



Escola Universitaria de Arquitectura Técnica
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Autor: Alejandro Parcero Iglesias

Director: Juan Luis Pérez Ordóñez; Dep. Tecnología de la construcción.

Septiembre 2014

RESUMEN

España debería realizar mayores esfuerzos en la mejora de la eficiencia energética en todos los sectores, tanto económicos como sociales. Deberá promover unas políticas de sostenibilidad económica y energética. Deberá aumentar la producción energética nacional primando las energías menos contaminantes, reduciendo así la dependencia energética del exterior; combinándolo con medidas de ahorro energético.

El parque inmobiliario existente tiene un potencial muy grande a la hora de mejorar la eficiencia energética. Todas las edificaciones anteriores al año 1979 tienen un margen de ahorro energético muy elevado. La rehabilitación energética de dichas edificaciones supondría la reactivación del sector de la construcción en el país, produciría beneficios a los propietarios de dichos inmuebles y se estaría reduciendo las demandas energéticas del país.

Los factores que influyen directamente en el consumo energético y en las emisiones asociadas a los edificios residenciales son: la envolvente térmica, la eficiencia energética de los equipos, las fuentes energéticas utilizadas y el comportamiento de los usuarios.

En el presente trabajo se analizarán posibles rehabilitaciones energéticas que afectarán a la envolvente térmica de las edificaciones. Para cada rehabilitación se calculará un $RATIO \frac{KWh^{NETO}_{AHORR}}{año \cdot \text{€}_{INVERT}}$ que relacione la energía ahorrada con los euros invertidos, siendo este un dato importante en la actualidad, dado que ni las administraciones públicas ni los propietarios de vivienda pasan por una época de liquidez económica.

ABSTRACT.

Spain should make greater efforts to improve energy efficiency in all sectors, both economic and social. It shall promote policies of economic and energy sustainability. You must increase domestic energy production and to favor cleaner energy, reducing dependence on foreign energy; combined with energy saving measures. The existing building stock has a very big when it comes to improving energy efficiency potential. All the above constructions the year 1979 have a range of very high energy savings. Energy rehabilitation of these buildings would be the revival of the construction industry in the country, would produce benefits to the owners of those properties and would be reducing the energy demands of the country.

Factors that directly influence the energy consumption and emissions associated with residential buildings are: the thermal envelope, energy efficiency equipment, energy sources used and the behavior of users.

In this paper possible energy renovations that affect the thermal envelope of buildings will be analyzed. For each upgrade one $\frac{KWh^{NETO}_{AHORR}}{año \cdot \text{€}_{INVERT}}$ relating the energy saved with euros invested, this being an important data today, as neither government nor homeowners go through a time of economic liquidity is calculated.

ÍNDICE:

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	1
ÍNDICE:.....	2
1.- INTRODUCCIÓN.....	3
1.1.- Objetivos.....	3
1.2.- Justificación del estudio.....	3
2.- ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	4
2.1.- Preliminares.....	4
2.2.- Marco normativo	7
2.3.- Eficiencia energética en la edificación.....	9
2.4.- Demandas energéticas en edificación.....	17
2.5.- Software.....	18
3.- METODOLOGÍA	19
4.- CASOS DE ESTUDIO.....	20
4.1.- Determinación de los casos de estudio.....	20
4.2.- Emplazamiento	21
4.3.- Tipologías constructivas.....	21
4.4.- Caso 1. Bloque de viviendas PB+4+BC del año 1975.....	24
4.5.- Caso 2. Vivienda unifamiliar aislada PB+1+BC del año 1975.....	33
5.- PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA.....	40
5.1.- Caso 1: Bloque de viviendas PB+4+BC del año 1975.....	43
5.2.- Caso 2: Vivienda unifamiliar aislada PB+1 del año 1975.....	53
6.- EVALUACIÓN DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS (RATIO $\text{KWh}^{\text{NETO}} \text{AHORR}/\text{año} \text{€INVERT}$) DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	65
6.1.- Caso 1: Bloque de viviendas PB+4+BC del año 1975.....	65
6.2.- Caso 2: Vivienda unifamiliar aislada PB+1+BC del año 1975.....	67
7.-CONCLUSIONES.....	69
7.1.- CONCLUSIONES GENERALES	69
7.2.- CONCLUSIÓN FINAL.....	70
8.-BIBLIOGRAFÍA.....	71
9.-ÍNDICES.....	72
9.1.-Índice de figuras y tablas	72
10.-ANEXOS.....	75
10.1.- RENOVACIONES E INFILTRACIONES DE AIRE.....	75
CASO 1: Bloque de viviendas PB+4+BC.....	76
CASO 2: Vivienda unifamiliar aislada PB+1+BC.....	76
10.2.- PUENTES TÉRMICOS.....	77
10.3.- Mediciones y Presupuestos.....	101

1.- INTRODUCCIÓN.

El presente Trabajo Final de Máster, pretende evaluar las demandas energéticas de la edificación residencial, anterior al CTE, con el objetivo de analizarlas y desglosarlas en los diferentes elementos que conforman la envolvente térmica (muros de fachada, ventanas, puentes térmicos, cubierta, solera...). Con esa información, se podrán plantear las posibles mejoras energéticas, realizando una evaluación y comparativa entre cada propuesta de mejora, mediante un criterio basado en un $RATIO \text{ kWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$ de cada mejora.

Para rehabilitar con criterios de sostenibilidad y eficiencia energética, se deberá estudiar pormenorizadamente tanto las demandas energéticas como los rendimientos de las instalaciones de los edificios. Una mejora de la eficiencia energética de un inmueble, pasa por disminuir sus demandas energéticas y/o por mejorar el rendimiento de sus instalaciones.

Un país debe buscar la eficiencia energética en todos sus sectores productivos, dado que, directamente producirá grandes ahorros económicos a empresas y particulares, e indirectamente estará disminuyendo el porcentaje de dependencia energética con respecto a terceros países. Así como también disminuirá sus emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera.

1.1.- Objetivos.

El objetivo de este TFM es la evaluación de diferentes propuestas de mejora energética de la envolvente de dos edificaciones representativas de los años 70 en Ourense. Para ello se calculará un $RATIO (\text{KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT})$ los Kw ahorrados frente a los euros invertidos, con el fin de tener un criterio más de evaluación de las soluciones aportadas. Los casos de estudio estarán enmarcados en edificaciones construidas antes de la entrada en vigor del CTE (2006).

1.2.- Justificación del estudio.

El análisis energético y el cálculo del $RATIO \text{ kWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$ de las propuestas de mejora expuestas en este TFM será de gran utilidad debido a que:

- Con este tipo de análisis y valores, se dispondrá de otro punto de vista más para defender la mejora en la eficiencia energética en el parque inmobiliario español y por consiguiente defender la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera que nos solicita la UE.
- En este tiempo de crisis en la economía, se hace más necesario el analizar el impacto de ahorro energético por cada euro invertido por particulares o por las administraciones públicas en la rehabilitación del parque inmobiliario español.
- Al ponderar las posibles rehabilitaciones energéticas a través de un $RATIO \text{ kWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$ se podrán justificar, de una manera más sencilla, posibles inversiones en rehabilitación de edificios. Siendo la rehabilitación uno de los campos con más vías de desarrollo que tiene la construcción española y así poder paliar la gran crisis que está sufriendo el sector en nuestro país.

2.- ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1.- Preliminares.

Las sociedades industrializadas actuales demandan y utilizan cantidades ingentes de energía destinadas a hacer funcionar las máquinas, transportar mercancías y personas, producir luz, calor o refrigeración. Todo el sistema de vida moderno está basado en la disposición de abundante energía a bajo coste. Su consumo ha ido creciendo continuamente paralelamente a los cambios de los hábitos de vida y las formas de organización social. Existe un abismo entre las demandas energéticas de los individuos de las primeras comunidades primitivas que se dedicaban a la caza y a la recolección y los ciudadanos de las sociedades hipertecnológicas actuales de los países desarrollados. (Dep. Energía UNED).

El consumo energético mundial está íntimamente ligado a su crecimiento poblacional. A lo largo de la historia, la población ha ido aumentando de manera constante, es alrededor del 1650 cuando se produce una primera explosión urbana (520 millones de personas en el mundo). Desde entonces hasta la actualidad se ha producido un crecimiento exponencial de población llegando en el año 2013 a alcanzar la cifra de 7.200 millones de personas. (Comunidad de Madrid, 2009).

Este aumento de población se ha concentrado en las zonas más desarrolladas, densificando la población en concentraciones urbanas cada vez más grandes. Zonas como Europa occidental, América del Norte y el Este de Asia concentraron gran parte de la población mundial. Dicho aumento poblacional, así como las mejoras de calidad de vida de las mismas, han generado un aumento de la demanda energética de las zonas más desarrolladas. (Javier Moreno, 2011).

Es patente la evidente desigualdad existente en el mundo en lo que respecta a la producción y el consumo de recursos energéticos. Este desequilibrio entre países pobres y ricos, entre productores y consumidores, es fuente de continua inestabilidad política que se manifiesta en modo creciente en forma de conflictos entre países.

Conflictos como la crisis del petróleo en 1973, en la que los países Árabes, exportadores de petróleo, decidieron cortar el suministro energético a Europa Occidental y EEUU, debido al apoyo de estos países a Israel en la guerra del Yom Kippur. La crisis de la energía en 1979, la Guerra del Golfo Pérsico en 1990 o la guerra de Irak en 2003 son claros ejemplos de las tensiones mundiales por mantener el control del suministro energético mundial. (Javier Moreno, 2011).

Conflictos como los anteriormente mencionados, así como otra serie de factores e intereses macro-económicos, hacen que el precio de los combustibles fluctúen drásticamente, perjudicando a los países más dependientes del suministro energético de terceros y por consiguiente acaben perjudicando a la economía del consumidor final.

En épocas anteriormente citadas, aún no existía una concienciación por el cuidado y sostenibilidad del medio ambiente. Alrededor de 1950 comienzan a surgir las primeras ideas sobre la protección del medio ambiente. En la década de los 70 ante la crisis petrolífera se acrecientan los problemas de contaminación medioambiental, la masificación urbana y una serie de catástrofes dan lugar a la puesta en marcha de un proceso de conciencia del

ecologismo y surgimiento de numerosas plataformas, organizaciones y movimientos de tipo ecologistas en todo el mundo para tratar de encontrar y fomentar un respeto por el medio ambiente. El eco del movimiento ecologista comienza a alcanzar una resonancia internacional, rebasando los límites de los activistas para comenzar a instalarse en la conciencia de la opinión pública, especialmente en los países industrialmente avanzados, donde la degradación del medio ambiente comienza a deteriorar los niveles de calidad de vida.

Hasta tal punto evolucionaron los idearios ecologistas que en 1992 se organizó en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. La Conferencia fue la oportunidad de adoptar un programa de acción para el siglo XXI, llamado Programa 21. El programa tiene en cuenta las cuestiones relacionadas con la salud, la vivienda, la contaminación del aire, la gestión de los mares, bosques y montañas, la desertificación, la gestión de los recursos hídricos y el saneamiento, la gestión de la agricultura, la gestión de residuos. Incluso hoy, el Programa 21 es la referencia para la aplicación del desarrollo sostenible en los territorios.

La Conferencia de Río fue también testigo de la aprobación de la Convención sobre el Cambio Climático, que afirma la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que condujo a la firma en 1997 del Protocolo de Kyoto.

El protocolo fue inicialmente adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kyoto, Japón, pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005. En noviembre de 2009, eran 187 estados los que ratificaron el protocolo. Estados Unidos, mayor emisor de gases de invernadero mundial, no ha ratificado el protocolo.

El Protocolo firmado en Kyoto es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF_6), en un porcentaje aproximado de al menos un 5 %, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990.

Los miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se siguieron congregando en Convenciones y reuniones de seguimiento a lo largo del tiempo con el fin de modificar objetivos y fechas de cumplimiento, debido a la imposibilidad de su cumplimiento por parte de una serie de países. Montreal 2005, Bali 2007, Copenhague 2009, Cancún 2010 y Doha 2012 han sido los lugares donde se han producido dichas Convenciones y reuniones de seguimiento (Castro Carranza, 2009).

La decimoctava Conferencia de las Partes Doha 2012 (COP 18) sobre cambio climático ratificó el segundo periodo de vigencia del Protocolo de Kyoto desde el 1 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2020.

La duración de este segundo periodo del Protocolo será de ocho años, con metas concretas al 2020. Sin embargo, este proceso denotó un débil compromiso de los países industrializados, tales como Estados Unidos, Rusia, Japón y Canadá, los cuales decidieron no respaldar la prórroga.

Situación energética en el marco español.

En el caso de España, energéticamente hablando, se puede decir que tiene una gran dependencia del exterior. "El consumo de energía primaria en España en 2011 fue de 129.339 Ktep), con descenso del 0,6% sobre el de 2010. Esta demanda se obtiene como resultado de sumar al consumo de energía final, los consumos en los sectores energéticos (consumos propios y consumos en transformación, especialmente en generación eléctrica y refinerías de petróleo) y las pérdidas." (MINETUR, 2012).

España generó en 2011 30.929 Ktep de la demanda de energía primaria, suponiendo una dependencia del exterior del 75,6%. Esta dependencia energética llegó a un máximo histórico del 82% en el año 2006, desde entonces ha ido disminuyendo la dependencia energética debido a la caída del consumo energético propiciado por la crisis económica (Fig 2.1).

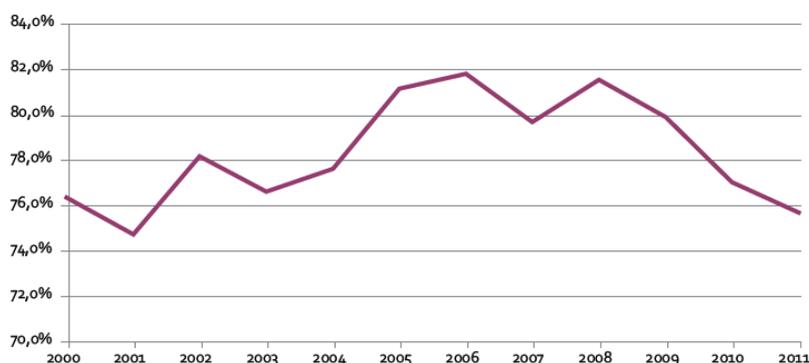


Figura 2.1.1 Evolución de la dependencia energética de España. (MINETUR, 2012)

De la energía primaria consumida en España en 2011 el 76,8 % ha sido producida con combustibles de origen fósil, que generan la emisión de gases de efecto invernadero (Fig. 2.2).

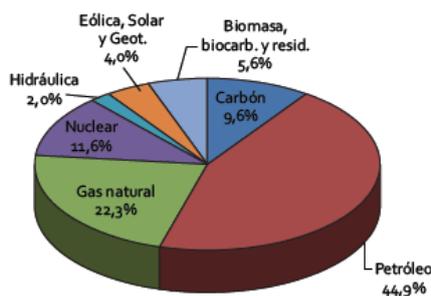


Figura 2.1.2 Procedencia de la energía primaria consumida en España 2011.

Según el IDAE, en el año 2011 se ha consumido un total de 86 Ktep de energía final en España. El consumo energético se distribuye entre los sectores de actividad económica, a los que hay que sumar los hogares, quedando el reparto de la siguiente manera:

ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

Industria 24,52%, Transporte: 41,47%, Agricultura y Pesca: 2.40%, Comercio: 11.09%, Residencial: 18.86%, Otros: 1.7%.

España deberá realizar grandes esfuerzos en la mejora de la eficiencia energética en todos sus sectores de actividad y en el ámbito residencial. Deberá promover unas políticas energéticas de aumento de la producción energética nacionales primando las energías menos contaminantes. Esas pautas no harán otra cosa más que reducir la dependencia energética del exterior.

Medioambientalmente, España está modificando sus normativas a base de Reales Decretos con el fin de adaptarlas a las Directivas Europeas sobre el medio ambiente. Europa en el año 2008 se marca el "Objetivo 20/20/20", es decir, 20% de reducción de las emisiones de gases efecto invernadero, 20% de aumento en la participación en las Energías Renovables y 20% en la mejora de la Eficiencia Energética global del Estado Miembro para el año 2020.

2.2.- Marco normativo

En el caso de la Unión Europea, todos los acuerdos y compromisos internacionales se articulan mediante las Directivas Europeas. Las D.E. son documentos legales elaborados por el Consejo de la Comisión Europea, que dirigen la forma de legislar en cada Estado Miembro para que resulta uniforme en toda la Unión Europea. En sí mismas, no entrañan obligación de cumplimiento de su contenido, pero sí obligan a su transposición dentro del sistema legislativo de cada uno de los Estados Miembros, con un plazo máximo de 2 años.

Numerosas directivas se han promulgado en la UE para defender la Eficiencia energética. A continuación se citan las más representativas:

- Directiva 2002/91/CE, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Directiva 2006/32/CE, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios
- Directiva 2012/27/UE 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

En España se han generado muchos Reales Decretos con el fin de articular una normativa específica con el fin de unificar criterios europeos. En el campo de la edificación, responsable del 30% del consumo energético, se han publicado los siguientes Reales Decretos:

- RD 314/2006. Aprobación del Código Técnico de la Edificación
- RD 1027/2007. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- RD 47/2007. Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- RD 235/2013. Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Pese a la articulación normativa en el campo de la eficiencia energética,"... el comisario de Energía Günther Oettinger, ha manifestado recientemente la preocupación de la Comisión Europea por las iniciativas del gobierno de España en relación con su reforma Energética. Para Bruselas los impedimentos del ejecutivo español al desarrollo de las Energías Renovables ha motivado el aumento de la preocupación en el seno de la Unión Europea.

A criterio de la Comisión Europea, España pone en peligro el objetivo marcado por Bruselas a raíz de la última Directiva Europea, en concreto la 2012/27/UE, de eficiencia energética." (www.cenews.es, 19/09/2013.)

2.3.- Eficiencia energética en la edificación.

En los edificios existentes las actuaciones deben ir dirigidas tanto a la envolvente, o piel de los mismos, como a las propias instalaciones interiores. En el primer caso (acciones pasivas) se puede mejorar el aislamiento térmico de las fachadas y cubiertas, así como de las ventanas, rediciéndose significativamente los índices de intensidad energética. En el segundo caso (acciones activas) son diversas las instalaciones interiores susceptibles de mejora energética: instalaciones de calefacción individuales o comunitarias, sustituyendo dichas instalaciones por otras con mayores rendimientos o por instalaciones que usen combustibles con un índice de menor contaminación; instalaciones de iluminación más eficientes; ascensores con menores consumos; instalación de paneles solares térmicos para la producción de ACS, etc. (Comunidad de Madrid. 2010).

2.3.1.- Acciones Pasivas.

Las medidas pasivas son aquellas que inciden reduciendo la demanda energética de los edificios existentes. Afectan a la envolvente térmica del edificio y a sus infiltraciones y renovaciones de aire.

Como principales actuaciones pasivas en edificación se encuentran las siguientes:

2.3.1.1.- Actuación en la carpintería exterior.

Dadas las características constructivas, su fácil intervención y la repercusión que tiene sobre el aislamiento térmico de la envolvente del edificio, el cerramiento del hueco se presenta como el primer elemento a valorar técnica y económicamente a la hora de afrontar una rehabilitación térmica de una edificación.

La intervención sobre los huecos de la envolvente térmica, es una de las mejores opciones por su rapidez, por las menores molestias para el propietario.

En el mercado existe multitud de composiciones de carpinterías atendiendo a según el tipo de marco y acristalamiento. Para la simulación se buscará la solución más económica y con mayor prestaciones térmicas eligiendo el tipo de marco y composición de vidrios más adecuada a dichos criterios.

Marco.

El marco representa habitualmente entre el 25 % y el 35 % de la superficie del hueco. Sus propiedades, desde el punto de vista del aislamiento térmico, son la transmitancia térmica (geometría y material) y su absortividad (color de marco y material). Estas dos propiedades participan en función de la fracción de superficie ocupada por el marco en la transmitancia total del hueco y el factor solar modificado del mismo.

De gran importancia en la elección del marco es el tipo de material que lo compone, dado que la transmitancia térmica variará drásticamente. En la actualidad, en el mercado existen marcos de madera, metálicos, de PVC, mixtos... (Fig. 2.3.1).

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Perfil	Transmitancia Térmica U (W/m ² K)
Metálico	5,7
Metálico RPT (4mm ≤ d < 12 mm)	4,0
Metálico RPT d ≥ 12 mm	3,2
Madera dura (ρ=700 kg/m ³ y 60 mm de espesor)	2,2
Madera blanda (ρ=500 kg/m ³ y 60 mm de espesor)	2,0
Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)	2,2
Perfiles huecos de PVC (3 cámaras)	1,8

Figura 2.3.1- Transmitancia térmica de los perfiles según UNE-EN ISO 10077-1

Según la UNE-EN ISO 10077-1, se observa que los marcos más convenientes para una reforma energética son los constituidos por madera o PVC con transmitancias térmicas similares. De forma genérica se puede decir que los marcos de madera suelen tener una repercusión económica en la reforma mucho más importante debido al tipo de material y al mantenimiento necesario del mismo. Es por lo que para reformas con presupuestos ajustados se suele recurrir a marcos de PVC.

La utilización del PVC para la renovación de carpinterías genera siempre grandes debates sobre la idoneidad de la solución por temas de comportamiento al fuego, pérdida de color superficial con el tiempo, su huella ecológica en el periodo de vida útil, etc. La procedencia del PVC del plástico es un hecho que no ayuda a desterrar esos temores a este tipo de carpinterías. Pero cada vez comienzan a aparecer más voces que defienden el uso del PVC como material de alta eficiencia, estudios como el de la Universidad Politécnica de Cataluña sobre la "Estimación del consumo energético y de la emisión de CO₂ asociados a la producción, uso y disposición final de ventanas de PVC, aluminio y madera" llega a la conclusión de que en un periodo de vida útil de 50 años de una ventana tipo de 134x134 cm, de igual composición de vidrios pero con materiales distintos de sus marcos la emisión de CO₂ por ventana era menor en la de PVC. Los resultados clasificados por materiales aparecen en la siguiente tabla extraída de dicho estudio. Toda la huella ecológica producida por el PVC en su fabricación transformación transporte y reciclado se ve claramente atenuada por su alta eficiencia energética y por consiguiente por sus ahorros en emisiones de CO₂ en el periodo de vida útil del material (Fig.2.3.2).

Tabla 5.10: Resumen de los consumos de energía, emisiones de CO₂ y material reciclado atribuible a la producción, uso (50 años), reciclaje y disposición final de residuos de ventanas fabricadas con diferentes materiales.

Ventana	Consumo eléctrico (kWh)	Emisiones de CO ₂ (kg)	Material reciclado (kg)					Total material reciclado	% del material total
			Vidrio	PVC	Acero	Aluminio			
PVC 30% reciclado doble acristalamiento	1.740	730	21,4	21,1	6,7		49,2	93,4%	
PVC 0% reciclado doble acristalamiento	1.780	742	21,4	21,1	6,7		49,2	93,4%	
Madera doble acristalamiento	2.045	886	21,4				21,4	61,5%	
Madera simple acristalamiento	2.633	1.155	10,7				10,7	45,0%	
Aluminio 30% reciclado con rotura doble acristalamiento	3.244	1.418	21,4			40,8	62,2	94,1%	
Aluminio 0% reciclado con rotura doble acristalamiento	3.819	1.672	21,4			40,8	62,2	94,1%	
Aluminio 30% reciclado sin rotura doble acristalamiento	3.838	1.681	21,4			40,8	62,2	94,1%	
Aluminio 0% reciclado sin rotura doble acristalamiento	4.413	1.935	21,4			40,8	62,2	94,1%	

Figura 2.3.1 Cuadro resumen del estudio del Laboratorio de Modelización Ambiental de la UPC "Estimación del consumo energético y de la emisión de CO₂ asociados a la producción, uso y disposición final de ventanas de PVC, aluminio y madera"

Vidrio.

El vidrio es un elemento fundamental en el cerramiento si se atiende a la superficie ocupada. Su principal propiedad es la transparencia, permitiendo elevados aportes de luz natural que contribuyen al confort de la vivienda sin comprometer sus prestaciones de aislamiento.

Desde la perspectiva del aislamiento térmico, las principales características a tener en cuenta del acristalamiento son su coeficiente U (W/m^2K) y su factor solar (g). (Comunidad de Madrid. 2010).

Tipos de vidrio.

Existen multitud de tipologías de vidrios pudiéndose clasificar por su configuración(simples, doble, triple acristalamiento), o por si tienen algún tipo de tratamiento como pueden ser los vidrios con control solar o los vidrios bajo emisivos.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética merecen especial mención los siguientes:

- Unidad de Vidrio Aislante (UVA): este tipo de vidrios hacen referencia a aquellas composiciones de dos o más vidrios monolíticos separados por cámaras de aire herméticas. La cámara de aire, que contiene aire inmóvil y seco, limita el intercambio de calor por convección o conducción proporcionando transmitancias térmicas mucho menores a las proporcionadas por composiciones de vidrios monolíticos. La elección del tipo de vidrio será determinante, así como el espesor de la cámara de aire que los separa. Para cámaras de aire con espesores superiores a 17 mm no se observan mejoras en las prestaciones térmicas del conjunto, experimentando reducciones muy bajas de su transmitancia térmica debida a que en el interior de la cámara se genera el fenómeno de convección.
- Vidrios de baja emisividad: son vidrios a los que se le ha tratado una de sus caras con partículas de óxidos metálicos proporcionando al vidrio una capacidad de aislamiento térmico reforzado. Esta fina película de óxidos metálicos hace que refleje la energía de onda larga incidente (calefacción) hacia el interior. Este tratamiento también modifica en menor medida el factor solar del vidrio inicial.
- Vidrios con control solar: este tipo de vidrios poseen la característica de limitar la entrada de parte de la energía incidente a través de la radiación solar. Este hecho genera que en las épocas de mayor soleamiento, el recalentamiento que sufre el interior de los espacios habitables se reduzca y por consiguiente las demandas de refrigeración sean menores.

Conjunto marco - vidrio.

Al conjunto Marco - Vidrio le corresponde propiedades térmicas como son la Transmitancia térmica del hueco (U_H) el Factor Solar Modificado (F) y la permeabilidad al aire.

La Transmitancia térmica del hueco (U_H) viene definida por las transmitancias térmicas de marco y vidrio y el porcentaje de marco y vidrio.

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$$

siendo

$U_{H,v}$	la transmitancia térmica de la parte semitransparente [W/m^2K];
$U_{H,m}$	la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [W/m^2K]
FM	la fracción del hueco ocupada por el marco.

Se buscará la menor transmitancia térmica del conjunto marco - acristalamiento.

El Factor Solar Modificado (F) se deberá analizar la posible influencia positiva o negativa de dicho factor solar, dado que dicho factor es uno de los causantes del aumento/disminución de las demandas de refrigeración y calefacción.

El factor solar modificado en el hueco se determina utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_s \cdot [(1 - FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

siendo,

F_s	el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas 11 a 15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de F_s se debe considerar igual a la unidad;
FM	la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;
g_{\perp}	el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal.
U_m	la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [$W/m^2 \cdot K$];
α	la absorptividad del marco obtenida de la tabla 10 en función de su color.

Permeabilidad al aire.

La permeabilidad al aire de la carpintería exterior no se debe tomar a la ligera, dado que es una de las responsables de aumentar el número de renovaciones de aire por hora de una edificación. Estudios energéticos del IDAE valora en un rango entre el 15 % al 20 % la influencia de las infiltraciones de aire en las demandas energéticas de calefacción anuales.

Las infiltraciones de aire en una vivienda están influenciadas principalmente por:

- Tipo de estanqueidad de las carpinterías exteriores.
- Calidad en la ejecución e instalación de las carpinterías exteriores.
- Calidad en la ejecución material de la obra.
- Diseño de la edificación.

2.3.1.2.- Actuación en la cubierta.

La cubierta de una edificación suele ser la parte de la envolvente térmica del edificio que más sufre la acción de los agentes atmosféricos. Esto unido al nulo mantenimiento de las mismas hace que se tengan que realizar una serie de reparaciones de goteras, humedades o desconchados a lo largo de la vida útil del edificio al aparecer patologías. Sin embargo, en estas intervenciones no es habitual aplicar criterios de mejora energética en esta parte de la

envolvente, limitándose a reparar la patología visible y desaprovechando la oportunidad de realizar una actuación de mayor calado.

Para mejorar térmicamente la cubierta principalmente se actuará implementando un aislante a la solución constructiva existente, ya sea por el exterior o por el interior.

Por el exterior.

La colocación del aislante por el exterior tiene las siguientes particularidades:

- Al aislar por el exterior se aprovecha la inercia térmica del forjado, aprovechando esa masa térmica para regular la temperatura interior.
- La temperatura superficial del forjado aumentará, por lo que el riesgo de condensaciones interiores disminuirá en gran medida.
- Mínimas interferencias a los usuarios de la vivienda o edificio.
- No se reduce la altura libre de las estancias.

Por el interior.

Se suele recurrir a aislar térmicamente desde el interior cuando no es necesario realizar trabajos de impermeabilización de dicha cubierta o cuando el edificio tiene un grado de protección especial.

La colocación del aislante por el interior tiene las siguientes particularidades:

- Al aislar por el interior se perderá la inercia térmica del forjado de cubierta. Hecho que resulta beneficioso si la vivienda a rehabilitar no es de un uso permanente, dado que de este modo se llegará a la temperatura de confort interior mucho más rápido.
- Se podrán producir condensaciones intersticiales entre el forjado y el aislante.
- Se evitará el levantamiento de la cubrición de cubierta, impermeabilización... pero por contra se tendrá que demoler falsos techos e instalaciones y volver a ejecutarlos.

2.3.1.3.- Actuación en el cerramiento opaco de fachada.

Existen multitud de intervenciones en la parte opaca de la fachada con el fin de mejorar las condiciones térmicas de la misma.

Se puede actuar desde el interior de la fachada trasdosando el aislamiento, desde el exterior e incluso mediante el relleno de material aislante de la cámara de aire del propio cerramiento.

A continuación se describirán dos de los métodos más utilizados hoy en día en la rehabilitación energética en fachadas.

SATE (Sistema de Aislante Térmico por el Exterior).

Se entiende como sistema SATE un sistema compuesto de aislamiento por el exterior (SATE-ETICS) que se suministra como conjunto (kit) y se utiliza para el aislamiento térmico de edificios. Estos sistemas deben tener como mínimo un valor de resistencia térmica igual o superior a $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, como se indica en las normas UNE-EN 13499 y 13500. Se utilizan tanto en nueva construcción como en rehabilitación de edificios.

ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

Los sistemas SATE se pueden clasificar en función del tipo de fijación, material aislante utilizado, por aplicación y por tipos de acabado.

Es especialmente importante respetar la concepción del SATE como un sistema integral de fachadas. Ello supone que cada componente forma parte del conjunto, asegurando la compatibilidad del sistema y el mejor resultado. Todos los componentes de un SATE deben estar concebidos y ensayados de forma conjunta para el uso que se va a dar al sistema. Esto debe respetarse desde la prescripción hasta el servicio postventa, pasando por el suministro y aplicación.

Esquema del sistema SATE

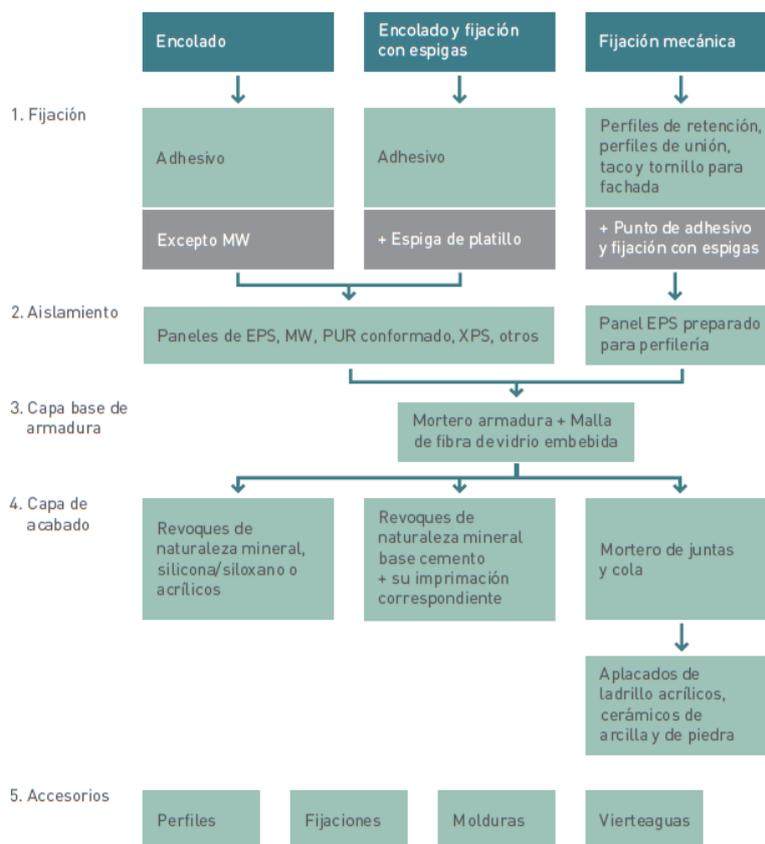


Figura 1. Esquema básico de sistema SATE

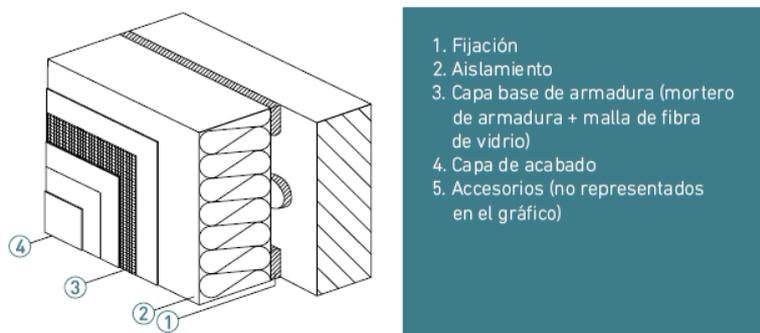


Figura 2.3.3. Esquema básico del Sistema SATE

Ventajas de los sistemas SATE.

La instalación de un sistema SATE se realiza tratando de minimizar las molestias para los usuarios en el interior de sus viviendas (polvo, eliminación de escombros, simplificación de las fases de elaboración y disminución de los tiempos).

- El sistema revaloriza económicamente el inmueble, mucho más que la simple restitución de la fachada.
- Con este sistema no se reduce el espacio habitable interior de las viviendas.
- El sistema reduce el riesgo de condensaciones. Además los sistemas SATE son impermeables al agua y permeables al vapor de agua.
- Mantiene la envoltura exterior y la estructura del edificio en condiciones termo-higrométricas estables, contribuyendo de manera decisiva al mantenimiento de los materiales de construcción a lo largo del tiempo e impidiendo la degradación causada por las oscilaciones de temperatura: grietas, fisuras, infiltraciones de agua, fenómenos de disgregación, manchas, mohos y la impregnación de la masa mural.
- Excluye la necesidad de eliminar el enfoscado viejo, excepto cuando existan riesgos de desprendimiento.
- Son respetuosos con el medio ambiente al no dispersar sustancias contaminantes, no contener sustancias nocivas para el medio ambiente, reciclarse y reducir las pérdidas energéticas.
- Los sistemas SATE, al mejorar el aislamiento térmico en la envoltura de un edificio, permiten alcanzar los criterios de sostenibilidad.
- Los sistemas SATE se suministran de forma integral, de esta forma se asegura la compatibilidad de los componentes.

Relleno con aislante de la cámara de aire de fachada.

Cuando se descarta cualquier intervención por el exterior y no se desea perder espacio por el interior, se deberá valorar el relleno de la cámara de aire del cerramiento con un tipo de aislamiento térmico.

Como principales ventajas de esta elección son: la menor repercusión de medios auxiliares (andamio) al presupuesto de la reforma energética así como el mantenimiento de la superficie útil de la edificación. Las principales desventajas de este sistema son la incertidumbre de una buena ejecución del sistema, dado que pueden quedar muchas zonas de la cámara de aire sin rellenar con el aislante y la imposibilidad de resolver los puentes térmicos existentes en la edificación.

Pero sería de valorar esta solución cuando se tienen una limitación presupuestaria y se combine con un cambio de la carpintería exterior. Al combinar con un cambio de carpintería exterior, en el proceso de desmontado de dichas carpinterías, se tendrá un mayor acceso a las cámaras de aire del cerramiento y poder así verificar el buen relleno de la cámara por parte del material aislante elegido y un mayor control de ejecución del sistema.

En el mercado existen variedad de aislamientos para poder utilizar con este sistema como pueden ser, el poliestireno en perlas, la borla de celulosa o el inyectado de poliuretano.

