

(10-010) - Measures to improve energy efficiency in a public school extension and refurbishment project.

Ferrer Gisbert, Pablo S. ¹; Fuentes Bagues, José Luis ¹; Arribas Blanco, Ruth ²;
Hervás Salvador, Esther ³

¹ PRINS Research Center. Universitat Politècnica de València, ² Dpto. de Ingeniería de la Construcción y de Proyectos de Ingeniería Civil. Universitat Politècnica de València,
³ Esther Hervás Arquitecto

Educational centres are an important part of the building sector, so their energy efficiency is a fundamental factor to be taken into account in their design. The paper develops the main measures adopted in a recent project for the extension and refurbishment of an Infant and Primary School, located in the province of Valencia. Under the premise that the reduction in energy demand must prevail over the production of renewable energy, aspects related to the thermal envelope, ventilation and air conditioning, the production of DHW and the contribution of electrical energy produced by photovoltaic solar energy are addressed.

Keywords: schools; energy efficiency; case studies

Medidas de mejora de la eficiencia energética en un proyecto de ampliación y reforma de un colegio público.

Los centros educativos constituyen una parte importante en el sector de la edificación por lo que la eficiencia energética de los mismos es un factor fundamental a tener en cuenta en sus diseños. La ponencia desarrolla las principales medidas adoptadas en un reciente proyecto de ampliación y reforma de un Colegio de Educación Infantil y Primaria, situado en la provincia de Valencia. Bajo la premisa de que la reducción en la demanda de energía debe prevalecer sobre la producción de energía renovable, se abordan aspectos relacionados con la envolvente térmica, la ventilación y climatización, la producción de ACS y el aporte de energía eléctrica producida por energía solar fotovoltaica.

Palabras clave: colegios; eficiencia energética; casos de estudio

Correspondencia: Pablo S. Ferrer Gisbert pferrer@dpi.upv.es



1. Introducción

Los colegios constituyen herramientas esenciales en la construcción de la sociedad del mañana y en la transmisión de los valores democráticos. La escuela es, ante todo, un lugar de apertura al mundo, de adquisición de conocimientos y de socialización (Trachte & De Herde, 2015).

Además, la educación puede prolongarse a lo largo de buena parte de nuestras vidas y la mayor parte de dicho tiempo transcurre en el interior de edificios educativos, que influyen en la salud, el pensamiento y el rendimiento de los alumnos. Por ello, el diseño o reforma de los edificios escolares representa una excelente oportunidad para proteger la salud de los alumnos garantizando un entorno sostenible, energéticamente eficiente y rentable. El entorno escolar debe favorecer el aprendizaje mediante el aire fresco y confortable, buena luz (diurna), y unas buenas condiciones acústicas (Swegon, 2021).

Por otra parte, los centros educativos constituyen una parte importante en el sector de la edificación por lo que la eficiencia energética de los mismos es un factor fundamental a tener en cuenta en sus diseños. El consumo energético de los edificios depende sustancialmente de los criterios utilizados para el ambiente interior (calefacción, refrigeración, ventilación y alumbrado) y del diseño y funcionamiento del edificio (incluyendo los sistemas). Pero estudios recientes han mostrado que los costes de un mal ambiente interior para el empresario, el propietario del edificio y para la sociedad, son a menudo considerablemente más altos que el coste de la energía utilizada en el mismo edificio (AENOR, 2020) (Wargocki & Wyon, 2017).

La calidad de los ambientes interiores se puede considerar por lo tanto clave en la evaluación de la sostenibilidad de un edificio, siendo necesario buscar un compromiso entre calidad del aire, confort térmico, ruido e iluminación, con los consumos de energía y los costes de construcción asociados (Atecyr, 2022). Además, respondiendo al principio básico de "Energy Efficiency First", "la mejor energía es la que no hay que producir porque no se necesita", lo que se traduce en que la reducción en la demanda de energía debe prevalecer sobre la producción de energía renovable (Atecyr, 2023).

2. Objetivos

La ponencia desarrolla las principales medidas adoptadas en un reciente proyecto de ampliación y reforma de un Colegio de Educación Infantil y Primaria (CEIP), situado en la provincia de Valencia. Se abordan aspectos relacionados con la envolvente térmica, la ventilación y climatización, la producción de ACS, la iluminación y el aporte de energía eléctrica producida por energía solar fotovoltaica.

