

EL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICIOS ESCOLARES DE CONSUMO CASI NULO

Autor: José Manuel Castro Vázquez, Dr. Arquitecto. Profesor asociado, Escuela de Arquitectura de la Universidad Camilo José Cela y socio de ACV Oficina de arquitectura.

Resumen: El objetivo del artículo es tener en consideración los aspectos ambientales de las estrategias de rehabilitación para alcanzar edificios públicos rehabilitados EECN. Se escoge una muestra de 5 colegios de la comunidad autónoma de Galicia que forman parte de la tesis doctoral sobre rehabilitación energética escolar que el autor publicó en 2017. A estos centros escolares se les aplican actuaciones de rehabilitación energética para evaluar su impacto ambiental a través de estudios de análisis de ciclo de vida (ACV). Se pretende demostrar que las emisiones de CO₂ generadas por las estrategias de rehabilitación (fase de fabricación y construcción) son compensadas en un periodo de tiempo factible con la reducción de emisiones de CO₂ de los nuevos colegios rehabilitados. Se han obtenido resultados de periodos de compensación (payback ambiental) inferiores a los 10 años con tasas de reducción de las emisiones actuales superiores al 50%. El objetivo de este estudio es que la selección de las actuaciones de rehabilitación energética a utilizar en los colegios estén también justificadas desde un punto de vista de impacto ambiental. Una mejora energética en la arquitectura escolar además de producir beneficios económicos y de confort también tiene que generar bajo impacto ambiental y permitir que dichas actuaciones sean también sostenibles.

Palabras clave: Rehabilitación nZEB, Impacto Ambiental, Análisis Ciclo Vida.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de rehabilitación energética de un edificio los aspectos más relevantes a la hora de valorar si una intervención es viable son: ahorro energético, recuperación de la inversión (payback) y reducción de emisiones de CO₂. El análisis sobre la mejora de la tasa de emisiones no tiene en cuenta una visión global que valore el impacto ambiental de las actuaciones de rehabilitación energética durante su fabricación y construcción.

Se produce el error de analizar los beneficios ambientales de la rehabilitación energética tan sólo estudiando la reducción de las emisiones de CO₂ que el nuevo edificio rehabilitado produce respecto a las que generaba antes de ser intervenido. De esta manera, las conclusiones obtenidas no tienen una lectura real, ya que los porcentajes de reducción de la tasa de emisiones se creen que son muy grandes desde el momento después de rehabilitar. El objetivo de este artículo es analizar si en edificios de tipología escolar con una vida útil de más de 40 años, el impacto ambiental de las actuaciones de mejora en fachada, cubierta y huecos es compensado en un periodo corto. O si por el contrario, se tarda en compensar un periodo demasiado largo que no permita tener beneficios de reducción de emisiones de CO₂ significativos en edificios tan antiguos.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se escoge una muestra de 5 colegios ubicados en Galicia que fueron construidos con el mismo proyecto tipo en los años 70' pero en distinta ciudades (figura 01 y 02). Estos centros escolares forman parte de una tesis doctoral que estudia una muestra representativa de la Comunidad Autónoma de Galicia de hasta 21 colegios que cubren la

mayoría de posibilidades tipológicas de rehabilitación energéticamente en arquitectura escolar en la zona noroeste de España (figura 03).



Figura 1. Colegio CEIP A Gándara (Monforte Lemos) **Figura 2.** Colegio CEIP Paradai (Lugo)

Los 5 colegios seleccionados están localizados en la figura 3 y son:

- CEIP Paradai (Lugo).
- CEIP A Gándara (Monforte de Lemos, Lugo).
- CEIP Emilia Pardo Bazán (A Coruña).
- CEIP Víctor López Seoane (A Coruña).
- CEIP O Couto (Ourense).