2.3.1.4.- Instalación de protecciones solares en huecos.

Se entiende por protección solar a cualquier dispositivo fijo o móvil que impida total o parcialmente el paso de la radiación solar al interior de un local o habitación. Son elementos de protección solar las persianas, cortinas de enrollar, postigos, pantallas, parasoles, toldos y voladizos, entre otros. Otros elementos exteriores, como la vegetación de hoja caduca, también pueden producir sombra en los huecos en verano, dejando pasar el sol en invierno. Los tipos de protección más usuales son las protecciones fijas, móviles y orientables. (IDAE. 2012).

La función de dichas protecciones será la de reducir la demanda de energía mediante la mejora del uso que se hace de elementos de sombra asociados a superficies vidriadas. Los dispositivos externos de sombreado se incorporan en la fachada o envolvente térmica para limitar la demanda de refrigeración en condiciones climáticas de verano. Teniendo en cuenta que el soleamiento es a su vez una forma de aportar calor y reducir la demanda de calefacción en condiciones de invierno, un protector solar correctamente diseñado no debe penalizar este aporte solar en condiciones de invierno. Para utilizar un elemento sombreador se debe estudiar la orientación del hueco o ventana donde se va a colocar, la geometría de los elementos constructivos relativos al cambio de la posición solar y la geografía de la localidad, así como el tiempo y la cantidad de radiación solar directa que puede traspasar el hueco en la edificación durante el año. Una buena orientación minimiza la carga solar en verano y la maximiza en invierno. Es conveniente una adecuada combinación de protecciones solares fijas y móviles que reduzcan esta carga, especialmente si las dimensiones o disposiciones de los huecos no son los óptimos, como puede suceder en los edificios a rehabilitar. (IDAE. 2012).

2.3.2.- Acciones Activas.

Las medidas activas son aquellas que inciden sobre los sistemas de producción de frío o calor de los edificios existentes. Estas medidas de mejora se pueden dividir en dos bloques: aquellas que contribuyen a disminuir el consumo como consecuencia de un aumento del rendimiento medio estacional de los sistemas; y aquellas que disminuyen el consumo como consecuencia de una reducción de la relación de demandas. (IDAE. 2012)

2.4.- Demandas energéticas en edificación.

El CTE define *Demandas Energéticas* como: "la energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente. Se puede dividir en demanda energética de calefacción, de refrigeración, de agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación, y se expresa en kW·h/m² .año, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio."

Las demandas de calefacción y refrigeración están condicionadas por el clima donde se sitúa el edificio, las condiciones de confort de los espacios habitables (definidas reglamentariamente) y por las características térmicas de la envolvente del edificio que separa los espacios habitables del exterior y/o de los espacios no habitables. Es por ello que es de vital importancia el cuantificar dichas demandas energéticas e indagar qué porcentaje de ellas son debidas a cada parte de la envolvente térmica, para poder así actuar sobre los elementos que más influyen en las mismas.

2.4.1.- Migración de los flujos caloríficos.

En el desarrollo de este trabajo se evidencia en los resultados de las simulaciones un efecto que se ha decidido denominar "Migración de los flujos caloríficos". Dicho efecto se genera al mejorar un elemento de la envolvente térmica y produce un aumento de las demandas energéticas atribuidas a los otros elementos constructivos de componen dicha envolvente. Este efecto es debido a que al actuar de forma local en un componente de la envuelta, ese calor que se ha evitado que se transmita al exterior, parte, se distribuirá al resto de componentes pertenecientes a la envolvente térmica.

En el siguiente gráfico (Fig.2.4.1) se muestra como al simular una rehabilitación de fachada consistente en el inyectado de PUR en la cámara de aire del cerramiento de fachada se produce el denominado "efecto de migración de flujos caloríficos".

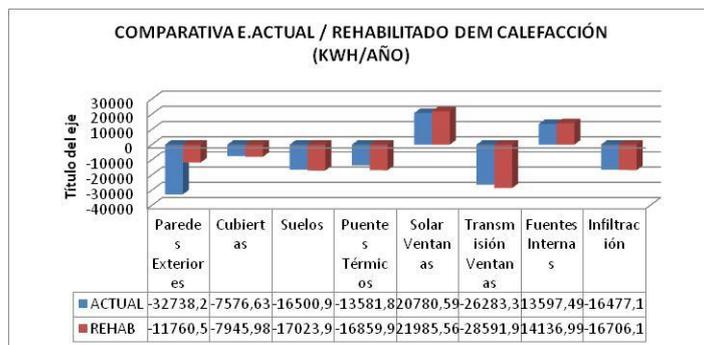


Figura 2.4.1. Ejemplo del efecto "migración de flujos caloríficos."

2.5.- Software.

Cálculo de demandas energéticas.

Para el análisis de las demandas energéticas de calefacción y refrigeración se ha utilizado el software suministrado por el Ministerio de Industria llamado " Herramienta Unificada LIDER-CALENER" en su versión 0.9.958.791 del 12 de Mayo de 2014. Dicho software genera un archivo con terminación "NewBDL_O.res" donde de una manera más pormenorizada se obtiene un desglose de las demandas energéticas netas por elementos constitutivos del edificio, por meses del año e incluso por espacios.

Las demandas energéticas NETAS, se puede denominar como la energía útil que nos solicita el edificio para mantener su funcionamiento y estado de confort.

Dichos resultados serán de utilidad para calcular un $RATIO \text{ KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR}}/\text{año} \text{€}_{\text{INVERT}}$ de cada propuesta de mejora energética.

Es conveniente aclarar que los resultados de demandas obtenidos por el CALENER-LIDER vienen seguidos de signos "+" y "-". Los signos indican los flujos caloríficos, correspondiendo el signo "+" a flujos de energía hacia el interior del edificio siendo en ese caso a GANANCIAS y el signo "-" a flujos de energía hacia el exterior del edificio correspondiendo a PÉRDIDAS.

Cálculo de puentes térmicos.

Para el cálculo de Ψ (W/mK) y f_{RSI} se ha utilizado el software de cálculo THERM, un programa de análisis de transmisión de calor bi-dimensional a través de elementos constructivos desarrollado por el Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) de Estados Unidos.

Para el modelado y cálculo de los puentes térmicos en THERM se ha realizado conforme a la UNE-EN ISO 10211:2007: Puentes térmicos en edificación y Flujos de calor y temperaturas superficiales, donde especifica cómo debe ser el modelado geométrico de los puentes térmicos, así como se debe realizar el cálculo de la transmitancia térmica lineal.

3.- METODOLOGÍA

La metodología del trabajo será la siguiente:

1.- Selección de los casos a estudio.

En este punto se elegirán los casos a analizar. Primeramente se fijará el emplazamiento y se buscarán 2 tipologías constructivas más representativas. Para realizar la selección se buscará en los archivos del Instituto Nacional de Estadística el nº de viviendas construidas utilizando filtros por emplazamiento, año de construcción y tipología constructiva.

2.- Definición constructiva.

Se procederá a la definición constructiva de los elementos constituyentes de la envolvente térmica, como son: las ventanas, cerramientos opacos, cubierta, solera, puentes térmicos. La composición de cada elemento de la envolvente térmica vendrá condicionado por el año de construcción de la edificación.

3.- Cálculo y evaluación de las demandas energéticas del estado actual.

Se procederá a la simulación energética de los casos a estudio, obteniendo las demandas energéticas en su estado actual. Para el cálculo de dichas demandas se utilizará el software "Herramienta Unificada LIDER-Calener". Para el cálculo de los puentes térmicos se ha utilizado el software THERM.

Una vez simulado energéticamente el estado actual de cada caso, se obtendrán unos resultados de demandas energéticas por elementos constructivos, donde se podrá observar el % de las demandas energéticas que corresponde a cada elemento de la envolvente térmica, obteniendo los puntos más favorables para proponer las mejoras térmicas.

4.- Propuestas de rehabilitación energética.

Una vez analizadas las demandas energéticas por elementos constructivos, se plantearán las posibles mejoras en la envolvente para cada caso.

5.- Simulación energética de las propuestas y ahorros.

Se procederá a la simulación energética de cada propuesta de mejora, obteniendo las nuevas demandas energéticas. Una vez obtenidas las nuevas demandas energéticas se podrá calcular los ahorros energéticos en $\text{KWh}^{\text{NETO}}/\text{año}$ comparando dichas demandas con las obtenidas en la simulación del estado actual.

6.- Presupuesto de las propuestas y $\text{RATIO KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR}}/\text{año} \div \text{€}_{\text{INVERT}}$

Se solicitarán presupuestos de ejecución de las posibles mejoras, para poder elaborar el $\text{RATIO KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR}}/\text{año} \div \text{€}_{\text{INVERT}}$.

7.- Conclusiones del caso a estudio.

Se presentarán las conclusiones sacadas tras el análisis de los datos energéticos y económicos.

4.- CASOS DE ESTUDIO.

A continuación se procederá a la definición y selección de los casos a estudio. Deberán ser casos que representen al mayor porcentaje del parque inmobiliario Gallego, construido entre un periodo entre el 1950 y el 2006.

4.1.- Determinación de los casos de estudio.

Se procederá a analizar 2 tipologías edificatorias diferenciadas: Vivienda unifamiliar aislada y viviendas en edificio plurifamiliar aislado.

Para seleccionar los primeros parámetros definitorios de la tipología constructiva se deberá consultar la información correspondiente a vivienda del Instituto Nacional de Estadística. Para el filtrado de datos se buscará la información con los siguientes parámetros:

- Zona: Galicia.
- Tipo: Edificios e inmuebles dedicados principalmente a vivienda.
- Año de construcción: de 1950 hasta 2011.
- Número de pisos sobre rasante.

Realizado el filtrado de datos se obtiene que para el periodo de 1950-2011, se han construido un total de 1.990.442 inmuebles destinados a viviendas en Galicia. La distribución porcentual por año de construcción y por número de plantas sobre rasante es la siguiente:

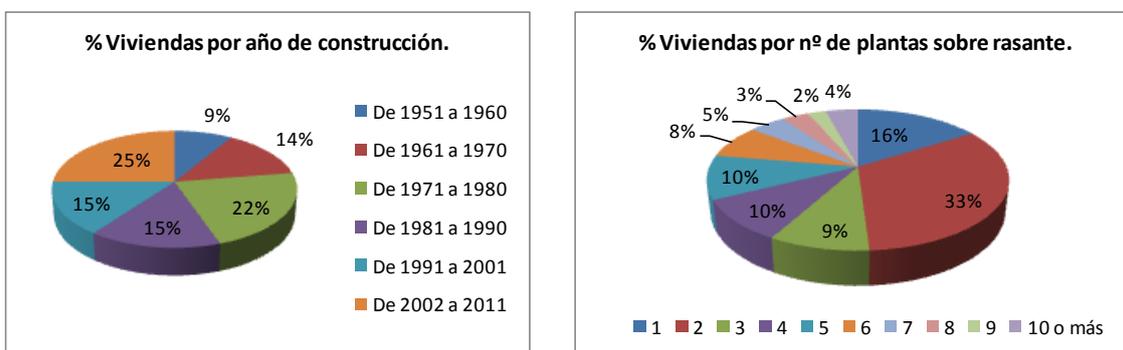


Figura 4.1.1: Datos estadísticos de vivienda periodo 1950 - 2011. INE

Analizando los datos (Fig. 4.1.1) por el año de construcción se obtienen los siguientes resultados:

- El 45 % de los inmuebles se han construido entre 1950 - 1980.
- El 30 % de los inmuebles se han construido entre 1981 - 2001.
- El 25 % de los inmuebles se han construido entre 2001 - 2011.

En 1979 nace la primera Norma Técnica de la Edificación y en el 2006 entra en vigor el CTE, normativas creadas para mejorar la calidad de las construcciones en España.

Los edificios comprendidos entre 1950 y 2006 corresponden al 75 % de los inmuebles construidos para viviendas en Galicia ,siendo el 60% de ellos, anteriores a la NTE. El estudio

ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

térmico de las edificaciones comprendidas entre 1950 y 2006 será de gran interés, dado que en estos casos se pueden llegar a conseguir porcentajes de ahorro energético muy altos.

Analizando los datos por el nº de plantas se obtienen los siguientes resultados:

- El 49 % corresponde a inmuebles de PB o PB +1.
- El 37% corresponde a inmuebles entre PB +2 y PB +5.
- El resto, un 14%, corresponde a inmuebles entre PB +6 y PB +9 o más.

Con el análisis de la información consultada en el INE, se podrán definir las tipologías edificatorias de los casos a estudiar. La tipología edificatoria será la siguiente:

- CASO 1: Bloque de viviendas aislado de PB +4 +BC del año 1975.
- CASO 2: Vivienda unifamiliar aislada de PB +1 del año 1975.

4.2.- Emplazamiento

Se ha buscado un emplazamiento cuya severidad climática de invierno y verano sean destacables y que pertenezca a un núcleo de población importante del territorio gallego.

Las siete ciudades más pobladas de Galicia, según la Tabla B.1 de Zonas climáticas de la Península ibérica del DB-HE1 del CTE, son clasificadas en las siguientes zonas climáticas: Coruña (C1), Santiago de Compostela (D1), Ferrol (C1), Lugo (D1) Ourense (D2) Pontevedra (C1), Vigo (C1).

Se elegirá Ourense (D2) como emplazamiento de los dos casos a estudio.

4.3.- Tipologías constructivas.

La tipología constructiva representativa en los años setenta en España se podría caracterizar por ser muy poco eficiente energéticamente hablando. El uso de aislamientos térmicos en las viviendas de esa época es anecdótica, hecho que cambiará con la implantación de la NTE-CT-79, donde se comenzará a exigir unas determinadas condiciones térmicas en los edificios.

Las características constructivas de los casos a estudio son las siguientes:

- Cimentación y estructura de hormigón armado.
- Soleras no aisladas multicapa.
- Forjados unidireccionales con bovedillas cerámicas o de hormigón sobre viguetas de hormigón armado.
- Cerramientos de fachadas multicapas sin aislamiento térmico (doble hoja con cámara de aire).
- Particiones interiores de tabiques de ladrillo, enfoscados y pintados, de espesores entre 7 y 11 cm.
- Carpinterías exteriores metálicas simples o dobles, sin rotura de puente térmico con vidrios simples.
- Cubiertas inclinadas o planas, formadas por forjados unidireccionales con bovedillas cerámicas o de hormigón sobre viguetas de hormigón armado sin aislar.

La composición de la envolvente térmica de los casos a estudiar sería la siguiente:

Solera.

Para la composición de la solera se han elegido los siguientes materiales, definidos de abajo a arriba:

- Hormigón armado (HA) de 100 mm de espesor.
- Mortero de cemento de 20 mm de espesor.
- Plaqueta de gres de 10 mm de espesor.

Forjado.

- Forjado unidireccional de HA de 20 + 5 cm con bovedilla de HA.
- Recrecido de hormigón de 80 mm de espesor.
- Mortero de cemento de 20 mm de espesor.
- Plaqueta de gres de 10 mm de espesor.

Cerramiento.

Para la composición del cerramiento exterior se ha elegido una solución multicapa compuesta de los siguientes materiales, definidos de exterior a interior:

- Pintura.
- Mortero monocapa de cemento de 15 mm de espesor.
- Tabicón de LHD de 70 mm de espesor.
- Cámara de aire ligeramente ventilada de 50 mm de espesor.
- Tabique de LHS de 50 mm de espesor.
- Mortero monocapa de cemento de 15 mm de espesor.
- Pintura.

Cubierta plana bloque de viviendas.

- Placa de yeso laminado de 15 mm de espesor.
- Cámara de aire de 200 mm.
- Forjado unidireccional de HA de 20 + 5 cm con bovedilla de HA.
- Recrecido de hormigón de 80 mm de espesor.
- Lámina de betún o fieltro de 5 mm de espesor.
- Mortero de cemento de 20 mm de espesor.
- Plaqueta de gres de 10 mm de espesor.

Cubierta vivienda unifamiliar aislada.

Cubierta compuesta por placa de fibrocemento y teja cerámica curva apoyada sobre estructura de tabiques palomeros y viguetas prefabricadas de hormigón.

Carpintería exterior.

Carpintería de aluminio sin RPT con Vidrios sencillos de 6 mm de espesor.

Particiones interiores.

Para la composición las particiones interiores se ha elegido los siguientes materiales.

- Mortero monocapa de cemento de 15 mm de espesor.
- Tabicón de LHD de 70 mm de espesor.
- Mortero monocapa de cemento de 15 mm de espesor.

4.4.- Caso 1. Bloque de viviendas PB+4+BC del año 1975.

El bloque de viviendas analizado corresponde al portal número 7 de la calle Amor Ruibal situado en la ciudad de Ourense. Se trata de un bloque con una tipología característica común en el barrio, se compone de una planta baja, cuatro pisos más un bajo cubierta. Una de sus fachadas, la fachada Norte, es medianera. En la actualidad la planta baja está sin usar y sin acondicionar.

4.4.1.- Valores típicos de la envolvente.

Para el cálculo de los parámetros característicos de la envolvente se han seguido las indicaciones del DA DB-HE / 1. Las propiedades higrotérmicas de los materiales se han obtenido de la norma UNE-EN 10456:2012.

A continuación se muestra una tabla con los valores de transmitancia térmica de la envolvente en su estado actual. La composición de los elementos se realizará de exterior a interior, en los elementos verticales y de arriba hacia abajo en los horizontales (Tabla 4.4.1).

		ENVOLVENTE TÉRMICA E.ACTUAL - OPACOS -				
NOMBRE	MATERIAL	ESPESOR (m)	λ CONDUCTIVIDAD (W/mK)	RESIST TERM (m²K/W)	R (m²K/W) [U] (W/m²K)	
FACHADA	Resist Sup Exterior.	-	-	0,040	0,529 [1,89]	
	Pintura plástica.	-	-	-		
	Mortero de cemento para albañilería.	0,015	1,00	0,015		
	Tabicón de LHD.	0,07	0,469	0,149		
	CA Vertical lig ventilada.	0,05	-	0,09		
	Tabique LHS.	0,05	0.556	0,090		
	Mortero de cemento para alb añilería.	0,015	1,00	0,015		
	Pintura plástica.	-	-	-		
	Resist Sup Interior.	-	-	0,13		
MEDIANERA	Resist Sup Ext.	-	-	0,04	0,604 [1,66]	
	Tabicón de LHD.	0,07	0,469	0,149		
	CA no ventilada.	0,05	-	0,180		
	Tabique LHS.	0,05	0.556	0,090		
	Mortero de cemento para alb añilería.	0,015	1,00	0,015		
	Pintura plástica.	-	-	-		
	Resist Sup Interior.	-	-	0,13		
	Resist Sup Ext..	-	-	0,04		
	Pintura plástica.	-	-	-		
	Mortero de cemento	0,015	1,00	0,015		

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

PARTICIÓN INTERIOR	para alb añilería.				0,349 [2,87]
	Tabicón de LHD.	0,07	0,469	0,149	
	Mortero de cemento para alb añilería.	0,015	1,00	0,015	
	Pintura plástica.	-	-	-	
	Resist Sup Interior.	-	-	0,13	
FORJADO	Resist Sup Sup	-	-	0,17	0,713 [1,40]
	Plaqueta de gres.	0,01	2,30	$4,35 \times 10^{-3}$	
	Mortero de cemento para alb añilería.	0,02	1,00	0,02	
	Hormigón en masa.	0,08	1,65	0,049	
	FU Entrevig horm C= 250 mm.	0,25	1,316	0,190	
	CA sin ventilar Horiz.	0,2	-	0,18	
	Placa de Yeso Lam [PYL].	0,015	0,25	0,06	
Resist Sup Inf.	-	-	0,04		
CUBIERTA PLANA	Resist Sup Sup.	-	-	0,04	0,665 [1,503]
	Plaqueta de gres.	0,01	2,30	$4,35 \times 10^{-3}$	
	Mortero de cemento para alb añilería.	0,02	1,00	0,02	
	Betún fieltro o lámina.	0,005	0,23	0,022	
	Hormigón en masa.	0,08	1,65	0,049	
	FU Entrevig hormig C= 250 mm.	0,25	1,316	0,190	
	CA sin ventilar.	0,20	-	0,18	
	Placa Yeso Laminado.	0,015	0,250	0,06	
	Resist Sup Inf.	-	-	0,10	
SOLERA	Plaqueta de gres.	0,01	2,30	$4,35 \times 10^{-3}$	1,30 [0,7695]
	Mortero de cemento para alb añilería.	0,02	1,00	0,02	
	Hormigón en masa.	0,08	1,65	0,06	

Tabla 4.4.1. Valores característicos de la envolvente térmica opaca.

ENVOLVENTE TÉRMICA E.ACTUAL - HUECOS -		U (W/m ² K)
Nombre	V-1	5,70
Acristalamiento	Vidrio sencillo de 6 mm	
Marco	Marco de aluminio Sin RPT	
% Marco sobre Hueco	20 %	
Permeabilidad m ³ /hm ²	50.00	
Factor Solar	0.85	

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Nombre	P-1	2,00
Acrilamiento	-	
Marco	Madera	
% Marco sobre Huevo	100 %	
Permeabilidad m³/hm²	60.00	
Factor Solar	0	

Tabla 4.4.2. Valores característicos de la carpintería exterior.

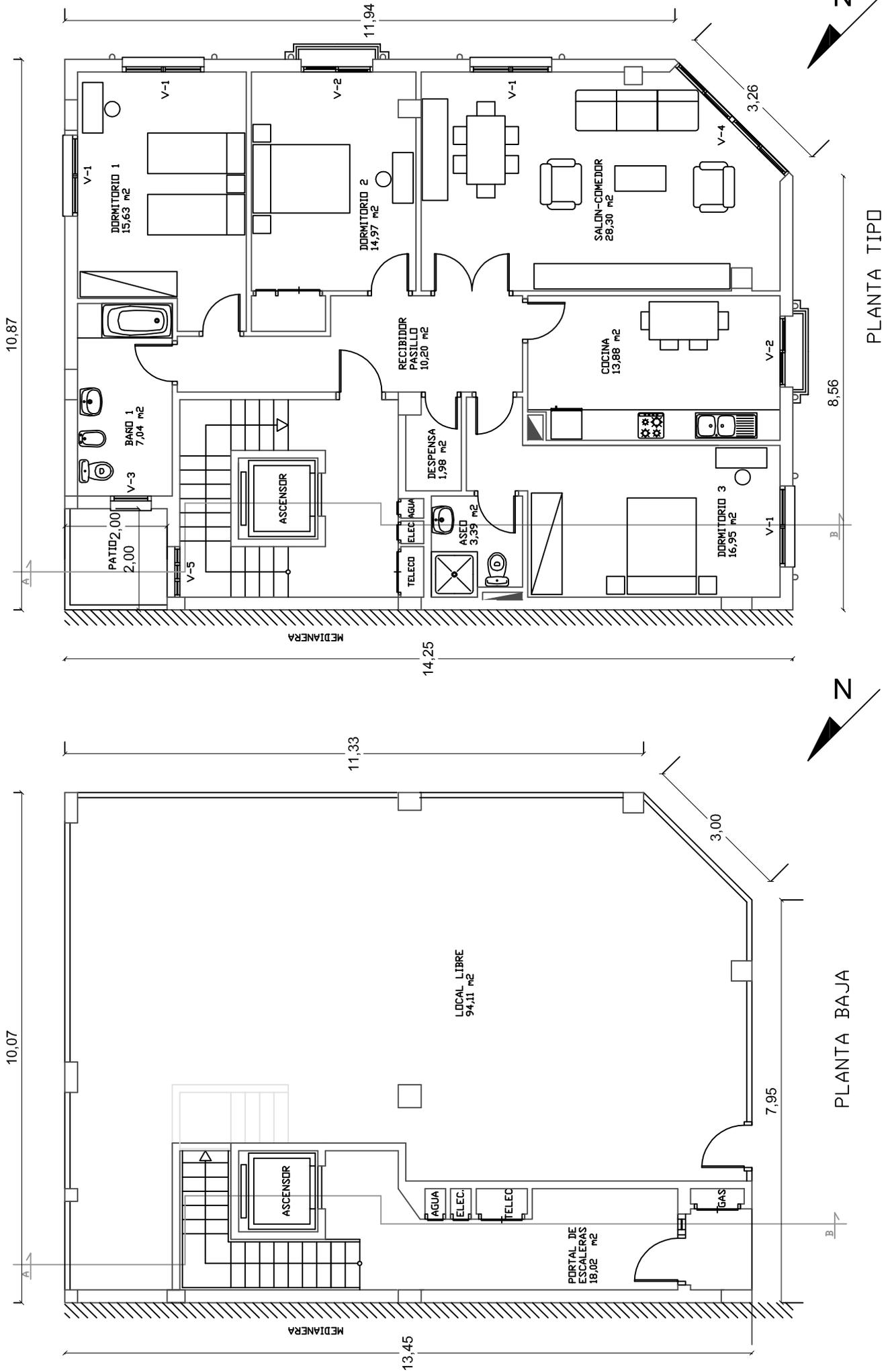
Tabla resumen de los puentes térmicos calculados para el Estado Actual.

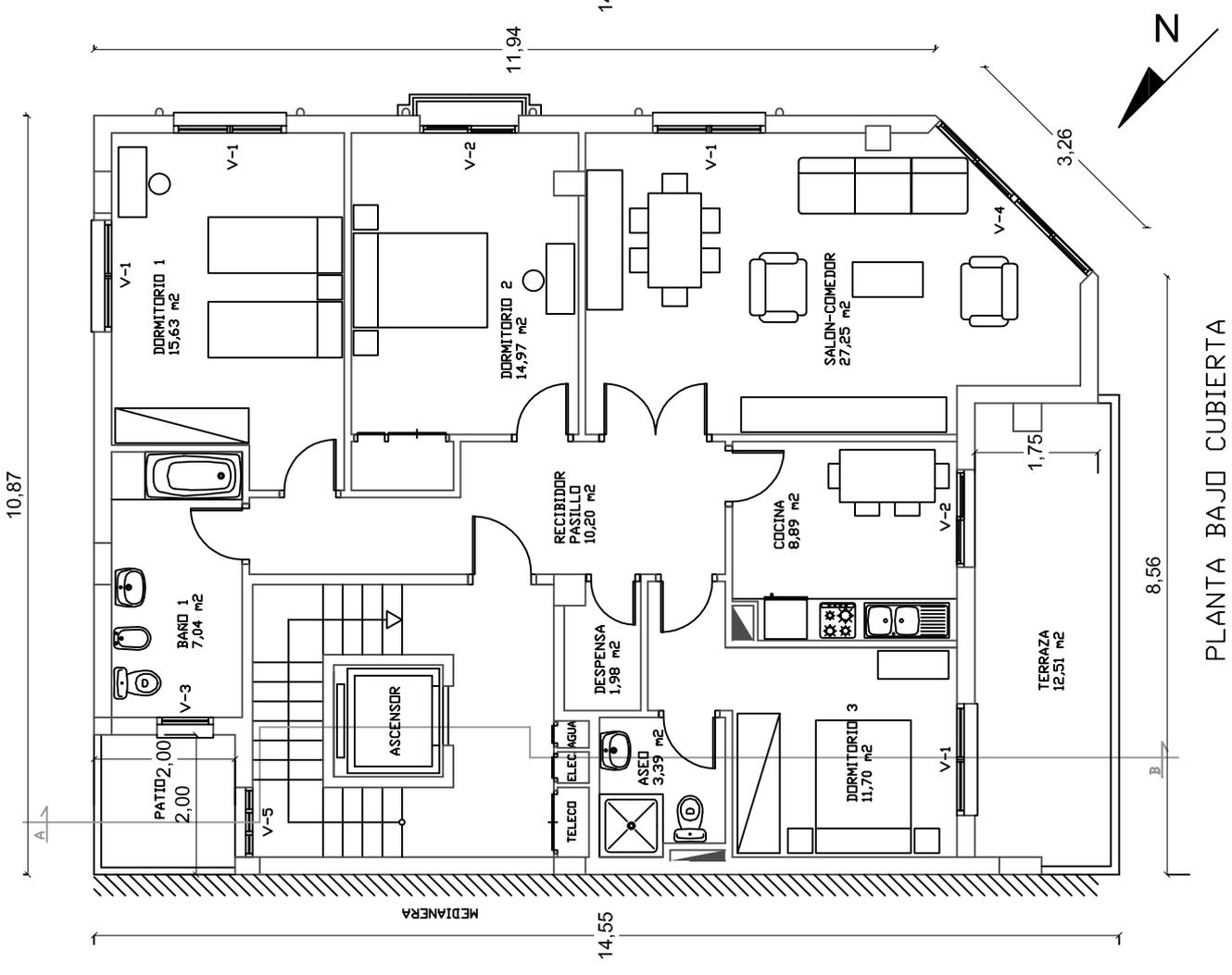
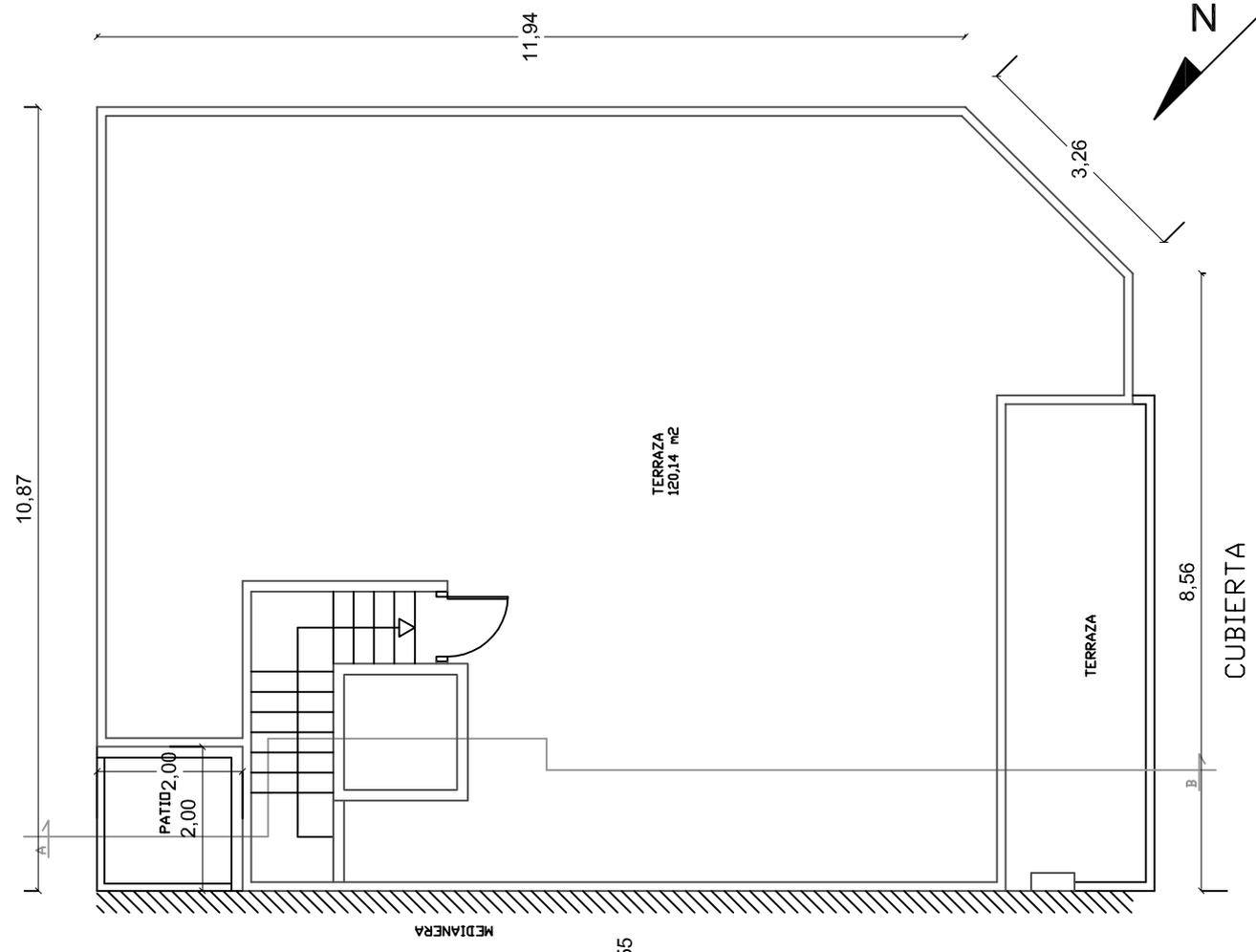
A continuación se muestra una tabla resumen con los valores característicos de los puentes térmicos calculado con el software THERM (Tabla 4.4.3). Los cálculos detallados de dichos puentes térmicos se encuentran en el Anexo 10.2.

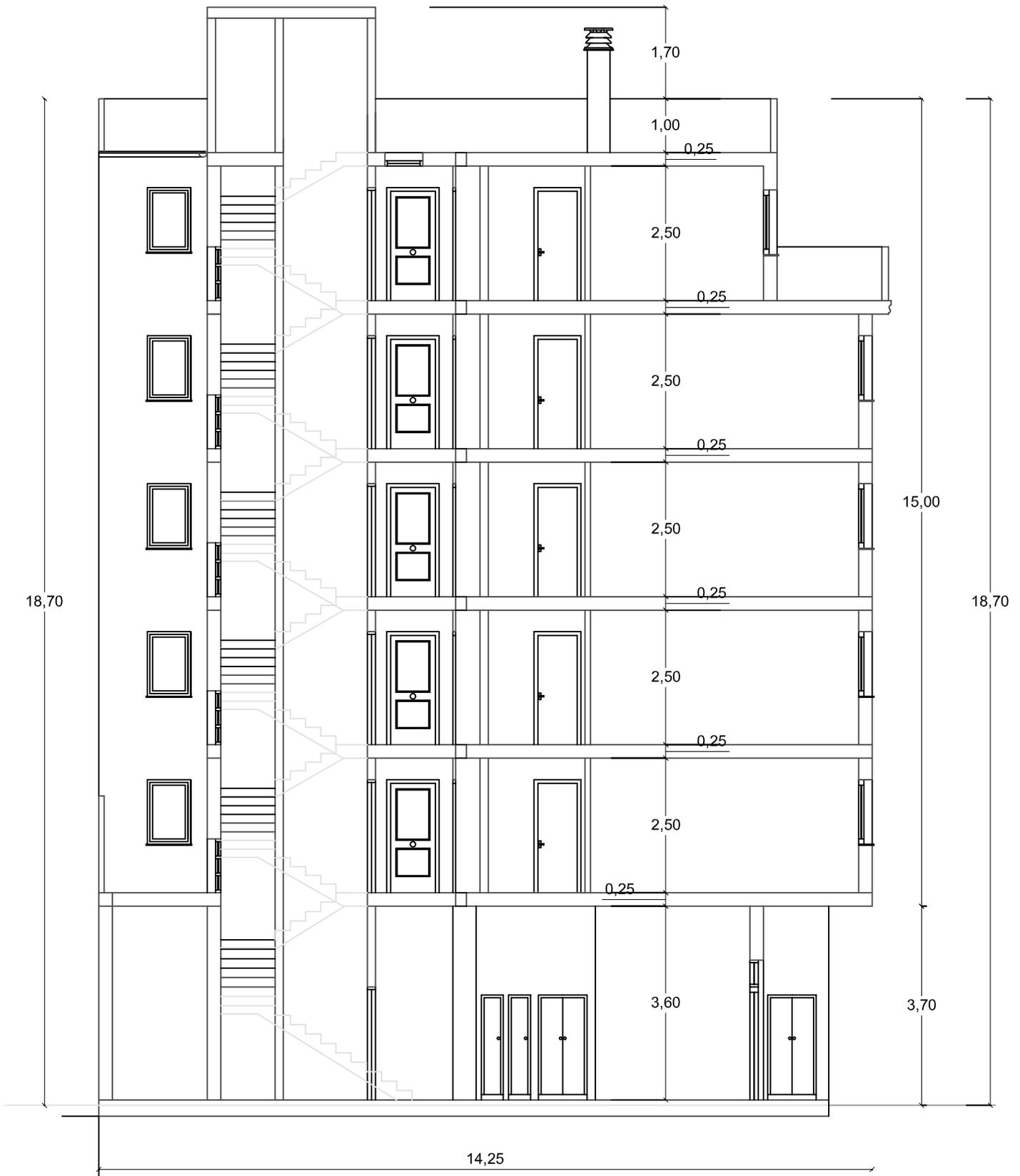
DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	Ψ_{EXT} (W/mK)	Ψ_{INT} (W/mK)
PT_FF_EA	Frente de forjado	0,487	1,580
PT_CF_EA	Cubierta plana	-1,102	0,400
PT_EE_EA	Esquina exterior	0,044	0,805
PT_EI_EA	Esquina interior	0,946	0,185
PT_FI EXT_EA	Forjado int con ext	-0,760	0,348
PT_SOLERA_EA	Solera	0,553	1,04

Tabla 4.4.3. Valores característicos de puentes térmicos EA.

