



TÍTULO:
**ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA
AFECTACIÓN DEL AISLAMIENTO
THERMABEAD DEL CEIP CÉSAR
AUGUST**

CLIENTE:
BASF ESPAÑOLA S.L.



DOCUMENTOS:
INFORME

LUGAR, FECHA Y REVISIÓN:
GIRONA, MAYO 2013

CÓDIGO DE PROYECTO:
130013



BREEAM® ES





0. ÍNDICE

0.	ÍNDICE	3
1.	RESUMEN EJECUTIVO	5
2.	INTRODUCCIÓN	6
3.	ALCANCE DEL ESTUDIO	7
4.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	8
5.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA THERMABEAD	9
5.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES:.....	9
5.2	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL:	10
5.3	BENEFICIOS DE THERMABEAD	11
6.	PARÁMETROS DE DISEÑO	12
6.1	DATOS GENERALES	12
6.2	ENVOLVENTE	13
6.3	INSTALACIONES.....	19
6.4	ENERGÍA	20
6.5	DATOS ECONÓMICOS	20
7.	RESULTADOS	21
7.1	EDIFICIO ACTUAL – PREVIO REHABILITACIÓN:	21
7.2	EDIFICIO REHABILITADO CON EL SISTEMA THERMABEAD:.....	22
7.3	RESUMEN AHORRO EN CONSUMO DE GAS NATURAL EDIFICIO REHABILITADO CON EL SISTEMA THERMABEAD:	23
8.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL EDIFICIO REHABILITADO CON EL SISTEMA THERMABEAD:	25



1. RESUMEN EJECUTIVO

Este informe está encargado por BASF Española SL para explicar el procedimiento y los resultados de la rehabilitación energética de todo el edificio que compone el CEIP Cèsar August (Tarragona), promovido y patrocinado por BASF y el Ayuntamiento de Tarragona en el año 2013.

El objetivo de la rehabilitación del centro consiste en mejorar el confort térmico de los alumnos y profesorado tanto en invierno como en verano, además de reducir los gastos en energía y emisiones de CO₂. Este proyecto tiene adicionalmente la intención de informar y concienciar la ciudadanía de Tarragona sobre la necesidad de un uso más responsable y eficiente de los recursos energéticos y su impacto sobre el medioambiente.

Los cálculos de PGI Engineering reflejan los ahorros energéticos y económicos generados por la instalación del sistema ThermaBead de inyección de aislamiento en cámara con Neopor que se ha utilizado para la rehabilitación energética de este edificio.

Los resultados muestran en resumen:

- **Un ahorro en consumo de gas natural para calefacción por encima del 35 %**
- **Una reducción en emisiones de CO₂ de más de 9 toneladas/año, equivalente a 464 árboles**
- **Un ahorro económico anual de 2.511 € en calefacción**
- **Un retorno de la inversión completa de 12.9 años**
- **VAN a 20 años cerca de los 57.000€**

Mayo 2013

2. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio es realizar el análisis energético y económico vinculado a la aplicación de un aislante térmico en edificios existente usado como escuela y ubicado en Tarragona.

Dicho aislamiento térmico se realizará mediante la inyección de ThermaBead, un aislante térmico de poliestireno expandido pensado principalmente para la rehabilitación térmica de edificios existentes que dispongan de unas características concretas para poder utilizarlo e implementarlo, y que principalmente es que el edificio tenga unos muros que en la composición constructiva del muro exterior haya un espacio de cámara de aire.



El funcionamiento de la instalación del aislamiento ThermaBead sería el siguiente:

- Preparación de la obra y los accesos a las áreas de trabajo.
- Realización de pequeñas perforaciones por donde inyectar el aislamiento.
- Inyección de ThermaBead en la cámara de aire.
- Sellado de las perforaciones realizadas para poder inyectar el material.
- Comprobación de los trabajos realizados.

3. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene el alcance de estudiar el ahorro energético y económico vinculado a la aplicación de ThermaBead en el edificio existente Ceip César August ubicado en la ciudad de Tarragona y con uso docente, para ver la viabilidad de realizar dicha actuación y, en su caso, con un retorno de la inversión atractivo para el propietario del edificio.

Para realizar dicho estudio se realizará la simulación energética del edificio actual, con la que se obtendrán los consumos energéticos del edificio actualmente y se comparará con otra simulación energética que constará del edificio actual con la aplicación del aislante térmico ThermaBead. Con ambos resultados se podrá concluir si se obtiene una mejora del comportamiento energético del edificio y, en su caso, cuantificar la mejora del comportamiento energético.

4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

La metodología planteada se basa en el uso de un programa de simulación para calcular el comportamiento del edificio (en términos de costos anuales según el consumo energético) del edificio con la aplicación del aislante térmico y un edificio de referencia, que en este caso es el edificio existente actual. Después se comparará el edificio con la aplicación del aislante térmico con respecto al edificio de referencia calculando la diferencia en términos de energía y de costos económicos derivados del consumo de energía.

El objetivo central del método es demostrar el comportamiento del edificio con la aplicación del aislante térmico ThermaBead respecto al edificio actual, por lo que los parámetros de cálculo para ambos modelos serán exactamente los mismos, excepto en lo que se refiere a la composición constructiva del muro exterior, a la que se la modificará añadiéndole el aislamiento Thermabead según el espesor descrito anteriormente.

HERRAMIENTA PARA EL CÁLCULO DE CONSUMOS:

Para realizar el cálculo del consumo energético que tendrán los distintos modelos, se utilizará la herramienta de simulación energética eQuest



La simulación energética mediante eQuest busca trasladar el edificio real al ordenador, introduciendo todos los parámetros que afectan al consumo energético del edificio como son los elementos constructivos (muros, ventanas, cubiertas, etc...), usuarios, sistemas de iluminación, equipos consumidores (Tv, frigorífico, etc...), instalaciones de climatización, etc...

