	67,74	36,60%	-0,64%	39,10

### 3.2.2 Tablas de resultados con el edificio tipo oficina

Tabla 8: Resultados CTE 2013 oficinas zona A

						Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Diferencia en demanda energética entre PVC y AI con RPT (%)				
						Zona A (Almería) (Uv=2,7)							
			Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	f=0,56	f=0,74	f=0,56	f=0,74	f=0,56	f=0,74	f=0,56	f=0,74
oficinas	30% huecos	AI RPT	cte2013	2	20	3,99	2,93	66,18	83,42	70,17	86,35	-2,58%	-3,13%
			cte2013	3,5	20	4,11	3,02	65,95	83,13	70,06	86,15	-2,60%	-3,20%
		PVC	cte2013	1,5	25	3,84	2,83	64,52	80,82	68,36	83,65	2,58%	3,13%
			cte2013	2,5	25	3,98	2,93	64,26	80,46	68,24	83,39	2,60%	3,20%
	60% huecos	AI RPT	cte2013	2	20	3,80	2,58	95,90	130,60	99,70	133,18	-3,50%	-3,81%
			cte2013	3,5	20	3,99	2,73	95,27	129,78	99,26	132,51	-3,57%	-3,89%
		PVC	cte2013	1,5	25	3,45	2,31	92,76	125,80	96,21	128,11	3,50%	3,81%
			cte2013	2,5	25	3,67	2,47	92,05	124,88	95,72	127,35	3,57%	3,89%

Tabla 9: Resultados CTE 2013 oficinas zona D

			Zona D (Madrid) (Uv=2,0) f=0,69						
			Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Diferencia en demanda energética entre PVC y AI con RPT (%)
oficinas	30% huecos	AI RPT	cte2013	2	20	16,14	55,60	71,74	-3,26%
			cte2013	3,5	20	16,47	55,38	71,85	-3,26%
		PVC	cte2013	1,5	25	15,75	53,65	69,40	3,26%
			cte2013	2,5	25	16,14	53,37	69,51	3,26%
	60% huecos	AI RPT	cte2013	2	20	15,72	90,81	106,53	-4,43%
			cte2013	3,5	20	16,29	90,14	106,43	-4,44%
		PVC	cte2013	1,5	25	14,74	87,07	101,81	4,43%
			cte2013	2,5	25	15,43	86,27	101,70	4,44%

Tabla 10: Resultados CTE 2013 oficinas zona E

			Zona E (Burgos) (Uv=1,5) f=0,69						
			Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Diferencia en demanda energética entre PVC y AI con RPT (%)
oficinas	30% huecos	AI RPT	cte2013	2	20	30,04	22,13	52,17	-3,26%
			cte2013	3,5	20	30,64	21,89	52,53	-3,14%
		PVC	cte2013	1,5	25	29,32	21,15	50,47	3,26%
			cte2013	2,5	25	30,01	20,87	50,88	3,14%
	60% huecos	AI RPT	cte2013	2	20	28,48	44,99	73,47	-5,00%
			cte2013	3,5	20	29,52	44,28	73,80	-4,88%
		PVC	cte2013	1,5	25	26,89	42,91	69,80	5,00%
			cte2013	2,5	25	28,08	42,12	70,20	4,88%

Resultados obtenidos en cambio de ventanas en edificios existentes con exigencias en prestaciones térmicas anteriores al CTE 2006, por ventanas de mayores prestaciones térmicas. Diferencia en ahorros entre ventanas con perfiles de Aluminio con RPT y ventanas con perfiles de PVC.