4.4.2.- Planimetría.







SECCION A-B

4.4.2.- Resultados de las Demandas Energéticas en su Estado Actual.

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos con la simulación energética del bloque de viviendas en su estado actual (EA).

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año EA.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. ACTUAL		
S Hab m2 =	KWh/año	KWh/M2x año
581,2	-82721,5	-142,33
CALEFACCIÓN		
	4022,2	6,92
REFRIGERACIÓN		

Tabla 4.4.4. Demandas energéticas totales EA.

Los valores límite de demandas energéticas, estipulados en DB: HE-1 son:

- Demanda límite Calefacción (KWh/m²año)= 30,44.
- Demanda límite Refrigeración (KWh/m²año)= 15,00.

Si se toman esos valores como referencia, se puede observar que el caso de las demandas energéticas de calefacción se está multiplicando por 4,5 veces las demandas límites estipuladas en el CTE. En el caso de las demandas de refrigeración cumpliría con las demandas límite estipuladas en la normativa.

Es por ello que se deberán estudiar distintas propuestas de reforma energética con el principal fin de disminuir las demandas de calefacción.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Si se desglosan dichas demandas por los cuarenta espacios habitables del bloque de viviendas, se obtienen los siguientes resultados (Tabla 4.4.5.):

Demanda TOTAL (kwh/año) por ESPACIOS				
	Cal_net	Ref_net	% Cal_net	% Ref_net
P02_E01	-2250,7	66,4	2,7	1,6
P02_E02	-2285,4	68,4	2,8	1,7
P02_E03	-4584,3	275,2	5,5	6,8
P02_E04	-2494,2	33,7	3,0	0,8
P02_E05	-3517,3	70,9	4,3	1,8
P02_E06	-2587,6	19,7	3,1	0,5
P02_E07	-1843,5	0,0	2,2	0,0
P02_E08	-1578,0	0,0	1,9	0,0
P03_E01	-1181,4	79,3	1,4	2,0
P03_E02	-1246,1	99,1	1,5	2,5
P03_E03	-3046,0	317,2	3,7	7,9
P03_E04	-1362,7	71,8	1,6	1,8
P03_E05	-2648,6	80,9	3,2	2,0
P03_E06	-2295,9	19,6	2,8	0,5
P03_E07	-763,6	0,0	0,9	0,0
P03_E08	-717,5	0,0	0,9	0,0
P04_E01	-1155,6	82,4	1,4	2,0
P04_E02	-1148,0	105,3	1,4	2,6
P04_E03	-2712,5	352,1	3,3	8,8
P04_E04	-1307,9	85,1	1,6	2,1
P04_E05	-2555,8	93,2	3,1	2,3
P04_E06	-2290,8	30,9	2,8	0,8
P04_E07	-714,4	0,0	0,9	0,0
P04_E08	-676,8	0,0	0,8	0,0
P05_E01	-1069,4	90,7	1,3	2,3
P05_E02	-1063,2	155,5	1,3	3,9
P05_E03	-2893,1	395,3	3,5	9,8
P05_E04	-1156,6	100,2	1,4	2,5
P05_E05	-2275,7	101,4	2,8	2,5
P05_E06	-2118,8	31,5	2,6	0,8
P05_E07	-675,7	0,0	0,8	0,0
P05_E08	-646,1	0,0	0,8	0,0
P06_E01	-2043,9	147,0	2,5	3,7
P06_E02	-2021,0	203,2	2,4	5,1
P06_E03	-5324,6	408,2	6,4	10,1
P06_E04	-2834,9	160,4	3,4	4,0
P06_E05	-3844,7	132,7	4,6	3,3
P06_E06	-2810,5	53,2	3,4	1,3
P06_E07	-2680,4	52,6	3,2	1,3
P06_E08	-2298,4	39,2	2,8	1,0
TOTAL	-82721,45	4022,1943	100	100

Tabla 4.4.5. Demandas energéticas EA distribuidas por espacios.

Si se analizan los resultados por espacios se puede observar que la distribución de demandas energéticas es bastante homogénea.

En las estancias interiores como pueden ser la E7 (Pasillo), E8 (Despensa-Baño) las demandas energéticas de calefacción y refrigeración son bajas. Todo lo contrario pasa con las estancias que dan al exterior donde dichas demandas son mucho mayores, siendo el caso de las estancias con grandes cristalerías, como el salón-comedor (E3), y situadas al Norte las que más demandas energéticas tienen.

Se observa como las demandas de refrigeración son mayores en los espacios orientados al Sur. Y a medida que se va ascendiendo en altitud las demandas también crecen, dado que a mayor altitud el espacio recibirá más horas de radiación solar.

La designación de los espacios es la siguiente:

El primer término identifica la planta donde se sitúa el espacio correspondiendo a cada una la siguiente designación:

P01: Planta baja; P02: Planta primera; P03: Planta segunda; P04: Planta tercera; P05: Planta cuarta; P06: Bajo cubierta; P07: Cubierta.

El segundo término identifica el tipo de espacio correspondiendo a cada uno la siguiente designación:

E01: Dormitorio 3; E02: Cocina; E03: Salón-Comedor; E04: Dormitorio 2; E05: Dormitorio 1; E06: Baño 1; E07: Pasillo; E08: Despensa-Baño.

ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

Los valores totales de demandas energéticas netas servirán para poder comparar con las rehabilitaciones planteadas y poder calcular los ahorros energéticos. Otra información que se deberá analizar será la distribución de dichas demandas energéticas por elementos constructivos. Esos valores indicarán qué peso tiene cada elemento constructivo en las demandas energéticas totales del edificio.

La distribución de demandas energéticas por elementos constructivos es la siguiente:

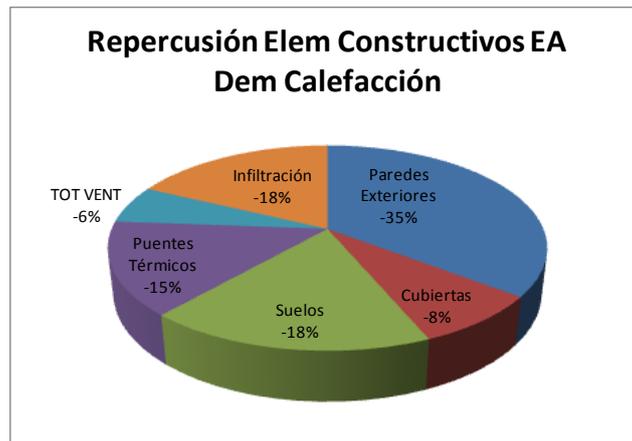


Figura 4.4.1. Repercusión en las Demandas energéticas de calefacción por elementos constructivos.

Como se puede observar en la imagen, la parte opaca de la fachada tiene un gran peso en las demandas energéticas del edificio (35%). Es por ello que las propuestas de mejora serán más efectivas siempre que mejoren dicho elemento constructivo.

Otros elementos de peso son las Infiltraciones de aire (18)% y los "suelos" (18%). Para reducir las demandas de infiltraciones será necesario actuar en las carpinterías de fachada y encuentros especiales de fachada.

En el caso de los "suelos", se ha denominado suelo al suelo de la planta primera (techo del PB), dado que se ha considerado "no acondicionado" toda la planta baja, debido a que está sin utilizar. Al no tener ningún aislante térmico hace que las demandas energéticas atribuidas a ese componente de la envuelta sean tan elevadas.

En tercer lugar se encuentran los puentes térmicos (15%). Será de vital importancia actuar sobre dichos elementos. Una rehabilitación energética sin tener en consideración los PT no hará más que empeorar la situación actual en dichos puntos críticos. Al mejorar el aislamiento de la envolvente térmica, sin tener en cuenta los PT, lo que se está provocando es aumentar el flujo de calor entre el interior y el exterior a través de dichos puntos. Esto producirá un aumento de las posibilidades de producir en dichos puntos condensaciones superficiales.

4.5.- Caso 2. Vivienda unifamiliar aislada PB+1+BC del año 1975.

La vivienda a estudio se trata de una vivienda unifamiliar aislada construida en el año 1975 situada en la C/ Carroleiro nº 19 Ourense. La vivienda se compone de planta baja, planta primera y un bajo cubierta (2 aguas).

4.5.1.- Valores típicos de la envolvente.

Para el cálculo de los parámetros característicos de la envolvente se han seguido las indicaciones del DA DB-HE / 1. Las propiedades higrotérmicas de los materiales se han obtenido de la norma UNE-EN 10456:2012.

A continuación se muestra una tabla con los valores de transmitancia térmica de la envolvente en su estado actual. La composición de los elementos se realizará de exterior a interior, en los elementos verticales y de arriba hacia abajo en los horizontales.

ENVOLVENTE TÉRMICA E.ACTUAL - OPACOS -					
NOMBRE	MATERIAL	ESPESOR (m)	λ CONDUCTIVIDAD (W/mK)	RESIST TERM (m ² K/W)	R (m ² K/W) [U] (W/m ² K)
FACHADA	Resist Sup Exterior.	-	-	0,040	0,529 [1,89]
	Pintura plástica.	-	-	-	
	Mortero de cemento para albañilería.	0,015	1,00	0,015	
	Tabicón de LHD.	0,07	0,469	0,149	
	CA Vertical lig ventilada.	0,05	-	0,09	
	Tabique LHS.	0,05	0,556	0,090	
	Mortero de cemento para albañilería.	0,015	1,00	0,015	
	Pintura plástica.	-	-	-	
	Resist Sup Interior.	-	-	0,13	
PARTICIÓN INTERIOR	Resist Sup Ext.	-	-	0,04	0,349 [2,87]
	Pintura plástica.	-	-	-	
	Mortero de cemento para albañilería.	0,015	1,00	0,015	
	Tabicón de LHD.	0,07	0,469	0,149	
	Mortero de cemento para albañilería.	0,015	1,00	0,015	
	Pintura plástica.	-	-	-	
	Resist Sup Interior.	-	-	0,13	
	Resist Sup Sup.	-	-	0,17	
	Plaqueta de gres.	0,01	2,30	$4,35 \times 10^{-3}$	
	Mortero de cemento para albañilería.	0,02	1,00	0,02	

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

FORJADO	Hormigón en masa.	0,08	1,65	0,049	0,713 [1,40]
	FU Entrevi hormigón C=250 mm	0,25	1,316	0,190	
	CA sin ventilar Horiz	0,2	-	0,18	
	Placa de Yeso Lam [PYL].	0,015	0,25	0,06	
	Resist Sup Inf	-	-	0,04	
CUBIERTA PLANA	Resist Sup Sup	-	-	0,04	0,184 [5,44]
	Teja cerámica Curva	0,015	1	0,015	
	Placa Fibrocemento	0,01	0,35	0,029	
	Resist Sup Inf	-	-	0,10	
SOLERA	Plaqueta o baldosa de gres	0,01	2,30	$4,35 \times 10^{-3}$	1,30 [0,7695]
	Mortero de cemento para albañilería.	0,02	1,00	0,02	
	Hormigón en masa.	0,08	1,65	0,06	

Tabla 4.5.1. Valores característicos de la envolvente térmica opaca.

ENVOLVENTE TÉRMICA E.ACTUAL - HUECOS -		U (W/m ² K)
Nombre	V-1	5,70
Acristalamiento	Vidrio sencillo de 6 mm	
Marco	Marco de aluminio Sin RPT	
% Marco sobre Hueco	20 %	
Permeabilidad m³/hm²	50.00	
Factor Solar	0.85	
Nombre	P-1	2,00
Acristalamiento	-	
Marco	Madera	
% Marco sobre Hueco	100 %	
Permeabilidad m³/hm²	60.00	
Factor Solar	0	

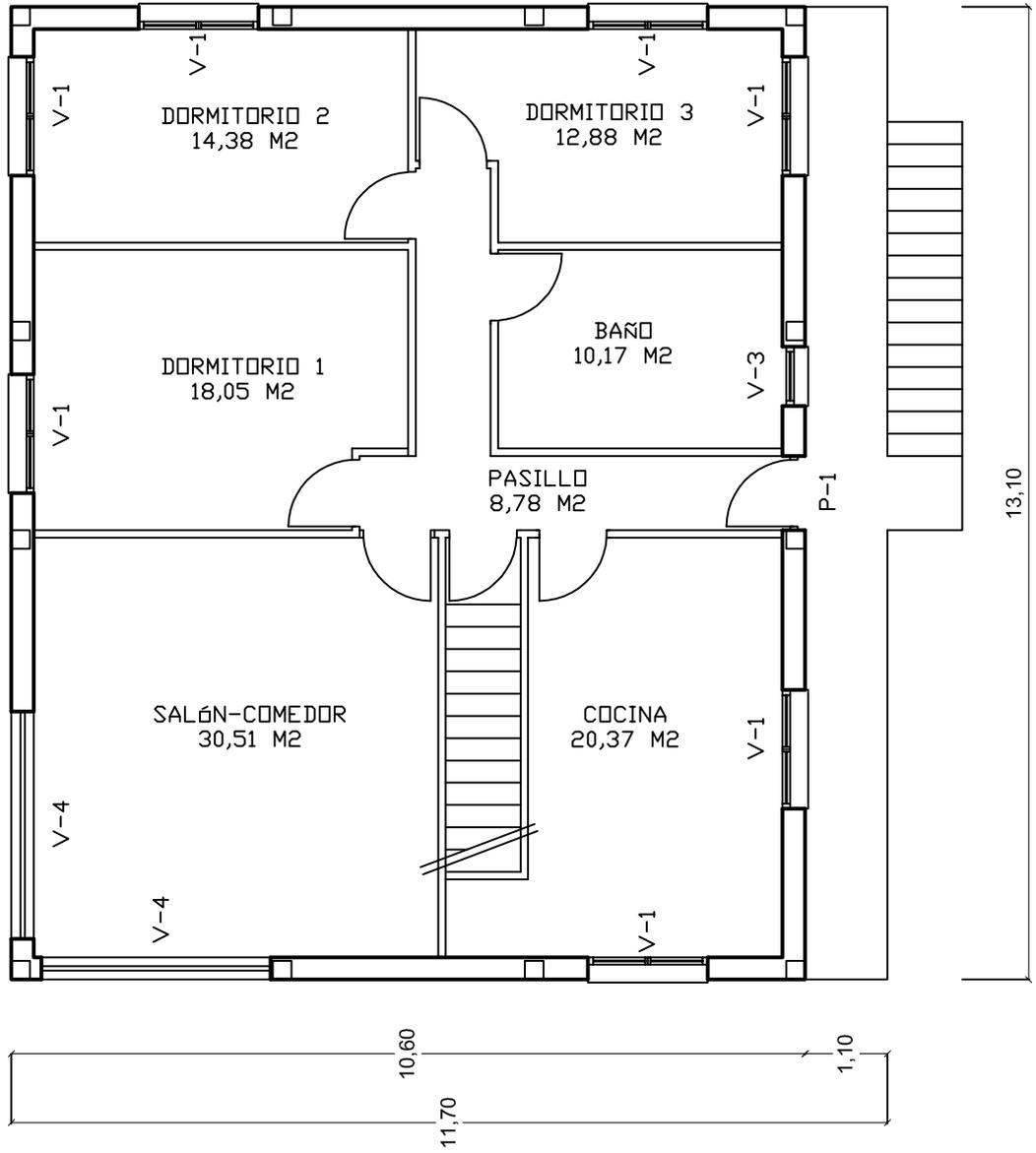
Tabla 4.5.2. Valores característicos de la carpintería exterior.

Tabla resumen de los puentes térmicos calculados para el Estado Actual.

DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	Ψ_{EXT} (W/mK)	Ψ_{INT} (W/mK)
PT_FF_EA	Frente de forjado	0,487	1,580
PT_CF_EA	Cubierta plana	-1,102	0,400
PT_EE_EA	Esquina exterior	0,044	0,805
PT_EI_EA	Esquina interior	0,946	0,185
PT_FI EXT_EA	Forjado int con ext	-0,760	0,348
PT_SOLERA_EA	Solera	0,553	1,04

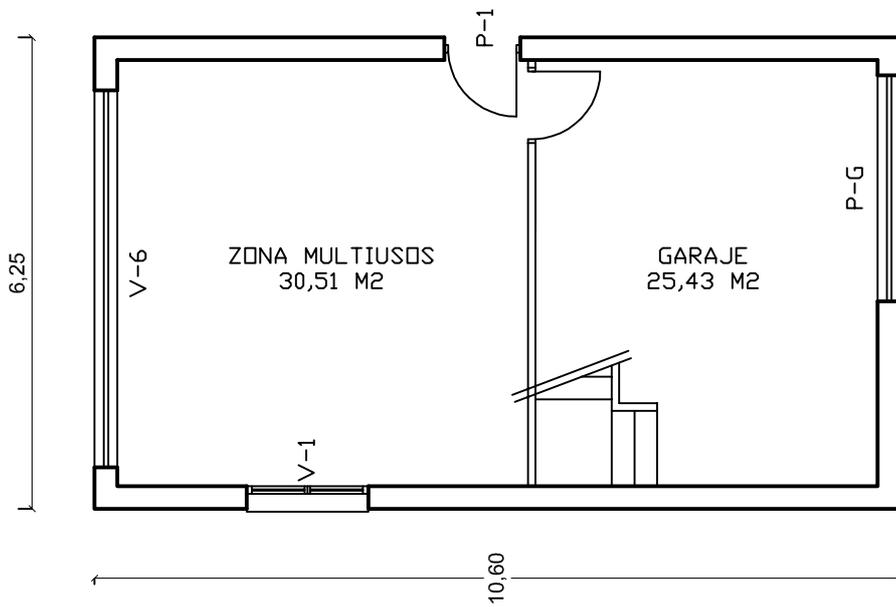
Tabla 4.5.3. Valores característicos de los puentes térmicos EA.

4.5.2.- Planimetría.

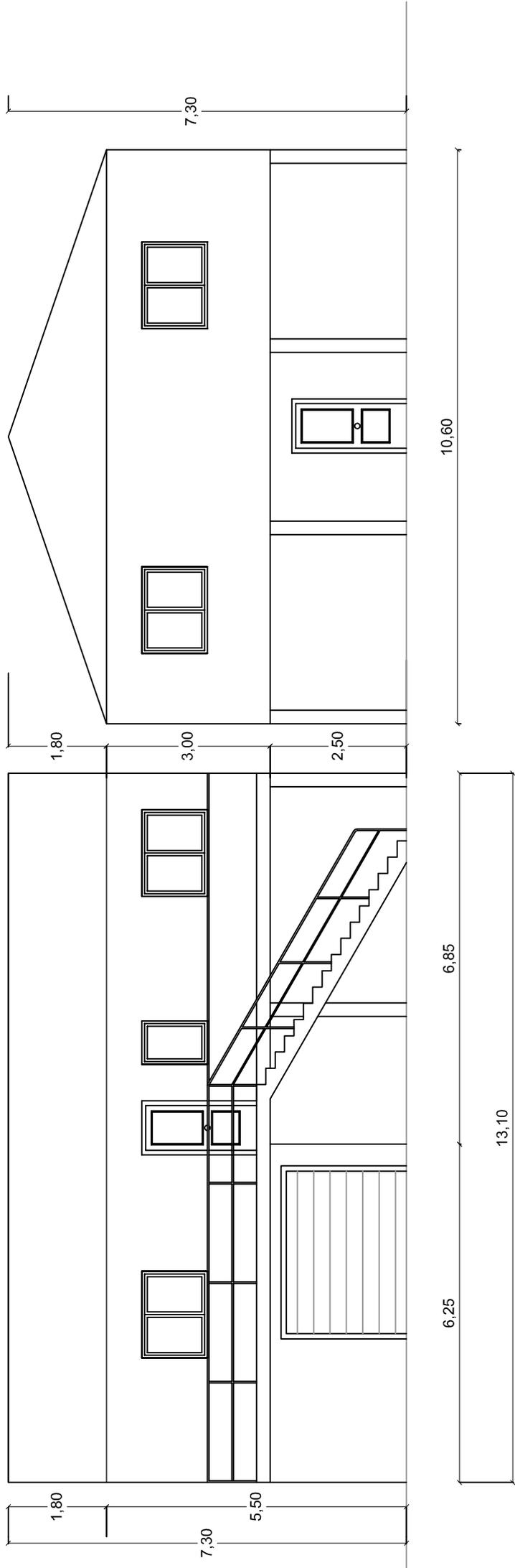


PLANTA PRIMERA

E: 1/100



PLANTA BAJA



4.5.2.- Resultados de las Demandas Energéticas en su Estado Actual.

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos con la simulación energética de la vivienda unifamiliar aislada en su estado actual (EA).

Demandas energéticas en $\text{KWh}^{\text{NETO}}/\text{año EA}$.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. ACTUAL			
S Hab m ² =	161,0	KWh/año	KWh/M ² año
CALEFACCIÓN		-34503,2	-214,27
REFRIGERACIÓN		2192,0	13,61

Tabla 4.5.4. Demandas energéticas totales EA.

Los valores límite de demandas energéticas, estipulados en DB: HE-1 son:

- Demanda límite Calefacción ($\text{KWh}/\text{m}^2\text{año}$)= 39,42.
- Demanda límite Refrigeración ($\text{KWh}/\text{m}^2\text{año}$)= 15,00.

Si se toman esos valores como referencia, se puede observar que el caso de las demandas energéticas de calefacción se está multiplicando por 5,4 veces las demandas límites estipuladas en el CTE. En el caso de las demandas de refrigeración cumpliría con las demandas límite estipuladas en la normativa de un modo muy ajustado.

Es por ello que se deberán estudiar distintas propuestas de reforma energética con el principal fin de disminuir las demandas de calefacción.

Como se verá más adelante al realizar mejoras energéticas en la envolvente del edificio las demandas de refrigeración aumentarán sobrepasando el límite impuesto por el CTE. Este hecho se podrá solventar reduciendo las ganancias térmicas interiores debidas a la radiación solar, mediante la instalación de elementos de sombra en las ventanas.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Si se desglosan dichas demandas por los cuarenta espacios habitables del bloque de viviendas, se obtienen los siguientes resultados:

Demanda TOTAL (kwh/año) por ESPACIOS				
	Cal_net	Ref_net	% Cal	% Ref
P01_E01	-4598,7	631,0	13,3	28,8
P01_E03	-1614,0	25,2	4,7	1,2
P02_E01	-5206,6	163,3	15,1	7,5
P02_E02	-4790,4	830,4	13,9	37,9
P02_E03	-4035,9	117,8	11,7	5,4
P02_E04	-4315,8	238,3	12,5	10,9
P02_E05	-2618,1	23,9	7,6	1,1
P02_E06	-4435,5	129,0	12,9	5,9
P02_E07	-2888,2	33,2	8,4	1,5
TOTAL	-34503,2	2192,0	100,0	100,0

Tabla 4.5.5. Demandas energéticas EA distribuidas por espacios.

La designación de los espacios es la siguiente:

El primer término identifica la planta donde se sitúa el espacio correspondiendo a cada una la siguiente designación:

P01: Planta baja; P02: Planta primera.

El segundo término identifica el tipo de espacio correspondiendo a cada uno la siguiente designación:

P01_E01: Zona Juegos; P01_E03: Escalera; P02_E01: Cocina; P02_E02: Salón-Comedor; P02_E03: Dormitorio 1; P02_E04: Dormitorio 2; P02_E05: Baño; P02_E06 Dormitorio 3; P02_E07 Pasillo.

Si se analizan los resultados por espacios se puede observar que la distribución de demandas energéticas es bastante homogénea en calefacción pero no en refrigeración.

Demandas de calefacción.

En las estancias interiores como pueden ser la P01_E03 (Escalera) y la P02_E05 (Pasillo), las demandas energéticas de calefacción son bajas. Siendo más altas en las estancias que dan al exterior. Las estancias que dan al exterior tienen unos % bastante similares.

Demandas de refrigeración.

Se observa como las demandas de refrigeración son mucho mayores en los espacios orientados al Sur, siendo de un 28,8% para la zona de juegos (P01_E01) y de un 37,9% para el salón-comedor (P02_E02). Dichos espacios tienen grandes ventanales que provocan que penetre un porcentaje elevado de radiación solar produciendo un sobrecalentamiento de la estancia.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

La distribución de demandas energéticas por elementos constructivos es la siguiente:

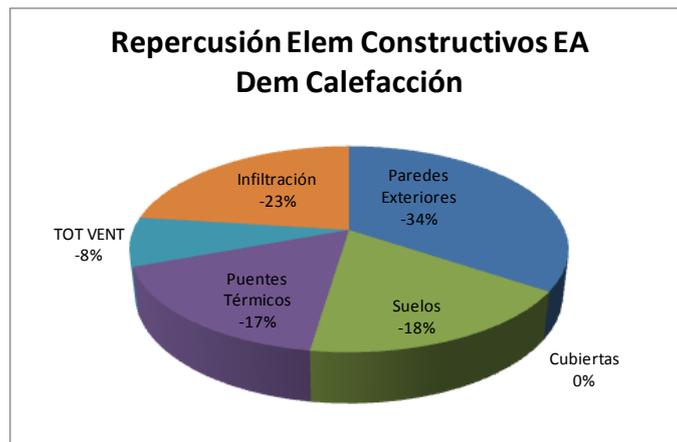


Figura 4.5. 1. Repercusión de las demandas energéticas de calefacción por elementos constructivos.

Como se puede observar en la imagen, la parte opaca de la fachada tiene un gran peso en las demandas energéticas del edificio (34%). Es por ello que las propuestas de mejora serán más efectivas siempre que mejoren dicho elemento constructivo.

Otros elementos de peso son las Infiltraciones de aire (23)% y los "suelos" (18%). Para reducir las demandas de infiltraciones será necesario actuar en las carpinterías de fachada y encuentros especiales de fachada.

En el caso de los "suelos", se ha denominado suelo al suelo de la planta primera (techo del PB), que está en contacto con el exterior. Al no tener ningún aislante térmico hace que las demandas energéticas atribuidas a ese componente de la envuelta sean tan elevadas.

En tercer lugar se encuentran los puentes térmicos (17%).

5.- PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA.

Para la mejora en la eficiencia energética, este TFM se ha centrado en la búsqueda de soluciones que aporten unas disminuciones en las DEMANDAS ENERGÉTICAS de los casos a estudio. Las demandas energéticas están influenciadas principalmente por: el clima, el confort higrotérmico de los espacios habitables y de la composición de la envolvente térmica de la edificación. Las propuestas han sido seleccionadas con el fin de mejorar las propiedades aislantes de la envolvente térmica del edificio.

Las propuestas de rehabilitación energética afectarán a los cerramientos, ventanas y cubierta de los casos a estudio, evaluando el ahorro energético teórico que aportan cada una de ellas mediante el cálculo de un ratio $\text{KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR}}/\text{año} \div \text{€}_{\text{INVERT.}}$.

A la hora de seleccionar el tipo de rehabilitación energética que se simulará se tendrá en cuenta aquellas que supongan una menor inversión a sus propietarios.

Actuación en la carpintería exterior existente (REH_01: Carpintería PVC).

Como propuesta de mejora de la carpintería exterior existente, se ha elegido una solución de carpintería de marco de PVC (5 cámaras) con una composición de vidrio de doble acristalamiento 4-16-4 (Tabla 5.0.1).

ENVOLVENTE TÉRMICA REH01 - HUECOS -		U (W/m²K)
Nombre	V _{PVC}	2,42
Acristalamiento	Doble Acristalamiento 4-16-4 (U= 2,70 W/m ² K)	
Marco	Marco de PVC con 5 cámaras(U=1,3 W/m ² K)	
% Marco sobre Hueco	20 %	
Permeabilidad m³/hm²	9	
Factor Solar	0.75	

Tabla 5.0.1. Características térmicas carpintería exterior PVC.

Se ha elegido el PVC porque es el material que nos garantiza unas prestaciones térmicas más altas a unos precios asumibles. Otra alternativa con similares prestaciones térmicas sería la utilización de marcos de madera con la misma configuración de vidrios pero esta solución ha sido desechada debido a los altos precios de estas carpinterías y los costes de mantenimiento de las mismas.

Actuación en la transmitancia térmica de cubierta (REH_02: Aislam en cubierta EPS 120 mm).

Para la rehabilitación energética de la cubierta se han planteado dos propuestas distintas entre los casos a estudio.

En el caso del bloque de viviendas se parte de una cubierta plana, una intervención desde el exterior supondría una gran inversión económica pero menores molestias para los propietarios del Bajo Cubierta. Debido a la presumible alta inversión en la reforma se ha desechado esta propuesta en favor de una rehabilitación desde el interior. Para la reforma desde el interior se

ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

ha pensado en colocar un aislamiento térmico en el forjado de la cubierta, por su cara interior. Para ello se deberá demoler el falso techo existente e instalaciones lumínicas y rehacerlo posteriormente. Con este sistema se perderá la inercia térmica del forjado de cubierta pero se disminuirá el presupuesto de ejecución material de la reforma.

En el caso de la vivienda unifamiliar aislada se ha pensado en la colocación de un aislante térmico en el suelo del bajo cubierta, y cubriéndolo con una tarima flotante con el objetivo de que pueda ser transitable el espacio bajo cubierta.

Tanto para el bloque de viviendas como la vivienda unifamiliar aislada se utilizará como aislante el Poliestireno Expandido EPS (conductividad térmica de $\lambda= 0.040$ w/mK) con un espesor de 120 mm.

Actuación en la parte opaca de fachada por el exterior (REH_03_1: Sistema SATE EPS 120 mm).

La propuesta de mejora de la parte opaca de fachada se corresponde con Sistema SATE a base de aislamiento de Poliestireno Expandido EPS con una conductividad térmica de $\lambda= 0.040$ w/mK. Se ha seleccionado el EPS porque es el aislante con una mejor relación capacidad aislante/precio , es el más utilizado y extendido para usarlo en los sistema SATE, hecho que hace que exista mayor número de aplicadores que lo instalen y por consiguiente una mayor calidad en la ejecución así como una mayor competencia que redundará en un mejor precio y un mayor ahorro económico para los propietarios del inmueble.

El SATE elegido se compone de: un aislante EPS con una conductividad térmica de $\lambda= 0.040$ w/mK y una densidad entre 15 a 18 kg/m³, adheridas al soporte previamente limpio de grasa y polvo mediante un mortero adhesivo sobre la placa cubriendo un mínimo de superficie de pegado de un 40%, así como con la colocación de espigas plásticas. Colocación de refuerzos en esquina y junta de dilatación con mallas de fibra de vidrio. Endurecimiento superficial a base de aplicación de capa de enfoscado de mínimo 3 mm de espesor sobre el aislante realizado con mortero adhesivo armado con malla de fibra de vidrio alcarresistente, solapada entre sí 10 cm. Finalmente se procede a la aplicación de una imprimación y acabado final con revoco decorativo.

Se estudiará el ratio $\text{KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR}}/\text{año} \text{€}_{\text{INVERT}}$ de ahorro de distintos espesores de aislante, dado que en este tipo de sistema, la repercusión material del aislante es baja, dado que para la ejecución y aplicación del sistema los medios auxiliares y mano de obra se llevan la mayor repercusión económica. Es por ello que se simularán los casos con varios espesores de material aislante para obtener el espesor más eficiente.

Actuación en la parte opaca de fachada por el interior (REH_03_2: Inyección PUR en CA).

La propuesta de mejora de la parte opaca de fachada por el interior corresponde al inyectado de poliuretano en cámara de aire del cerramiento. Se ha descartado el aislante de poliestireno en perlas dado que se pueden producir pérdidas o fugas de material. La borla de celulosa se ha descartado porque se pueden llegar a tener mermas de la capacidad aislante debidas a posibles condensaciones intersticiales.

ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

El aislante recomendado será un poliuretano de baja densidad inicial PUR inyectado (12 kg/m³) pudiendo llegar a densidades de 18 a 25 kg/m³ una vez aplicada. Se estimará una conductividad térmica inicial de 0,036 W/mK y una vez envejecido de 0,040 W/mK .

Las fachadas de los casos a estudio tienen una cámara de aire de 50 mm de espesor. Para poder realizar una buena ejecución en el relleno de dicha CA se deberán realizar taladros espaciados como máximo, 50 cm entre sí, sin que se sitúen sobre la misma vertical. La inyección del aislante se realizará por los taladros inferiores, realizando el llenado de abajo a arriba, de una forma pausada, ya que el poliuretano inyectado es de expansión libre y con un periodo de espumación lento. Deberá saturar el volumen de la cámara sin crear tensiones excesivas en las fábricas colaterales, ya que pueden llegar a fisurar.

Actuación en forjados en contacto con el exterior (REH_04: Intervención en suelo planta primera en contacto con espacio no habitable).

Será necesario valorar la posibilidad de mejorar energéticamente el suelo de la planta primera. Actualmente no está aislado y supone un porcentaje elevado de la superficie de la envolvente térmica. Los forjados separadores entre zonas habitables y no habitables se deberán aislar dado que a través de ellos se genera un flujo energético hacia el exterior de .

La propuesta elegida para la simulación energética se corresponde con la colocación de un aislamiento de Poliestireno Expandido EPS con una conductividad térmica de $\lambda= 0.040$ w/mK. por toda la superficie del forjado y con un espesor de 120mm. Se deberán realizar los cajeados necesarios para cubrir toda la superficie de forjado e integrar las instalaciones de saneamiento en el sistema, pudiendo ser registrables en todo momento.

Actuación en los huecos de fachada. Colocación de elementos de sombra.

En el caso de la vivienda unifamiliar se ha comprobado que en su estado actual cumplía las demandas de refrigeración de una forma muy ajustada. Es por ello que se estudiará la posibilidad de colocar elementos de sombra (parasoles) fijos en fachada en huecos orientados al Sur , con el fin de disminuir las ganancias térmicas producidas por la radiación solar.

Los espacios más influidos por la ganancias térmicas por radiación solar son: la zona de juegos (P01_E01), el salón-comedor (P02_E02) y el Dormitorio 2 (P02_E04).

Actuación en la solera.

Se ha descartado la posibilidad de mejorar el aislamiento de la solera en los casos a estudio, dado que supondría una obra de reforma de gran envergadura, con grandes molestias a los propietarios y una inversión muy elevada.

5.1.- Caso 1: Bloque de viviendas PB+4+BC del año 1975.

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos con las simulación energética de cada propuesta de mejora energética aplicada al bloque de viviendas.

REH01: Intervención en carpintería exterior.

Resultados obtenidos al simular la intervención consistente en la sustitución de la carpintería existente de marco metálico sin RPT y con un vidrio monolítico de 6 mm por una carpintería con marco de PVC (5 cámaras) y un doble acristalamiento 4-16-4.

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH01.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH01				AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2 =	581,2	KWh/año	KWh/M2xaño	KWh/año	KWh/M2xaño	%	KWh/año Eu
CALEFACCIÓN		-69475,3	-119,54	13246,2	22,79	16,0	0,362
REFRIGERACIÓN		4680,2	8,05	0,0	0,00	0,0	0,000
INVERSIÓN REHAB							
		36.627,73 €					

Tabla 5.1.1. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH01.

Como se puede observar con la sustitución de la carpintería existente por la propuesta de PVC, se producen unos ahorros en las demandas de calefacción de un 16%.

En el caso de las demandas de refrigeración se han aumentado , por lo que no existe ahorro en refrigeración. La demanda de refrigeración ha subido a unos valores de 8,05 KWh/m²año muy por debajo de los valores límite impuestos por el CTE (15 KWh/m²año).

Este aumento de las demandas de refrigeración se produce por el cambio en la permeabilidad al aire de las carpinterías, siendo de 50 m³/hm² en su estado actual y de 9 m³/hm² en su estado reformado. Esta disminución de la permeabilidad al aire impide que penetre desde el exterior aire, por lo que habrá momentos que perjudica a las demandas de refrigeración.

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH01) se obtienen los siguientes gráficos (Fig. 5.1.1):

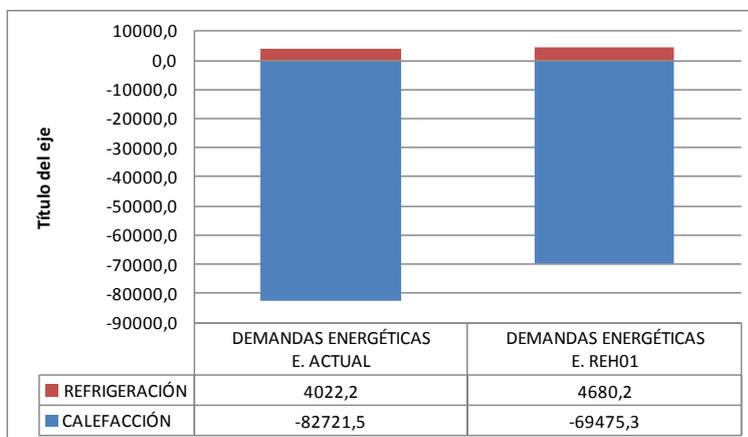


Figura 5.1.1. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH01.