En primer lugar, se ha realizado un estudio con diferentes “*actuaciones de rehabilitación*” tanto en la envolvente térmica (fachada, cubierta, forjados en contacto con el exterior y huecos) como en las instalaciones de estos colegios para determinar qué actuaciones son más viables desde un punto de vista energético y de confort. En segundo lugar, con las actuaciones más eficaces de cada parte de la envolvente se establece una intervención conjunta llamada “*estrategia de rehabilitación energética óptima*” para estudiar su viabilidad económica (payback).

Finalmente, se analiza el impacto ambiental que estas medidas generan al entorno. Para ello, se cuantifican las tasas de emisiones de CO₂ que producen las actuaciones de la “*estrategia de rehabilitación óptima*” durante la fase de fabricación y puesta en obra para dictaminar cuanto tiempo es necesario para compensar las tasas de emisiones y establecer qué medidas tiene un mayor impacto. Esta última parte de la investigación es la que el presente artículo desarrolla en profundidad.

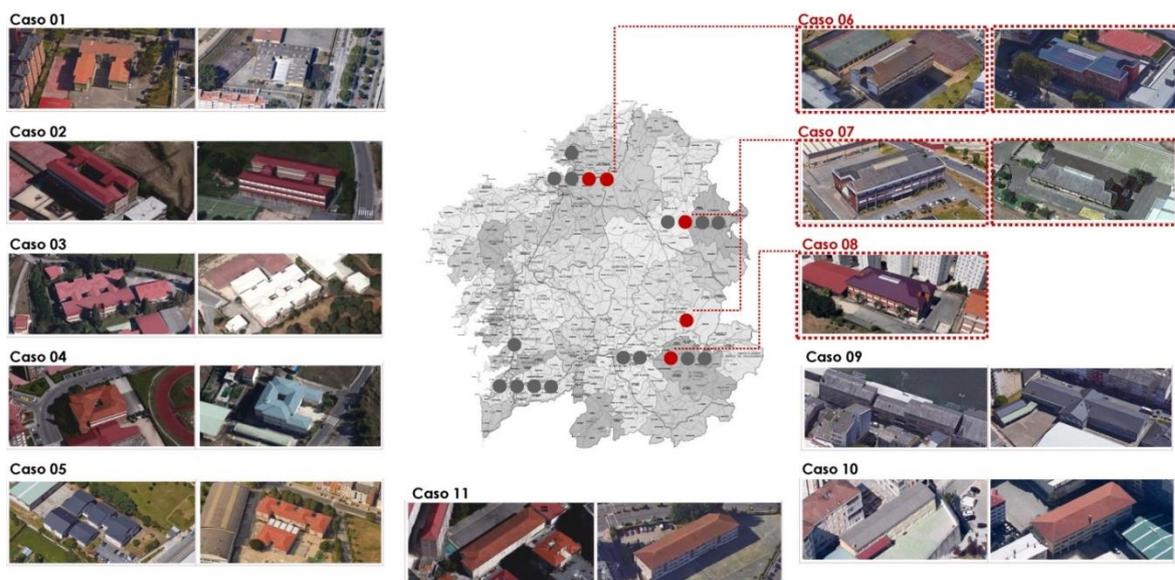


Figura 3. Ubicación de los 5 colegios (casos 06/07/08) y de la muestra de 21 colegios de la tesis doctoral.

METODOLOGÍA

La metodología de cálculo se ha basado en el “*análisis de ciclo de vida*” (ACV) para determinar los impactos ambientales generados por las diferentes actuaciones de rehabilitación energética (fase de fabricación y construcción) que se han utilizado para rehabilitar los 5 colegios objeto de estudio.

El ACV se evalúa en términos de uso de materiales (inputs) y de emisiones de sustancias contaminantes como el CO₂ (outputs). El proceso de evaluación se realiza con el programa de cálculo SIMAPRO y para una correcta ejecución se han establecido los siguientes componentes:

01. Definición objeto.
02. Inventario del ACV. Energía que se consumirá y materiales que se utilizarán.
03. Evaluación del ciclo de vida, definir los impactos en energía y emisiones.