Tabla 11: Comparativa cambio de ventanas antiguas por nuevas zona A

				Demanda Calefacción (kWh/m2)		Demanda Refrigeración (kWh/m2)		Demanda Total (kWh/m2)		Ahorro en Demanda Total (%)		Diferencia en el ahorro de demanda entre PVC y Al con RPT (%)		Ahorro en Demanda Total (kWh/m2)			
				Zona A (Almería) (Uv=2,7)													
				f=0,56	f=0,74	f=0,56	f=0,74	f=0,56	f=0,74	f=0,56	f=0,74	f=0,56	f=0,74	f=0,56	f=0,74		
Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)															
oficinas	30% huecos	Al	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	20	11,09	11,09	78,64	78,64	89,73	89,73						
		Al RPT	Ventanas Nuevas	2	20	5,12	3,84	65,31	81,89	70,43	85,73	21,51%	4,46%	0,26%	-0,26%	19,30	4,00
				3,5	20	5,25	3,95	65,09	81,61	70,34	85,56	21,61%	4,65%	0,24%	-0,30%	19,39	4,17
		PVC	Ventanas Nuevas	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	11,21	11,21	75,99	75,99	87,20	87,20						
				1,5	25	4,97	3,74	63,70	79,35	68,67	83,09	21,25%	4,71%	-	0,26%	18,53	4,11
		2,5	25	5,11	3,86	63,46	79,03	68,57	82,89	21,36%	4,94%	0,24%	0,30%	18,63	4,31		
	60% huecos	Al	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	20	13,39	13,39	119,05	119,05	132,44	132,44						
		Al RPT	Ventanas Nuevas	2	20	4,48	3,09	94,75	128,72	99,23	131,81	25,08%	0,48%	0,22%	-0,05%	33,21	0,63
				3,5	20	4,70	3,26	94,15	127,91	98,85	131,17	25,36%	0,96%	0,17%	-0,12%	33,59	1,27
		PVC	Ventanas Nuevas	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	13,33	13,33	114,10	114,10	127,43	127,43						
				1,5	25	4,12	2,81	91,64	123,95	95,76	126,76	24,85%	0,53%	-	0,05%	31,67	0,67
		2,5	25	4,36	2,99	90,97	123,06	95,33	126,05	25,19%	1,08%	0,17%	0,12%	32,10	1,38		



Tabla 12: Comparativa cambio de ventanas antiguas por nuevas zona D

			Zona D (Madrid) (Uv=2,0) f=0,69								
			Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Ahorro en Demanda Total (%)	Diferencia en el ahorro de demanda entre PVC y AI con RPT (%)	Ahorro en Demanda Total (kWh/m2)
oficinas	30% huecos	AI	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	20	54,87	50,50	105,37			
		AIRPT	Ventanas Nuevas	2	20	27,72	52,82	80,54	23,56%	-0,82%	24,83
				3,5	20	28,09	52,66	80,75	23,37%	-0,79%	24,62
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	55,10	48,69	103,79			
				Ventanas Nuevas	1,5	25	27,41	51,07	78,48	24,39%	0,82%
					2,5	25	27,85	50,87	78,72	24,15%	0,79%
	60% huecos	AI	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	20	61,70	78,33	140,03			
		AIRPT	Ventanas Nuevas	2	20	22,34	86,36	108,70	22,37%	-1,23%	31,33
				3,5	20	22,96	85,80	108,76	22,33%	-1,22%	31,27
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	61,59	74,76	136,35			
Ventanas Nuevas	1,5			25	21,43	82,73	104,16	23,61%	1,23%	32,19	
			2,5	25	22,17	82,07	104,24	23,55%	1,22%	32,11	