3. Caso de estudio

3.1 Descripción del edificio

El centro existente se ubica al sur de la localidad de Canet d'En Berenguer, en la provincia de Valencia. El objeto del proyecto es su ampliación hasta constituir un centro de 6 unidades de infantil, 12 unidades de primaria, 2 aulas más de infantil de primer ciclo para niños de 2 años, y un comedor para 360 comensales en dos turnos.

El edificio existente consiste en un sistema en L con un bloque de una altura alineado con el linde norte de la parcela y dos piezas ortogonales que albergan los espacios docentes orientados hacia el sureste configurando el acceso en el encuentro con el anterior. Las aulas de primaria se sitúan en la planta primera, orientadas hacia el sureste y con acceso por el corredor orientado hacia el patio principal. El resto de los espacios (biblioteca, aula de

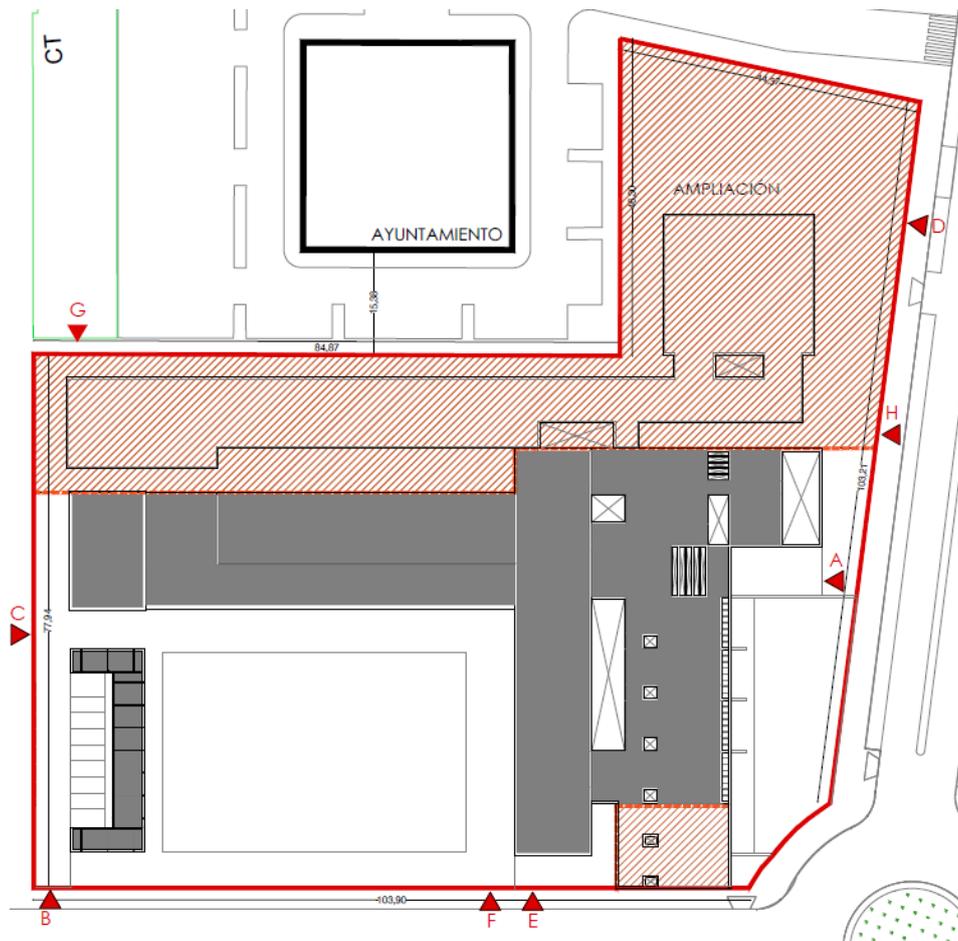
informática y aula de taller polivalente) se ubica en planta baja, a lo largo del eje que conduce al gimnasio. Este corredor se protege del sol que proviene de la orientación sur con un gran porche con espacio suficiente para albergar la futura ampliación.

El proyecto consiste en la adecuación de parte de los espacios existentes y en la ampliación por la orientación norte con la creación de un cuerpo de nueva construcción en el que se ubicarán las nuevas aulas de primaria y el comedor. Las dos nuevas aulas destinadas a niños de dos años se han ubicado conectadas por la zona sur con el edificio existente, quedando integrado en el bloque de las aulas de infantil, generando un nuevo acceso independiente desde la calle.

La ampliación de las aulas de primaria y el comedor se separa de la parte existente con unos patios alargados y establece dos puntos de conexión interiores y dos exteriores. De este modo se intenta que, a pesar de ser dos construcciones realizadas en momentos diferentes, el conjunto edificado sea leído como uno único en el que se ha seguido la misma estrategia de proyecto con el empleo de los patios interiores para permitir la entrada de luz natural en el interior del edificio, así como introducir la naturaleza en su interior.