A partir de la introducción del modelo, el programa es capaz de, mediante una base de datos climáticos interna, calcular los consumos energéticos hora a hora durante todo un año del edificio, pudiendo extraer unos resultados equivalentes a la realidad y con una tasa de error muy pequeña, con los que nos da una fiabilidad elevadísima de cómo se comportará el edificio al ejecutar las actuaciones planteadas como la de aumentar el aislamiento de los muros exteriores.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CÁLCULO ENERGÉTICO:

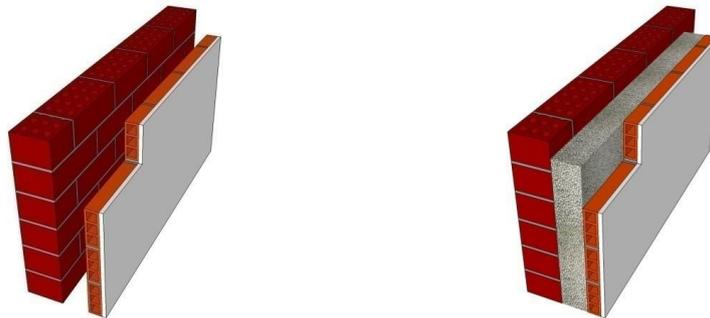
- **Geometría y diseño del edificio:** Edificio de poca altura y elevada superficie en planta.
- **Exposición del edificio:** aislado.
- **Zona climática:** Tarragona tiene un clima más bien cálido.
- **Composiciones constructivas edificio:** edificio sin aislamiento, con superficie acristalada inferior del 50%
- **Factores energéticos:** combustibles utilizados electricidad y gas natural
- **Factores financieros:** Precios energía, tasa de interés, incremento precios, etc...

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA THERMABEAD

5.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES:

El sistema ThermaBead de Domestic & General Insulation Ltd (DGI) ofrece una solución eficaz y profesionalmente comprobada para reducir las pérdidas de calor a través de las paredes de doble hoja y cámara de aire intermedia.

Mediante un proceso de inyección con manguera y aire comprimido, se insertan las perlas grises expandidas de poliestireno (Neopor) con un agente adhesivo. El resultado es un aislamiento continuo que, con el adhesivo ya seco, adquiere las características de una plancha aislante térmica.



Sección tipo de una pared de doble hoja con cámara de aire sin aislamiento y con aislamiento ThermaBead

El proceso de inyección se realiza mediante materiales específicos y con un equipo de técnicos e instaladores acreditados por DGI. Esta inyección se puede llevar cabo tanto desde el interior como el exterior, y puede requerir unas pocas horas de trabajo en el caso de una vivienda unifamiliar. Tampoco es necesario que durante la instalación los usuarios abandonen temporalmente su vivienda.



Unidad móvil para la inyección de ThermaBead e instaladores acreditados ejecutando la inyección de ThermaBead

Cualquier instalación ejecutada por DGI es realizada por un equipo de instaladores acreditados. Todos los procedimientos de control de calidad y ejecución de obra por parte de la red de instaladores deben, ser aprobados y certificados por la empresa DGI.

Para la introducción de este sistema en el mercado español, DGI Thermabead Ibérica conjuntamente con BASF está realizando actualmente la expedición de un certificado DAU. DGI Ibérica está creando en la actualidad una red de instaladores homologados para el mercado español.

5.2 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL:

Neopor de BASF es la materia prima con la que están hechas las perlas expandidas que se utilizan en el sistema ThermaBead de DGI. BASF produce esta materia prima única que los fabricantes de espumas aislantes transforman en productos de aislamiento para diferentes ámbitos de aplicación.

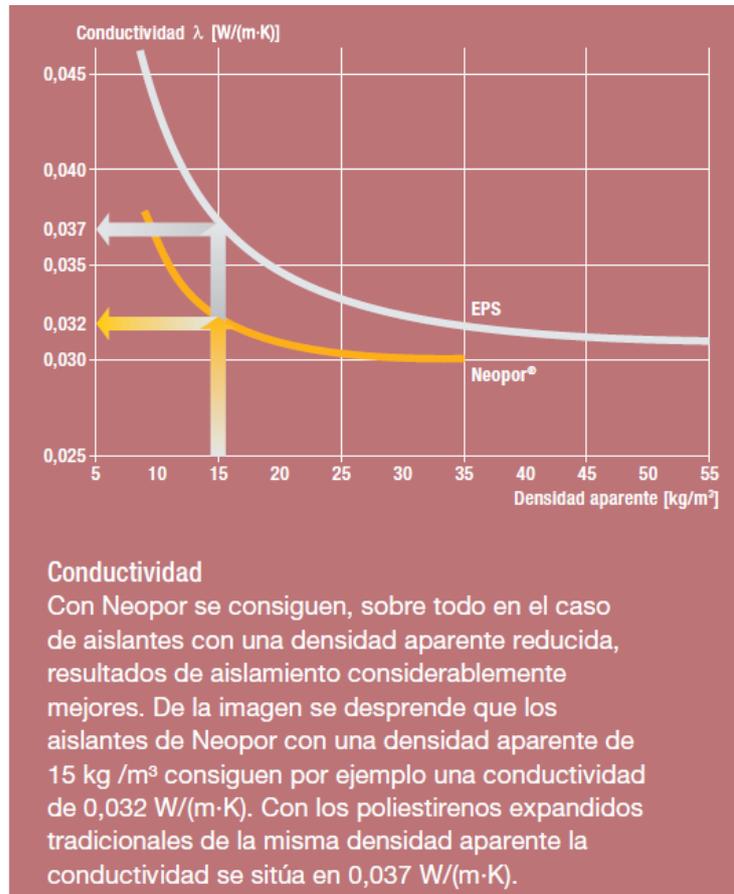
Neopor, son pequeñas perlas negras de granulado de poliestireno con agentes expansivos, que además contienen grafito, lo que aumenta la capacidad de aislamiento térmico un 20% respecto a otros aislantes de poliestireno tradicionales, según datos aportados por el fabricante.