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig.5.1.2) queda reflejado la influencia del cambio de carpintería por otra más eficiente. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución drástica de las pérdidas energéticas(63%) a través de las ventanas (Transmisión Ventanas) debido a la mejora de las transmitancias del conjunto Marco-Vidrio.
- Disminución de las ganancias térmicas por radiación solar (12%) debidas a la disminución del Factor Solar del Vidrio.
- Disminución de las infiltraciones, debido a la reducción de la permeabilidad al aire de las nuevas carpinterías.
- Efecto "migración de flujos caloríficos"(Cap 2.4.1) en fachadas (paredes Exteriores), cubiertas, suelos y puentes térmicos.

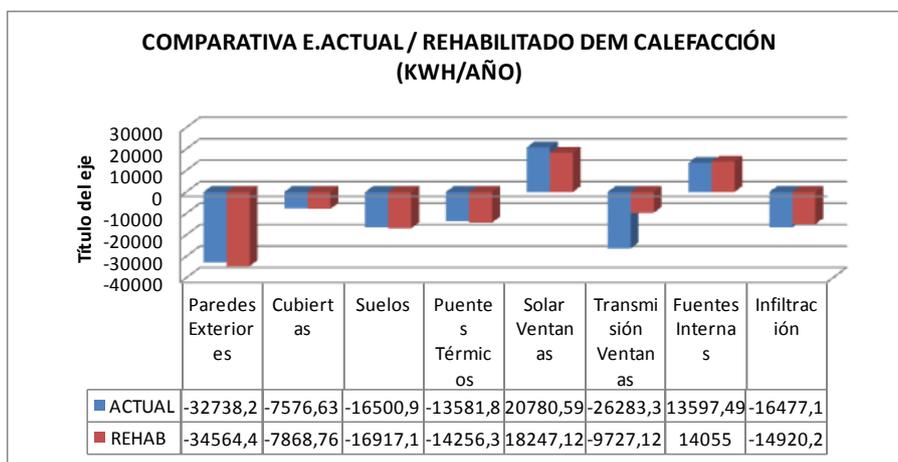


Figura 5.1.2. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH01 por elementos constructivos.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

REH02: Intervención en cubierta.

Resultados obtenidos al simular la intervención consistente en la colocación de un aislamiento de Poliestireno Expandido EPS con una conductividad térmica de $\lambda = 0.040 \text{ w/mK}$. por toda la superficie de cubierta con un espesor de 120mm.

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH02.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH02				AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2	581,2	KWh/año	KWh/M2año	KWh/año	KWh/M2año	%	KWh/año Eu
CALEFACCIÓN		-78661,4	-135,34	4060,0	6,99	4,9	0,322
REFRIGERACIÓN		3878,0	6,67	144,2	0,25	3,6	0,011
INVERSIÓN REHAB							
		12.601,56 €					

Tabla 5.1.2. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH02.

Como se puede observar con la colocación del aislamiento en cubierta se producen unos ahorros de un 5% en las demandas de calefacción y de un 4% en las demandas de refrigeración.

La cubierta es un elemento que está muy expuesto a la radiación solar y es por ello que en este caso de se ha llegado a ese nivel de ahorro.

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH02) se obtienen los siguientes gráficos:

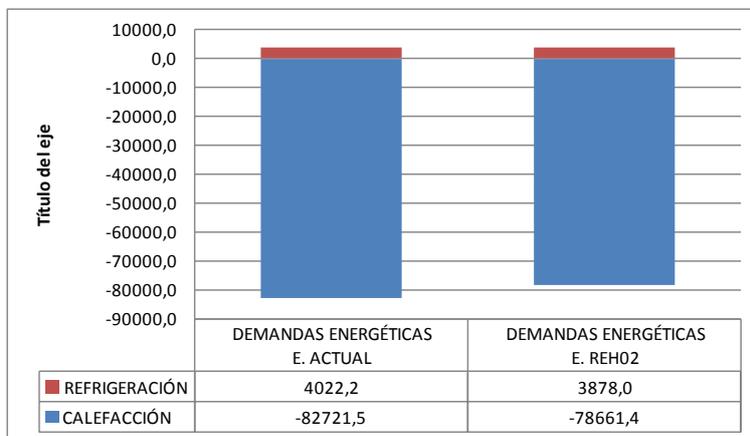


Figura 5.1.3. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH02.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig. 5.1.4) queda reflejado la influencia de la aplicación del aislamiento térmico, por el interior, a la cubierta plana del bloque de viviendas. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución drástica de las pérdidas energéticas (78%) a través de la cubierta, debido a la mejora de la resistencia térmica de la cubierta.
- Efecto "migración de flujos caloríficos"(Cap. 2.4.1) en fachadas (paredes Exteriores), suelos, puentes térmicos y carpintería exterior (trans. Ventanas).

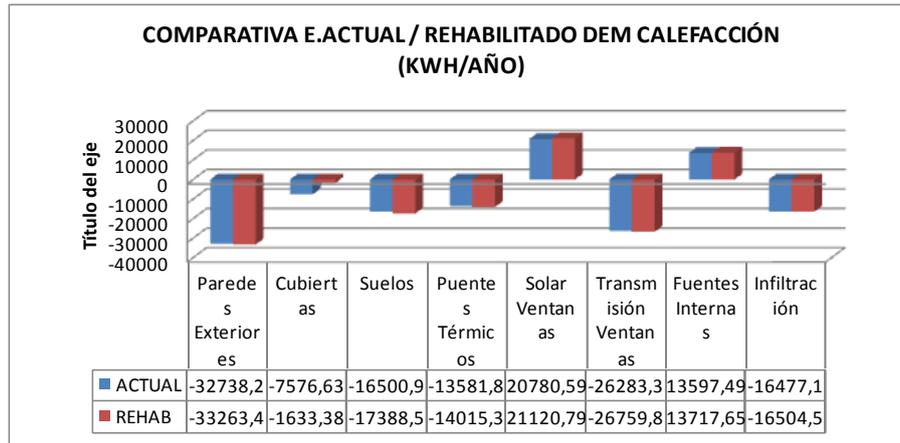


Figura 5.1.4. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH02 por elementos constructivos.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

REH03: Intervención en fachada.

REH03_1: Sistema Aislante Térmico por el Exterior.

Resultados obtenidos al simular la intervención consistente en la ejecución de un Sistema SATE a base de aislamiento de Poliéstireno Expandido EPS con una conductividad térmica de $\lambda=0.040$ w/mK. Se han realizado tres simulaciones con dicho sistema variando el espesor de aislamiento. Se han seleccionado los espesores de 60, 120 y 200 mm, siendo el espesor de 60 mm el más usado por norma general y siendo el espesor de 200 mm el máximo fabricado por la casa comercial consultada.

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH03_1.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas para los tres espesores son las siguientes:

EPS de 60 mm.

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REHAB				AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2 =	581,2	KWh/año	KWh/M2xaño	KWh/año	KWh/M2xaño	%	KWh/año Eu
CALEFACCIÓN		-58868,6	-101,29	23852,9	41,04	28,8	0,654
REFRIGERACIÓN		3927,9	6,76	94,3	0,16	2,3	0,003
INVERSIÓN REHAB							
		36.462,72 €					

Tabla 5.1.3. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_1_60.

EPS de 120 mm.

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH03_120				AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2 =	581,2	KWh/año	KWh/M2xaño	KWh/año	KWh/M2xaño	%	KWh/año Eu
CALEFACCIÓN		-54042,9	-92,98	28678,6	49,34	34,7	0,716
REFRIGERACIÓN		3947,5	6,79	74,7	0,13	1,9	0,002
INVERSIÓN REHAB							
		40.038,27 €					

Tabla 5.1.4. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_1_120.

EPS de 200 mm.

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REHAB				AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2 =	581,2	KWh/año	KWh/M2xaño	KWh/año	KWh/M2xaño	%	KWh/año Eu
CALEFACCIÓN		-52394,3	-90,15	30327,1	52,18	36,7	0,679
REFRIGERACIÓN		3831,0	6,59	191,2	0,33	4,8	0,004
INVERSIÓN REHAB							
		44.696,23 €					

Tabla 5.1.4. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_1_200.

Analizando los resultados anteriores se llega a la conclusión de que la mejor elección es la de 120 mm de espesor de EPS dado que proporciona unos ahorros energéticos de un 35% en demandas de calefacción, con una inversión similar a la de los otros espesores. Esto es debido al gran peso que tiene la mano de obra y los medios auxiliares en el precio del sistemas SATE y la poca repercusión que tiene el aislamiento en ese precio por m².

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Por contra es preciso analizar pormenorizadamente el espesor del aislante pues a grandes espesores de aislantes dejan de ser rentable, dado que por mucho más que se aumenten espesores de aislamientos no se mejorarán en la misma proporción los ahorros energético. Este efecto es debido a que el calor que se está impidiendo que se transmita al exterior por la fachada, se transmitirá por otro componente de la envolvente térmica en mayor medida.

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH03_1_120) se obtienen los siguientes gráficos:

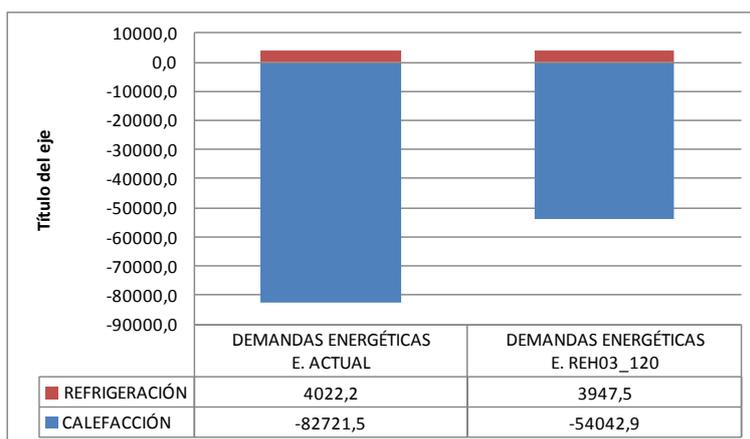


Figura 5.1.5. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH03_1_120.

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig. 5.1.6) queda reflejado la influencia de la aplicación del sistema SATE. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución drástica de las pérdidas energéticas (81%) a través de la fachada (paredes exteriores) debido a la mejora de la resistencia térmica de dicho elemento.
- Disminución de las pérdidas energéticas (21%) a través de los puentes térmicos.
- Efecto "migración de flujos caloríficos"(Cap 2.4.1) en cubiertas, carpintería exterior (trans. ventanas) e infiltraciones.

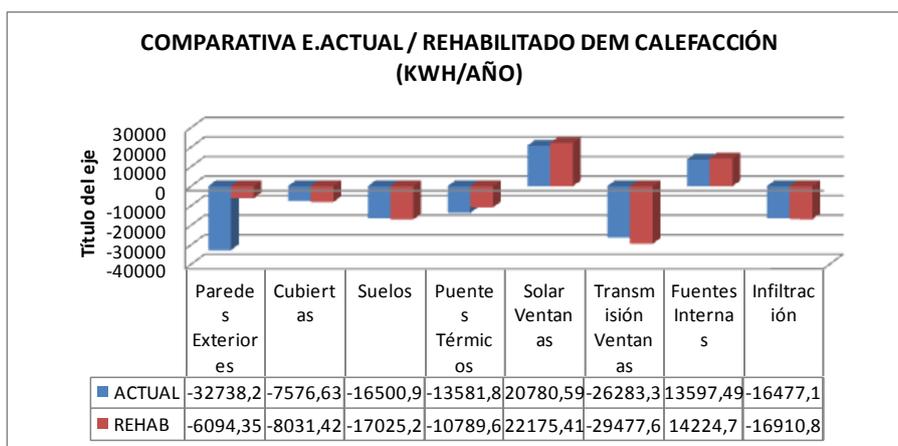


Figura 5.1.6 Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH03_1_120 por elementos constructivos.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

REH03_2: Inyección de PUR en cámara de aire.

Resultados obtenidos al simular la intervención consistente en inyectar poliuretano de baja densidad en la cámara de aire del cerramiento de 50 mm de espesor. El aislante elegido será un poliuretano de baja densidad inicial (12 kg/m³) pudiendo llegar a densidades de 18 a 25 kg/m³ una vez aplicada. Se estimará una conductividad térmica inicial de 0,036 W/mK y una vez envejecido de 0,040 W/mK .

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH03_2.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH03_02			AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2 =	KWh/año	KWh/M2año	KWh/año	KWh/M2año	%	KWh/año Eu
581,2	-65760,9	-113,15	16960,6	29,18	20,5	2,353
	4105,2	7,06	0,0	0,00	0,0	0,000
INVERSIÓN REHAB						
	7.209,13 €					

Tabla 5.1.5. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_2.

Como se puede observar, con la inyección del PUR en la cámara de aire de fachada, se producen unos ahorros en la demanda de calefacción de un 21%.

En el caso de las demandas de refrigeración se han aumentado , por lo que no existe ahorro en refrigeración. La demanda de refrigeración ha subido a unos valores de 7,06 KWh/m²año muy por debajo de los valores límite impuestos por el CTE (15 KWh/m²año).

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH03_2) se obtienen los siguientes gráficos:

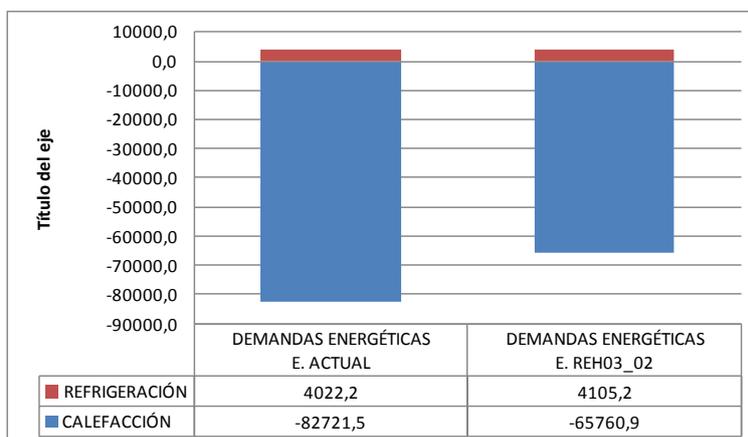


Figura 5.1.7. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH03_2.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig. 5.1.8) queda reflejado la influencia del inyectado de PUR en la cámara de aire de fachada. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución drástica de las pérdidas energéticas (64%) a través de las fachadas (paredes exteriores, como consecuencia del aumento de la resistencia térmica de la fachada.
- Efecto "migración de flujos caloríficos"(Cap 2.4.1) en cubiertas, suelos, puentes térmicos, carpintería exterior (trans ventanas) e infiltraciones.

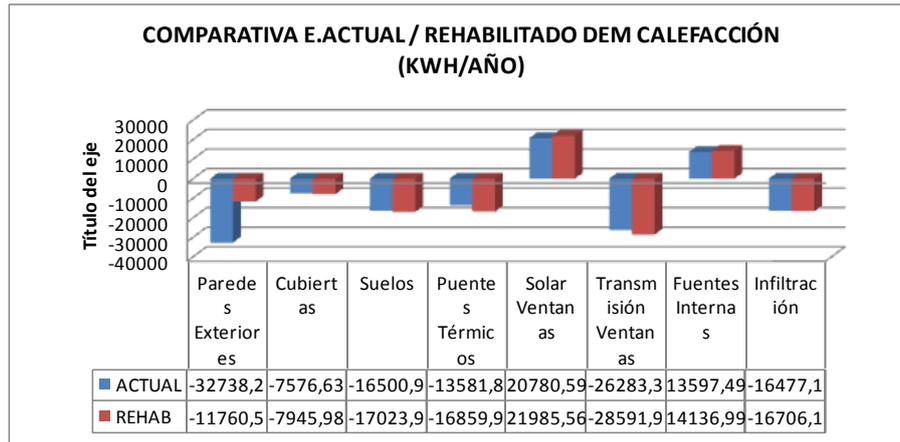


Figura 5.1.8. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH03_2 por elementos constructivos.

REH04: Intervención en suelo planta primera.

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos al simular la intervención consistente en la colocación de un aislamiento de Poliestireno Expandido EPS con una conductividad térmica de $\lambda = 0.040 \text{ w/mK}$. por toda la superficie del forjado y con un espesor de 120mm. El aislante irá colocado por la cara inferior del forjado.

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH04.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH04				AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2 =	581,2	KWh/año	KWh/M2xaño	KWh/año	KWh/M2xaño	%	KWh/año Eu
CALEFACCIÓN	-76628,4		-131,84	6093,1	10,48	7,4	0,748
REFRIGERACIÓN	4047,3		6,96	0,0	0,00	0,0	0,000
INVERSIÓN REHAB	8.142,43 €						

Tabla 5.1.6. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH04.

Como se puede observar, con la colocación del EPS en el suelo de Planta primera, se producen unos ahorros en demanda de calefacción del 7%.

En el caso de las demandas de refrigeración se han aumentado , por lo que no existe ahorro en refrigeración. La demanda de refrigeración ha subido a unos valores de 6,96 KWh/m²año muy por debajo de los valores límite impuestos por el CTE (15 KWh/m²año).

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH04) se obtienen los siguientes gráficos:

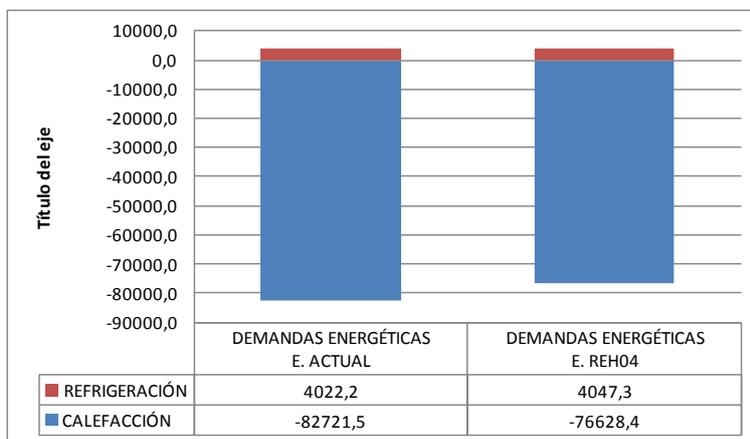


Figura 5.1.9. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH04.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig. 5.1.10) queda reflejado la influencia de la colocación del aislante EPS en el suelo de la planta primera por su cara inferior. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución de las pérdidas energéticas (43%) a través del suelo de la planta primera, debido a la mejora de su resistencia térmica.
- Efecto "migración de flujos caloríficos"(Cap 2.4.1) en fachadas (paredes Exteriores), puentes térmicos, carpintería exterior (trans ventanas) e infiltraciones.

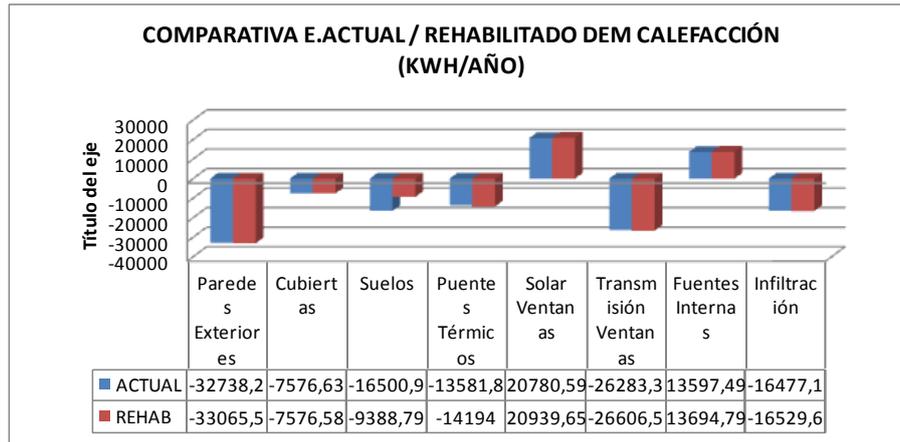


Figura 5.1.10. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH04 por elementos constructivos.

5.2.- Caso 2: Vivienda unifamiliar aislada PB+1 del año 1975.

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos con las simulación energética de cada propuesta de mejora energética aplicada a la vivienda unifamiliar aislada.

REH01: Intervención en carpintería exterior.

Resultados obtenidos al simular la intervención consistente en la substitución de la carpintería existente de marco metálico sin RPT y con un vidrio monolítico de 6 mm por una carpintería con marco de PVC (5 cámaras) y un doble acristalamiento 4-16-4.

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH01.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH01			AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2 =	KWh/año	KWh/M2x año	KWh/año	KWh/M2x año	%	KWh/año Eu
161,0	-29917,7	-185,79	4585,6	28,48	13,3	0,387
	2554,3	15,86	0,0	0,00	0,0	0,000
INVERSIÓN REHAB						
	11.861,79 €					

Tabla 5.2.1. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH01.

Como se puede observar con la substitución de la carpintería existente por la propuesta de PVC, se producen unos ahorros en las demandas de calefacción de un 13%.

En el caso de las demandas de refrigeración se han aumentado , por lo que no existe ahorro en refrigeración. La demanda de refrigeración ha subido a unos valores de 15,86 KWh/m²año superando los valores límite impuestos por el CTE (15 KWh/m²año).

Este aumento de las demandas de refrigeración se produce por el cambio en la permeabilidad al aire de las carpinterías, siendo de 50 m³/hm² en su estado actual y de 9 m³/hm² en su estado reformado. Esta disminución de la permeabilidad al aire impide que penetre desde el exterior aire, por lo que habrá momentos que perjudique a las demandas de refrigeración.

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH01) se obtienen los siguientes gráficos:

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

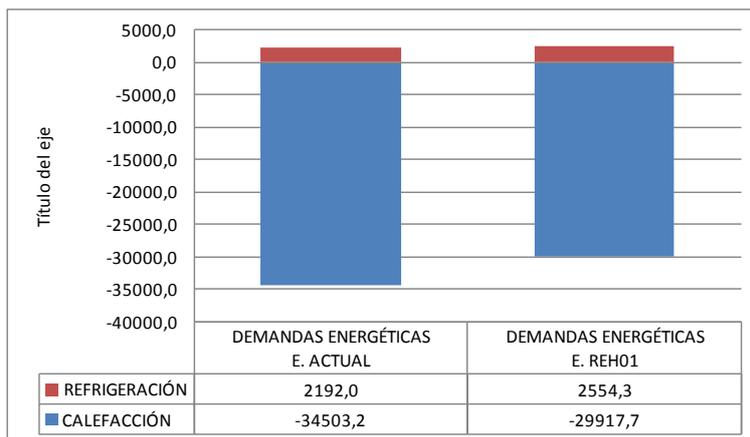


Figura 5.2.1. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH01.

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig.5.2.2) queda reflejado la influencia del cambio de carpintería por otra más eficiente. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución drástica de las pérdidas energéticas(58%) a través de las ventanas (Transmisión Ventanas) debido a la mejora de las transmitancias del conjunto Marco-Vidrio.
- Disminución de las ganancias térmicas por radiación solar (10%) debidas a la disminución del Factor Solar del Vidrio.
- Disminución de las infiltraciones, debido a la reducción de la permeabilidad al aire de las nuevas carpinterías.
- Efecto "migración de flujos caloríficos"(Cap 2.4.1) en fachadas (paredes Exteriores), cubiertas, suelos y puentes térmicos.

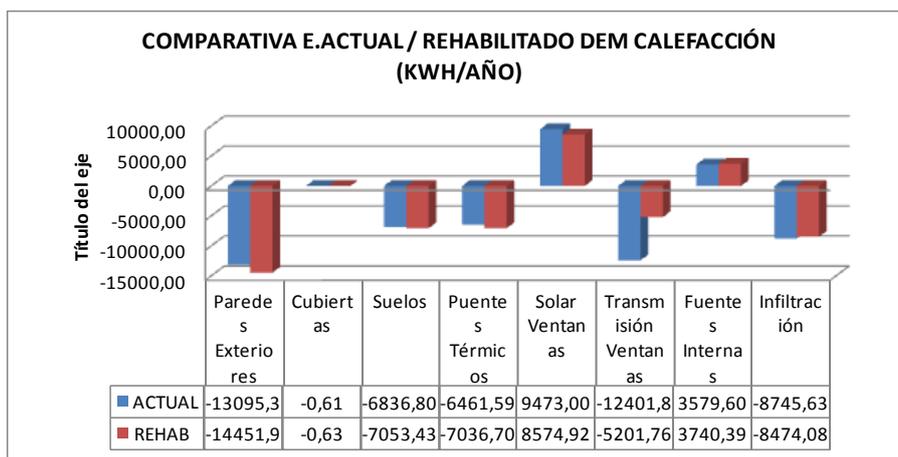


Figura 5.2.2 Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH01 por elementos constructivos.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

REH02: Intervención en cubierta.

Resultados obtenidos al simular la intervención consistente en la colocación de un aislamiento de Poliéstireno Expandido EPS con una conductividad térmica de $\lambda = 0.040 \text{ w/mK}$, por toda la superficie del forjado "suelo" del bajo cubierta de un espesor de 120mm.

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH02.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH02			AHORRO ENERGÉTICO					
S Hab m2 =	161,0		KWh/año	KWh/M2año	KWh/año	KWh/M2año	%	KWh/año Eu
CALEFACCIÓN		-28915,7		-179,57	5587,5	34,70	16,2	0,481
REFRIGERACIÓN		2079,5		12,91	112,5	0,70	5,1	0,010
INVERSIÓN REHAB								
		11.609,95 €						

Tabla 5.2.2. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH02.

Como se puede observar con la colocación del aislamiento en cubierta se producen unos ahorros de un 16% en las demandas de calefacción y de un 5% en las demandas de refrigeración.

La cubierta es un elemento que está muy expuesto a la radiación solar y es por ello que en este caso de se ha llegado a ese nivel de ahorro en las demandas de refrigeración.

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH02) se obtienen los siguientes gráficos:

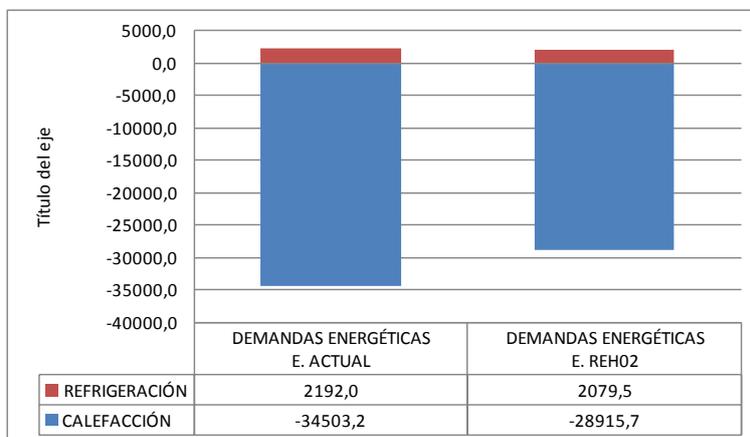


Figura 5.2.3. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH02.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig. 5.2.4) queda reflejado la influencia de la aplicación del aislamiento térmico, por la cara superior del forjado del BC. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución de las pérdidas energéticas (19%) a través del "suelo" del BC, debido a la mejora de la resistencia térmica del forjado.
- Efecto "migración de flujos caloríficos"(Cap. 2.4.1) en infiltraciones.

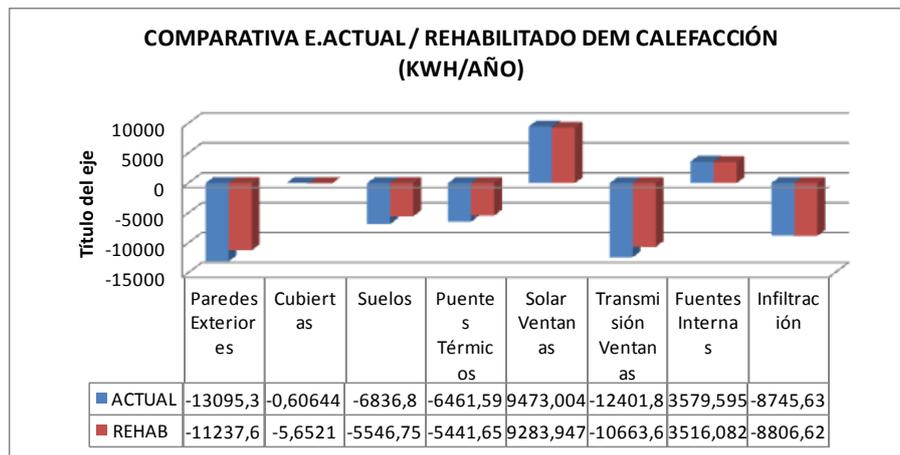


Figura 5.2.4. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH02 por elementos constructivos.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

REH03_1: Sistema Aislante Térmico por el Exterior.

Resultados obtenidos al simular la intervención consistente en la ejecución de un Sistema SATE a base de aislamiento de Poliéstireno Expandido EPS, de 120 mm de espesor, con una conductividad térmica de $\lambda = 0.040 \text{ w/mK}$.

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH03_1_120.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH03_1			AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2 =	KWh/año	KWh/M2año	KWh/año	KWh/M2año	%	KWh/año Eu
161,0	-25862,7	-160,61	8640,5	53,66	25,0	0,542
	2065,3	12,83	126,7	0,79	5,8	0,008
INVERSIÓN REHAB						
15.949,16 €						

Tabla 5.2.3. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_1_120.

Como se observa, con la aplicación del sistema SATE con EPS, se producen unos ahorros en las demandas de calefacción del 25% y un ahorro en las demandas de refrigeración del 6%.

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH03_1) se obtienen los siguientes gráficos:

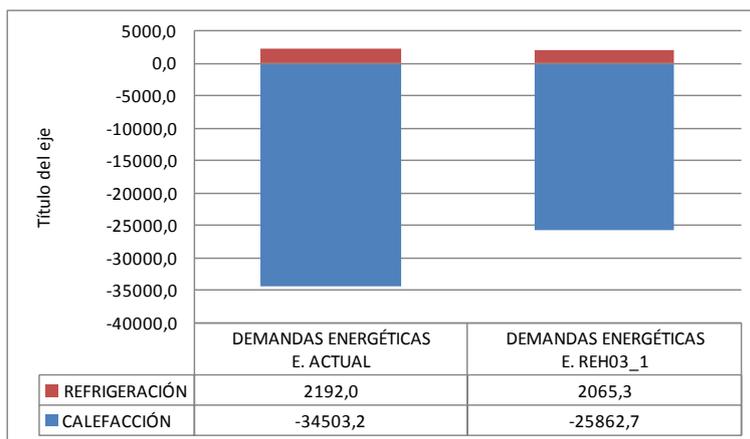


Figura 5.2.5. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH03_1_120.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig.) queda reflejado la influencia de la aplicación del sistema SATE. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución drástica de las pérdidas energéticas (81%) a través de la fachada (paredes exteriores) debido a la mejora de la resistencia térmica de dicho elemento.
- Disminución de las pérdidas energéticas (6%) a través de los puentes térmicos.
- Efecto "migración de flujos caloríficos"(Cap 2.4.1) en suelos, carpintería exterior (trans. ventanas) e infiltraciones.

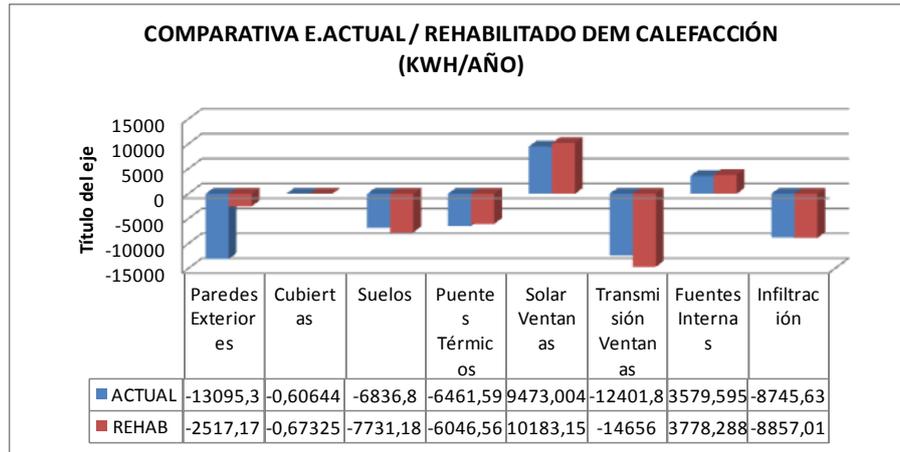


Figura 5.2.6. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH03_1_120 por elementos constructivos.

REH03_02: Inyección de PUR en cámara de aire.

Resultados obtenidos al simular la intervención consistente en inyectar poliuretano de baja densidad en la cámara de aire del cerramiento de 50 mm de espesor. El aislante elegido será un poliuretano de baja densidad inicial (12 kg/m³) pudiendo llegar a densidades de 18 a 25 kg/m³ una vez aplicada. Se estimará una conductividad térmica inicial de 0,036 W/mK y una vez envejecido de 0,040 W/mK .

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH03_2.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH03_2			AHORRO ENERGÉTICO					
S Hab m ² =	161,0		KWh/año	KWh/M ² año	KWh/año	KWh/M ² año	%	KWh/año Eu
CALEFACCIÓN		-29285,5		-181,86	5217,7	32,40	15,1	3,993
REFRIGERACIÓN		2204,1		13,69	0,0	0,00	0,0	0,000
INVERSIÓN REHAB								
		1.306,66 €						

Tabla 5.2.4. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_2.

Como se puede observar, con la inyección del PUR en la cámara de aire de fachada, se producen unos ahorros en la demanda de calefacción de un 15%.

En el caso de las demandas de refrigeración se han aumentado , por lo que no existe ahorro en refrigeración. La demanda de refrigeración ha subido a unos valores 13,7 KWh/m²año por debajo de los valores límite impuestos por el CTE (15 KWh/m²año).

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH03_2) se obtienen los siguientes gráficos:

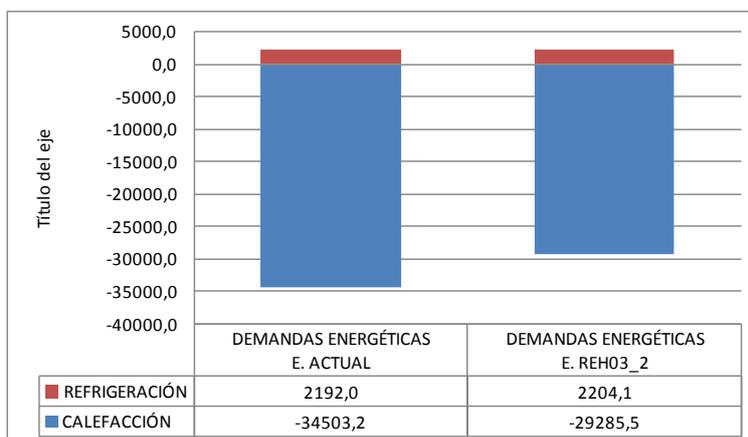


Figura 5.2.7. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH03_2.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig. 5.2.8) queda reflejado la influencia del inyectado de PUR en la cámara de aire de fachada. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución drástica de las pérdidas energéticas (64%) a través de las fachadas (paredes exteriores, como consecuencia del aumento de la resistencia térmica de la fachada.
- Efecto "migración de flujos caloríficos"(Cap 2.4.1) en suelos, puentes térmicos, carpintería exterior (trans ventanas) e infiltraciones.

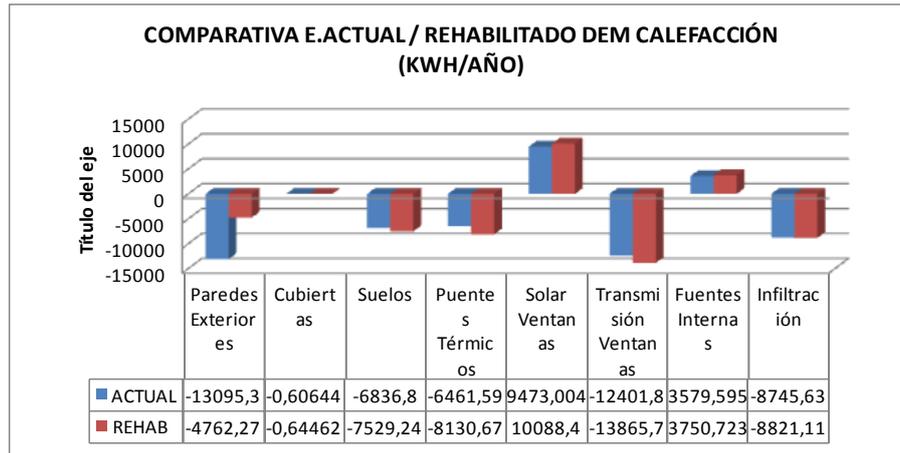


Figura 5.2.8. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH03_2 por elementos constructivos.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

REH04: Intervención en suelo planta primera.