Con la nueva ampliación, el edificio adopta una forma en T (Figura 1). El acceso principal se mantiene en el cruce entre bloques, quedando la parte administrativa a la derecha de este acceso. La planta baja del ala sur se destina completamente a educación infantil, modificándose el comedor y la cocina, mientras que en la planta primera se mantienen las aulas de primaria, como en la actualidad (Figura 2).

Figura 1: Planta de actuación



En el ala que se prolonga hacia el oeste se ubica la biblioteca, el aula de informática, el aula de usos múltiples para el nivel de primaria y dos pequeñas aulas para pequeños grupos del nivel de primaria. A estos espacios se accede desde el exterior, a través de un gran porche exterior.

La nueva construcción situada al norte de los edificios existentes se desarrolla de este a oeste y se separa de los anteriores a través de patios cuya función es permitir la ventilación cruzada y la iluminación natural de las aulas, así como servir de espacio de extensión exterior para las aulas de primaria que serán utilizados para fines pedagógicos.

Las aulas de infantil de primer ciclo se ubican como una extensión del resto de aulas de infantil existentes, manteniendo la misma distribución de los espacios de aula existentes, y ocupando el espacio dejado por el comedor y la cocina.

Figura 2: Distribución de espacios (en rojo ampliación, en gris adecuación).



Adyacente al comedor se encuentra la cocina con todos los servicios necesarios, entre cuyos espacios se distribuye la zona para basuras, la zona de generación y acumulación de ACS, los vestuarios y cuarto de limpieza, así como una despensa. A la cocina se accede desde el comedor y también desde el exterior a través de una plataforma a la cual se llega con una rampa que discurre por el perímetro exterior del volumen.

En el interior del volumen destinado a las aulas de primaria se distribuyen un aula de taller y un aula para música, y seis aulas que se plantean con tabiques acústicos móviles cada dos

aulas, así como espacios para las reuniones de los equipos docentes y los aseos, tanto para alumnos como para profesores, estos últimos adaptados para personas con discapacidad.

Las aulas de primaria que se mantienen en la primera planta no ven alterada su distribución.

En total se adecúan 813,57 m² existentes y se amplían 1851,04 m².

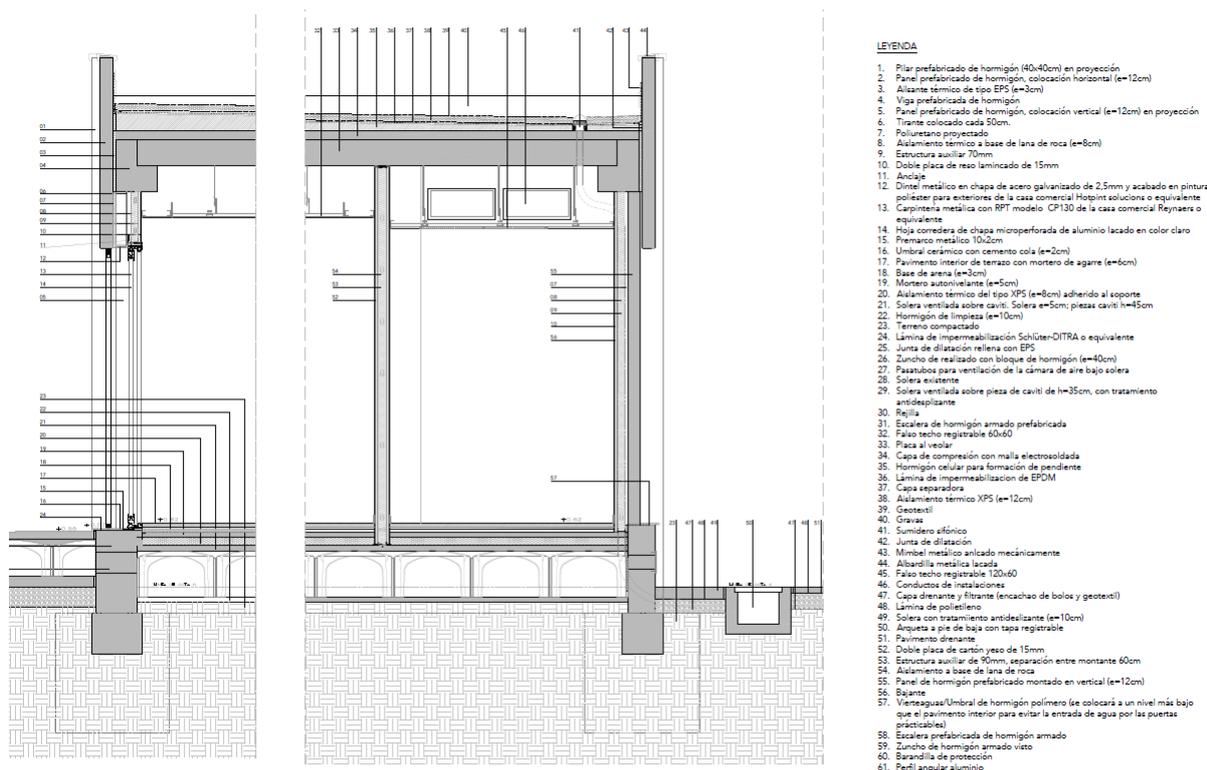
En el desarrollo del proyecto se han seguido las “Instrucciones de diseño y construcción para edificios de uso docente” establecidas por el Servicio de Infraestructuras Educativas de la Generalitat Valenciana (GVA, 2019).