La capacidad de aislamiento térmico de un material se define por la resistencia al paso del flujo de calor a través de dicho material, y por tanto es un indicador clave para caracterizar a los materiales aislantes. Esta propiedad de los materiales se llama conductividad térmica, representada por el símbolo λ (lambda), y expresada en $W/(m \cdot K)$. La conductividad térmica del aislamiento instalado ThermaBead consiguen una conductividad de $0,034 W/(m \cdot K)$ cuando la densidad aparente es de $17 kg /m^3$. Debido a su estructura de célula cerrada, las perlas expandidas de Neopor impiden, al contrario de otros materiales aislantes, la acumulación de agua en su interior, y por tanto permiten conservar las propiedades aislantes térmicas a lo largo de la vida útil del edificio. A causa de dichas propiedades hidrófugas y por tener uno de los valores de conductividad térmica más bajo del mercado de los aislantes en cámara, Neopor es la solución ideal para el sistema ThermaBead.

El material adhesivo que se utiliza en el sistema ThermaBead es específico para el sistema de Inyección.



Perlas de Neopor antes y después de su expansión imagen BASF SE



Curvas de Conductividad tèrmica

imagen BASF SE

5.3 BENEFICIOS DEL SISTEMA THERMABEAD

- **ENERGÉTICOS:** reducción del consumo en climatización.
- **CONFORT:** reducción de los gradientes térmicos, implicando un aumento del confort de los usuarios.
- **CICLO DE VIDA:** Aumento vida útil del edificio.
- **MANTENIMIENTO:** Reducción del riesgo de condensaciones y de crecimiento de moho, evitando rehabilitación por patologías.
- **MEDIOAMBIENTALES:** Material con certificado de eco-eficiencia y ahorro de emisiones de CO₂.
- **ECONÓMICOS:** No se pierde superficie útil, se obtienen ahorros energéticos y disminuye costos por mantenimiento.

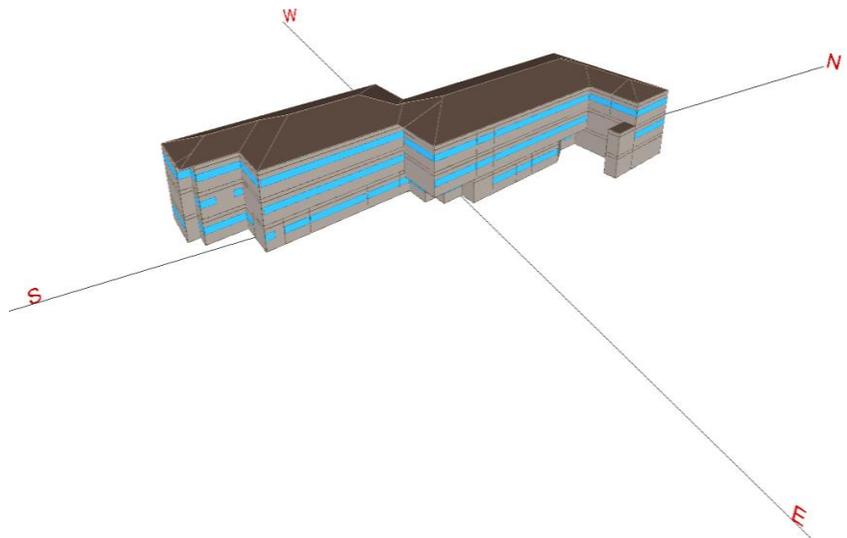
6. PARÁMETROS DE DISEÑO

6.1 DATOS GENERALES

Orientación y Geometría:



Orientación



Geometría en el programa eQuest

El edificio dispone de 3 plantas a 4 orientaciones claramente definidas, siendo las fachadas más largas con orientación este y oeste, mientras que las fachadas más cortas tienen una orientación norte y sur. Hay un edificio independiente al edificio principal que se trata del gimnasio, dicho edificio no se ha considerado en la simulación al no aplicar actuación de rehabilitación alguna.

CARACTERÍSTICAS EDIFICATORIAS	
Emplazamiento	Tarragona
Superficie solar	9.465 m ₂
Superficie construida	1.527 m ₂
Superficie útil	1.369 m ₂
Nº de plantas	3 plantas
Altura general de huecos	1,2m

6.2 ENVOLVENTE

6.2.1 Envoltente actual:

A continuación se detallan las principales características energéticas de los elementos que conforman la envoltente del edificio actual. Cabe destacar que al no disponer de la descripción y de las características exactas de los cerramientos, se han estimado aquellos valores desconocidos basándose en la antigüedad de la edificación y las observaciones realizadas en la visita realizada al edificio.