01. Definición objeto: Analizar impacto ambiental del proceso de rehabilitación

Se opta por un “*modelo de análisis descriptivo*” que determine que problemas medioambientales se atribuyen a cada una de las actuaciones de rehabilitación energéticas realizadas en los 5 centros escolares.

01.01. Unidad funcional: “Rehabilitar energéticamente el colegio del caso de estudio”

Se escoge como “*unidad funcional*” el proyecto tipo que ha permitido construir los 5 colegios del presente artículo y se determinan los impactos generados por las actuaciones en: fachada, cubierta, huecos y forjados exteriores. Se trata de un colegio de PB+II de uso escolar con una superficie acondicionada de 2.306m² que fue construido en 1976. Se estima un ciclo de vida mínimo después del proceso de rehabilitación de 20 años en el cuál se realizan las siguientes actuaciones energéticas en la envolvente:

- | | |
|---|------------------------|
| - Aislamiento térmico en fachada (SATE): | 1.021 m ² . |
| - Aislamiento forjado superior en bajo cubierta (LW): | 916 m ² . |
| - Aislamiento cara inferior forjado exterior (LW): | 257 m ² . |
| - Sustitución huecos originales (2 alternativas: PVC o aluminio): | 284 m ² |

01.02. Objetivo del análisis: “analizar el impacto ambiental de la etapa de fabricación y construcción”

En la “*etapa de fabricación*” se considera la producción de los materiales utilizados en la rehabilitación: aislamientos, carpinterías, vidrios, residuos... Mientras que en la “*etapa de construcción*” se tiene en cuenta el proceso de rehabilitación: transporte, colocación, residuos...

Se analiza la rehabilitación energética mediante un modelo descriptivo de ACV que permita detectar que problemas genera la rehabilitación energética durante las 2 etapas estudiadas.

Posteriormente se compara con la reducción de emisiones de CO₂ que produce la rehabilitación para establecer en cuanto tiempo se compensan las emisiones de la fabricación y construcción de los materiales introducidos en la obra.

02. Inventario del ACV

Se escoge el “*indicador de punto final*” ya que refleja el impacto medioambiental resultante sobre el ecosistema en la unidad de equivalencia Kg CO₂ Eq.

02.01. Fase de fabricación

Se consideran 4 subsistemas (tabla 1), uno por cada parte de la envolvente que se va a rehabilitar (fachada, cubierta, forjados y huecos). En el caso de los huecos se estudian dos alternativas (carpintería PVC o aluminio).

SUBSISTEMAS	CEIP Paradai	CEIP A Gándara	CEIP E. P. Bazán	CEIP V. L. Seoane	CEIP O Couto
FACHADA	SATE 120 mm	SATE 120 mm	-	-	-
CUBIERTA	LW 160 mm	LW 160 mm	LW 140 mm	LW 140 mm	LW 140 mm
FORJADO EXTERIOR	SATE 100 mm	SATE 100 mm	SATE 80 mm	SATE 80 mm	SATE 100 mm
HUECOS	PVC 8/16/8	PVC 8/16/8	PVC 8/16/8	PVC 8/16/8	PVC 8/16/8
	ALUMINIO 8/16/8	ALUMINIO 8/16/8	ALUMINIO 8/16/8	ALUMINIO 8/16/8	ALUMINIO 8/16/8

Tabla 1. Actuaciones independientes de la “*estrategia de rehabilitación óptima*” en cada colegio estudiado

03. Evaluación del impacto

Se escoge la metodología de impacto ambiental de “*IPC 2007 GWP 20a*” que establece un análisis de ciclo de vida a 20 años y permite evaluar todos los gases de efecto invernadero pertinentes, incluidos en el “*Protocolo de Kioto*”, al convertirlos en emisiones de CO₂ equivalente por medio de los coeficientes del potencial de calentamiento global en 20 años (GWP) establecidos por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Destacan: Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), hidrofluocarbonos (HFCs), Perfluorcarbonos (PFCs), Hexafluoruro de azufre (SF₆).