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos al simular la intervención consistente en la colocación de un aislamiento de Poliéstireno Expandido EPS con una conductividad térmica de $\lambda = 0.040$ w/mK. por toda la superficie del forjado y con un espesor de 120mm. El aislante irá colocado por la cara inferior del forjado.

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH04.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH04			AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2 =	161,0					
	KWh/año	KWh/M2xaño	KWh/año	KWh/M2xaño	%	KWh/año Eu
CALEFACCIÓN	-30042,0	-186,56	4461,3	27,70	12,9	0,747
REFRIGERACIÓN	2192,0	13,61	0,1	0,00	0,0	0,000
INVERSIÓN REHAB	5.974,35 €					

Tabla 5.2.5. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH04.

Como se puede observar, con la colocación del EPS en el suelo de Planta primera, se producen unos ahorros en demanda de calefacción del 13%.

En el caso de las demandas de refrigeración se han aumentado, por lo que no existe ahorro en refrigeración. La demanda de refrigeración ha subido a unos valores 13,6 KWh/m²año por debajo de los valores límite impuestos por el CTE (15 KWh/m²año).

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH04) se obtienen los siguientes gráficos:

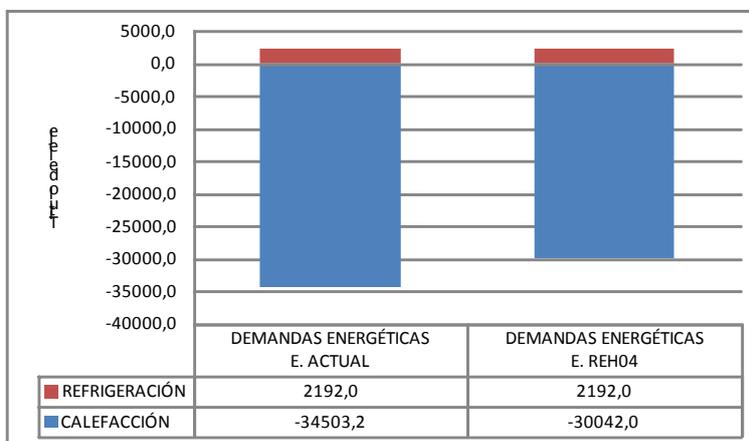


Figura 5.2.9. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH04.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig. 5.2.10) queda reflejado la influencia de la colocación del aislante EPS en el suelo de la planta primera por su cara inferior. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución de las pérdidas energéticas (68%) a través del suelo de la planta primera, debido a la mejora de su resistencia térmica.
- Disminución de las pérdidas energéticas (17%) a través de los puentes térmicos.
- Efecto "migración de flujos caloríficos"(Cap 2.4.1) en fachadas (paredes Exteriores), puentes térmicos, carpintería exterior (trans ventanas) e infiltraciones.

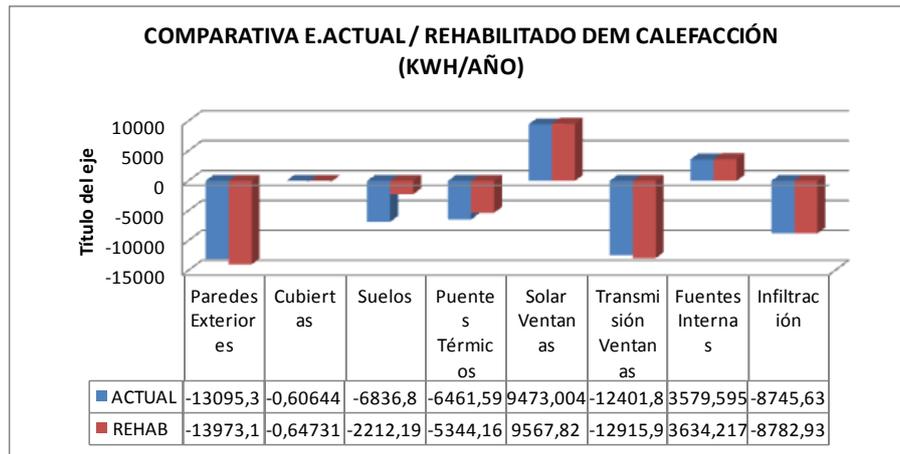


Figura 5.2.10. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH04 por elementos constructivos.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

REH05: Intervención en huecos de fachada (Sur). Instalación de protecciones solares.

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos al simular la intervención consistente en la colocación de protecciones solares en fachada (voladizos), con el fin de disminuir las ganancias térmicas por radiación solar en los espacios P01_E01 y P02_E02.

Se ha elegido como elementos de sombra ejecutar unos voladizos de 1 m de longitud y anchura la propia del hueco a proteger.

Demandas energéticas en KWh^{NETO}/año REH05.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración calculadas son las siguientes:

DEMANDAS ENERGÉTICAS E. REH05				AHORRO ENERGÉTICO			
S Hab m2 =	161,0	KWh/año	KWh/M2año	KWh/año	KWh/M2año	%	KWh/año Eu
CALEFACCIÓN		-35572,6	-220,91	0,0	0,00	0,0	0,000
REFRIGERACIÓN		1686,1	10,47	505,9	3,14	23,1	0,506
INVERSIÓN REHAB							
	1.000,00 €						

Tabla 5.2.6. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH05.

Como se puede observar, con la colocación de elementos de sombreado en los espacios con mayor % de demandas de refrigeración, se producen unos ahorros en demanda de refrigeración de un 23%.

Comparando gráficamente el estado actual (EA) con el estado rehabilitado (REH04) se obtienen los siguientes gráficos:

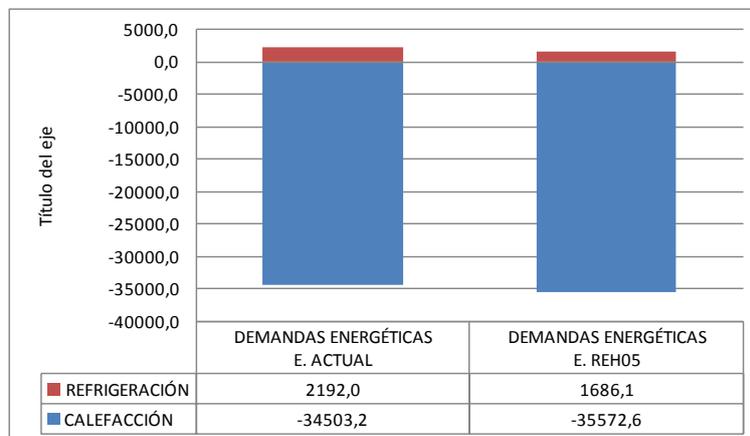


Figura 5.2.11. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH05.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Demandas por elementos constructivos:

En el siguiente gráfico (Fig. 5.2.12) queda reflejado la influencia de la colocación de los elementos de sombreado en los espacios con mayor % de demandas de refrigeración. Se puede observar lo siguiente:

- Disminución de las pérdidas energéticas (20%) a través de los huecos de fachada orientados al Sur.
- Disminución de las pérdidas energéticas de refrigeración (40%) por transmisión de ventanas a través del conjunto Marco-Vidrio.

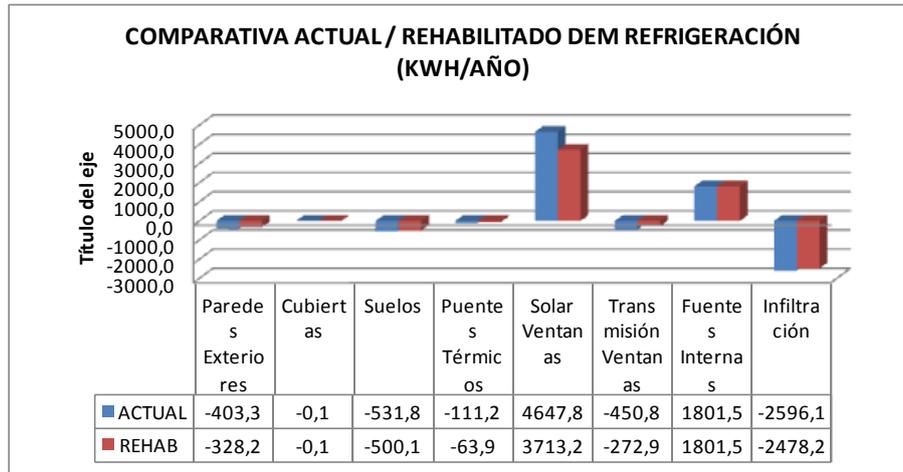


Figura 5.2.12. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH05 por elementos constructivos.

6.- EVALUACIÓN DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS ($\text{RATIO } \frac{\text{KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR}}}{\text{año} \cdot \text{€}_{\text{INVERT}}}$) DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.

El análisis de los resultados se centrarán en las DEMANDAS DE CALEFACCIÓN, dado que las DEMANDAS DE REFRIGERACIÓN tienen un impacto mucho menor en el gasto energético de los casos a estudio.

A continuación se muestra una tabla resumen con información de todas las propuestas de mejora energética simuladas:

- REH_01: Carpintería PVC.
- REH_02: Intervención en cubierta EPS 120 mm.
- REH_03_1: Sistema SATE EPS 120 mm.
- REH_03_2: Inyección PUR en cámara de aire de 50mm.
- REH_04: Intervención en suelo planta primera con EPS 120mm.
- REH_05: Intervención en huecos fachada Sur (Viv. Unifamiliar).

6.1.- Caso 1: Bloque de viviendas PB+4+BC del año 1975.

En el caso del bloque de viviendas se puede observar que los mayores ahorros energéticos corresponden a las intervenciones REH03_120 (35% de ahorro) y REH03_2 (21 % de ahorro), seguidas por la intervención REH01 (15%).

TABLA RESUMEN PROPUESTAS DE MEJORA ENERÉTICA							
PRESUP (€)		Dem CAL	Dem REF	% AHOR CAL	% AHOR REF	KWh/año€ DEM CAL	KWh/año€ DEM REF
0,00 €	E. ACTUAL	-82721,5	4022,2	0,0	0,0	0,00	0,00
36.627,73 €	REH01	-69475,3	4680,2	16,0	0,0	0,36	0,00
12.601,56 €	REH02	-78661,4	3878,0	4,9	3,6	0,32	0,01
40.038,27 €	REH03_1_120	-54042,9	3947,5	34,7	1,9	0,72	0,00
7.209,13 €	REH03_2	-65760,9	4105,2	20,5	0,0	2,35	0,00
8.142,43 €	REH04	-76628,4	4047,3	7,4	0,0	0,75	0,00

Tabla 6.1.1. Tabla resumen propuestas de mejora energética Caso 1.

Dichos resultados son del todo lógicos dado que las intervenciones en la parte opaca de fachada tienen un mayor impacto debido a que se actúa en un mayor % de superficie de la envolvente térmica del edificio. Siendo la parte opaca de fachada la responsable del 35% de las demandas energéticas de calefacción en su EA (Fig. 6.1.1).

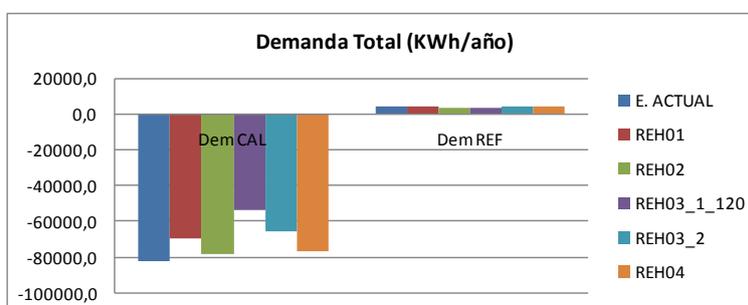


Figura 6.1.1. Demandas totales anuales de propuestas de mejora Caso 1.

ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

Una intervención a valorar es la REH01, correspondiente al cambio de carpintería exterior por carpintería de alta eficiencia de PVC. Con dicha intervención se consiguen unos ahorros en Demandas de Calefacción del 16%.

Un estudio de los ahorros totales en demandas energéticas, de las propuestas de mejora, NO sirve como elemento de juicio para valorar y comparar unas propuestas con otras. Para ello es necesario encontrar un punto o valor de comparación entre ellas. El punto de comparación será el $RATIO \text{ KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$ de cada propuesta. Dicho valor proporcionará una valiosa información, dado que se podrá saber qué propuesta es más eficiente en términos de energía y economía.

RATIO $\text{KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$.

Analizando el $RATIO \text{ KWh}_{\text{AHOR}}/\text{€INVERT}$ en el periodo de un año, se observa que destaca la propuesta REH03_2 sobre el resto de intervenciones, correspondiente a la inyección en la CA de PUR. Dicha intervención proporciona unos ahorros anuales en Dem de Calefacción de 2,35 $\text{KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$. Generando 3,3 veces más ahorros por euro invertido que el Sistema SATE propuesto en la REH03_120.

En segundo término, con resultados muy parejos, se encuentran los ratios de la REH04 y REH03_120, correspondientes a las propuestas de intervención en "SUELO DE PLANTA PRIMERA" y "SISTEMA SATE EN FACHADA DE EPS 120mm" respectivamente. Han obtenido unos ratios de 0,72 $\text{KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$ para REH03_120 y de 0,75 $\text{KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$.

Y con un menor $RATIO \text{ KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$ se encuentran las intervenciones REH02 con un 0,32 $\text{KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$ y REH01 con un ratio de 0,36 $\text{KWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR/año}}/\text{€INVERT}$, correspondiendo a las intervenciones en "CUBIERTA" y "CAMBIO DE CARPINTERÍA EXTERIOR" respectivamente.

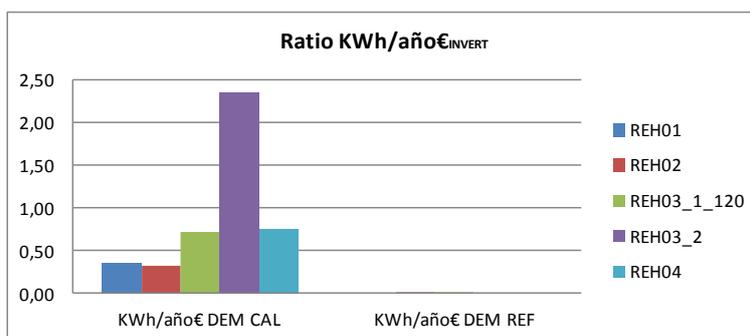


Figura 6.1.2. Ratio Kwh/año€ de cada propuesta de mejora energética Caso 1.

Una vez calculados todos los ratios energéticos dependerá del presupuesto total de la obra de rehabilitación para seleccionar aquellas intervenciones que mayores ahorros energéticos proporcione al conjunto sin exceder dicho presupuesto.

Si se realizaran todas las propuestas planteadas sería necesario un presupuesto de 104.619,12€ (REH01, REH02, REH03_1, REH04) en el caso de utilizar el SATE o de 64.580,85€ (REH01, REH02, REH03_2, REH04) si se utiliza el inyectado de PUR en cámara de aire.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

6.2.- Caso 2: Vivienda unifamiliar aislada PB+1+BC del año 1975.

En el caso de la vivienda unifamiliar aislada se puede observar que los mayores ahorros energéticos en demandas de calefacción corresponden a las intervenciones REH03_120 (25% de ahorro). El resto de intervenciones se mueven en un intervalo de ahorro entre el 13%y el 16%.

En el caso de la REH05 consistente en la colocación de elementos de sombra en fachada Sur se ha conseguido un ahorro importante de un 23% en las demandas de refrigeración.

TABLA RESUMEN PROPUESTAS DE MEJORA ENERÉTICA							
PRESUP (€)		Dem CAL	Dem REF	% AHOR CAL	% AHOR REF	KWh/año€ DEM CAL	KWh/año€ DEM REF
0,00 €	E. ACTUAL	-34503,2	2192,0	0,0	0,0	0,00	0,00
11.861,79 €	REH01	-29917,7	2554,3	13,3	0,0	0,39	0,00
11.609,95 €	REH02	-28915,7	2079,5	16,2	5,1	0,48	0,01
15.949,16 €	REH03_1_120	-25862,7	2065,3	25,0	5,8	0,54	0,01
1.306,66 €	REH03_2	-29285,5	2204,1	15,1	0,0	3,99	0,00
5.974,35 €	REH04	-30042,0	2192,0	12,9	0,0	0,75	0,00
1.000,00 €	REH05	-35572,6	1686,1	0,0	23,1	0,00	0,51

Tabla 6.2.1 Tabla resumen propuestas de mejora energética Caso 2.

Dichos resultados son del todo lógicos dado que las intervenciones en la parte opaca de fachada tienen un mayor impacto debido a que se actúa en un mayor % de superficie de la envolvente térmica del edificio. Siendo la parte opaca de fachada la responsable del 34% de las demandas energéticas de calefacción en su EA (Fig. 6.2.1).

Pero en este los porcentajes de ahorro están bastante equilibrados. Esto es debido a la tipología constructiva. En una vivienda unifamiliar la repercusión de la envolvente térmica por cada m² habitable es mucho mayor que en el caso de un bloque de viviendas. Esto quiere decir que, por ejemplo, la repercusión de las pérdidas energéticas por puentes térmicos por m² de superficie habitable es mayor. Como consecuencia la mejora térmica de dicho elemento producirá un mayor efecto en los % de ahorro de energía.

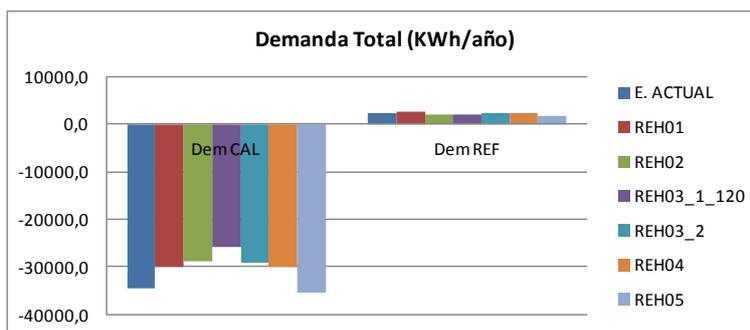


Figura 6.2.1. Demandas totales anuales de propuestas de mejora Caso 2.

ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

RATIO $KWh^{NETO}_{AHORR}/año€_{INVERT}$.

Analizando el RATIO $KWh_{AHORR}/€_{INVERT}$ en el periodo de un año, se observa que destaca la propuesta REH03_2 sobre el resto de intervenciones, correspondiente a la inyección en la cámara de aire de PUR. Dicha intervención proporciona unos ahorros anuales en Dem de Calefacción de 3,99 $KWh^{NETO}_{AHORR}/año€_{INVERT}$. Generando 7,4 veces más ahorros por euro invertido que el Sistema SATE propuesto en la REH03_120.

En segundo término, se encuentra la REH04 correspondiente a la aplicación de un aislante EPS en el suelo de planta primera por su cara inferior. Correspondiéndole un RATIO de 0,75 $KWh^{NETO}_{AHORR}/año€_{INVERT}$.

Con resultados muy parejos, se encuentran los ratios de la REH02 y REH03_120, correspondientes a las propuestas de intervención en el suelo del bajo cubierta y el sistema SATE de EPS respectivamente. Han obtenido unos ratios de 0,54 $KWh^{NETO}_{AHORR}/año€_{INVERT}$ para REH03_120 y de 0,48 $KWh^{NETO}_{AHORR}/año€_{INVERT}$ para REH02.

Y con un menor RATIO $KWh^{NETO}_{AHORR}/año€_{INVERT}$ se encuentra la intervención REH01 con un ratio de 0,39 $KWh^{NETO}_{AHORR}/año€_{INVERT}$, correspondiendo al cambio de carpintería.

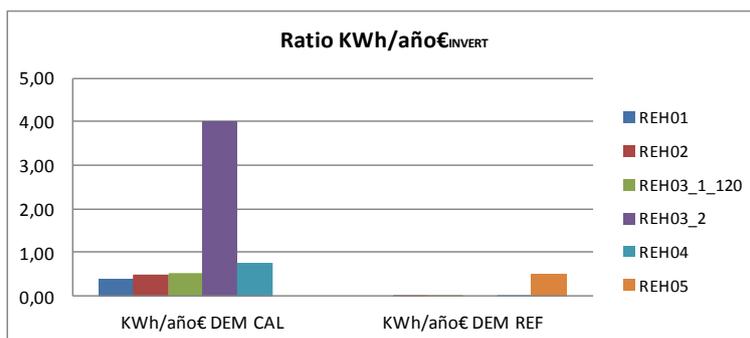


Figura 6.2.2 Ratio Kwh/año€ de cada propuesta de mejora energética Caso 2.

Una vez calculados todos los ratios energéticos dependerá del presupuesto total de la obra de rehabilitación para seleccionar aquellas intervenciones que mayores ahorros energéticos proporcione al conjunto sin exceder dicho presupuesto.

Si se realizaran todas las propuestas planteadas sería necesario un presupuesto de 46.395,25€ (REH01, REH02, REH03_1, REH04, REH05) en el caso de utilizar el SATE o de 31.752,75 € (REH01, REH02, REH03_2, REH04, REH05) si se utiliza el inyectado de PUR en cámara de aire.

7.-CONCLUSIONES

7.1.- CONCLUSIONES GENERALES

- Comparando los resultados de las simulaciones del bloque de viviendas y de la vivienda unifamiliar aislada se observa la distinta repercusión que tiene cada elemento constituyente de la envolvente térmica por m² habitable dependiendo de cada caso.
 - En el caso de la cubierta y el suelo de planta primera en contacto con el exterior le corresponde un % mayor de superficie sobre la total de la envolvente a la vivienda unifamiliar y por consiguiente dichas intervenciones producen un mayor % de ahorro en las demandas que las producidas en la vivienda en bloque.
 - En el caso de la fachada, el factor diferenciador entre el caso 1 y el caso 2 es la repercusión de las demandas de los puentes térmicos por m² habitable. Estando más penalizado en el caso del bloque de viviendas. Es por lo cual, los porcentajes de ahorros energéticos son mayores en el bloque de viviendas utilizando el sistema SATE. Por la contra el uso del inyectado de PUR en la cámara de aire produce mayores porcentajes de ahorro en la vivienda unifamiliar.
- En todas las propuestas de reforma energética planteadas se ha evidenciado que el coste del material aislante representa una fracción mínima (en torno al 5%) del coste asociado a la ejecución material de la obra de rehabilitación energética y que toda inversión en aislamiento es fácilmente amortizable.
- Por contra, es preciso analizar pormenorizadamente el espesor del aislante pues a grandes espesores de aislantes dejan de ser rentable, dado que por mucho más que se aumenten espesores de aislamientos no se mejorarán en la misma proporción los ahorros energético. Los mayores ahorros son producidos por los 10 primeros centímetros, no siendo amortizable el incremento de 10 a 20 dado que el diferencial de ahorro así conseguido es mínimo. Este efecto es debido a que el calor que se está impidiendo que se transmita al exterior por la zona a rehabilitar se transmitirá por otro componente de la envolvente térmica.
- El aislamiento por el exterior (SATE) se plantea como la opción más eficiente energéticamente, corrige puentes térmicos y las pérdidas en las conducciones en fachada pero dicha solución queda condicionada al presupuesto inicial para la reforma energética, siendo de menor carga por m², de superficie en planta, para casos de bloques de vivienda y disparándose los costes por m² para casos como el de viviendas unifamiliares. Este efecto es debido al gran peso que tienen los medios auxiliares necesarios para la ejecución del Sistemas SATE .
- El inyectado de PUR en cámara de aire del cerramiento exterior se ha mostrado como la propuesta que proporciona un $RATIO \frac{KWh^{NETO}_{AHORR}/año}{\text{€}_{INVERT}}$ mayor, siendo una propuesta aconsejable para presupuestos de rehabilitación ajustados. En el caso de decantarse por esta solución, el técnico deberá realizar un estudio específico de los puentes térmicos, dado que dicha solución podrá incrementar el riesgo de aparición de patologías como pueden ser las condensaciones superficiales y aparición de manchas de moho. El inyectado de PUR en la CA no soluciona posibles problemas de puentes térmicos.

7.2.- CONCLUSIÓN FINAL.

La idea inicial y vertebradora de este TFM ha sido la de evaluar diferentes propuestas de mejora energética mediante un RATIO energético-económico que contrapusiera los kWh ahorrados y el coste de las reformas. Dicho RATIO ha servido como herramienta para comparar las distintas soluciones bajo un mismo criterio y así poder valorar las distintas posibilidades de rehabilitación energética. Dato que cobra mayor importancia en proyectos condicionados por presupuestos modestos.

Un parámetro determinante en el valor del RATIO $\text{kWh}^{\text{NETO}}_{\text{AHORR}}/\text{año}/\text{€}_{\text{INVERT}}$ es el presupuesto. En la actualidad existe una amplia divergencia de precios para un mismo presupuesto, es por ello que el técnico deberá cuidarse en especificar pormenorizadamente la solución constructiva que quiere que le presupuesten, dado que en muchas ocasiones los presupuestos que recibe el técnico omiten dicha información y presupuestan soluciones constructivas totalmente distintas. Esto puede provocar que muchos RATIOS calculados con la metodología de este TFM lleguen a estar distorsionados.

Los casos simulados en este trabajo se han establecido en la ciudad de Ourense, el análisis energético de dicho clima resulta más sencillo que los mismos casos situados en climas cálidos, donde las demandas de refrigeración son mucho más importantes. Es por ello que la práctica totalidad de actuaciones analizadas han sido aquellas que estaban destinadas a la minoración de las demandas energéticas en calefacción. Sólo en el caso de la vivienda unifamiliar aislada se han estudiado medidas pasivas con el fin de disminuir las demandas de refrigeración, pues en ocasiones se daba el caso de que al aplicar una mejora energética con el fin de disminuir las demandas energéticas de calefacción aumentaban hasta valores no admisibles las demandas de refrigeración. Dichas demandas de refrigeración se han reducido con la colocación de voladizos de 1 m en la fachada Sur.

Pese a que este TFM se ha centrado en el análisis aislado de distintas rehabilitaciones energéticas, es importante destacar que en un proyecto de rehabilitación energética se deberán primar soluciones que influyan en una mayor parte de la envolvente térmica. Dado que si se actúa localmente en la envolvente, lo que se está provocando es la migración del flujo calorífico a otros componentes, limitando en menor grado dichas pérdidas energéticas.

8.-BIBLIOGRAFÍA

- Castro Carranza, C. (2009). *Escenarios de energía-economía mundiales con modelos dinámicos de sistemas*. Disertación doctoral publicada, Universidad de Valladolid, España.
- CENEWS. (2013). (<http://www.cenews.es/index.php/energia/noticias-energia/internacional/182-20-20-20>).
- Comunidad de Madrid. (2010). *Guía de rehabilitación energética de edificios de viviendas*. Madrid.
- Comunidad de Madrid. (2011). *Guía el estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo*. Madrid.
- Comunidad de Madrid. (2012). *Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética*. Madrid.
- CTE. (2006). *Código Técnico de la Edificación*.
- Dep Energía UNED (<http://www.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/usuarios.htm#usuarios>)
- Ecoeficientes. (<http://www.ecoeficiente.es/>)
- IDAE. (2012). *Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios*. Madrid.
- IDAE. (2012). *Guía de recomendaciones de eficiencia energética; certificación de edificios existentes CE3*. Madrid.
- INE. Instituto Nacional de Estadística. (http://www.ine.es/censos2011_datos/cen11_datos_inicio.htm).
- MINETUR. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2012). *La energía en España 2011*. Madrid:SAFEKAT,S.L
- Moreno Domingo Javier. (2011). *Evaluación energética de los puentes térmicos en edificación*.
- Solé, J. (2004). *Aislamiento térmico en la edificación. El cálculo de la demanda energética como herramienta de diseño*.
- Soloarquitectura. (<http://www.soloarquitectura.com/>)
- UNE-EN- 12207 : *Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación*.
- UNE-EN- 14683 : *Puentes térmicos en la edificación. Transmitancia térmica lineal. Métodos simplificados y valores por defecto*.
- UNE-EN-ISO 10077 : *Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo de la transmitancia térmica*.
- UNE-EN-ISO 10211 : *Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Cálculos detallados*.
- UNE-EN-ISO 10456 : *Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño*.
- UNE-EN-ISO 6946 : *Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo*.
- UPC. Universidad Politécnica de Cataluña. (2005). *Estimación del consumo energético y de la emisión de CO2 asociados a la producción, uso y disposición final de ventanas de PVC, aluminio y madera*.

9.-ÍNDICES

9.1.-Índice de figuras y tablas.

2.- ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	4
2.1.- Preliminares.....	4
Figura 2.1.1 Evolución de la dependencia energética de España. (MINETUR, 2012)	6
Figura 2.1.2 Procedencia de la energía primaria consumida en España 2011.....	6
2.3.- Eficiencia energética en la edificación.....	9
2.3.1.- Acciones Pasivas.....	9
2.3.1.1.- Actuación en la carpintería exterior.....	9
Figura 2.3.1- Transmitancia térmica de los perfiles según UNE-EN ISO 10077-1	10
Figura 2.3.2 Cuadro resumen del estudio del Laboratorio de Modelización Ambiental de la UPC "Estimación del consumo energético y de la emisión de CO 2 asociados a la producción, uso y disposición final de ventanas de PVC, aluminio y madera"	10
2.3.1.3.- Actuación en el cerramiento opaco de fachada.....	13
Figura 2.3.3. Esquema básico del Sistema SATE	14
2.4.- Demandas energéticas en edificación.....	17
2.4.1.- Migración de los flujos caloríficos.....	17
Figura 2.4.1. Ejemplo del efecto "migración de flujos caloríficos.....	17
4.- CASOS DE ESTUDIO.....	20
4.1.- Determinación de los casos de estudio.....	20
Figura 4.1.1: Datos estadísticos de vivienda periodo 1950 - 2011. INE	20
4.4.- Caso 1. Bloque de viviendas PB+4+BC del año 1975.....	24
4.4.1.- Valores típicos de la envolvente.....	24
Tabla 4.4.1. Valores característicos de la envolvente térmica opaca.....	25
Tabla 4.4.2. Valores característicos de la carpintería exterior.....	26
Tabla 4.4.3. Valores característicos de puentes térmicos EA.....	26
4.4.2.- Resultados de las Demandas Energéticas en su Estado Actual.....	30
Tabla 4.4.4. Demandas energéticas totales EA.....	30
Tabla 4.4.5. Demandas energéticas EA distribuidas por espacios.....	31
Figura 4.4.1. Repercusión en las Demandas energéticas de calefacción por elementos constructivos.....	32
4.5.- Caso 2. Vivienda unifamiliar aislada PB+1+BC del año 1975.....	33
4.5.1.- Valores típicos de la envolvente.....	33
Tabla 4.5.1. Valores característicos de la envolvente térmica opaca.....	34
Tabla 4.5.2. Valores característicos de la carpintería exterior.....	34
Tabla 4.5.3. Valores característicos de los puentes térmicos EA.....	34
4.5.2.- Resultados de las Demandas Energéticas en su Estado Actual.....	37
Tabla 4.5.4. Demandas energéticas totales EA.....	37
Figura 4.5. 1. Repercusión de las demandas energéticas de calefacción por elementos constructivos.....	39
5.- PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA.....	40
Tabla 5.0.1. Características térmicas carpintería exterior PVC.....	40
5.1.- Caso 1: Bloque de viviendas PB+4+BC del año 1975.....	43

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

REH01: Intervención en carpintería exterior.	43
Tabla 5.1.1. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH01.....	43
Figura 5.1.1. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH01.....	43
Figura 5.1.2. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH01 por elementos constructivos.	44
REH02: Intervención en cubierta.	45
Tabla 5.1.2. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH02.....	45
Figura 5.1.3. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH02.....	45
Figura 5.1.4. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH02 por elementos constructivos.	46
REH03: Intervención en fachada.	47
REH03_1: Sistema Aislante Térmico por el Exterior.	47
Tabla 5.1.3. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_1_60.....	47
Tabla 5.1.4. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_1_120.....	47
Tabla 5.1.4. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_1_200.....	47
Figura 5.1.5. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH03_1_120.....	48
Figura 5.1.6 Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH03_1_120 por elementos constructivos.	48
REH03_2: Inyección de PUR en cámara de aire.	49
Tabla 5.1.5. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_2.....	49
Figura 5.1.7. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH03_2.....	49
Figura 5.1.8. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH03_2 por elementos constructivos.	50
REH04: Intervención en suelo planta primera.	51
Tabla 5.1.6. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH04.....	51
Figura 5.1.9. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH04.....	51
Figura 5.1.10. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH04 por elementos constructivos.	52
5.2.- Caso 2: Vivienda unifamiliar aislada PB+1 del año 1975.	53
REH01: Intervención en carpintería exterior.	53
Tabla 5.2.1. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH01.....	53
Figura 5.2.1. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH01.....	54
Figura 5.2.2 Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH01 por elementos constructivos.	54
REH02: Intervención en cubierta.	55
Tabla 5.2.2. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH02.....	55
Figura 5.2.3. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH02.....	55
Figura 5.2.4. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH02 por elementos constructivos.	56
REH03_1: Sistema Aislante Térmico por el Exterior.	57
Tabla 5.2.3. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_1_120.....	57
Figura 5.2.5. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH03_1_120.....	57
Figura 5.2.6. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH03_1_120 por elementos constructivos.	58
REH03_02: Inyección de PUR en cámara de aire.	59

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

Tabla 5.2.4. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH03_2.....	59
Figura 5.2.7. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH03_2.....	59
Figura 5.2.8. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH03_2 por elementos constructivos.	60
REH04: Intervención en suelo planta primera.	61
Tabla 5.2.5. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH04.....	61
Figura 5.2.9. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH04.....	61
Figura 5.2.10. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH04 por elementos constructivos.	62
REH05: Intervención en huecos de fachada (Sur). Instalación de protecciones solares. ...	63
Tabla 5.2.6. Resumen Demandas energéticas y ahorros totales REH05.....	63
Figura 5.2.11. Gráfico comparativo demandas energéticas E A vs E REH05.....	63
Figura 5.2.12. Gráfico comparativo de demandas energéticas de calefacción E A vs E REH05 por elementos constructivos.	64
6.- EVALUACIÓN DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS ($RATIO\ KWh^{NETO} AHORR/año\ \text{€INVERT}$) DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.	65
6.1.- Caso 1: Bloque de viviendas PB+4+BC del año 1975.	65
Tabla 6.1.1. Tabla resumen propuestas de mejora energética Caso 1.	65
Figura 6.1.1. Demandas totales anuales de propuestas de mejora Caso 1.	65
Figura 6.1.2. Ratio Kwh/año€ de cada propuesta de mejora energética Caso 1.	66
6.2.- Caso 2: Vivienda unifamiliar aislada PB+1+BC del año 1975.	67
Tabla 6.2.1 Tabla resumen propuestas de mejora energética Caso 2.	67
Figura 6.2.1. Demandas totales anuales de propuestas de mejora Caso 2.	67
Figura 6.2.2 Ratio Kwh/año€ de cada propuesta de mejora energética Caso 2.	68
10.2.- PUENTES TÉRMICOS.....	77
Figura 10.2.1. Modelado geométrico PT. Ecoeficiente.es.....	78
Figura 10.2. 2. Modelado geométrico PT. Ecoeficiente.es.....	78
Figura 10.2.3. Modelado geométrico PT. Ecoeficiente.es.....	78
Figura 10.2.4.- Cuadro de resultados THERM para PT_FF_EA.	80

10.-ANEXOS.

10.1.- RENOVACIONES E INFILTRACIONES DE AIRE.

La renovación de aire consiste en el reemplazar gradualmente el aire viciado o contaminado de una estancia, por aire nuevo, fresco. Dicha ventilación se podrá realizar de forma natural por viento o movimientos térmicos de aire, o de forma mecánica a través de ventiladores.

El CTE nos exige unos caudales mínimos de renovación para los proyectos. Desde un punto de vista energético los proyectos se deberían ceñir a esos mínimos, dado que la renovación de aire produce pérdidas energéticas muy importantes.

Por desgracia debido a las malas ejecuciones de obra en España, el mínimo exigido de renovaciones hora por la normativa vigente, se cumple muy por encima de lo exigido, debido a las infiltraciones no controladas de aire del exterior.

El sistema de construcción habitual en España hace que las edificaciones tengan gran cantidad de infiltraciones en los acoples de carpinterías con los cerramientos, tabiques medianeros que no sellan con los forjados, conducciones eléctricas ó acometidas de instalaciones que comunican viviendas con otras zonas.