CARACTERÍSTICAS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	
Característica	Valor
Transmitancia cubierta (U)	0,75 W/m ² · K
Transmitancia Muro exterior (U)	1,4 W/m ² · K
Transmitancia suelo (U)	0,47 W/m ² · K
Transmitancia vidrio (U)	5,9 W/m ² · K
Factor solar vidrio (Fs)	81%
Transmitancia marco (U)	5,5 W/m ² · K

6.2.2 Envoltente rehabilitada:

En la envoltente rehabilitada se mantienen los mismos elementos constructivos, actuando sobre el muro exterior, que es el muro sobre el que se realiza la rehabilitación añadiendo aislante ThermaBead en su cámara de aire:

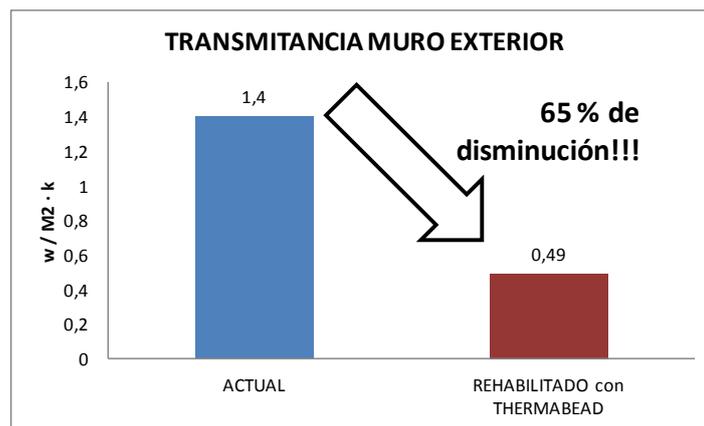




Muros exteriores a rehabilitar

La transmitancia térmica del muro exterior mejorará después de la actuación de inyectar el aislante, en la siguiente tabla se muestran los valores de transmitancia global del muro exterior considerando que los 6cm de cámara de aire se han rellenado con el aislante ThermaBead:

CARACTERÍSTICAS MURO EXTERIOR con 6cm THERMABEAD*	
Descripción	Trasmitancia U
Transmitancia Muro exterior (U)	0,49 W/m ² · K



*Nota: Al hacer la inspección del edificio se han observado cámaras de aire de diferente espesor, entre 4 y 12cm, siendo los 6cm el espesor promedio encontrado.

La rehabilitación de la envolvente contempla también la mejora de la estanqueidad y su aislamiento de las cajas de persiana de la escuela. Esto provoca una mejora significativa por la disminución de entrada de aire exterior no controlado mediante infiltraciones y el aislamiento térmico en sí.



Rehabilitación de las cajas de persiana

6.2.3 Proceso de rehabilitación con el sistema ThermaBead:

1. Análisis previo de la envolvente del edificio: se analiza la viabilidad e idoneidad de la instalación del sistema ThermaBead a nivel de visita de obra y mediciones con equipos específicos:
2. Preparación de la obra: se prepara el material, las herramientas de trabajo, accesos a las áreas de trabajo y puesta a punto de equipos y personal.



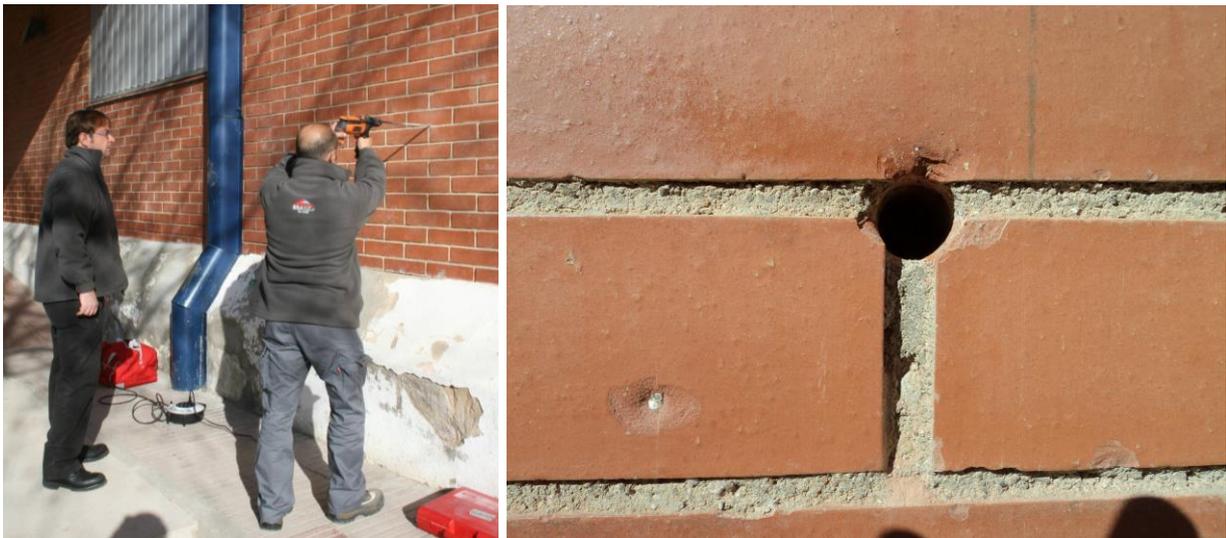
Medición de espesor de cámara de aire y análisis con cámara endoscópica

3. Preparación de la obra: se prepara el material, las herramientas de trabajo, accesos a las áreas de trabajo y puesta a punto de equipos y personal.