RESULTADOS Y DATOS OBTENIDOS

La estrategia de rehabilitación energética óptima genera una “*tasa anual de emisiones de CO₂*” muy inferior a la del estado actual y con porcentajes de reducción que varía entre el 53% y el 62% tal y como se indica a continuación:

- CEIP Paradai: **34.812 KgCo₂** (60,5% reducción)
- CEIP A Gándara: **32.165 KgCo₂** (53,9% reducción)
- CEIP Emilia Pardo Bazán: **27.164 KgCo₂** (61,9% reducción)
- CEIP Víctor López Seoane: **35.165 KgCo₂** (58,9% reducción)
- CEIP O Couto: **27.776 KgCo₂** (54,6% reducción)

Así pues, la reducción de emisiones de CO₂ entre el “*estado actual*” y el “*estado reformado*” de los 5 colegios objeto de estudio permite compensar en poco tiempo las emisiones generadas durante los procesos de rehabilitación energética (tabla 2). A través de la metodología detallada anteriormente sobre el ACV, las actuaciones que forman parte de la estrategia de “*rehabilitación energética óptima*” durante la fase de fabricación y construcción generan el siguiente impacto ambiental en emisiones de CO₂:

	Variante carpintería PVC	Variante carpintería ALUMINIO
- CEIP Paradai:	228.000 KgCO ₂	359.055 KgCO ₂
- CEIP A Gándara:	227.000 KgCO ₂	356.979 KgCO ₂
- CEIP E. P. Bazán:	201.600 KgCO ₂	316.000 KgCO ₂
- CEIP V. L. Seoane:	164.060 KgCO ₂	258.000 KgCO ₂
- CEIP O Couto:	165.100 KgCO ₂	260.000 KgCO ₂

En todos los colegios se puede compensar las emisiones del proceso de rehabilitación en un plazo muy corto de entre 6 y 7 años (tabla 2) siempre que se escoja una solución con carpintería de PVC. En caso de escoger una solución en aluminio se generan mayores impactos y se aumenta en hasta 5 años el periodo de compensación de la tasa de emisiones de CO₂ (colegio Emilia Pardo Bazán). Los colegios en los que se tardaría más tiempo en compensar las emisiones son aquellos en los que se ha planteado actuaciones en fachada con SATE (Paradai y A Gándara). Es significativo destacar que entre los colegios de mayor y menor tasa de emisiones de CO₂ que se producen durante el proceso de rehabilitación tan sólo hay 1 año de diferencia.

Este aspecto se debe a que la solución de SATE aunque genera mayores impactos ambientales también produce una reducción muy considerable en el consumo lo que se traduce en una menor tasa de emisiones en el día a día de uso del colegio y en consecuencia un menor impacto ambiental que permite que tan sólo se prolongue 1 año el "payback ambiental".

	Tasa Anual Emisiones CO ₂ (kgCO ₂ año)		Estrategia Rehabilitación (carpintería PVC)		Estrategia Rehabilitación (carpintería ALUMINIO)	
	Estado Actual	Estado Reformado	Emisiones Rehabilitación (kgCO ₂ año)	Payback Ambiental (años)	Emisiones Rehabilitación (kgCO ₂ año)	Payback Ambiental (años)
PARADAI	57.585	22.773	228.000	7	359.055	10
A GANDARA	59.632	27.467	227.000	7	356.979	11
E.P. BAZAN	43.883	16.719	201.600	7	316.000	12
V.L. SEOANE	59.632	24.467	164.060	6	258.000	8
O COUTO 01	50.925	23.149	165.100	6	260.000	9

Tabla 2. Tabla resumen del periodo de compensación de las emisiones de CO₂ (payback ambiental)

Diagramas de flujos de impactos ambientales en las rehabilitaciones energéticas

Según los diagramas de impacto ambiental producidos por estrategias de rehabilitación energética en cada colegio (figuras 3,4,5,6 y 7), el mayor impacto ambiental se produce con la fabricación de las carpinterías de PVC, que varía entre los 175.000 KgCO₂ del colegio E.P. Bazán y los 142.000KgCO₂ del colegio O Couto. Corresponde con un porcentaje de impacto ambiental respecto al total que oscila entre 60% y 80% según las dimensiones de los huecos de cada colegio.