3.2 Envoltante

El emplazamiento del edificio, a una altitud de 10 m, corresponde a una zona climática B3.

Mediante la definición de un modelo informático del edificio con la herramienta unificada LIDER CALERNER, HULC, versión 2,0,2203,1160 de fecha 26 de abril de 2021, se obtuvo un valor de transmitancia térmica global (K) de 0,74 W/m²K, para la parte de intervención del edificio considerada como ampliación. Dicho valor es inferior al límite establecido por CTE DB HE1 (CTE,2019): 0,81 W/m²K. Todos los elementos de la envoltante térmica que se modifican cumplen con los valores límite de transmitancia térmica establecidos en la tabla 3.1.1.a del DB HE1.

Figura 3: Sección constructiva



El volumen de primaria y el nuevo comedor se levantan del terreno mediante una solera ventilada construida sobre piezas Caviti o equivalente de canto 45 y 50 cm (Figura 3). En el bloque de las dos aulas de infantil que se amplían, el canto de estas piezas es de 10 cm. Sobre la solera se colocará una capa de aislante térmico de tipo XPS de 8 cm de espesor, con una conductividad térmica de 0,027 W/mK, cubierto por un film plástico de polietileno.

Las fachadas se han previsto a base de cerramiento prefabricado compuesto de una hoja exterior de hormigón prefabricado (con 30 mm de PUR), trasdosado interiormente por placas de yeso laminado con aislante a base de lana de roca (60 mm) en la cámara de aire.

La cubierta será plana, no transitable, invertida con protección de grava y capa separadora con fieltro de fibra de vidrio de 120 gr/m², e impermeabilización mediante una lámina de etileno propileno dieno monómero EPDM de 1,5 mm de espesor, otra capa separadora a base de film de polietileno de 0,50 mm de espesor, aislamiento térmico formado por paneles de poliestireno extruido (XPS) de 120 mm de espesor y $K=0,029$ W/mK, y capa separadora antipunzonante formada por fieltro de poliéster de 300 gr/m².

La carpintería exterior de puertas y ventanas se proyecta a base de perfiles de aluminio con rotura de puente térmico con una transmitancia térmica máxima entre 2,35W/m²K y 2,98W/m²K.

En la definición constructiva de la zona de ampliación, se ha tenido en cuenta la eliminación de puentes térmicos de la envolvente. Así, el aislamiento situado sobre el sistema de solera ventilada continúa en gran medida con el aislamiento vertical utilizado para los cerramientos, eliminando el puente térmico en ese encuentro. Los elementos de carpintería, por su parte, se instalan en línea con el aislamiento térmico de los cerramientos, tanto en jambas como en dinteles. Y los pilares en la fachada se aíslan desde el interior manteniendo la continuidad con el aislamiento de los cerramientos.

También se implementan elementos de protección solar, como celosías correderas en la orientación sur, realizadas con chapa perforada en colores claros. Para los huecos del comedor, se prevé la instalación de estores enrollables tipo screen por el exterior, en color blanco opaco, lo que mejora la respuesta del edificio en épocas calurosas.

3.3 Iluminación

Multitud de estudios sobre los efectos de la luz diurna en la salud han demostrado sus beneficios, como la mejora de la visión, la calidad del sueño y la reducción de los síntomas de fatiga visual, dolor de cabeza y depresión (Swegon, 2021). Tanto por dichos motivos como por el ahorro energético que conlleva, la iluminación natural ha sido favorecida en el proyecto arquitectónico a través de las fachadas exteriores y patios interiores con amplios ventanales.