Preparación de obra y control del material a inyectar

4. Realización de perforaciones: se realizan las perforaciones según el patrón adecuado para cada fachada



Perforació

- Rehabilitación con el sistema ThermaBead: se realiza el llenado de las cámaras de aire con el sistema ThermaBead



Inyección de sistema ThermaBead



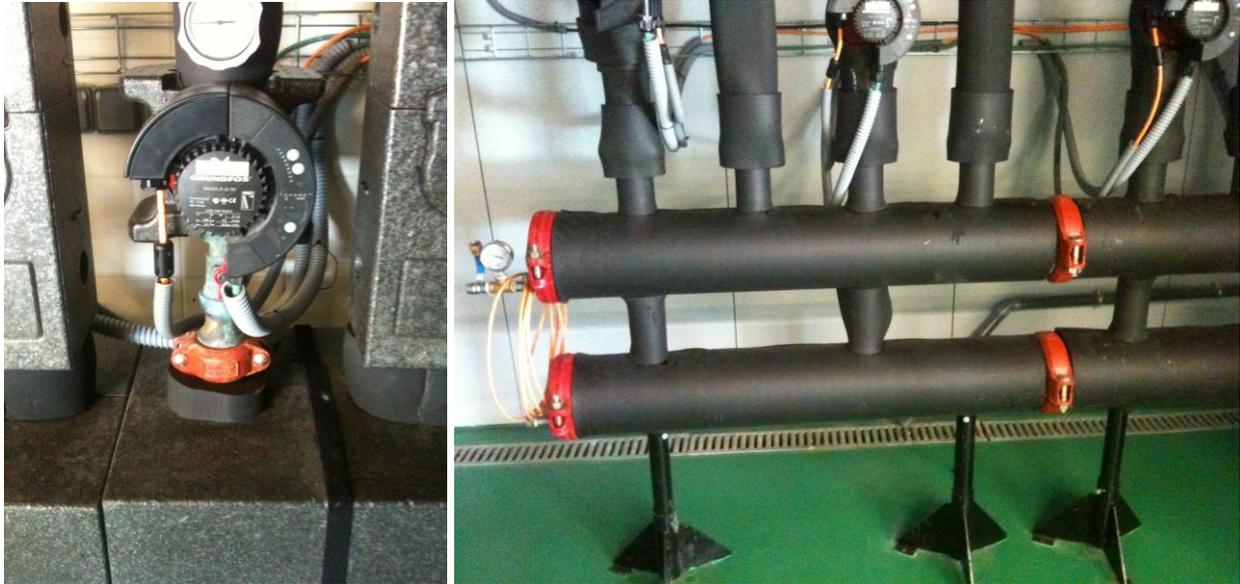
- Sellado de perforaciones: se sellan las perforaciones realizadas para la inyección con mortero in situ

7. Comprobación de trabajos: comprobación de los trabajos realizados por un técnico acreditado garantizando los trabajos y requerimientos de la ejecución.



6.3 INSTALACIONES

Para poder analizar el comportamiento y estado de las instalaciones, así como validar los puntos de trabajo y funcionamiento se han realizado visitas al edificio.



Sala de máquina



Contador de calefacción y elemento terminal radiador

Para complementar aquellos datos requeridos para la simulación que con la visita no se han podido conocer, se han adoptado según la tipología de instalación, hablando con los fabricantes de los equipos instalados y mediante cálculos aproximados.

6.3.1 Potencia instalada equipos consumidores (Ordenadores, frigorífico, etc...):

- Aulas: 5 W/m²
- Baños: 1 W/m²
- Zonas comunes: 1 W/m²

6.3.2 Potencia instalada de iluminación:

- Aulas: 16 W/m²
- Baños: 8 W/m²
- Zonas comunes: 6 W/m²

6.3.3 Instalaciones de climatización:

- Sistema producción mediante caldera centralizada de combustible gas natural
- Rendimiento de caldera: 75%
- Circuito de calefacción impulsa a 80°C y retorna a 60°C
- Elemento terminal de climatización tipo radiador de agua caliente
- Temperatura de consigna temperatura en modo calefacción de 22°C
- No se ha considerado acondicionamiento por refrigeración

5.3.4 Instalaciones de Agua caliente sanitaria:

- La actuación a realizar no tiene repercusión sobre el consumo por Agua Caliente sanitaria, por lo que no se ha considerado la instalación de Agua Caliente Sanitaria.

6.4 ENERGÍA

Se han considerado dos fuentes energéticas principales, electricidad como combustible general y gas natural como combustible para generar la calefacción:

- Precio base kwh eléctrico: 0,145578 €/kwh*
- Precio base kwh gas natural: 0,06514 €/kwh**
- Factor de compensación de emisiones de CO₂ a árboles: 20kg Co₂/ árbol

**Nota: precio publicado en BOE 235 cuarto trimestre de 2012.*

*** Nota: precio del gas natural contratado para el edificio César August en 2012.*

6.5 DATOS ECONÓMICOS

Se han considerado los siguientes conceptos económicos:

- Tasa de interés: 5,07%*
- Incremento anual precio energía: 5%
- Cálculo del TIR(tasa interna de rentabilidad) y el VAN(Valor actual neto) a 10 años