La Estanqueidad de la envolvente de un edificio es un requisito fundamental para lograr la eficiencia energética. El aire climatizado perdido por las infiltraciones, requiere un importante consumo adicional de energía para mantener la temperatura de confort. Por ello, además de un buen diseño se necesita una correcta ejecución y montaje de los elementos de la envolvente. Cuando se habla de la estanqueidad al aire de un edificio, se refiere a su capacidad de evitar la circulación no controlada de aire.

Además existe un elevado riesgo de condensaciones intersticiales en el interior del cerramiento si el aire húmedo que se escapa condensa dentro de la fisura. Por otra parte, esta circulación de aire supone la entrada de polvo, olores y contaminantes del exterior ó de viviendas vecinas. También implican puentes acústicos aéreos

El ensayo blower-door permite conocer el volumen de infiltraciones no deseadas conforme a la norma EN 13829. Se creó en Suecia en 1975, y está plenamente consolidado en Europa y EEUU desde hace décadas como ensayo básico de hermeticidad en los edificios. Es uno de los requisitos fundamentales para obtener un valor de las renovaciones de aire por hora para poder simular energéticamente de una forma más cercana a la realidad.

Como referencia, el aumento de 1 a 1,5 renov/hora aumenta un 50% el consumo de energía para calentar dicho aire infiltrado. Es por ello de vital importancia la inclusión en los proyectos edificatorios de sistemas con ventilación cruzada o sistemas con elementos de recuperación de calor.

Para las simulaciones energéticas se tomará como valor teórico de número de renovaciones hora la de 1.5 renov/hora.

La equivalencia en caudal de ventilación en l/s para los casos a estudio será el siguiente:

CASO 1: Bloque de viviendas PB+4+BC.

El caudal equivalente Q_{EQUI} a 1,5 renov/h para la simulación energética correspondiente al bloque de viviendas será de 133,39 l/seg. Y se ha calculado de la siguiente manera:

$$Q_{PT} = 1,5 \frac{ren}{h} \times \frac{1 h}{3600 seg} \times \frac{325,807 m^3}{1 ren} \times \frac{1000 l}{1 m^3} = 135,75 l/seg$$

$$Q_{BC} = 1,5 \frac{ren}{h} \times \frac{1 h}{3600 seg} \times \frac{295,087 m^3}{1 ren} \times \frac{1000 l}{1 m^3} = 122,95 l/seg$$

$$Q_{EQUI} = \frac{(4 \times 325,807 \times 135,75) + (1 \times 295,087 \times 122,95)}{(4 \times 325,807) + (1 \times 295,087)} = 133,39 l/seg$$

CASO 2: Vivienda unifamiliar aislada PB+1+BC.

El caudal equivalente Q_{EQUI} a 1,5 renov/h para la simulación energética correspondiente a la vivienda unifamiliar aislada será de 105,38 l/seg. Y se ha calculado de la siguiente manera:

$$Q_{PB} = 1,5 \frac{ren}{h} \times \frac{1 h}{3600 seg} \times \frac{99,08 m^3}{1 ren} \times \frac{1000 l}{1 m^3} = 41,28 l/seg$$

$$Q_{P1} = 1,5 \frac{ren}{h} \times \frac{1 h}{3600 seg} \times \frac{343,76 m^3}{1 ren} \times \frac{1000 l}{1 m^3} = 143,23 l/seg$$

$$Q_{BC} = 1,5 \frac{ren}{h} \times \frac{1 h}{3600 seg} \times \frac{125 m^3}{1 ren} \times \frac{1000 l}{1 m^3} = 52,08 l/seg$$

$$Q_{EQUI} = \frac{(99,08 \times 41,28) + (343,76 \times 143,23) + (125 \times 52,08)}{99,08 + 343,76 + 125} = 105,38 l/seg$$

10.2.- PUENTES TÉRMICOS.

El CTE en su sección HE 1 define puente térmico como "...aquella zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción... por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc., que conllevan una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento".

Los puentes térmicos se localizan, principalmente, en los encuentros de los distintos elementos constructivos que componen una edificación, como por ejemplo: el encuentro entre forjado y fachada, encuentro entre pilares y fachada, encuentro entre cubierta y fachada, encuentro entre solera y fachada, caja de persianas... Los puentes térmicos pueden ser debidos a la geometría, a fallos en la ejecución o a la reducción o ausencia de aislamiento por una resolución no muy correcta de los encuentros entre distintos elementos de la construcción. Un buen diseño y ejecución de dichos encuentros hará que los puentes térmicos tengan una menor relevancia en las demandas energéticas de las edificaciones.

Los puentes térmicos son responsables de patologías como las condensaciones superficiales, que producen la aparición de humedades y moho en las superficies interiores de las viviendas.

Para introducir los puentes térmicos en la simulación energética se deberá conocer su transmitancia térmica lineal Ψ (W/mK). Para el cálculo de Ψ (W/mK) y f_{RSI} se ha utilizado el software de cálculo THERM, un programa de análisis de transmisión de calor bi-dimensional a través de elementos constructivos desarrollado por el Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) de Estados Unidos.

Para el modelado y cálculo de los puentes térmicos en THERM se ha realizado conforme a la UNE-EN ISO 10211:2007: Puentes térmicos en edificación y Flujos de calor y temperaturas superficiales, donde especifica cómo debe ser el modelado geométrico de los puentes térmicos, así como se debe realizar el cálculo de la transmitancia térmica lineal.

Se realizará el cálculo de un total de ocho tipologías de puentes térmicos como son: forjado-fachada, cubierta-fachada, suelo exterior-fachada, solera-fachada, esquina saliente fachada, esquina entrante fachada, hueco ventana y pilar con fachada.

El procedimiento de trabajo será el siguiente:

1. Modelado geométrico del puente térmico según UNE-EN ISO 10211:2007.

El modelo geométrico consta del elemento central bidimensional, los elementos de flanco bidimensionales y, en su caso, el terreno. El modelo geométrico está delimitado por los planos de corte.

Los planos de corte deben posicionarse como sigue:

- 1 metro (o 3 veces el espesor del cerramiento si es mayor) al menos del elemento central si no hay un plano de simetría más cercano.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

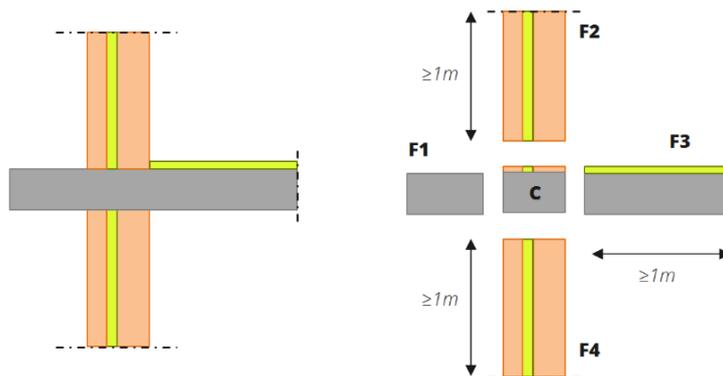


Figura 10.2.1. Modelado geométrico PT. Ecoeficiente.es

- A un plano de simetría si hay menos de 1 metro del elemento central.

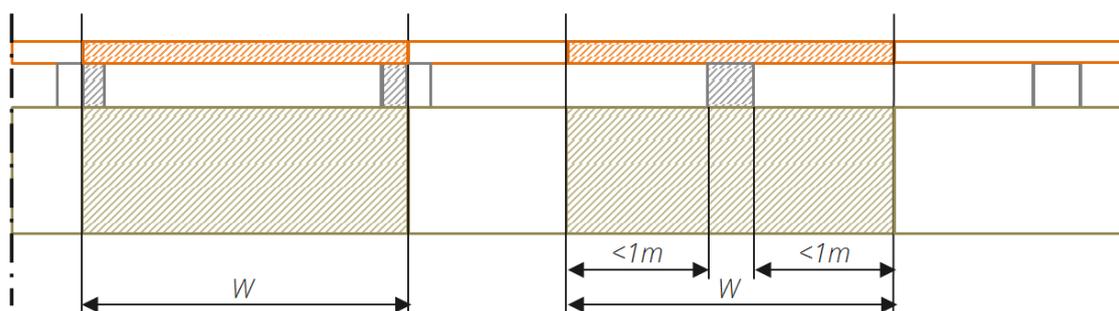


Figura 10.2. 2. Modelado geométrico PT. Ecoeficiente.es

- En el terreno de acuerdo con la tabla:

Dirección	Distancia al elemento central	
	Cálculos de temperatura superficial	Cálculos de flujo térmico y temperatura superficial
Distancia horizontal al plano vertical, dentro del edificio	Al menos tres veces el espesor del muro	$0,5 \cdot b$
Distancia horizontal al plano vertical, fuera del edificio	Al menos tres veces el espesor del muro	$2,5 \cdot b$
Distancia vertical al plano horizontal bajo el nivel del terreno	Al menos 3 metros	$2,5 \cdot b$
Distancia vertical al plano horizontal bajo el nivel del terreno (se aplica sólo si el nivel del suelo considerado está a más de 2m bajo el nivel del terreno)	Al menos 1 metro	$2,5 \cdot b$

Figura 10.2.3. Modelado geométrico PT. Ecoeficiente.es

2. Condiciones de contorno.

Temperatura

Como temperaturas de contorno se establecerán para el interior 20°C y la exterior 0°C

Resistencia superficial interior

Las resistencias superficiales de las superficies interiores Rsi serán:

Flujo horizontal o no se tiene seguridad de la dirección del flujo: Rsi = 0,13 m²·K/W

Flujo vertical ascendente: Rsi = 0,10 m²·K/W

Flujo vertical descendente: Rsi = 0,17 m²·K/W

Resistencia superficial exterior

La resistencia superficial exterior será: Rse = 0,04 m²·K/W

Planos de corte

La condición de contorno en los planos de corte será adiabática (flujo de calor nulo).

3. Propiedades de los materiales.

La conductividad de los materiales se calculará conforme a la ISO 10456, o se tomará de valores tabulados como la ISO 10456 ó el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

La conductividad del terreno se tomará como 2,0 W/m·K.

4. Cálculo de la transmitancia térmica lineal del puente térmico Ψ .

Para el cálculo de la transmitancia térmica lineal del puente térmico se aplicará la siguiente fórmula:

$$\Psi = \frac{\Phi}{\Delta T} - \sum_{i=0}^n U_i l_i$$

El software THERM será el encargado de calcularnos el flujo Φ en Wattios, la ΔT será 20, la transmitancia "U" y la longitud "l" de los flancos será el correspondiente a cada caso.

EJEMPLO DE CÁLCULO DE PUENTE TÉRMICO

A continuación se expondrá un ejemplo de cálculo de puente térmico utilizando la fórmula expuesta en el punto 4. Para el ejemplo se ha tomado el puente térmico de frente de forjado en su estado actual, con denominación PT_FF_EA.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

En primer lugar se simulará el PT en el software Therm, obteniendo los siguientes resultados térmicos:

	U-factor W/m2.K	delta T C	Length mm	Rotation	Heat Flow W
SUP Exterior	2.1174	20.0	2250	N/A	95.2810
Interior Vertical	2.8488	20.0	1667.21	N/A	94.9920
Edge	1.9011	20.0	7.61926	N/A	0.2897

Display:
 U-factor
 R-value

% Error Energy Norm: 7.29%

Export
OK

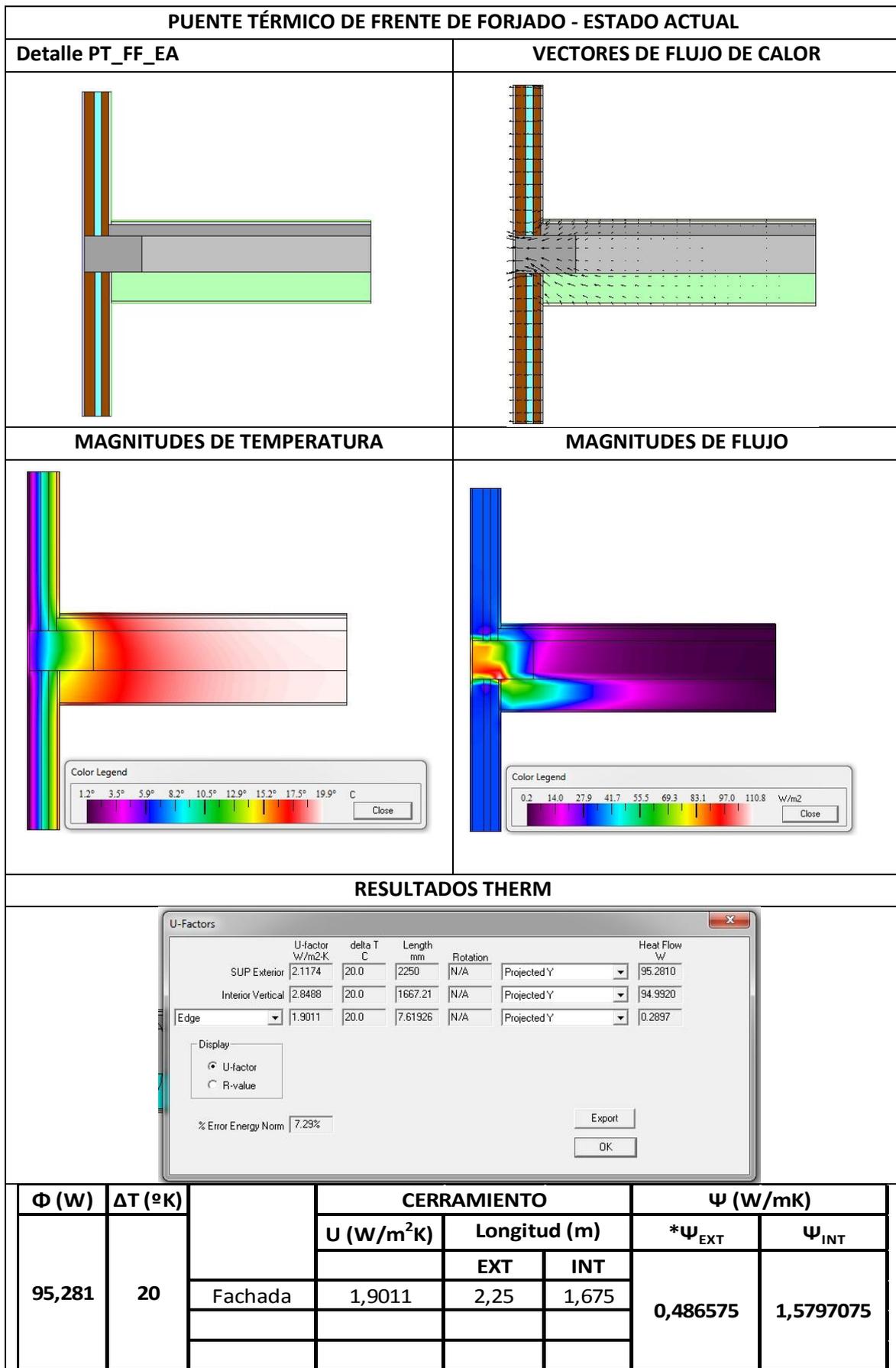
Figura 10.2.4.- Cuadro de resultados THERM para PT_FF_EA.

Una vez obtenidos los resultados de la simulación energética del encuentro a estudio se podrá sacar los valores de la transmitancia térmica lineal del Punte Térmico en W/mK.

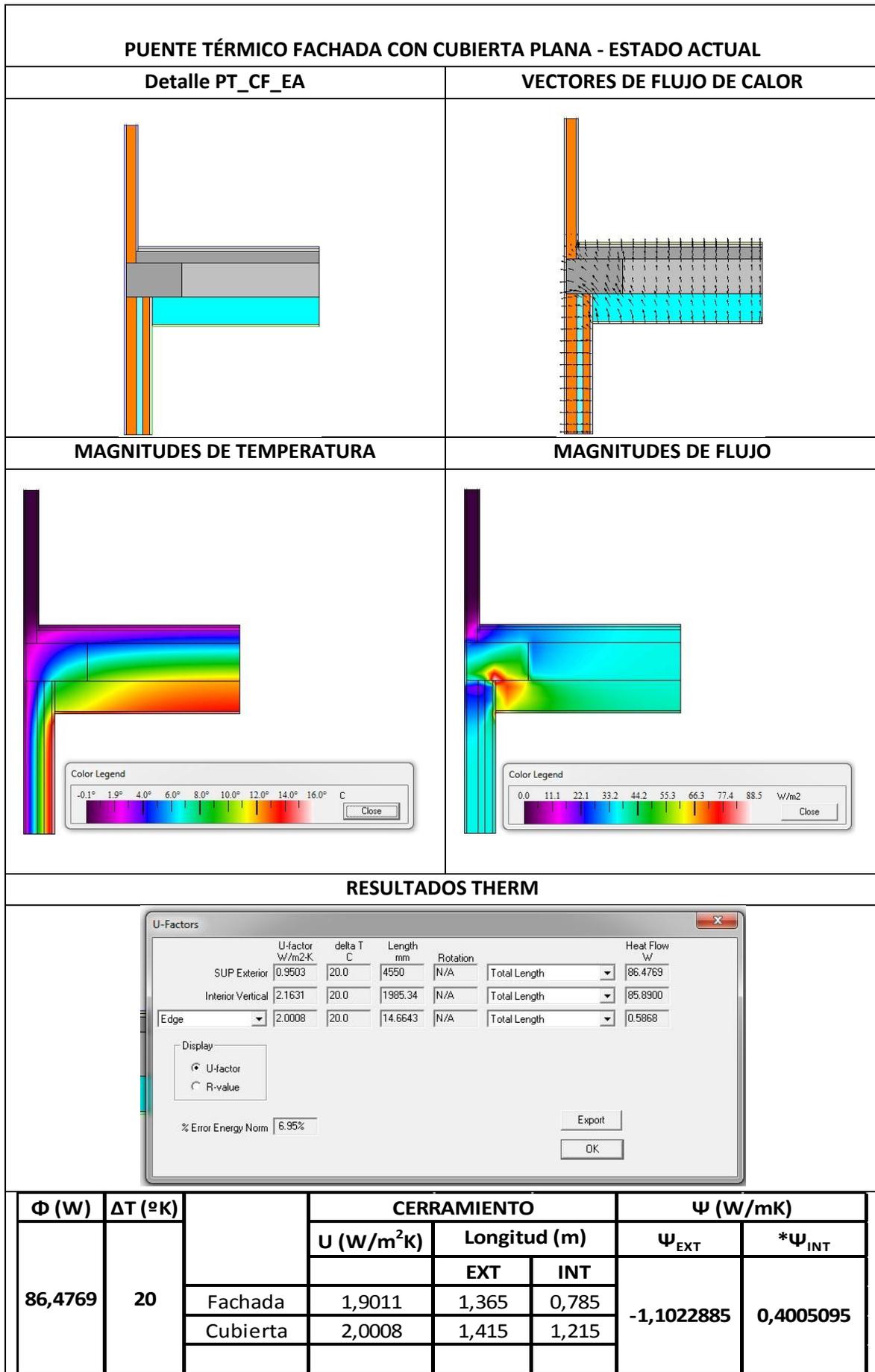
$$\Psi = \frac{\Phi}{\Delta T} - \sum_{i=0}^n U_i l_i$$

$$\psi = \left(\frac{95,281}{20} \right) - (1,9011 \times 2,25) = 0,487 \frac{W}{mK}$$

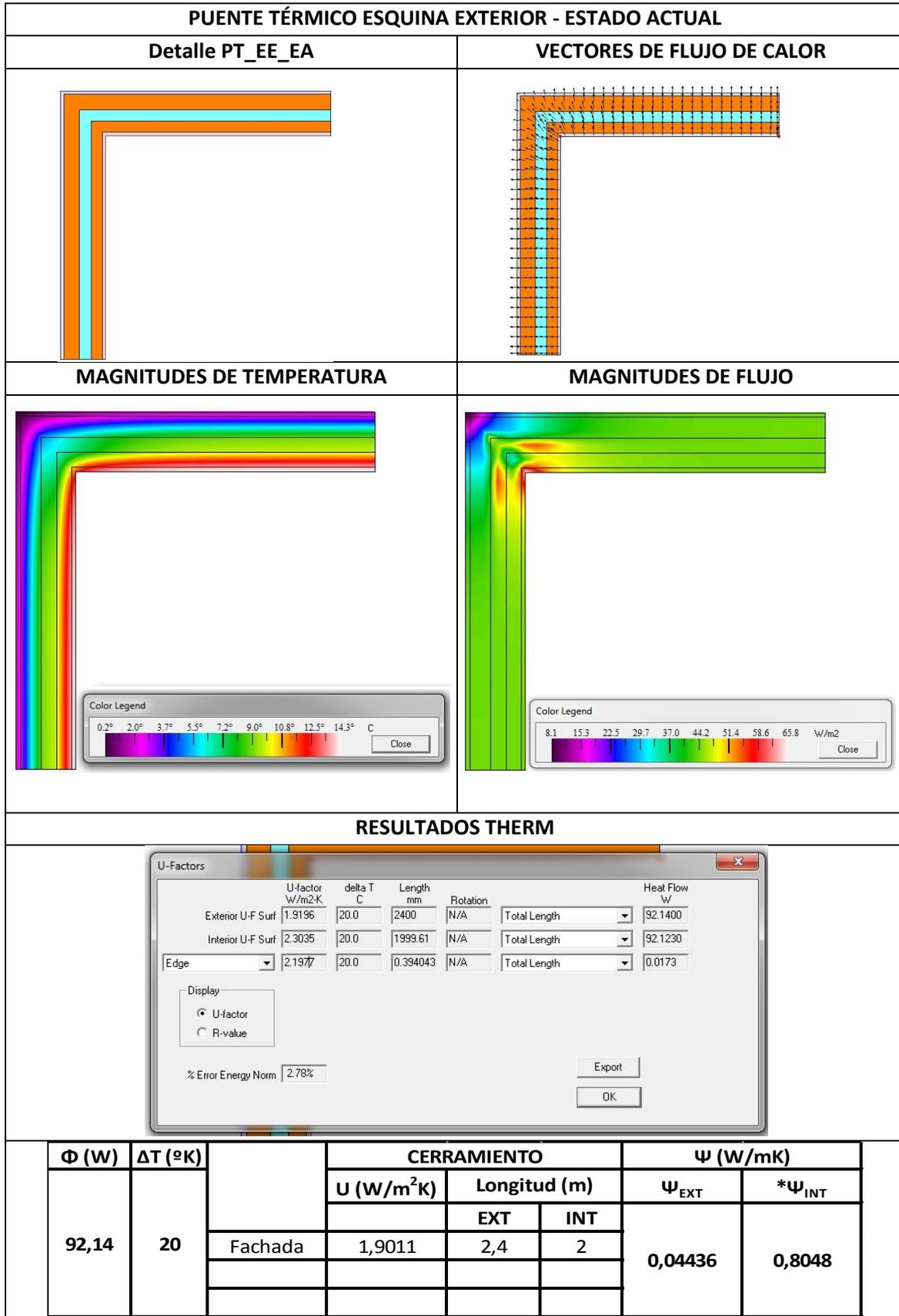
10.2.1.- FICHAS Puentes TÉRMICOS ESTADO ACTUAL.



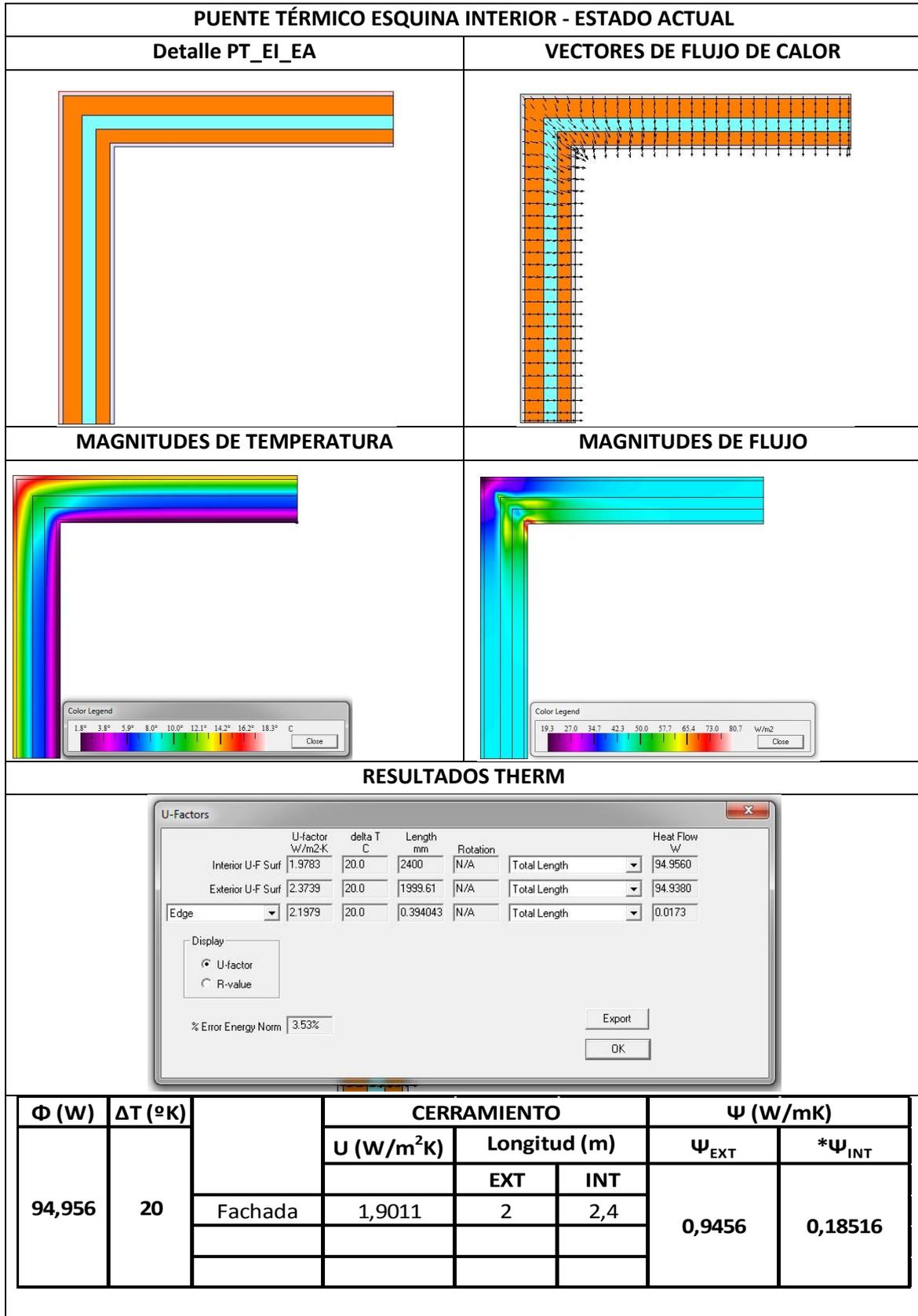
**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



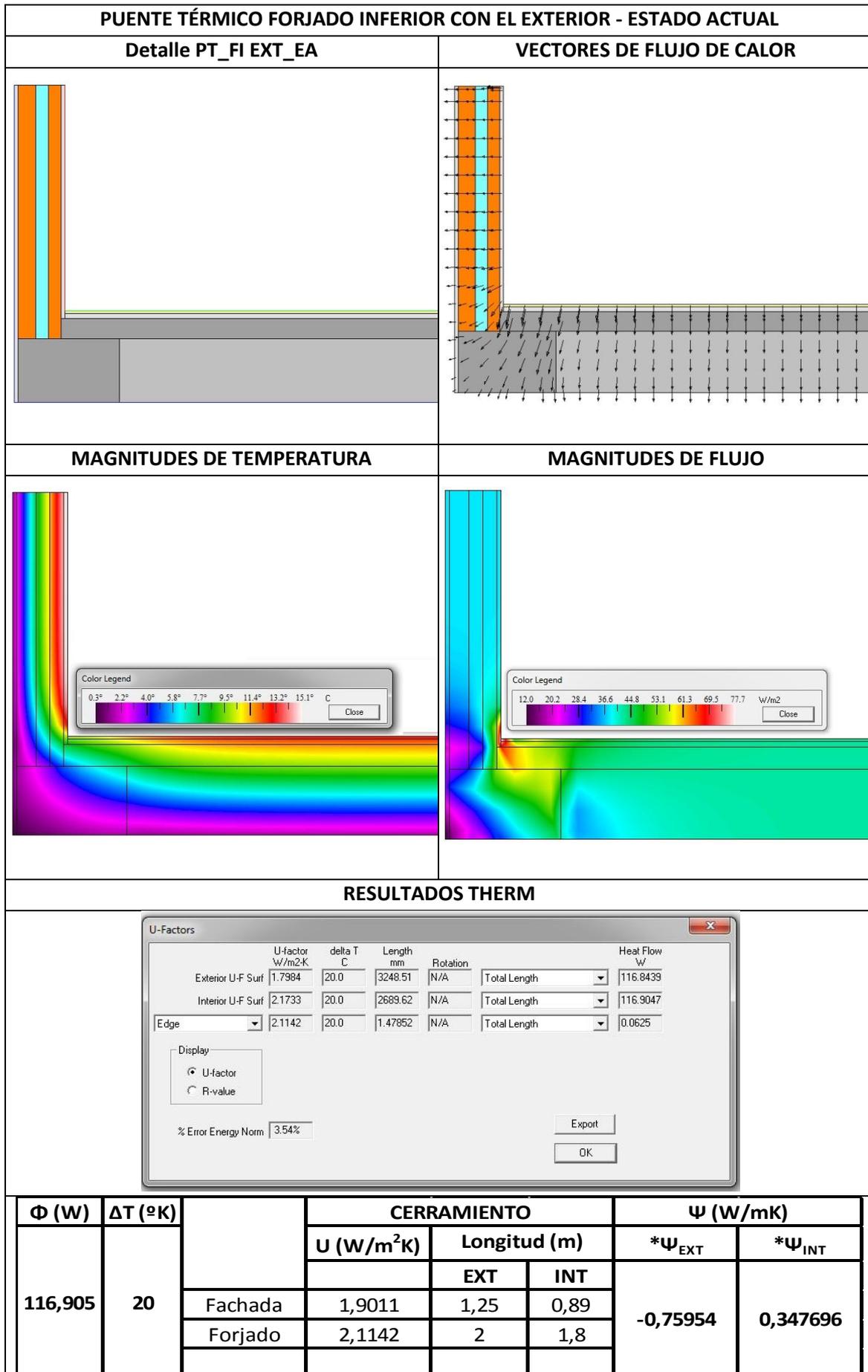
**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



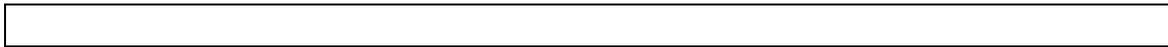
**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



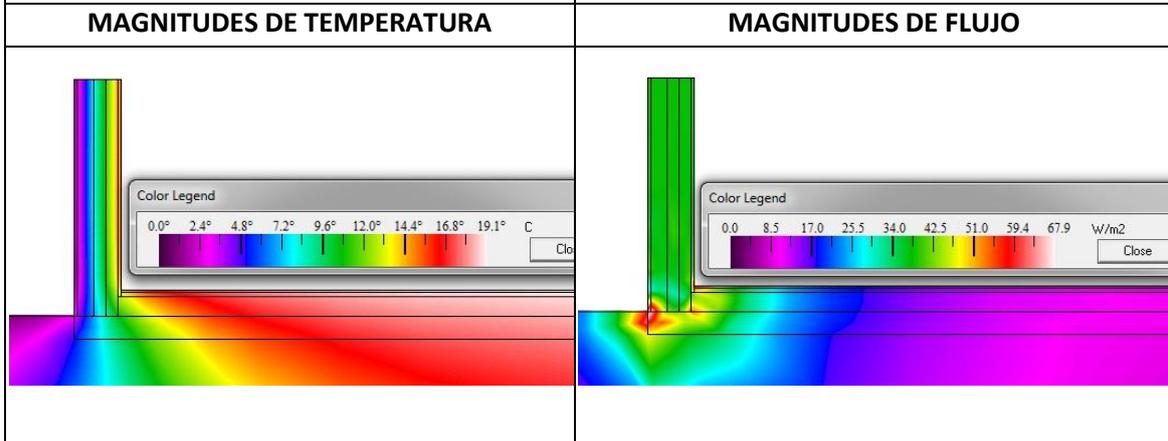
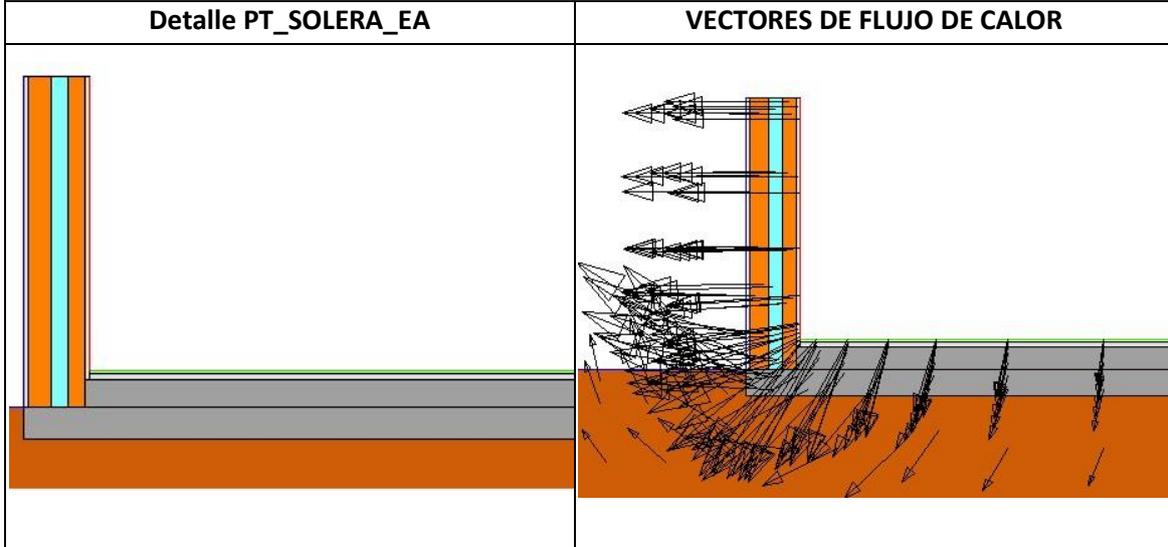
Autor: Alejandro Parcero Iglesias

Director: Juan Luis Pérez Ordóñez; Dep. Tecnología de la construcción.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



PUENTE TÉRMICO SOLERA TERRENO - ESTADO ACTUAL



RESULTADOS THERM

U-Factors						
	U-factor W/m2.K	delta T C	Length mm	Rotation		Heat Flow W
Interior U-F Surf	1.0448	20.0	3818.45	N/A	Total Length	79.7908
Edge	0.4299	20.0	1.37695	N/A	Total Length	0.0118
Exterior U-F Surf	0.2399	20.0	16630	N/A	Total Length	79.8040