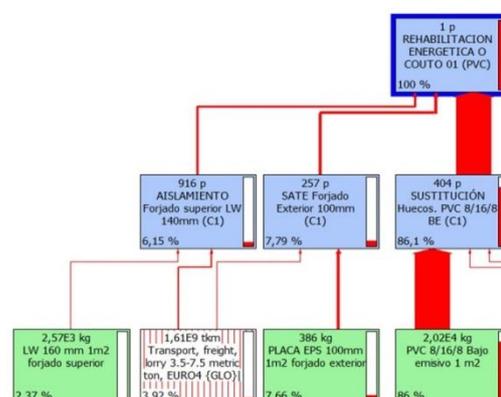


Fig.3. Diagrama impacto ambiental CEIP O Couto

El segundo impacto ambiental es la fabricación del SATE de fachada que provoca de media 61.000 KgCO₂, lo que corresponde con un porcentaje en torno al 20% de los impactos totales.

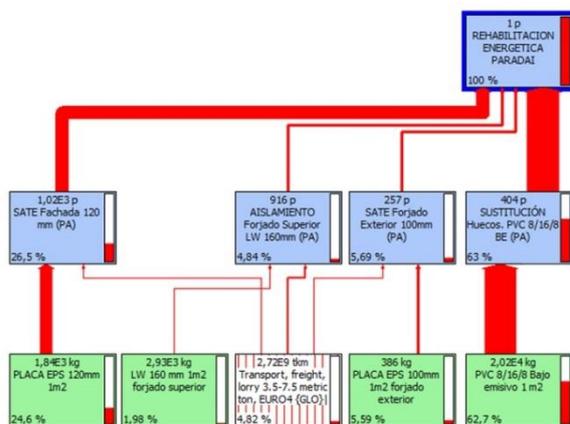


Fig. 4. Diagrama impacto ambiental Paradaí

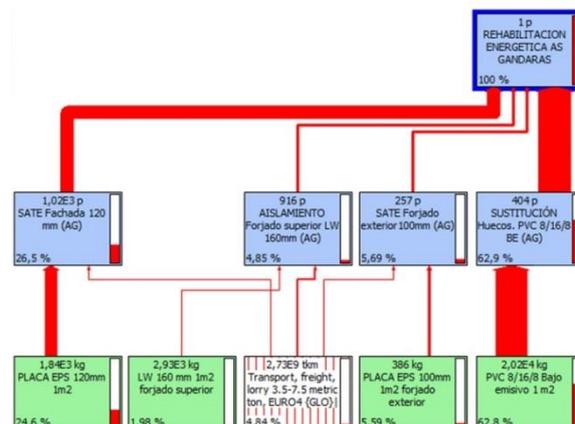


Fig.5. Diagrama impacto ambiental A Gándara

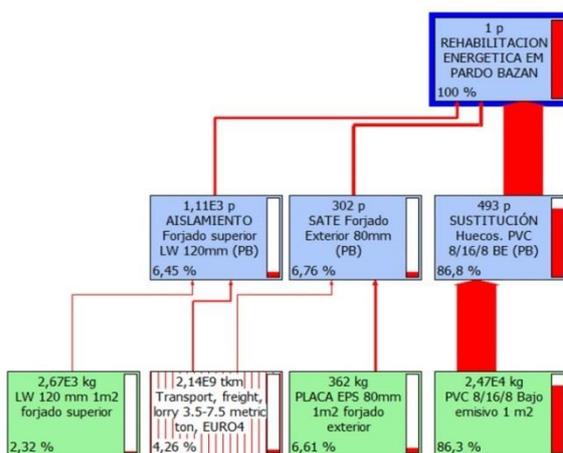


Fig. 6. Diagrama impacto ambiental E.P. Bazán

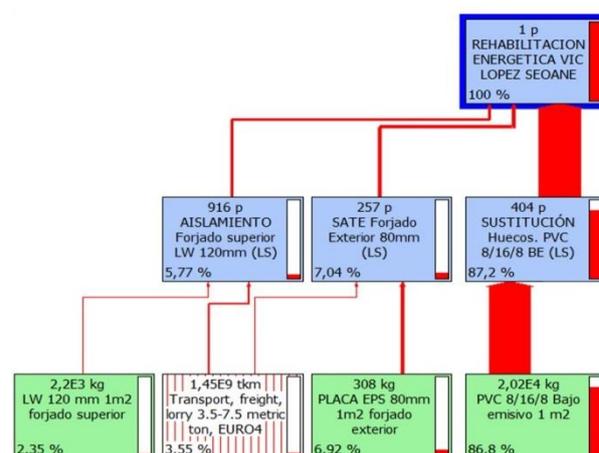


Fig.7. Diagrama impacto ambiental B. L. Seoane

CONCLUSIONES

El objetivo del presente artículo era demostrar que el proceso de rehabilitación energética en los 5 colegios no generaba mayores impactos ambientales que los beneficios obtenidos de reducción de la tasa de emisiones de CO₂ tras la intervención energética llevada a cabo en estos edificios. Así pues, se puede afirmar que los plazos de tiempo para compensar las emisiones generadas por la fabricación y construcción de las actuaciones energéticas son inferiores a los 8 años. Este periodo temporal permite afirmar que estas actuaciones son viables ambientalmente en edificios escolares con una vida útil actual de más de 40 años.

Se afirma que los plazos de compensación de las tasas de emisiones de CO₂ (payback ambiental) son de 7 años, mientras que los plazos de amortización económica (payback) son de media de 20 años. Por tanto, se demuestra que desde un punto de vista ambiental y sostenible las rehabilitaciones energéticas en los centros escolares también son viables.