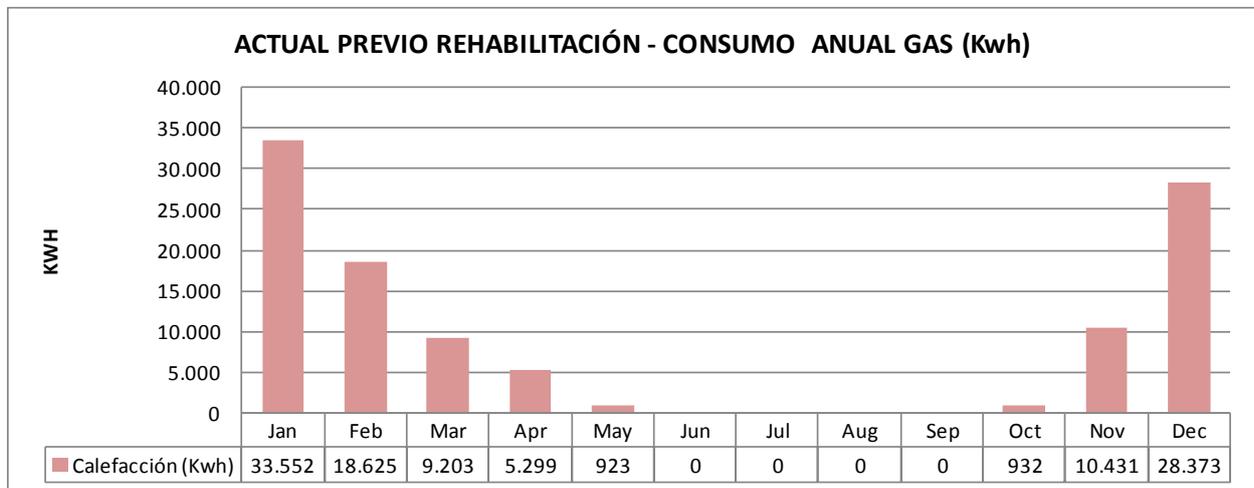
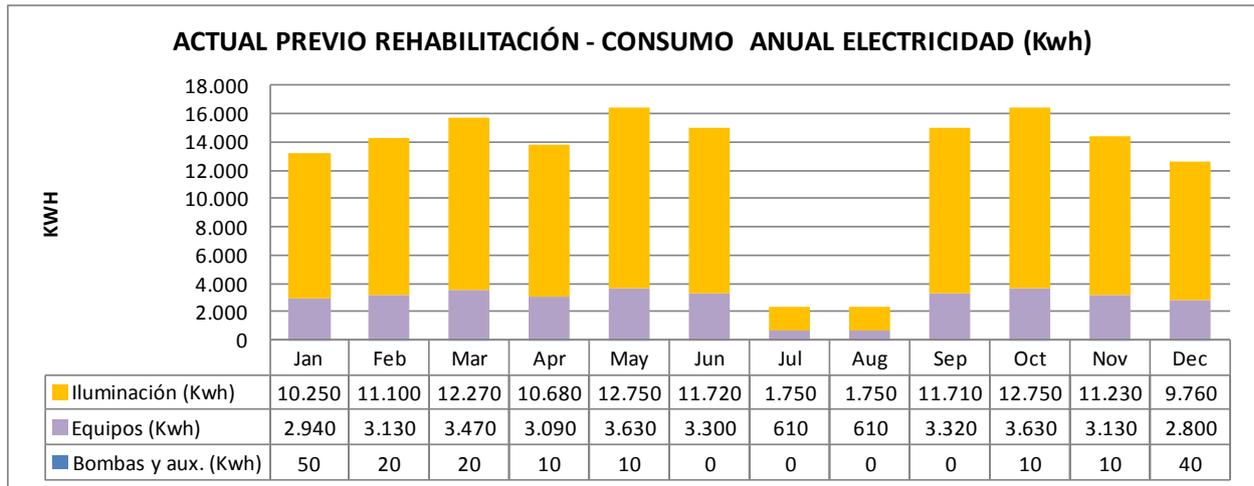
**Nota: Tipo oficial del Banco de España a 28-02-2013.*

7. RESULTADOS

Se realizan los cálculos de consumo energético del edificio mediante la herramienta de simulación eQuest.

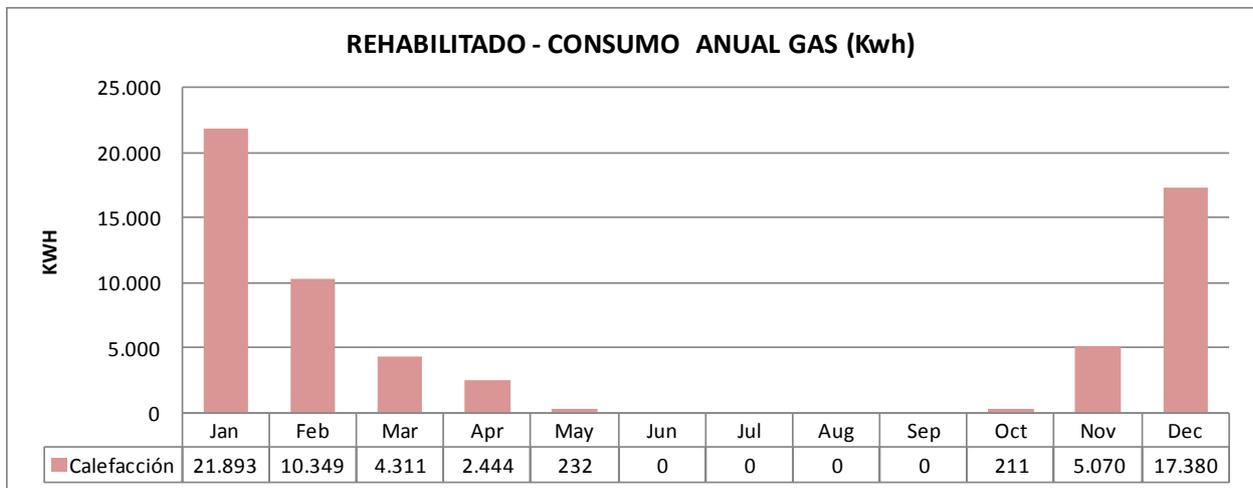
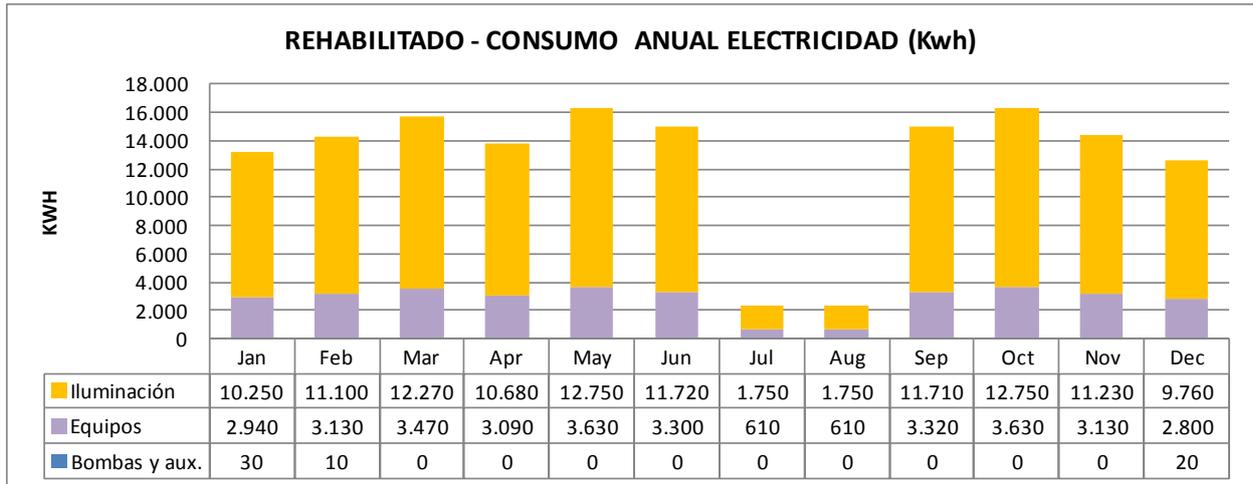
Los cálculos se basan en el comportamiento de la escuela César August en el año 2012. A partir de datos de facturas y patrones de uso del año 2012, se ha adaptado el modelo de simulación al comportamiento real del edificio.