Tabla 13: Comparativa cambio de ventanas antiguas por nuevas zona E

			Zona E (Burgos) (Uv=1,5) f=0,69								
		Edificio (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Demanda Calefacción (kWh/m2)	Demanda Refrigeración (kWh/m2)	Demanda Total (kWh/m2)	Ahorro en Demanda Total (%)	Diferencia en el ahorro de demanda entre PVC y AI con RPT (%)	Ahorro en Demanda Total (kWh/m2)	
oficinas	30% huecos	AI	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	20	103,43	12,03	115,46			
		AI	Ventanas Nuevas	2	20	72,05	11,26	83,31	27,85%	-0,47%	32,15
		RPT	Ventanas Nuevas	3,5	20	72,70	11,16	83,86	27,37%	-0,40%	31,60
		PVC	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	103,44	11,11	114,55			
	PVC	Ventanas Nuevas	1,5	25	71,60	10,51	82,11	28,32%	0,47%	32,44	
	PVC	Ventanas Nuevas	2,5	25	72,34	10,40	82,74	27,77%	0,40%	31,81	
	60% huecos	AI	Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	20	120,28	27,57	147,85			
		AI	Ventanas Nuevas	2	20	58,90	29,76	88,66	40,03%	-1,06%	59,19
RPT		Ventanas Nuevas	3,5	20	60,06	29,33	89,39	39,54%	-0,94%	58,46	
PVC		Existente	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	119,63	25,49	145,12				
PVC	Ventanas Nuevas	1,5	25	57,58	27,91	85,49	41,09%	1,06%	59,63		
PVC	Ventanas Nuevas	2,5	25	58,91	27,46	86,37	40,48%	0,94%	58,75		

### 3.3 Fase 3: Estudio Normativo: Simulación energética mediante el programa CALENER VYP

El Documento Básico DB HE de Ahorro de energía es el documento reglamentario de carácter básico en el que se establecen las exigencias de eficiencia energética que deben cumplir los edificios para satisfacer el requisito básico de ahorro de energía de la Ley de Ordenación de la Edificación. Dicho Documento Básico se ha revisado mediante la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre (BOE de 12 de septiembre), por la que se actualiza el Documento Básico DB HE "Ahorro de Energía", del CTE, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Esta actualización es de aplicación obligatoria a partir del 13 de marzo de 2014. Para la comprobación del cumplimiento de este Requisito Básico se utiliza el programa informático LIDER.

LIDER es la aplicación informática que permite cumplir con la opción general de verificación de la exigencia de Limitación de Demanda Energética establecida en el Documento Básico de la Habitabilidad y Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-HE1) y está patrocinada por el Ministerio de Vivienda y por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Esta herramienta está diseñada para realizar la descripción geométrica, constructiva y operacional de los edificios.

En el periodo de ejecución de este estudio la normativa aplicable se encuentra en periodo de adecuación y se ha procedido a realizar el estudio normativo tal y como especifica la nota informativa emitida el día 13/03/2014 por la Subdirección General de Planificación Energética y Seguimiento del estado español:

- Se han utilizado las Propiedades térmicas exigidas por el CTE2013 para la definición de los cerramientos opacos.
- El estudio de certificación energética de los modelos simulados, se ha realizado mediante la Herramienta informática CALENER VYP tanto para el edificio de viviendas como para el edificio de oficinas.

CALENER, el programa oficial del ministerio, permite analizar edificios y calcular la calificación que se obtendría aplicando los sistemas de calificación establecidos en los distintos RDs aprobados. Analiza y predice distintas opciones constructivas y evalúa sus efectos sobre la calificación energética resultante.

Aun cuando el Ministerio de Fomento ha puesto una nueva herramienta a disposición de los profesionales involucrados en la verificación de las exigencias reglamentarias del nuevo DB de Ahorro de Energía, los resultados que se obtengan con dicha herramienta no pueden emplearse actualmente para llevar a cabo la certificación energética de edificios.

Teniendo en cuenta lo anteriormente citado, se ha procedido a obtener los resultados de la certificación energética de edificios para cada uno de los casos estudiados con el Desing Builder.

Los rendimientos utilizados para la introducción de las instalaciones energéticas en los modelos de simulación, son los definidos a continuación:

	VIVIENDA		OFICINAS	
	Rendimiento	Fuente	Rendimiento	Fuente
Caldera	0,9	Gas natural	2	Electricidad
Split	2	Electricidad		