Display: U-factor R-value

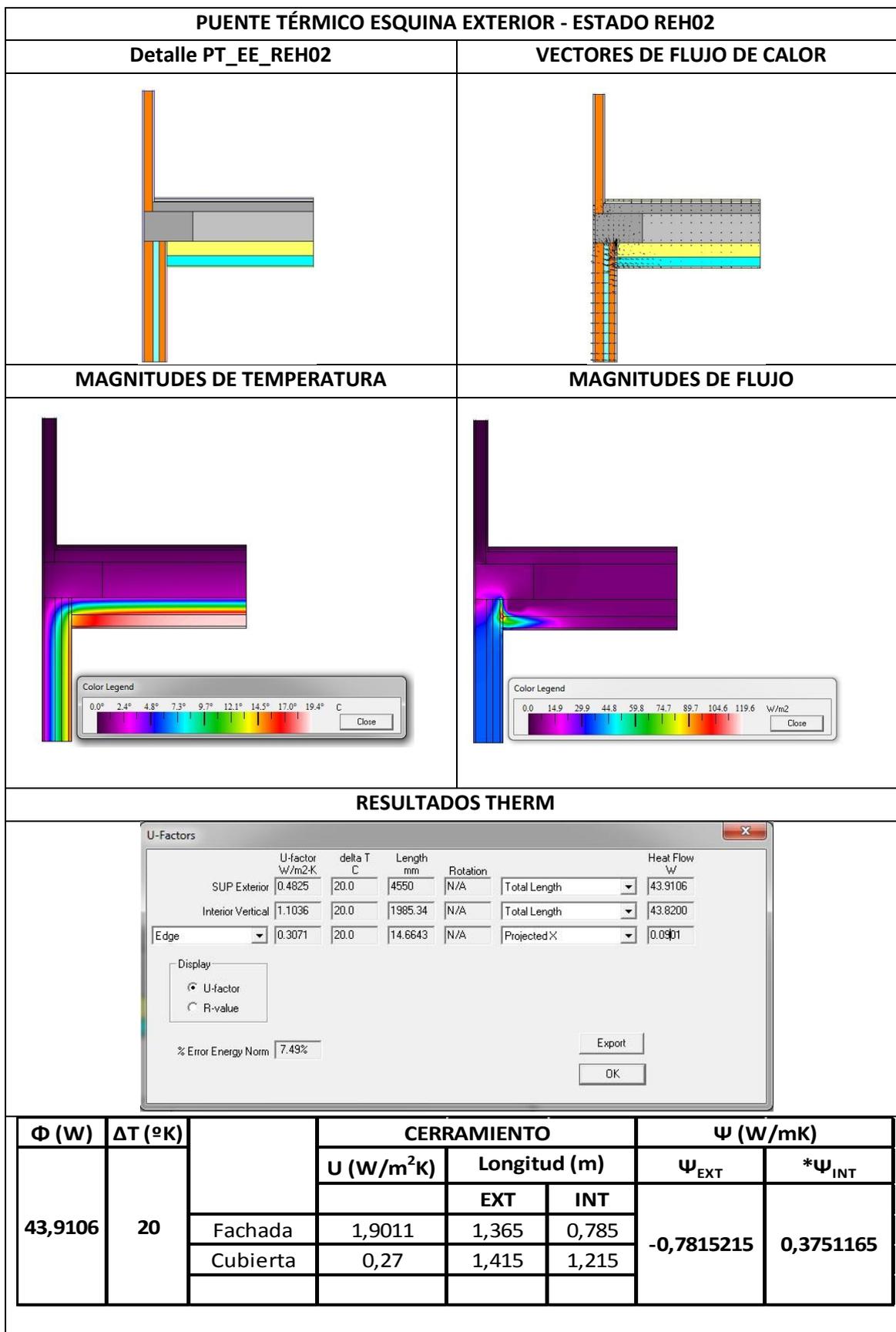
% Error Energy Norm: 9.03%

Export OK

Φ (W)	ΔT (°K)		CERRAMIENTO			Ψ (W/mK)	
			U (W/m ² K)	Longitud (m)		Ψ_{EXT}	$*\Psi_{INT}$
				EXT	INT		
79,804	20	Fachada	1,9011	1,1	0,89	0,553403	1,038614
		Solera	0,4299	3,13	2,93		

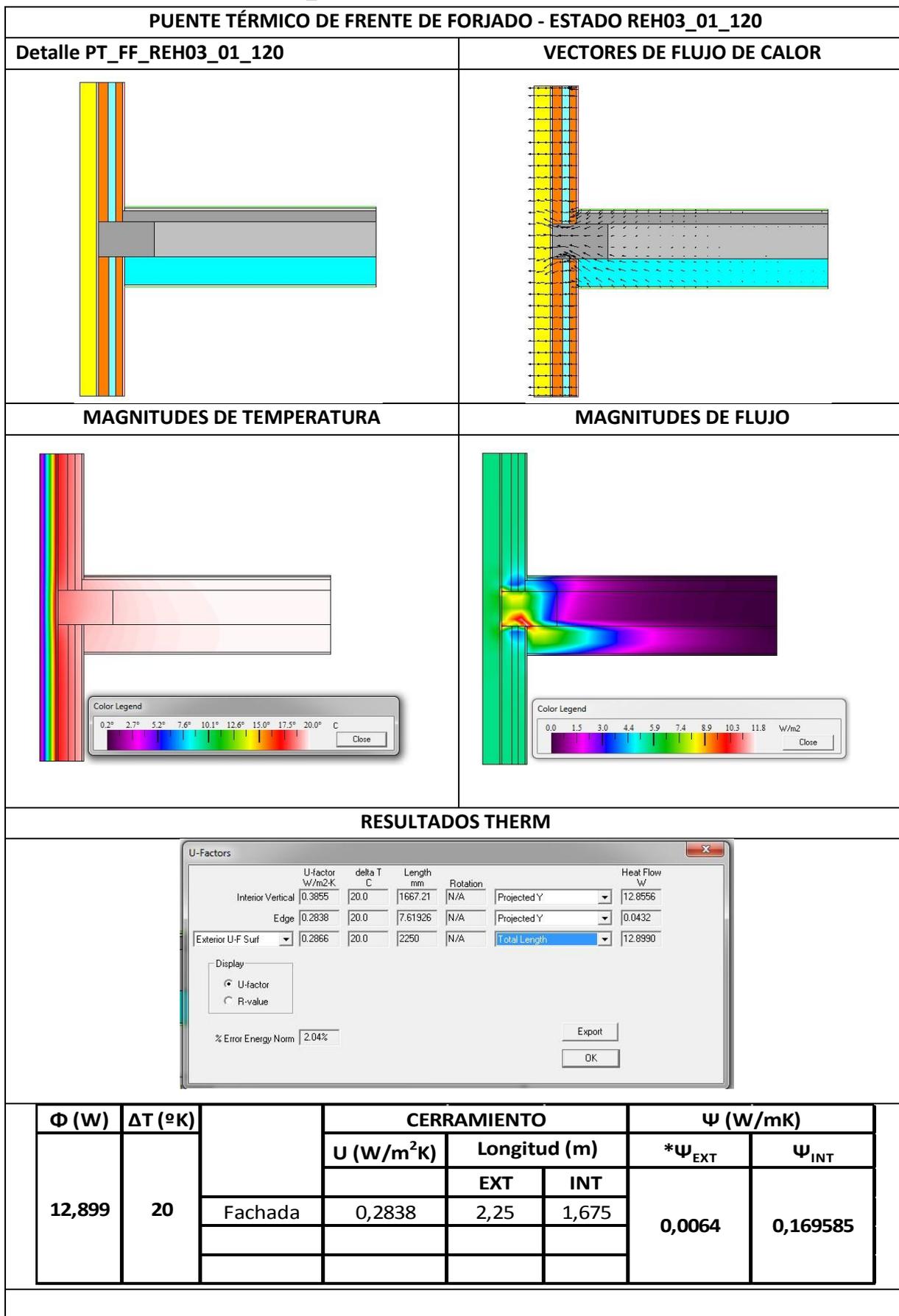
10.2.2.- FICHAS PUENTES TÉRMICOS ESTADO REHABILITADO.

PUENTES TÉRMICOS CON REH02: CUBIERTA con EPS de 120 mm de $\lambda= 0,040 \text{ W/mK}$.

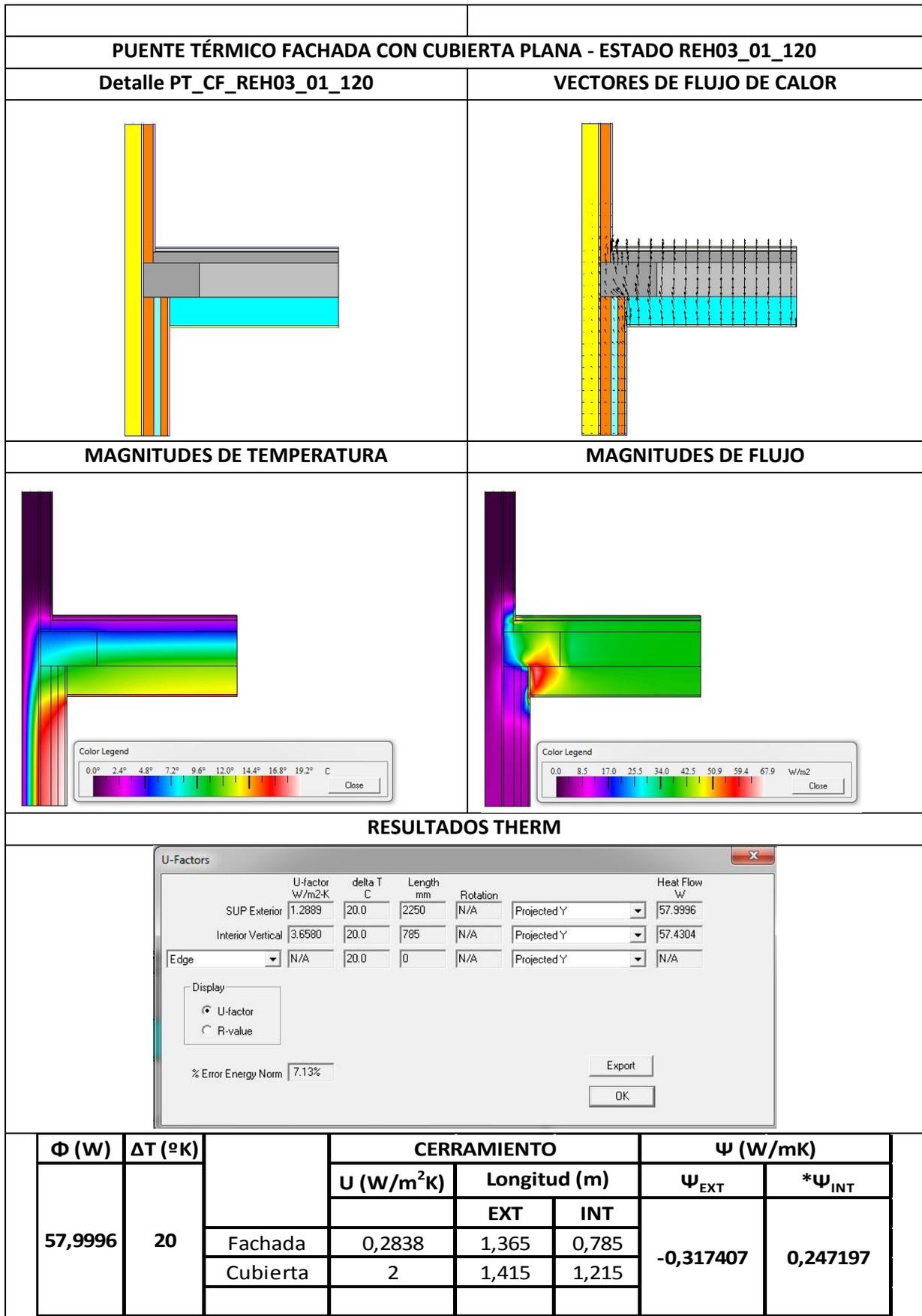


**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

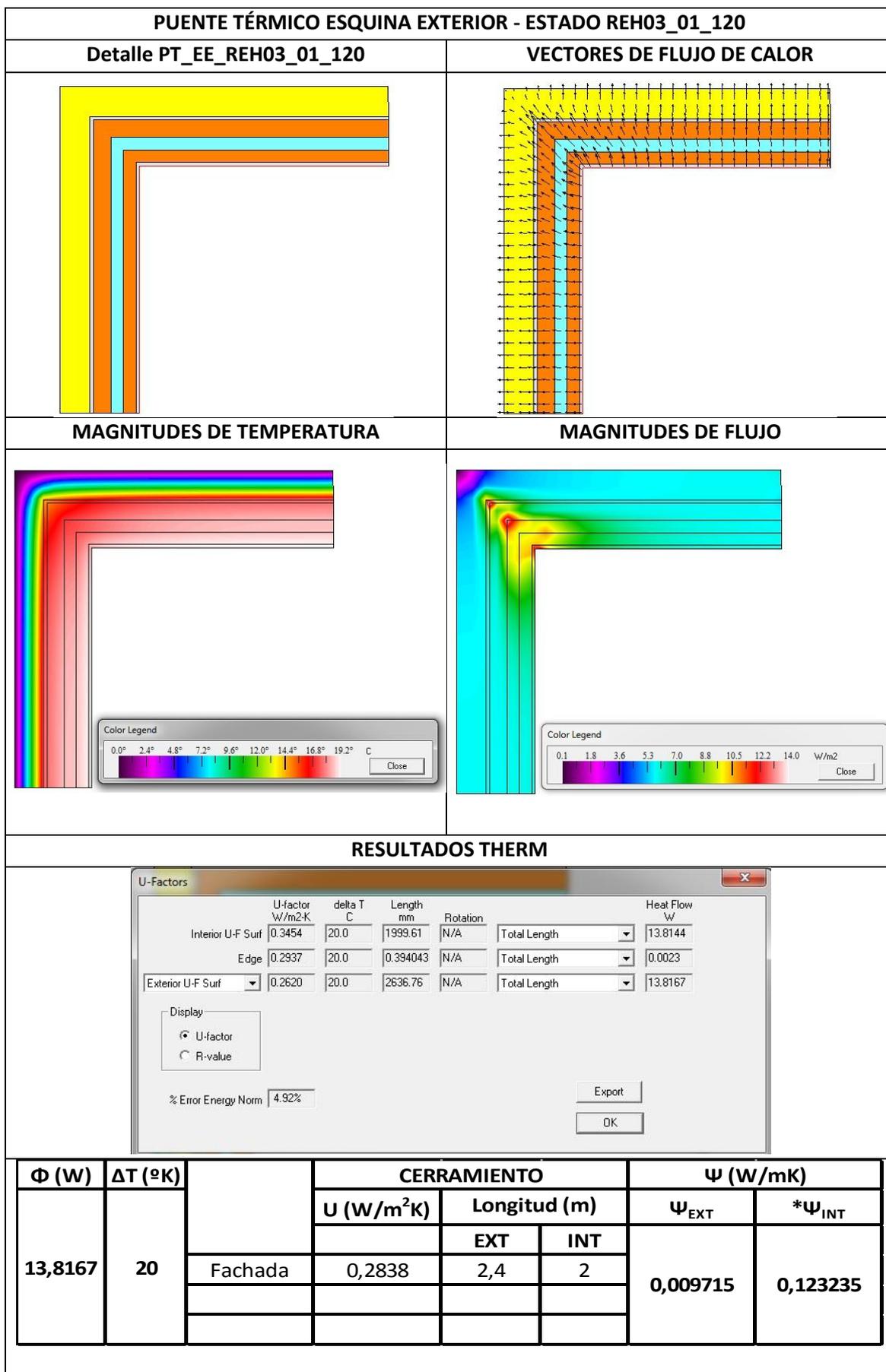
PUNTES TÉRMICOS CON REH03_01: SATE EPS de 120 mm de $\lambda= 0,040$ W/mK.



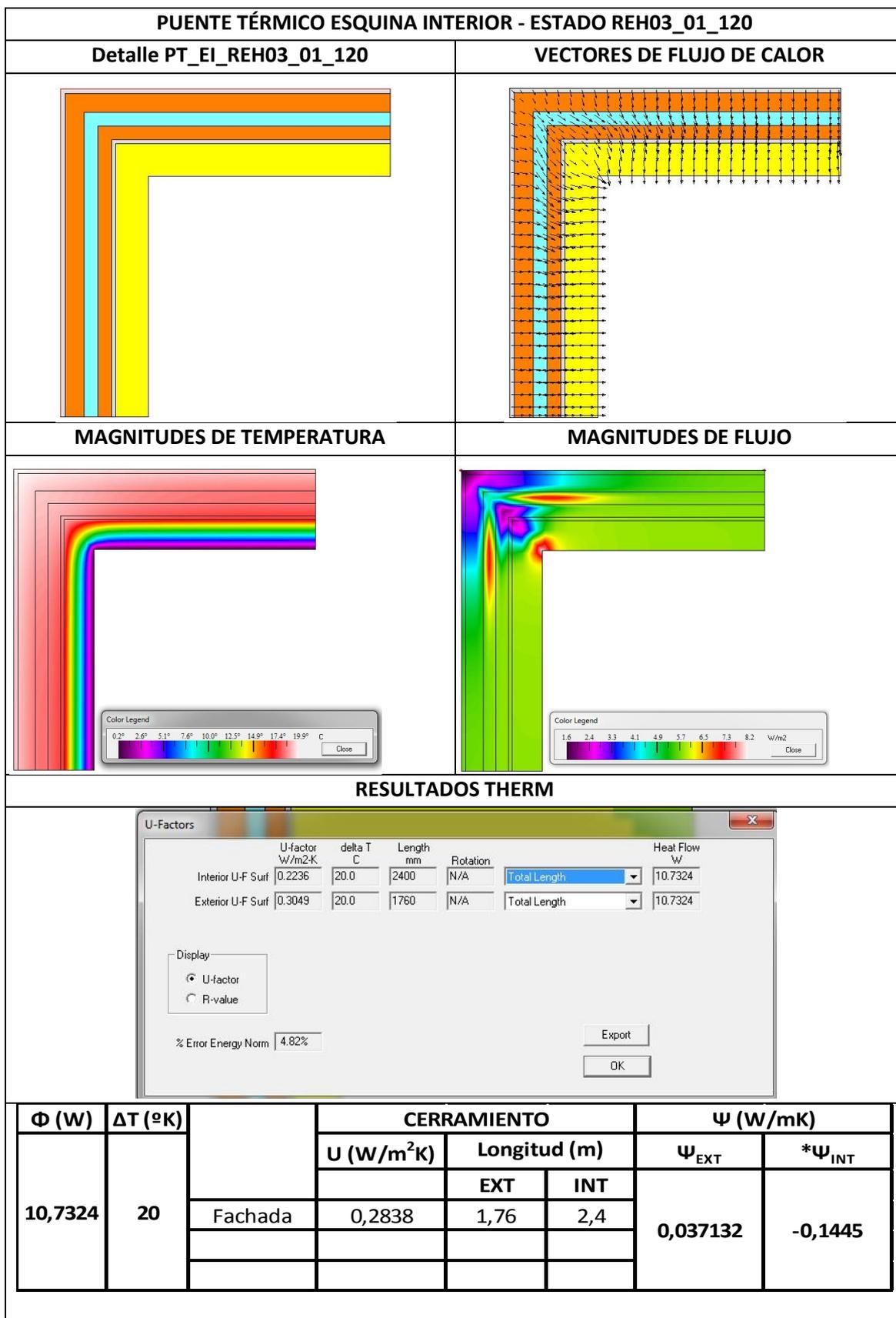
**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



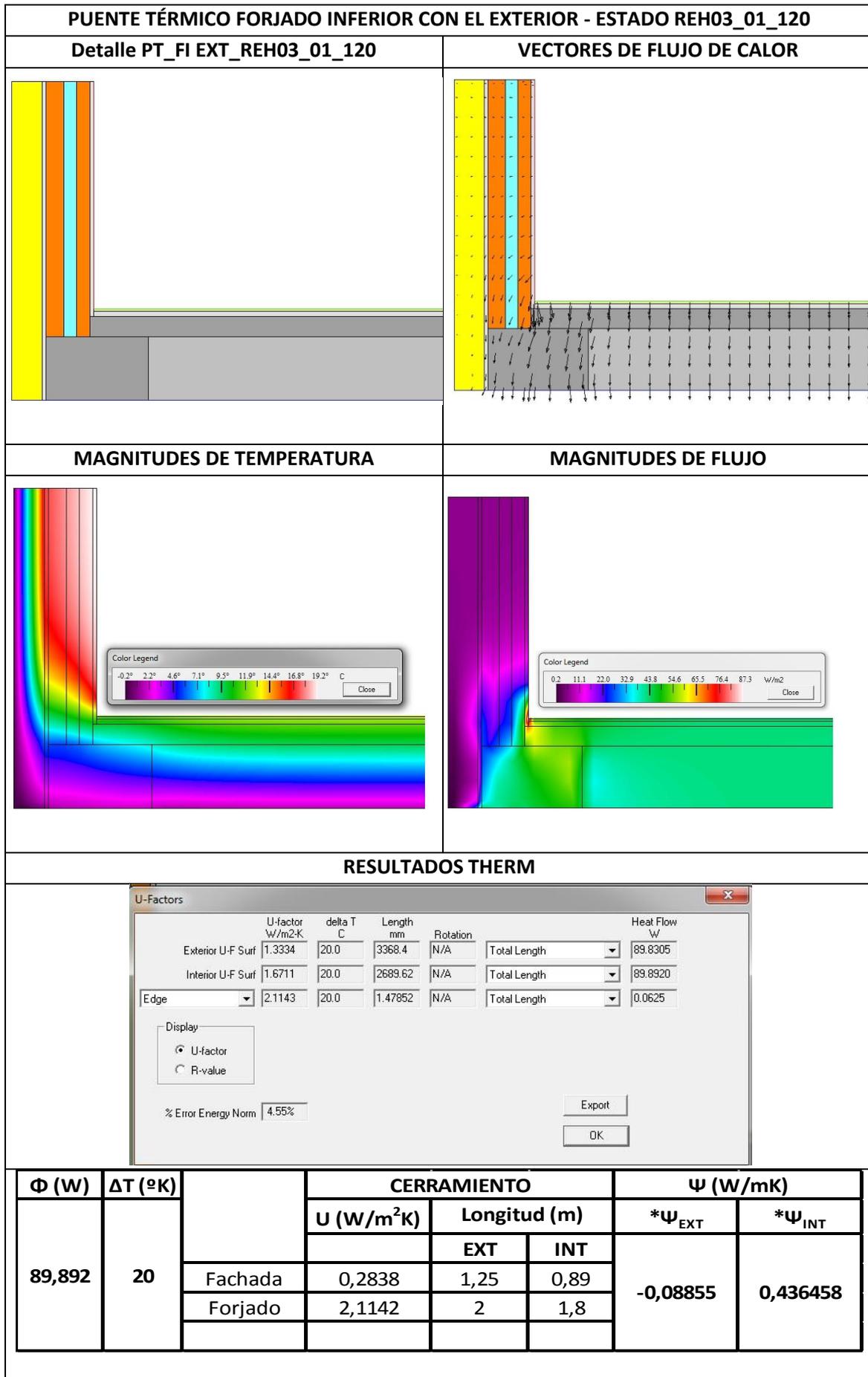
**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.



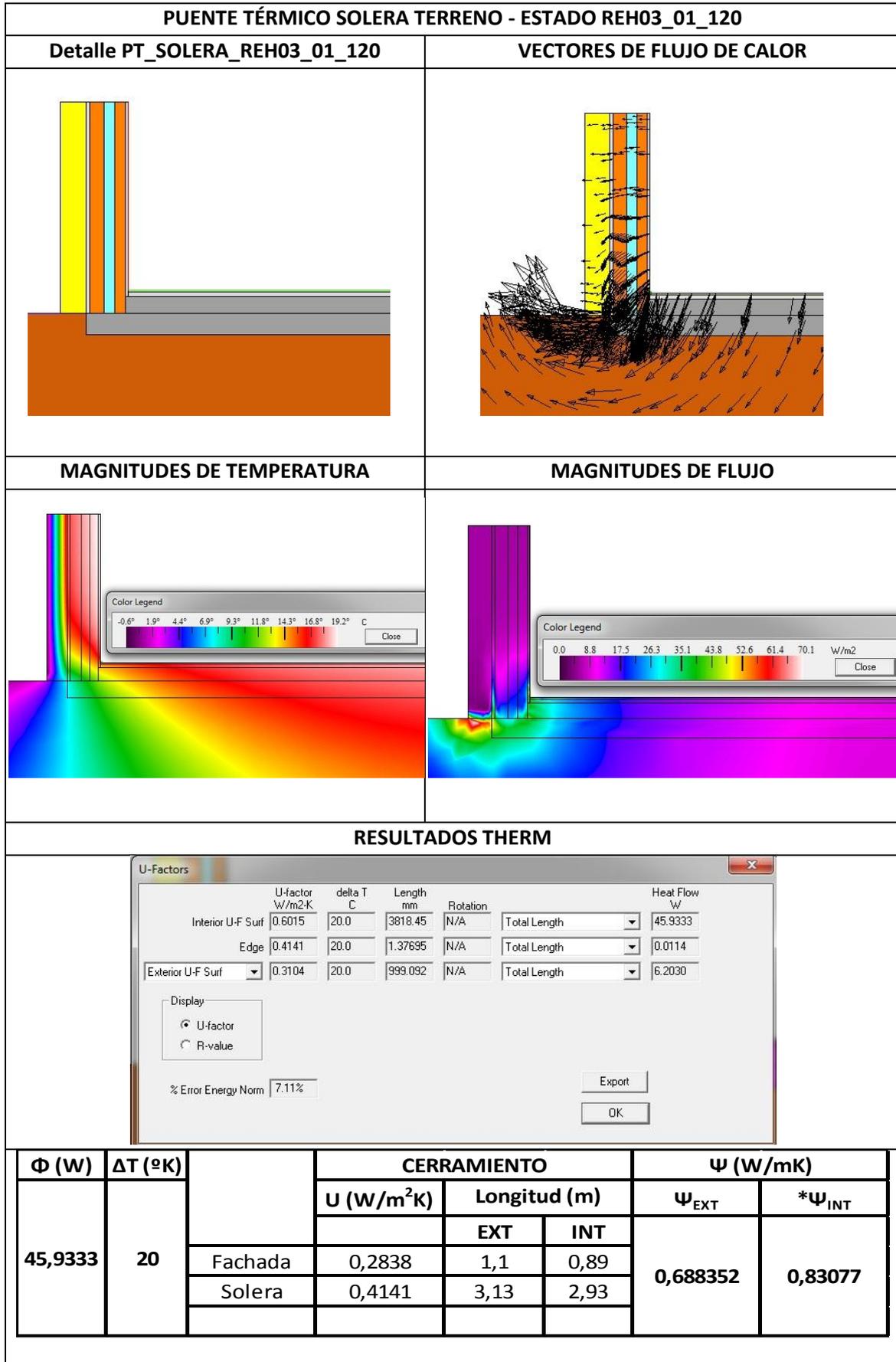
**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



Autor: Alejandro Parcero Iglesias

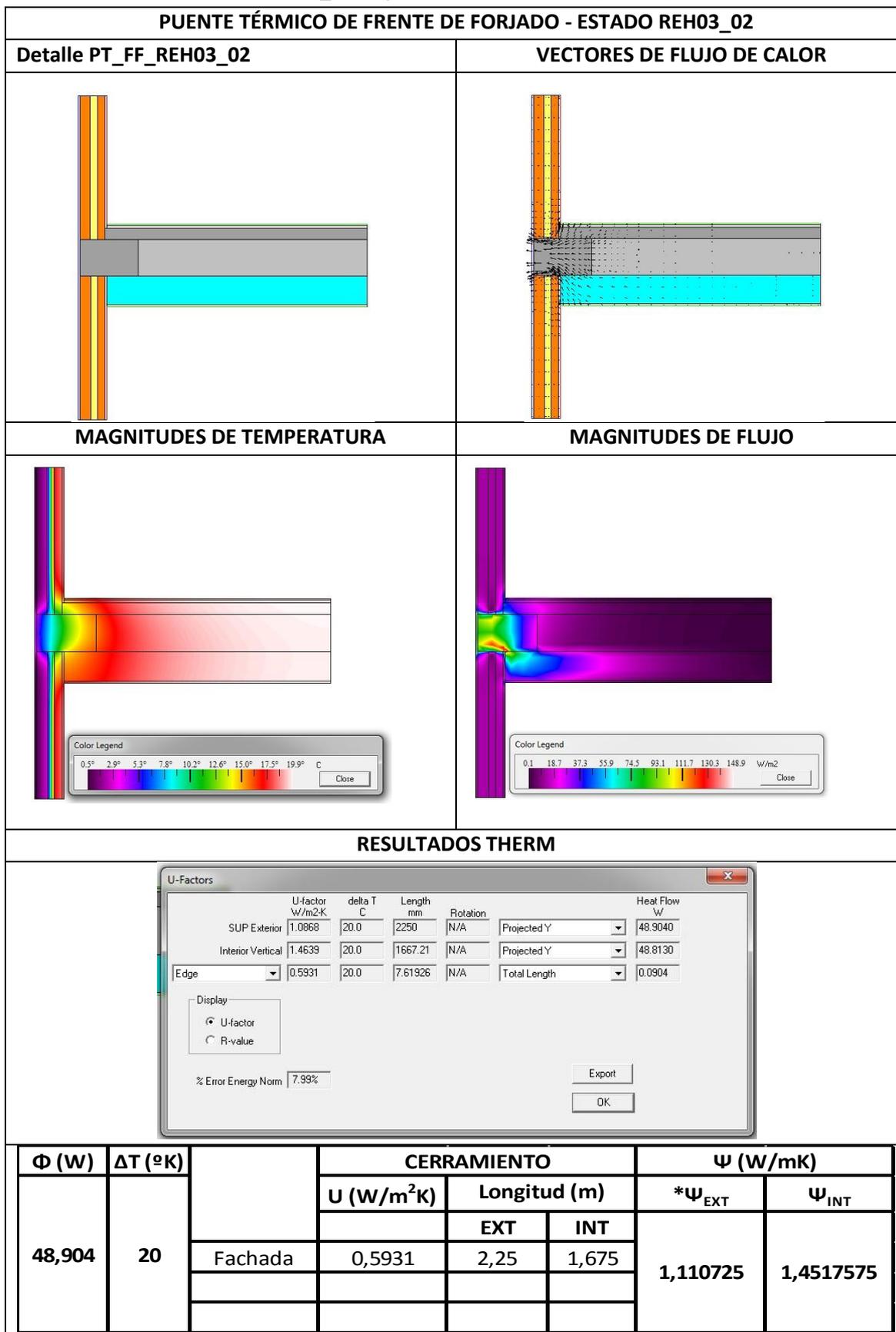
Director: Juan Luis Pérez Ordóñez; Dep. Tecnología de la construcción.

**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

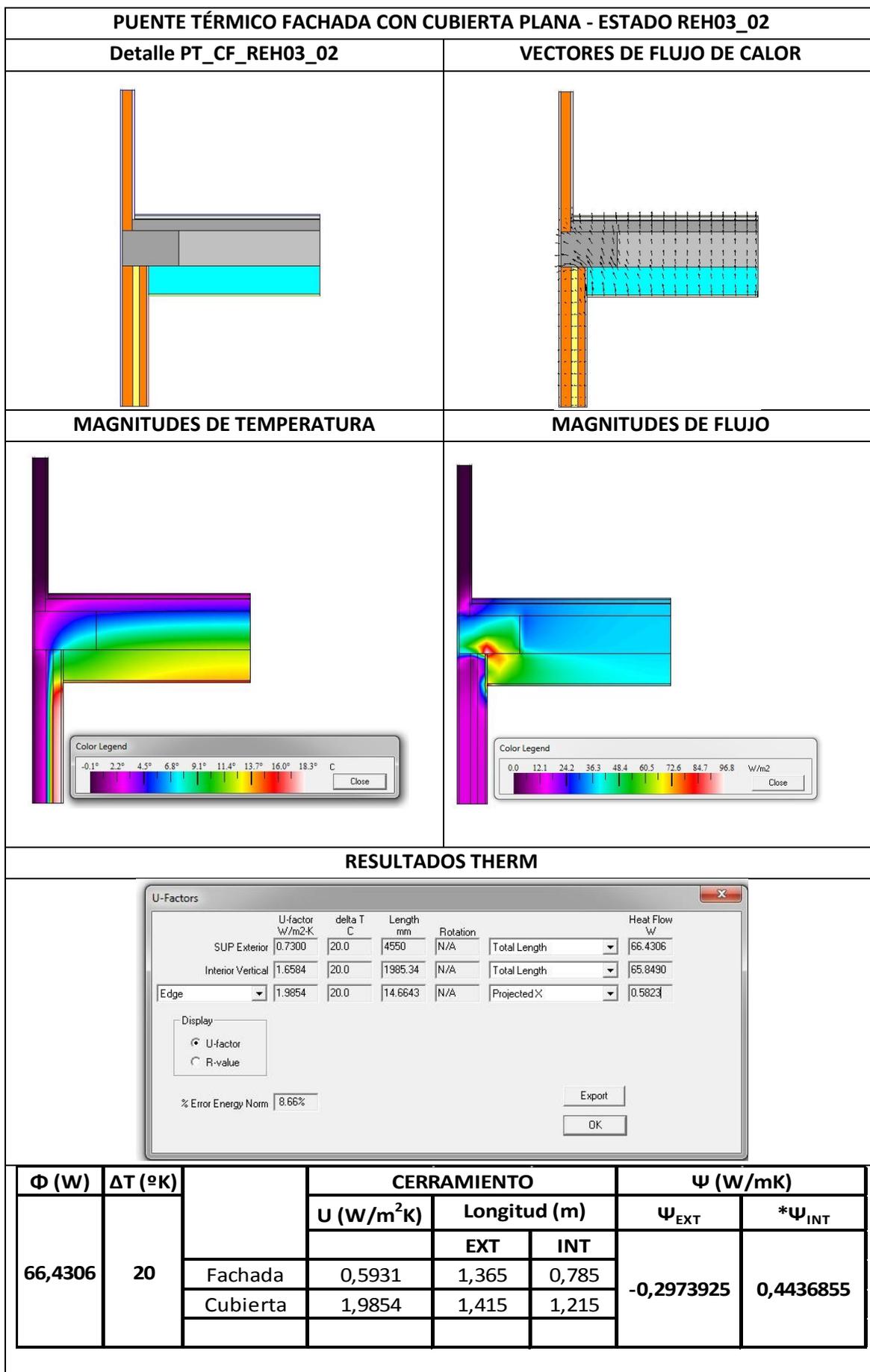


ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

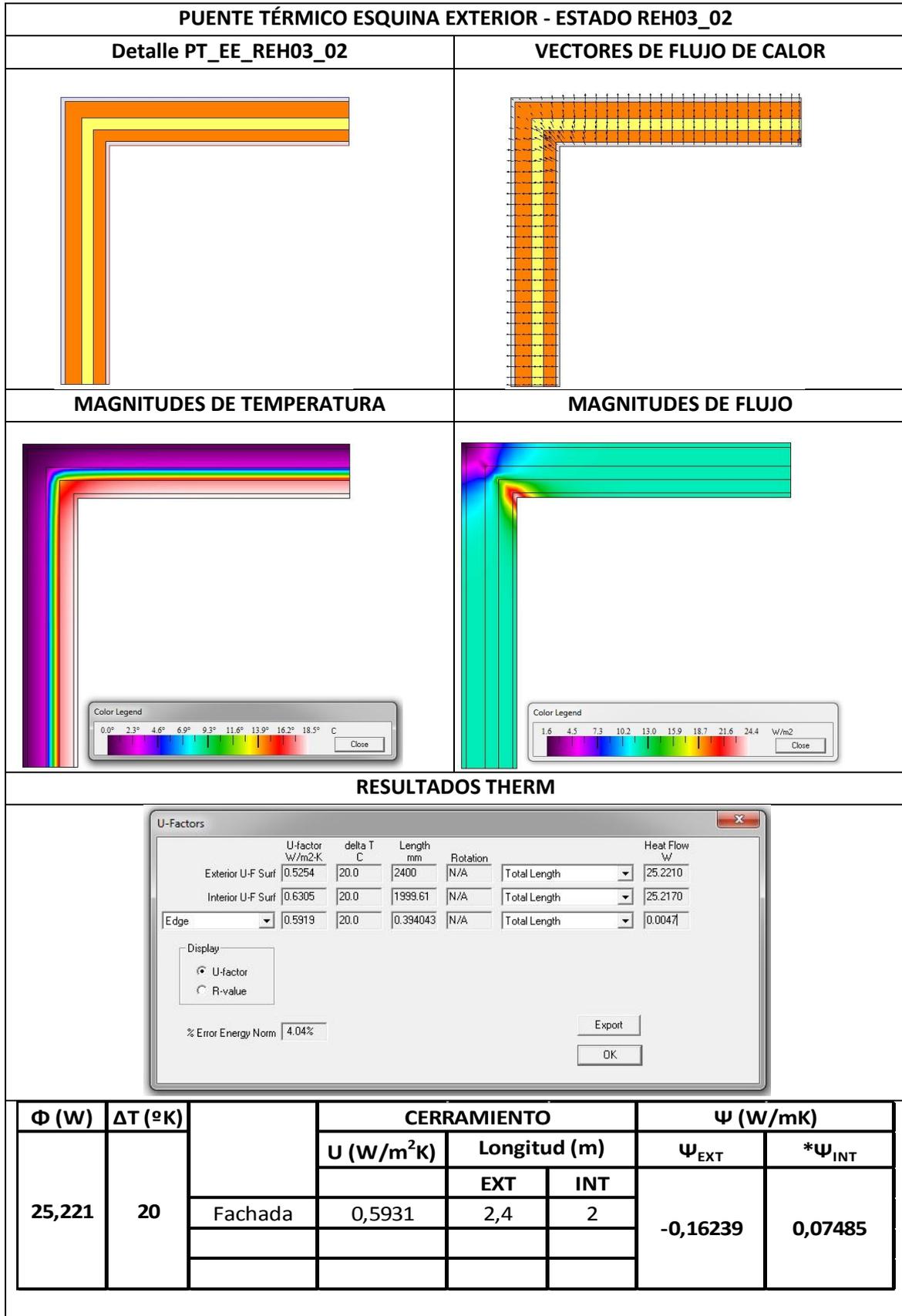
PUENTES TÉRMICOS CON REH03_02: Inyección de PUR de $\lambda= 0,040 \text{ W/mK}$ en CA.