7.1 EDIFICIO ACTUAL – PREVIO REHABILITACIÓN:



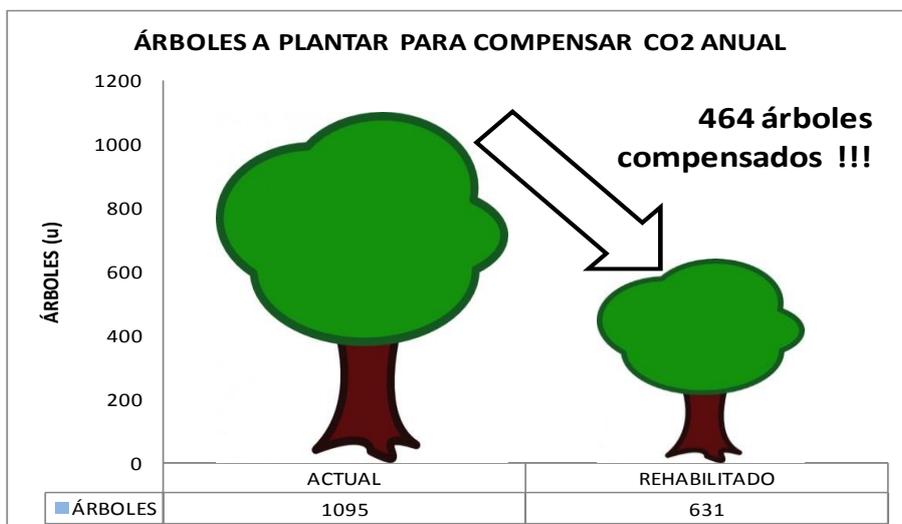
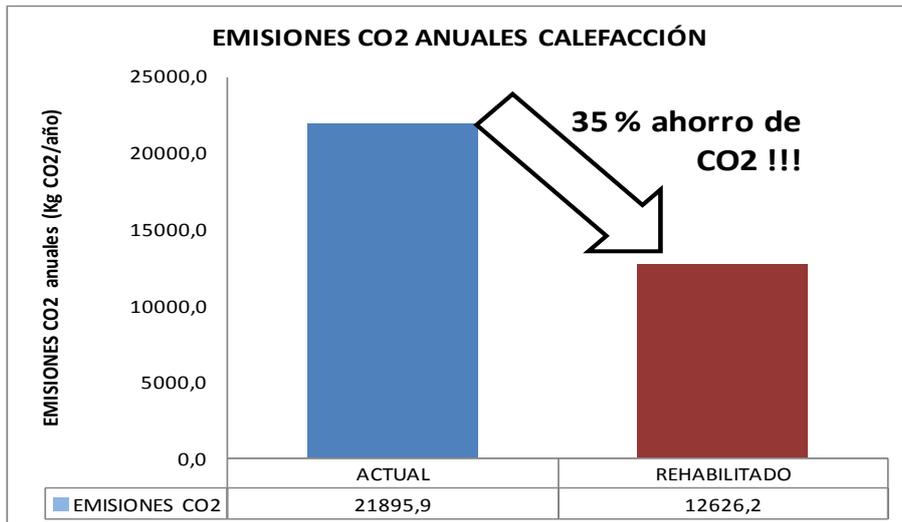
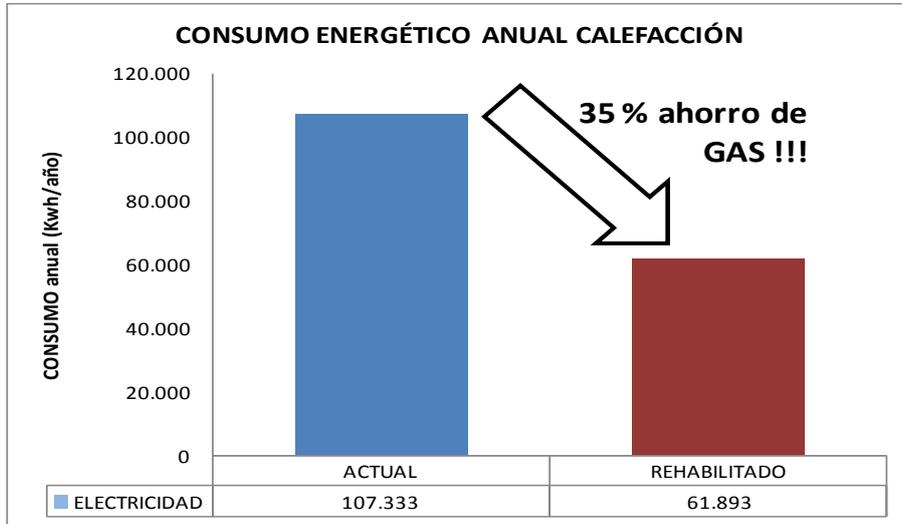
CONSUMOS ENERGÉTICOS EDIFICIO ACTUAL														
Descripción		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
ELEC.	Bombas y aux. (Kwh)	50	20	20	10	10	0	0	0	0	10	10	40	170
	Equipos (Kwh)	2.940	3.130	3.470	3.090	3.630	3.300	610	610	3.320	3.630	3.130	2.800	33.640
	Iluminación (Kwh)	10.250	11.100	12.270	10.680	12.750	11.720	1.750	1.750	11.710	12.750	11.230	9.760	117.720
	Total (Kwh)	13.240	14.250	15.760	13.780	16.390	15.020	2.360	2.360	15.030	16.390	14.370	12.600	151.530
GAS	Calefacción (Kwh)	33.552	18.625	9.203	5.299	923	0	0	0	0	932	10.431	28.373	107.333
	Total (Kwh)	33.552	18.625	9.203	5.299	923	0	0	0	0	932	10.431	28.373	107.333