*Rendimientos utilizados en los estudios*

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Tipo de edificio	% huecos	Tipología de marco de ventana	Cumplimiento propiedades térmicas (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Calificación Energética de Edificio (Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)			
						Zona A	Zona D	Zona E	
Edificio de viviendas	20%	Al RPT	CTE2013	2	25	C	B	B	
				3,5	25	C	B	B	
		PVC	CTE2013	1,5	30	C	B	B	
				2,5	30	C	B	B	
		Al	Anterior al CTE2006	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	25	D	D	D
					30	30	D	D	D
		Al RPT	Anterior al CTE2006		2	25	D	C	C
					3,5	25	D	C	C
		PCV	Anterior al CTE2006		1,5	30	D	C	C
					2,5	30	D	C	C

Tabla14: Resultados normativos edificio de viviendas 20% de huecos

Tipo de edificio	% huecos	Tipología de marco de ventana	Cumplimiento propiedades térmicas (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Calificación Energética de Edificio (Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)			
						Zona A	Zona D	Zona E	
Edificio de viviendas	30%	Al RPT	CTE2013	2	25	C	B	B	
				3,5	25	C	B	B	
		PVC	CTE2013		1,5	30	C	B	B
					2,5	30	C	B	B
		Al	Anterior al CTE2006	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	25	25	D	D	D
					30	30	D	D	D
		Al RPT	Anterior al CTE2006		2	25	D	C	C
					3,5	25	D	C	C
		PCV	Anterior al CTE2006		1,5	30	D	C	C
					2,5	30	D	C	C

Tabla 15: Resultados normativos edificio de viviendas 30% de huecos

Tipo de edificio	% huecos	Tipología de marco de ventana	Cumplimiento propiedades térmicas (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Calificación Energética de Edificio (Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)		
						Zona A	Zona D	Zona E
Edificio oficinas	30%	AI RPT	CTE2013	2	20	C	C	C
				3,5	20	C	C	C
		PVC	CTE2013	1,5	25	C	C	C
				2,5	25	C	C	C
		AI	Anterior al CTE2006	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	20	D	D	E
		PVC			25	D	D	E
		AI RPT	Anterior al CTE2006	2	20	C	C	D
				3,5	20	C	C	D
		PCV	Anterior al CTE2006	1,5	25	C	C	D
				2,5	25	C	C	D

Tabla 16: Resultados normativos edificio de oficinas 30% de huecos

Tipo de edificio	% huecos	Tipología de marco de ventana	Cumplimiento propiedades térmicas (muros opacos)	Valor Uf (W/m2K)	Porcentaje marco (%)	Calificación Energética de Edificio (Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)		
						Zona A	Zona D	Zona E
Edificio oficinas	60%	AI RPT	CTE2013	2	20	D	C	C
				3,5	20	D	C	C
		PVC	CTE2013	1,5	25	D	C	C
				2,5	25	D	C	C
		AI	Anterior al CTE2006	U <sub>w</sub> = 6 (vidrio+marco)	20	E	D	E
		PVC			25	E	D	E
		AI RPT	Anterior al CTE2006	2	20	D	C	D
				3,5	20	D	C	D
		PCV	Anterior al CTE2006	1,5	25	D	C	D
				2,5	25	D	C	D

Tabla 17: Resultados normativos edificio de oficinas 60% de huecos

### 3.4 Fase 4: Tabla de resultados según zona climática

A continuación se refleja la influencia de las distintas carpinterías estudiadas en función de la **calificación energética de cada tipología de edificio estudiado y en función de las 3 zonas climáticas estudiadas.**

			Calificación Energética de Edificio					
	Tipo de carpintería	Valor Uf (W/m2K)	Edificio viviendas anterior al CTE 2006	Edificio oficinas anterior al CTE 2006		Edificio Viviendas CTE 2013	Edificio Oficinas CTE 2013	
			20% y 30 % Huecos	30% Huecos	60% Huecos	20% y 30% Huecos	30% Huecos	60% Huecos
ZONA A	Al con RPT	3,5	D	D	E	C	C	D
	PVC	2,5	D	D	E	C	C	D
ZONA D	Al con RPT	2,0	D	D	D	B	C	C
	PVC	1,5	D	D	D	B	C	C
ZONA E	Al con RPT	2,0	D	E	E	B	C	C
	PVC	1,5	D	E	E	B	C	C