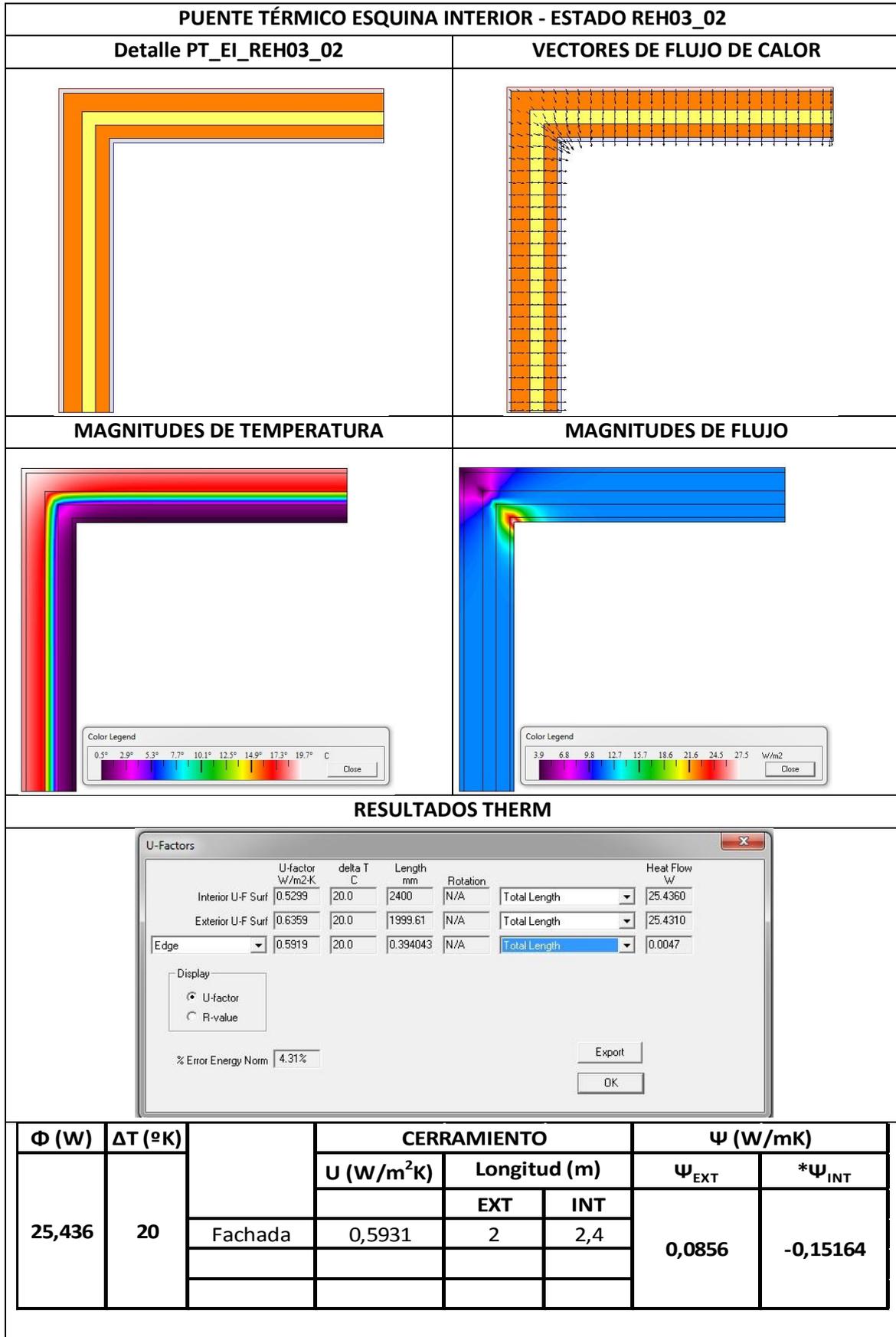
**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



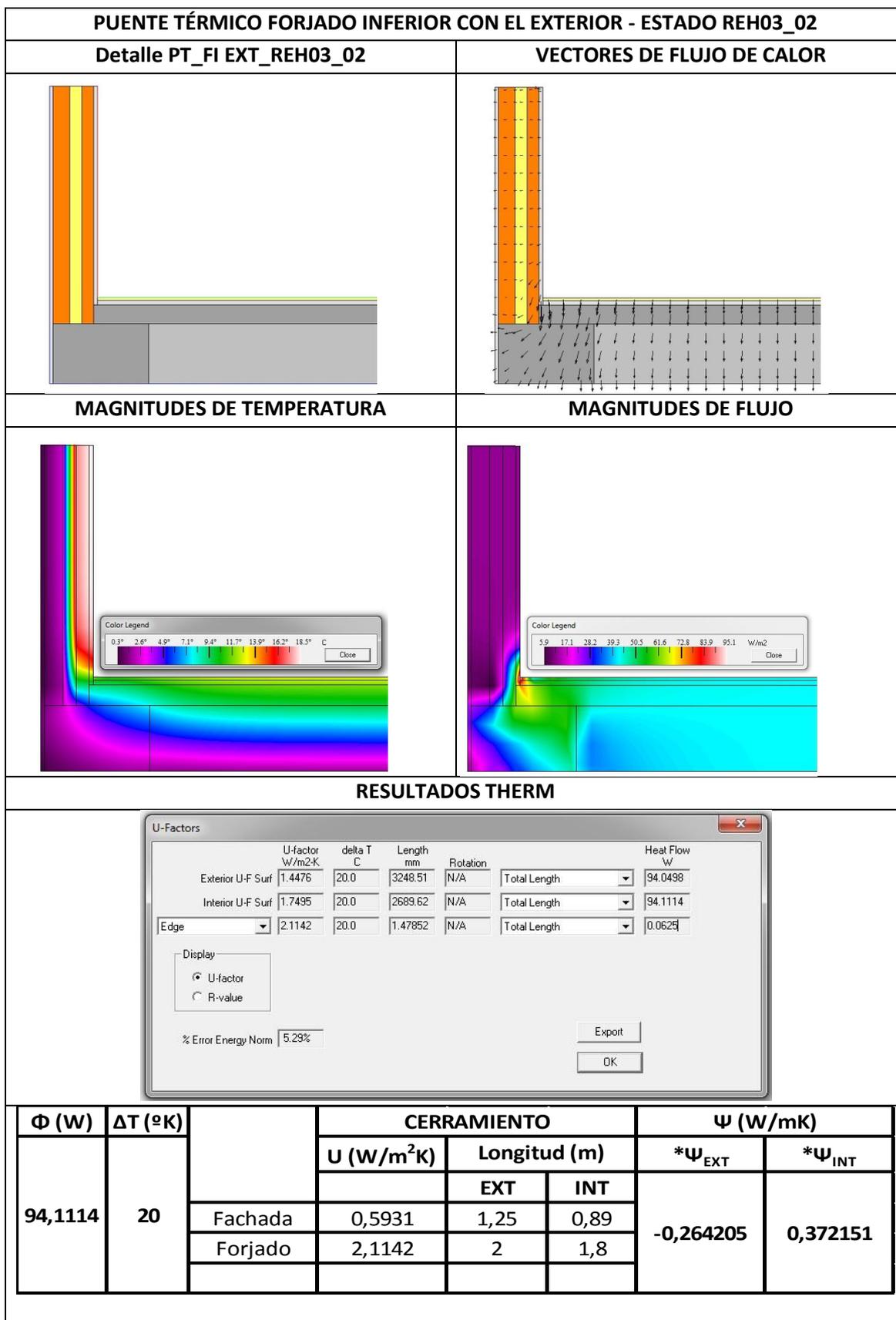
**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



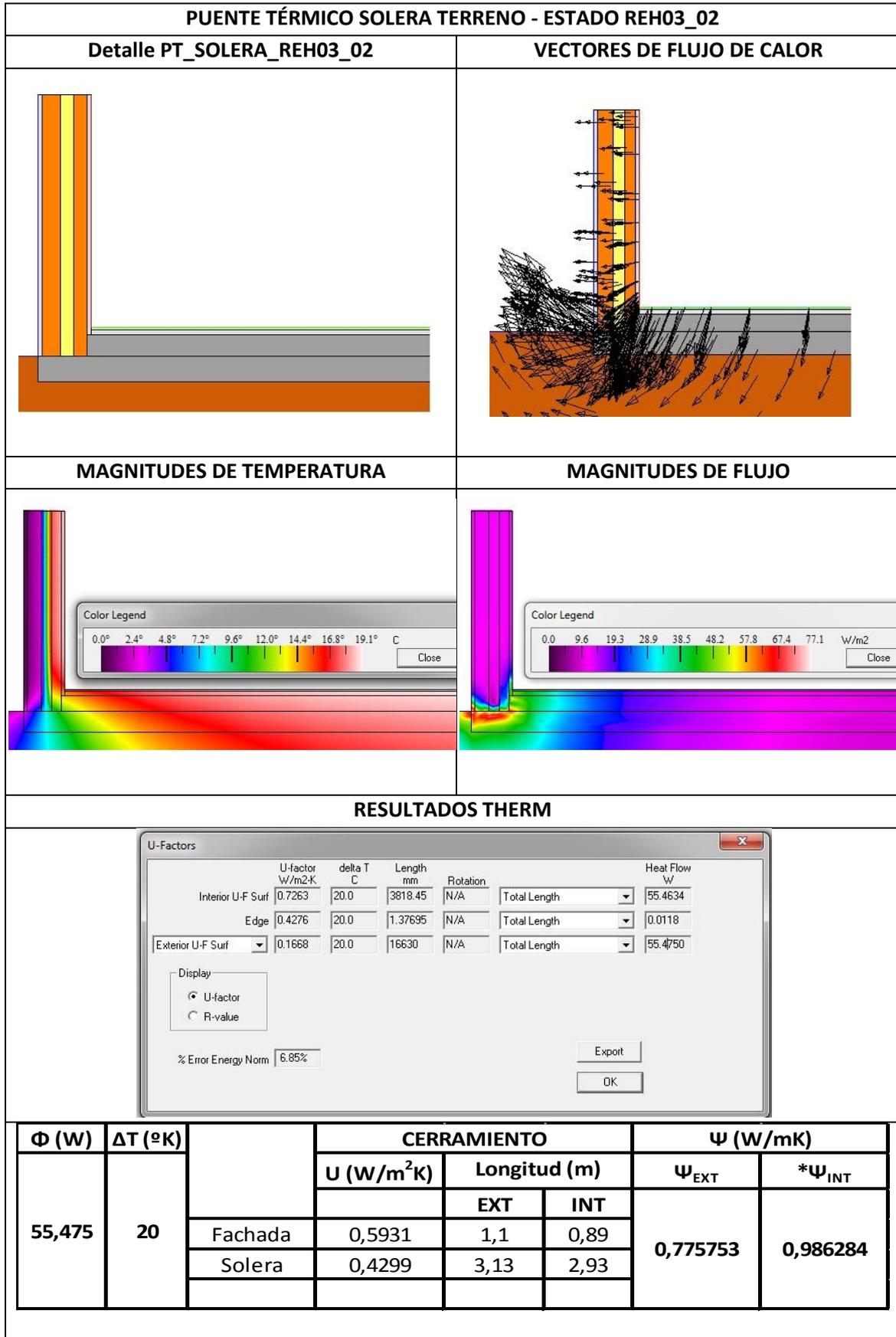
**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

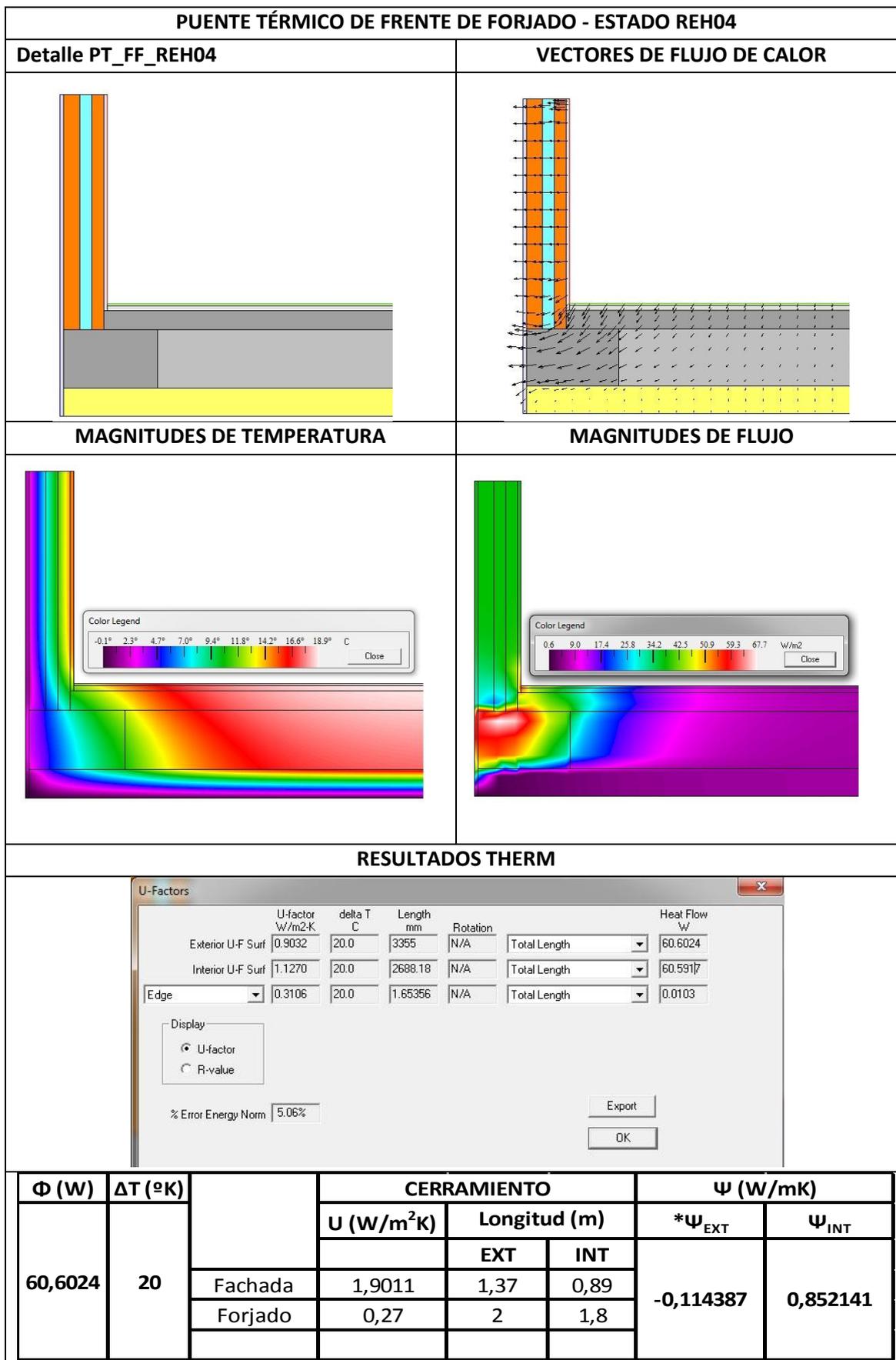


**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**



**ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS EN EDIFICACIÓN.
EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.**

PUNTES TÉRMICOS CON REH04: Suelo P Primera con EPS de 120 mm de $\lambda= 0,040$ W/mK.



10.3.- Mediciones y Presupuestos.

A continuación se adjuntan las mediciones y presupuestos de las intervenciones propuestas.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Propuestas de mejora energética de Bloque de viviendas.

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	REH01: Carpintería de PVC (5 cámaras) 4-16-4.....	30.270,85	35,01
2	REH02: Cubierta Plana.....	10.414,51	12,05
3	REH03_2: SATE EPS 120 mm.....	33.089,48	38,27
4	REH03_2: Inyección PUR CA 50 mm.....	5.957,96	6,89
5	REH04: EPS en Forjado con el Exterior.....	6.729,28	7,78
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	86.462,08	
	21,00% I.V.A.....	18.157,04	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	104.619,12	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	104.619,12	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO CUATRO MIL SEISCIENTOS DIECINUEVE EUROS con DOCE CÉNTIMOS

, a 01/09/2014.

El promotor

La dirección facultativa

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Bloque de viviendas.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 REH01: Carpintería de PVC (5 cámaras) 4-16-4									
PVC01	<p>u PVC (5 cam) 4-16-4 1,60x1,20</p> <p>Ventana de 1,60x1,20 de dos hojas, apertura oscilo batiente interior derecha, monobloc: marco de pvc (5 cámaras) y lama de aluminio inyectado de 43 mm., y cajón de 155 mm,recogedor empotrado a la derecha con guías al interior de y 2 unidades de doble vidrio "4-16-4". Colocado y sellado en obra. Incluido desmontaje de carpintería existente.</p> <p>Características térmicas: Umarco= 1,3 W/m2K; Absort= 0.70 Uvidrio= 2,70 W/m2K; Fac Solar=0.75</p>						25,00	453,62	11.340,50
PVC02	<p>u PVC (5 cam) 4-16-4 1,40x2,10</p> <p>Ventana de 1,40x2,10 de dos hojas, apertura oscilo batiente interior derecha, monobloc: marco de pvc (5 cámaras) y lama de aluminio inyectado de 43 mm., y cajón de 155 mm,recogedor empotrado a la derecha con guías al interior de y 2 unidades de doble vidrio "4-16-4". Colocado y sellado en obra. Incluido desmontaje de carpintería existente.</p> <p>Características térmicas: Umarco= 1,3 W/m2K; Absort= 0.70 Uvidrio= 2,70 W/m2K; Fac Solar=0.75</p>						10,00	690,32	6.903,50
PVC03	<p>u PVC (5 cam) 4-16-4 0,80x1,20</p> <p>Ventana de 0,80x1,20 de dos hojas, apertura oscilo batiente interior derecha, monobloc: marco de pvc (5 cámaras) y lama de aluminio inyectado de 43 mm., y cajón de 155 mm,recogedor empotrado a la derecha con guías al interior de y 2 unidades de doble vidrio "4-16-4". Colocado y sellado en obra. Incluido desmontaje de carpintería existente.</p> <p>Características térmicas: Umarco= 1,3 W/m2K; Absort= 0.70 Uvidrio= 2,70 W/m2K; Fac Solar=0.75</p>						5,00	290,10	1.450,50
PVC04	<p>u PVC (5 cam) 4-16-4 3,06x2,50</p> <p>Ventana de 3,06x2,50 de dos hojas, apertura oscilo batiente interior derecha, monobloc: marco de pvc (5 cámaras) y lama de aluminio inyectado de 43 mm., y cajón de 155 mm,recogedor empotrado a la derecha con guías al interior de y 2 unidades de doble vidrio "4-16-4". Colocado y sellado en obra. Incluido desmontaje de carpintería existente.</p> <p>Características térmicas: Umarco= 1,3 W/m2K; Absort= 0.70 Uvidrio= 2,70 W/m2K; Fac Solar=0.75</p>						5,00	1.785,82	8.929,10
PVC05	<p>u PVC (5 cam) 4-16-4 1,00x1,00</p> <p>Ventana de 1,00x1,00 de dos hojas, apertura oscilo batiente interior derecha, monobloc: marco de pvc (5 cámaras) y lama de aluminio inyectado de 43 mm., y cajón de 155 mm,recogedor empotrado a la derecha con guías al interior de y 2 unidades de doble vidrio "4-16-4". Colocado y sellado en obra. Incluido desmontaje de carpintería existente.</p> <p>Características térmicas: Umarco= 1,3 W/m2K; Absort= 0.70 Uvidrio= 2,70 W/m2K; Fac Solar=0.75</p>						5,00	329,51	1.647,55
TOTAL CAPÍTULO 01 REH01: Carpintería de PVC (5 cámaras) 4-16-4.....									30.270,85

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Bloque de viviendas.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 REH02: Cubierta Plana									
D16AJ501	M2 AISLAMIENTO EXTERIOR DE FACHADAS Mano de obra y materiales: instalación del SISTEMA SATE homologado. Marca Baumit. Envoltente térmica consistente en la instalación de perfil de arranque en aluminio, planchas de EPS certificadas de 120mm de espesor. Instalación de tacos de anclaje homologados. Mortero para el pegado y revestimiento de las planchas. Cantoneras de refuerzo con malla en los vértices de las fachadas. Malla de fibra de vidrio de 160gr integral en toda la superficie de fachadas. Aplicación de imprimación y acabado en revoque de resina de silicona de 1,5mm. Todos los materiales de Baumit. TECHO BC	1				105,41			
							105,41	68,00	7.167,88
D01GA020	M2 DEMOL. FALSO TECHO ESCAYOLA M2. Demolición de falso techo continuo de plancha de escayola, por medios manuales, i/retirada de escombros a pie de carga, medios auxiliares de obra y p.p. de costes indirectos, según NTE/ADD-12. TECHO BC	1				105,41			
							105,41	3,20	337,31
D14AP001	M2 TECHO CONTÍNUO PLADUR TC/47/N-12,5 M2. Falso techo formado por una estructura de perfiles de chapa de acero galvanizado a base de perfiles continuos en forma de "U" de 47 mm. de ancho y separados entre ellos 600 mm., suspendidos del forjado por medio de "horquillas" especiales y varilla roscada, a la cual se atornilla una placa de yeso laminado Pladur tipo N de 12,5 mm. de espesor, incluso anclajes, tornillería, cintas y pastas para juntas. Totalmente terminado y listo para imprimir, pintar o decorar. TECHO BC	1				105,41			
							105,41	22,00	2.319,02
D35AC001	M2 PINTURA PLÁSTICA BLANCA M2. Pintura plástica lisa blanca PROCOLOR YUMBO PLUS o similar en paramentos verticales y horizontales, lavable dos manos, i/lijado y emplastecido. TECHO BC	1				105,41			
							105,41	5,60	590,30
TOTAL CAPÍTULO 02 REH02: Cubierta Plana.....									10.414,51

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Bloque de viviendas.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03.1 REH03_2: SATE EPS 120 mm									
D16AJ501	M2 AISLAMIENTO EXTERIOR DE FACHADAS	Mano de obra y materiales: instalación del SISTEMA SATE homologado. Marca Baumit. Envoltura térmica consistente en la instalación de perfil de arranque en aluminio, planchas de EPS certificadas de 120mm de espesor. Instalación de tacos de anclaje homologados. Mortero para el pegado y revestimiento de las planchas. Cantoneras de refuerzo con malla en los vértices de las fachadas. Malla de fibra de vidrio de 160gr integral en toda la superficie de fachadas. Aplicación de imprimación y acabado en revoque de resina de silicona de 1,5mm. Todos los materiales de Baumit.							
	FACHADA NORTE								
		1	10,87			18,70			203,27
		1	2,00	13,75					27,50
	A descontar:								
	V-1	-5	1,60			1,20			-9,60
	V-5	-5	1,00			1,00			-5,00
		1	2,00	13,75					27,50
	A descontar:								
	V-3	-5	0,80			1,20			-4,80
	FACHADA ESTE 1								
		1	11,94			14,00			167,16
	A descontar:								
	V-1	-10	1,60			1,20			-19,20
	V-2	-5	1,40			2,10			-14,70
	FACHADA ESTE 2								
		1	3,26			14,00			45,64
	A descontar:								
	V-4	-5	3,06			2,50			-38,25
	FACHADA SUR								
		1	8,56			14,00			119,84
		1	1,75			2,50			4,38
		1	7,17			1,00			7,17
	A descontar:								
	V-1	-5	1,60			1,20			-9,60
	V-2	-5	1,40			2,10			-14,70
							486,61	68,00	33.089,48
	TOTAL CAPÍTULO 03.1 REH03_2: SATE EPS 120 mm.....								33.089,48

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Bloque de viviendas.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03.2 REH03_2: Inyección PUR CA 50 mm									
PURINyec01	M3 PUR INYECTADO 0.040								
	M3. Poliuretanoinyectado en relleno de cámaras de aire de fachada. Desde el interior de la vivienda. Sin incluir medios auxiliares ni pintado de superficies afectadas.								
	PLANTA TIPO	4	35,25	0,05	2,50	17,63			
	A descontar:								
	V-1	-16	1,60	0,05	1,20	-1,54			
	V-2	-8	1,40	0,05	2,10	-1,18			
	V-3	-4	0,80	0,05	1,20	-0,19			
	V-4	-4	3,06	0,05	2,50	-1,53			
	V-5	-4	1,00	0,05	1,00	-0,20			
	PLANTA BC	1	36,98	0,05	2,50	4,62			
	A descontar:								
	V-1	-4	1,60	0,05	1,20	-0,38			
	V-2	-2	1,40	0,05	2,10	-0,29			
	V-3	-1	0,80	0,05	1,20	-0,05			
	V-4	-1	3,06	0,05	2,50	-0,38			
	V-5	-1	1,00	0,05	1,00	-0,05			
							16,46	250,00	4.115,00
D35AC001	M2 PINTURA PLÁSTICA BLANCA								
	M2. Pintura plástica lisa blanca PROCOLOR YUMBO PLUS o similar en paramentos verticales y horizontales, lavable dos manos, i/lijado y emplastecido.								
	PLANTA TIPO	4	35,25		2,50	352,50			
	A descontar:								
	V-1	-16	1,60		1,20	-30,72			
	V-2	-8	1,40		2,10	-23,52			
	V-3	-4	0,80		1,20	-3,84			
	V-4	-4	3,06		2,50	-30,60			
	V-5	-4	1,00		1,00	-4,00			
	PLANTA BC	1	36,98		2,50	92,45			
	A descontar:								
	V-1	-4	1,60		1,20	-7,68			
	V-2								

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Bloque de viviendas.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
		-2	1,40		2,10	-5,88			
V-3									
		-1	0,80		1,20	-0,96			
V-4									
		-1	3,06		2,50	-7,65			
V-5									
		-1	1,00		1,00	-1,00			
							329,10	5,60	1.842,96
TOTAL CAPÍTULO 03.2 REH03_2: Inyección PUR CA 50 mm.....									5.957,96

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Bloque de viviendas.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 REH04: EPS en Forjado con el Exterior									
D16AJ501	M2 AISLAMIENTO EXTERIOR DE FACHADAS								
	Mano de obra y materiales: instalación del SISTEMA SATE homologado. Marca Baumit. Envolvente térmica consistente en la instalación de perfil de arranque en aluminio, planchas de EPS certificadas de 120mm de espesor. Instalación de tacos de anclaje homologados. Mortero para el pegado y revestimiento de las planchas. Cantoneras de refuerzo con malla en los vértices de las fachadas. Malla de fibra de vidrio de 160gr integral en toda la superficie de fachadas. Aplicación de imprimación y acabado en revoque de resina de silicona de 1,5mm. Todos los materiales de Baumit.								
	TECHO PB	1			98,96	98,96			
							98,96	68,00	6.729,28
	TOTAL CAPÍTULO 04 REH04: EPS en Forjado con el Exterior.....								6.729,28
	TOTAL.....								86.462,08

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Propuestas de mejora energética de Viv Unifamiliar

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	REH01: Carpintería de PVC (5 cámaras) 4-16-4.....	9.803,13	25,40
2	REH02: Cubierta Plana.....	9.595,00	24,86
3	REH03_2: SATE EPS 120 mm.....	13.181,12	34,15
4	REH03_2: Inyección PUR CA 50 mm.....	1.079,88	2,80
5	REH04: EPS en Forjado con el Exterior.....	4.937,48	12,79
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	38.596,61	
	21,00% I.V.A.....	8.105,29	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	46.701,90	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	46.701,90	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CUARENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS UN EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS

, a 01/09/2014.

El promotor

La dirección facultativa

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Viv Unifamiliar

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 REH01: Carpintería de PVC (5 cámaras) 4-16-4									
PVC01	<p>u PVC (5 cam) 4-16-4 1,60x1,20</p> <p>Ventana de 1,60x1,20 de dos hojas, apertura oscilo batiente interior derecha, monobloc: marco de pvc (5 cámaras) y lama de aluminio inyectado de 43 mm., y cajón de 155 mm,recogedor empotrado a la derecha con guías al interior de y 2 unidades de doble vidrio "4-16-4". Colocado y sellado en obra. Incluido desmontaje de carpintería existente.</p> <p>Características térmicas: Umarco= 1,3 W/m2K; Absort= 0.70 Uvidrio= 2,70 W/m2K; Fac Solar=0.75</p>						8,00	453,62	3.628,96
PVC03	<p>u PVC (5 cam) 4-16-4 0,80x1,20</p> <p>Ventana de 0,80x1,20 de dos hojas, apertura oscilo batiente interior derecha, monobloc: marco de pvc (5 cámaras) y lama de aluminio inyectado de 43 mm., y cajón de 155 mm,recogedor empotrado a la derecha con guías al interior de y 2 unidades de doble vidrio "4-16-4". Colocado y sellado en obra. Incluido desmontaje de carpintería existente.</p> <p>Características térmicas: Umarco= 1,3 W/m2K; Absort= 0.70 Uvidrio= 2,70 W/m2K; Fac Solar=0.75</p>						1,00	290,10	290,10
PVC04	<p>u PVC (5 cam) 4-16-4 3,06x2,50</p> <p>Ventana de 3,06x2,50 de dos hojas, apertura oscilo batiente interior derecha, monobloc: marco de pvc (5 cámaras) y lama de aluminio inyectado de 43 mm., y cajón de 155 mm,recogedor empotrado a la derecha con guías al interior de y 2 unidades de doble vidrio "4-16-4". Colocado y sellado en obra. Incluido desmontaje de carpintería existente.</p> <p>Características térmicas: Umarco= 1,3 W/m2K; Absort= 0.70 Uvidrio= 2,70 W/m2K; Fac Solar=0.75</p>						2,00	1.785,82	3.571,64
PVC06	<p>u PVC (5 cam) 4-16-4 5,006x2,20</p>						1,00	2.312,43	2.312,43
TOTAL CAPÍTULO 01 REH01: Carpintería de PVC (5 cámaras) 4-16-4.....									9.803,13

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Viv Unifamiliar

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 REH02: Cubierta Plana									
D16AJS501	M2 AISLAMIENTO EXTERIOR DE FACHADAS Mano de obra y materiales: instalación del SISTEMA SATE homologado. Marca Baumit. Envoltente térmica consistente en la instalación de perfil de arranque en aluminio, planchas de EPS certificadas de 120mm de espesor. Instalación de tacos de anclaje homologados. Mortero para el pegado y revestimiento de las planchas. Cantoneras de refuerzo con malla en los vértices de las fachadas. Malla de fibra de vidrio de 160gr integral en toda la superficie de fachadas. Aplicación de imprimación y acabado en revoque de resina de silicona de 1,5mm. Todos los materiales de Baumit. Suelo BC	1				125,00			
							125,00	68,00	8.500,00
D19MF155	M2 TAR. FL. KÄHRS LINNEA CEREZO 2 LAMAS M2. Suelo delgado de madera Kährs Linnea, compuesto por tablas multicapa acabadas, de medidas 1225x193x7 mm. dotadas de la junta Woodloc en los cuatro cantos. Instalado en sistema flotante sobre manta especial de espuma de polietileno de 2 mm. Cada tabla debe estar construida en tres capas, prensadas y encoladas: capa inferior de chapa de madera auténtica; capa intermedia de tablero de fibra de madera (HDF), y capa superficial de chapa de madera de crecimiento lento de Cerezo, formada por dos laminas de 0,6 mm. de espesor, encoladas entre sí y a la base. Acabado con barniz acrílico de endurecimiento UV, sin disolventes ni formaldehído. La chapa delgada permite que la capa intermedia de HDF soporte la mayor parte de los esfuerzos, proporcionándole al producto un número de dureza Brinell entre 5 y 6. Suelo BC	1				125,00			
							125,00	8,76	1.095,00
TOTAL CAPÍTULO 02 REH02: Cubierta Plana.....									9.595,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Viv Unifamiliar

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03.1 REH03_2: SATE EPS 120 mm									
D16AJS501	M2 AISLAMIENTO EXTERIOR DE FACHADAS	Mano de obra y materiales: instalación del SISTEMA SATE homologado. Marca Baumit. Envoltura térmica consistente en la instalación de perfil de arranque en aluminio, planchas de EPS certificadas de 120mm de espesor. Instalación de tacos de anclaje homologados. Mortero para el pegado y revestimiento de las planchas. Cantoneras de refuerzo con malla en los vértices de las fachadas. Malla de fibra de vidrio de 160gr integral en toda la superficie de fachadas. Aplicación de imprimación y acabado en revoque de resina de silicona de 1,5mm. Todos los materiales de Baumit.							
	FACHADA NORTE PB	1	6,25		2,50				15,63
	A descontar:								
	V-6	-1	5,00		2,20				-11,00
	FACHADA NORTE P1	1	13,10		3,00				39,30
	A descontar:								
	V-1	-2	1,60		1,20				-3,84
	V-4	-1	3,06		2,50				-7,65
	FACHADA ESTE	1	10,60		5,50				58,30
		1	10,60	0,50	1,80				9,54
		1							1,00
	A descontar:								
	V-1	-2	1,60		1,20				-3,84
	P-1	-1	0,83		2,10				-1,74
	FACHADA SUR PB	1	6,25		2,50				15,63
	A descontar:								
	P-G	-1	3,00		2,20				-6,60
	FACHADA SUR P1	1	13,10		3,00				39,30
	A descontar:								
	V-1	-2	1,60		1,20				-3,84
	V-3	-1	0,80		1,20				-0,96
	P-1	-1	0,83		2,10				-1,74
	FACHADA OESTE	1	10,60		5,50				58,30
		1	10,60	0,50	1,80				9,54
	A descontar:								
	V-1	-2	1,60		1,20				-3,84
	V-4	-1	3,06		2,50				-7,65
							193,84	68,00	13.181,12
	TOTAL CAPÍTULO 03.1 REH03_2: SATE EPS 120 mm.....								13.181,12

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Viv Unifamiliar

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03.2 REH03_2: Inyección PUR CA 50 mm									
PURINyec01	M3 PUR INYECTADO 0.040								
	M3. Poliuretanoinyectado en relleno de cámaras de aire de fachada. Desde el interior de la vivienda. Sin incluir medios auxiliares ni pintado de superficies afectadas.								
	PLANTA BAJA								
			31,30	0,05	2,50				
	A descontar:								
	V-1	-1	1,60	0,05	1,20	-0,10			
	V-6	-1	5,00	0,05	2,20	-0,55			
	P-1	-1	0,05	0,83	2,10	-0,09			
	P-G	-1	0,05	3,00	2,20	-0,33			
	PLANTA PRIMERA								
			1	45,00	0,05	2,50			5,63
	A descontar:								
	V-1	-7	1,60	0,05	1,20	-0,67			
	V-3	-1	0,80	0,05	1,20	-0,05			
	V-4	-2	3,06	0,05	2,50	-0,77			
	P-1	-1	0,05	0,83	2,10	-0,09			
							2,98	250,00	745,00
D35AC001	M2 PINTURA PLÁSTICA BLANCA								
	M2. Pintura plástica lisa blanca PROCOLOR YUMBO PLUS o similar en paramentos verticales y horizontales, lavable dos manos, i/lijado y emplastecido.								
	PLANTA BAJA								
			31,30		2,50				
	A descontar:								
	V-1	-1	1,60		1,20	-1,92			
	V-6	-1	5,00		2,20	-11,00			
	P-1	-1		0,83	2,10	-1,74			
	P-G	-1		3,00	2,20	-6,60			
	PLANTA PRIMERA								
			1	45,00		2,50			112,50
	A descontar:								
	V-1	-7	1,60		1,20	-13,44			
	V-3	-1	0,80		1,20	-0,96			
	V-4	-2	3,06		2,50	-15,30			
	P-1	-1		0,83	2,10	-1,74			
							59,80	5,60	334,88
TOTAL CAPÍTULO 03.2 REH03_2: Inyección PUR CA 50 mm.....									1.079,88

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Propuestas de mejora energética de Viv Unifamiliar

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 REH04: EPS en Forjado con el Exterior									
D16AJS501	M2 AISLAMIENTO EXTERIOR DE FACHADAS								
	Mano de obra y materiales: instalación del SISTEMA SATE homologado. Marca Baumit. Envoltura térmica consistente en la instalación de perfil de arranque en aluminio, planchas de EPS certificadas de 120mm de espesor. Instalación de tacos de anclaje homologados. Mortero para el pegado y revestimiento de las planchas. Cantoneras de refuerzo con malla en los vértices de las fachadas. Malla de fibra de vidrio de 160gr integral en toda la superficie de fachadas. Aplicación de imprimación y acabado en revoque de resina de silicona de 1,5mm. Todos los materiales de Baumit.								
	SUELO P1	1	6,85	10,60		72,61			
							72,61	68,00	4.937,48
	TOTAL CAPÍTULO 04 REH04: EPS en Forjado con el Exterior.....								4.937,48
	TOTAL.....								38.596,61