7.2 EDIFICIO REHABILITADO CON EL SISTEMA THERMABEAD:



CONSUMOS ENERGÉTICOS EDIFICIO REHABILITADO														
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
ELEC.	Bombas y aux. (Kwh)	30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	60
	Equipos (Kwh)	2.940	3.130	3.470	3.090	3.630	3.300	610	610	3.320	3.630	3.130	2.800	33.640
	Iluminación (Kwh)	10.250	11.100	12.270	10.680	12.750	11.720	1.750	1.750	11.710	12.750	11.230	9.760	117.720
	Total (Kwh)	13.220	14.240	15.740	13.770	16.380	15.020	2.360	2.360	15.030	16.380	14.360	12.580	151.420
GAS	Calefacción (Kwh)	23.731	11.682	5.097	2.904	343	0	0	0	0	325	5.870	19.124	69.077
	Total (Kwh)	23.731	11.682	5.097	2.904	343	0	0	0	0	325	5.870	19.124	69.077

7.3 RESUMEN AHORRO EN CONSUMO DE GAS NATURAL EDIFICIO REHABILITADO CON EL SISTEMA THERMABEAD:



RESUMEN ENERGÉTICO				
	Descripción		ACTUAL	REHABILITADO
ELECTR.	Consumo eléctrico	Kwh/año	151.550	151.420
	Ahorro eléctrico	Kwh/año	-	130,0
		%	-	0,1
GAS	Consumo gas	Kwh/año	107.333	69.077
	Ahorro gas	Kwh/año	-	38.256
		%	-	35,6
TOTAL	Consumo energético	Kwh/año	258.883	220.497
	Ahorro energético	Kwh/año	-	38.386,2
		%	-	14,8

- ❖ **Ahorro en gas natural** respecto el edificio actual por **encima del 35%**
- ❖ **Más de 9 toneladas de emisiones de CO2 ahorradas**
- ❖ Se reduce la contaminación de emisiones de CO2 con el equivalente a plantar **464 árboles**

8. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL EDIFICIO REHABILITADO CON EL SISTEMA THERMABEAD:

ANÁLISIS ECONÓMICO				
	Descripción		ACTUAL	REHABILITADO
ELECTRICIDAD	Consumo eléctrico	Kwh/año	151.550	151.420
	Ahorro eléctrico	Kwh/año	-	130,0
		%	-	0,1
	Coste eléctrico	€/año	22.062 €	22.043 €
Ahorro económico	€/año	-	19 €	
	%	-	0,1	
GAS NATURAL	Consumo gas	Kwh/año	107.333	69.077
	Ahorro gas	Kwh/año	-	38.256
		%	-	35,6
	Coste gas	€/año	6.992 €	4.500 €
	Ahorro económico	€/año	-	2.492 €
%		-	35,6	
TOTAL	Consumo energético	Kwh/año	258.883	220.497
	Ahorro energético	Kwh/año	-	38.386,2
		%	-	14,8
	Coste energético	€/año	29.054 €	26.543 €
	Ahorro económico	€/año	-	2.511 €
%		-	8,6	
ESTADO FINANCIERO	Área muro exterior	m ²	1755,3	1755,3
	Coste aislamiento	€/m ²	-	25,0
	Coste inversión total	€	-	43.883 €
	Ahorro económico	€/año	-	2.511 €
		%	-	8,6
	PAYBACK	Años	-	12,9
	TIR	%	-	-5,1%
VAN(20 Años)	€	-	56.960 €	

- ❖ **Ahorro económico en gas natural** respecto el edificio actual por encima de los **2.500€/año**
- ❖ **Retorno de inversión de 12,9 años**
- ❖ **VAN* a 20 años** cerca de los **57.000€**

**Nota: VAN es el valor actual neto de la inversión, es decir, si el VAN es a 20 años, es el valor de todos los cobros(entendiendo por cobro el valor ahorrado respecto el edificio actual) actualizados al llegar a los 20 años considerando la tasa de interés que podríamos haber obtenido de la inversión inicial.*