Tabla 18: Tabla resumen calificación energética de los casos estudiados

## 4 Conclusiones

Las conclusiones que se obtienen en el estudio realizado son claras:

- **La sustitución de ventanas envejecidas, de baja resistencia térmica y baja estanqueidad al aire, por ventanas con marcos de aluminio con RPT, favorece el ahorro energético, mejora el confort y mejora la calificación energética de edificios existentes.**
- **Los componentes determinantes en la sustitución de una ventana envejecida, de baja resistencia térmica y baja estanqueidad al aire, por otra ventana de altas prestaciones en eficiencia energética, son la estanqueidad al aire de la ventana completa, el coeficiente de transmisión térmica del conjunto vidrio+perfil, además del factor solar del vidrio en zonas calurosas.**
- **La tipo de perfil utilizado en ventanas con altas prestaciones de eficiencia energética, ya sea aluminio con RPT ó perfil de PVC, tiene la misma influencia en los ahorros energéticos obtenidos y en la calificación energética de edificios. En los casos estudiados, la diferencia puede llegar a ser de hasta un 5%,** siendo a veces favorable a una tipología de carpintería y otras veces a otra, dependiendo de las condiciones climáticas a las que está sometido el edificio, geometría del edificio, cargas internas y orientaciones del mismo.

## 5 Anexo

A continuación se detallan las características térmicas utilizadas en la definición de los edificios simulados

### Datos de partida de las simulaciones térmicas realizadas para cada una de las zonas climáticas estudiadas: Características térmicas de los cerramientos, particiones, ventanas, cubiertas, techos...

A continuación se detallan cuáles son los datos de partida de las simulaciones por Zona climática. Siempre se han tenido en cuenta los límites que marca el CTE 2013 en las propiedades térmicas de los sistemas y productos utilizados en la construcción de un edificio. Estos límites se pueden revisar en las siguientes tablas:

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno <sup>(1)</sup> [W/m <sup>2</sup> •K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m <sup>2</sup> •K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos <sup>(2)</sup> [W/m <sup>2</sup> •K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos <sup>(3)</sup> [m <sup>3</sup> /h•m <sup>2</sup> ]	< 50	< 50	< 50	< 27	< 27	< 27

<sup>(1)</sup> Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

<sup>(2)</sup> Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

<sup>(3)</sup> La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

Tabla 2.4 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes, y medianerías, U en W/m<sup>2</sup>•K

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Tabla 2.5 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades del mismo uso, U en W/m<sup>2</sup>•K

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00

CTE 2013

En los casos de edificio existente sin rehabilitar, se ha utilizado una renovación de aire interior constante de 1 renov/h y se ha considerado una clasificación de permeabilidad al aire de la ventana según norma UNE-EN 12.207:2000 de Clase 1 (Clase 1: Caudal de aire  $\leq 50$  m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>).

Los edificios que cumplen con CTE 2013 y para los rehabilitados con ventanas nuevas, se ha considerado 0,7 renov/h y una clasificación de permeabilidad al aire de la ventana según norma UNE-EN 12.207:2000 de Clase 4 (Clase 4: Caudal de aire  $\leq 3$  m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>).



Las propiedades térmicas de los componentes de los edificios se muestran en la siguiente tabla

**CTE2013**

	<i>U (W/m2K)</i>			
	<i>Zona A</i>	<i>Zona D</i>	<i>Zona E</i>	<i>Anterior al CTE</i>
<i>Cerramiento Exterior</i>	1,06	0,56	0,51	1,24
<i>Cubiertas y suelos</i>	0,60	0,36	0,33	2,17
<i>Partición interior vertical y horizontal</i>	1,11	0,71	0,62	1,11
<i>Vidrios</i>	2,70	2,00	1,50	6,00