El mayor impacto ambiental se produce con la sustitución de los huecos por un sistema PVC (8/16/8). Representa como norma media un porcentaje de “impacto ambiental” respecto al total de la intervención de entre el 60%-80%. Para minimizar los impactos ambientales (fabricación, transporte y puesta en obra) se estudió por prestaciones térmicas y de coste económico la alternativa de una carpintería de aluminio (8/16/8); pero el impacto ambiental que producía esta solución era mayor y se desechó la posibilidad.

Por último, con respecto al resto de actuaciones la intervención con SATE es la segunda que mayor impacto ambiental generaba, en torno a un 25%; En cambio las soluciones de aislamiento con lana mineral eran las que menos tasa de emisiones de CO₂ producían, ya que en algunos casos incluso eran superadas por las emisiones producidas por los procesos de transporte.

REFERENCIAS

- Baker, N.V., 2009, *A handbook of Sustainable Refurbishment: Non domestic Buildings*. Earthscan. London.
- Cuchí, A., 2003, *Parámetros de sostenibilidad*. Barcelona; ITEC.
- D’Agostini Et Al, 2016, *Synthesis Report on the National Plans for nZEBs*. EUR27804 EN, doi 10.2790/659611.
- Gaitani, N., 2014, *Resumen ejecutivo Proyecto ZEMeds. Estado del arte de los edificios de consumo casi nulo (nZEB) en la zona mediterránea*. Atenas.
- Liddament, M., 2006, *Chapter 4: Ventilation and air infiltration*. CIBSE Guide A: Environmental design. Londres.
- Erhorn-Kluttig, H., 2016, *Solutions sets for zero emission / Zero energy school buildings*. <http://www.school-of-the-future.eu/>
- World Wildlife Fund (WWF), 2010, *Potencial de ahorro energético y de reducción de Emisiones de CO₂ del parque residencial existentes en España en 2020*. Madrid.