Aportación solar utilizada en los edificios para cumplimiento CTE

	<i>VIVIENDA</i>			<i>OFICINAS</i>		
	<i>Zona A</i>	<i>Zona D</i>	<i>Zona E</i>	<i>Zona A</i>	<i>Zona D</i>	<i>Zona E</i>
<i>Solar térmica para ACS</i>	70%	60%	30%	70%	60%	30 %

**Edificio Terciario**

Las dimensiones de los edificios son las especificadas a continuación:

Building Data	
Building number of zones:	51
Building heated/cooled floor area (m2)	5.740,21
Building volume (m3)	15.495,98
Building external area (m2)	3.852,17
Building external surface area/Volume (m-1)	0,249

Activity Area Summary	
Activity	Area (m2)
Calefactado	5.740,21
<None>	1.426,95
Total	7.167,16

Usos:

USO NO RESIDENCIAL: 12 h	BAJA			MEDIA			ALTA		
	1-6 15-16 21-24	7-14	17-20	1-6 15-16 21-24	7-14	17-20	1-6 15-16 21-24	7-14	17-21
Temp Consigna Alta (°C)									
Laboral y Sábado	-	25	25	-	25	25	-	25	25
Festivo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temp Consigna Baja (°C)									
Laboral y Sábado	-	20	20	-	20	20	-	20	20
Festivo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ocupación sensible (W/m²)									
Laboral	0	2,00	2,00	0	6,00	6,00	0	10,00	10,00
Sábado	0	2,00	0	0	6,00	0	0	10,00	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ocupación latente (W/m²)									
Laboral	0	1,26	1,26	0	3,79	3,79	0	6,31	6,31
Sábado	0	1,26	0	0	3,79	0	0	6,31	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iluminación (%)									
Laboral	0	100	100	0	100	100	0	100	100
Sábado	0	100	0	0	100	0	0	100	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipos (W/m²)									
Laboral	0	1,50	1,50	0	4,50	4,50	0	7,50	7,50
Sábado	0	1,50	0	0	4,50	0	0	7,50	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventilación (%)									
Laboral	0	100	100	0	100	100	0	100	100
Sábado	0	100	0	0	100	0	0	100	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Edificio Vivienda**

Building Data	
Building number of zones:	555
Building heated/cooled floor area (m2)	10.997,29
Building volume (m3)	32.424,91
Building external area (m2)	9.175,7
Building external surface area/Volume (m-1)	0,283

Activity Area Summary	
Activity	Area (m2)
Calefactado	10.997,29
<None>	133,52
Total	11.130,81

USO RESIDENCIAL	(24h, BAJA)				
	1-7	8	9-15	16-23	24
<b>Temp Consigna Alta (°C)</b>					
Enero a Mayo	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre	27	-	-	25	27
Octubre a Diciembre	-	-	-	-	-
<b>Temp Consigna Baja (°C)</b>					
Enero a Mayo	17	20	20	20	17
Junio a Septiembre	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre	17	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>					
Laboral	2,15	0,54	0,54	1,08	2,15
Sábado y Festivo	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
<b>Ocupación latente (W/m²)</b>					
Laboral	1,36	0,34	0,34	0,68	1,36
Sábado y Festivo	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
<b>Iluminación (W/m²)</b>					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
<b>Equipos (W/m²)</b>					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
<b>Ventilación verano<sup>1</sup></b>					
Laboral, Sábado y Festivo	4,00	4,00	*	*	*
<b>Ventilación invierno<sup>2</sup></b>					
Laboral, Sábado y Festivo	*	*	*	*	*

<sup>1</sup> En régimen de verano, durante el periodo comprendido entre la 1 y las 8 horas, ambas incluidas, se supondrá que los espacios habitables de los edificios destinados a vivienda presentan una infiltración originada por la apertura de ventanas de 4 renovaciones por hora. El resto del tiempo, indicados con \* en la tabla, el número de renovaciones hora será constante e igual al mínimo exigido por el DB

<sup>2</sup> El número de renovaciones hora, indicado con \* en la tabla, será constante e igual al calculado mínimo exigido por el DB HS.