De acuerdo con las especificaciones de Conselleria (GVA, 2019), los niveles de iluminación media considerados en los distintos espacios, han sido (Figura 4):

- Locales docentes: 500 lux.
- Pasillos, vestíbulos y circulaciones interiores: 200 lux.
- Aseos y vestuarios: 150 lux.
- Sala de profesores y despachos: 300 lux.
- Secretaría, conserjería: 300 lux.

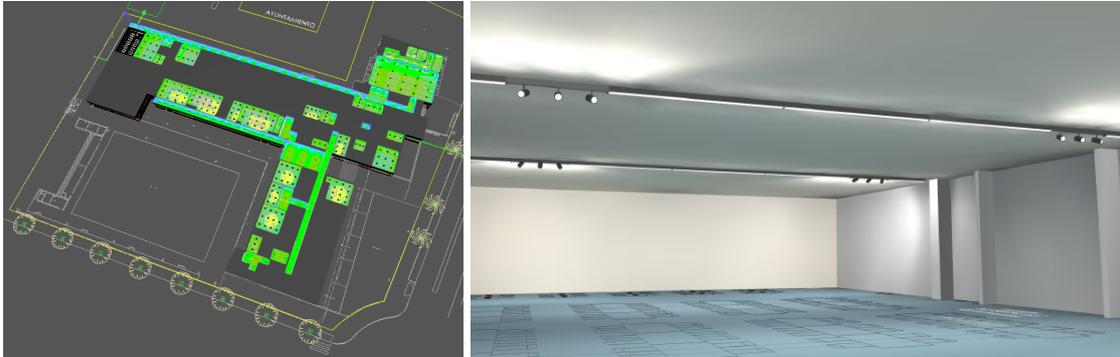
Todo ello con una uniformidad media superior al 40%.

Respecto al alumbrado exterior, donde se prevea la circulación se debe proporcionar una iluminancia mínima de 20 lux.

Para todo ello se han previsto luminarias led tanto en los nuevos locales como en las aulas existentes y el nuevo alumbrado exterior. Se ha tenido en cuenta lo establecido en la sección HE 3 "Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación" del CTE respecto a mantenimiento y conservación, sistemas de control y regulación y cálculos. Así, las zonas consideradas como de uso esporádico disponen de control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia. También se ha previsto un sistema de aprovechamiento de la luz natural que regula el nivel de iluminación de las luminarias situadas a menos de 5 metros de una ventana. El sistema de instalación elegido consiste en dotar a las lámparas de

equipos regulables con protocolo DALI, con el fin de aprovechar al máximo el aporte de luz solar.

Figura 4: Diseño del alumbrado con Dialux evo



3.4 Instalación de ventilación y climatización

Las instalaciones térmicas en los centros educativos de la Generalitat Valenciana se resolvían tradicionalmente, mediante un sistema de calefacción por radiadores alimentados desde una caldera de combustible fósil (GVA, 2022). La entrada en vigor del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), introdujo la exigencia de implantar una instalación de ventilación en todos los edificios de nueva construcción con el fin de garantizar una adecuada calidad del aire interior.

Con este diseño, coexistían dos instalaciones independientes: por un lado, la tradicional instalación de calefacción por radiadores y, por otro lado, la más reciente de ventilación; las cuales funcionan de manera independiente, con el inconveniente de que, a pesar de haberse dotado al edificio de ambas instalaciones, no se garantiza el cumplimiento simultáneo de las exigencias de bienestar térmico y de calidad del aire en el interior de las aulas y otros recintos.

Por el contrario, la instalación de climatización, en combinación o integrada con la de ventilación, sí cumple la doble función de proporcionar las condiciones de confort higrotérmico y de garantizar la calidad del aire interior a lo largo de todo el año.

La implantación del sistema integrado de climatización y ventilación supone, en consecuencia, eliminar el conjunto de equipos que componen la tradicional instalación de calefacción, así como la supresión de combustibles fósiles contaminantes y altamente emisores de CO₂. Todo esto representa un importante ahorro económico.

Por otra parte, la instalación combinada de climatización y ventilación tiene una menor inercia térmica, lo que permite una rápida respuesta a primera hora de la mañana, cubriendo asimismo fácilmente las oscilaciones térmicas (frío intenso a primera hora y calor en horas centrales del día) frecuentes en la Comunitat Valenciana.

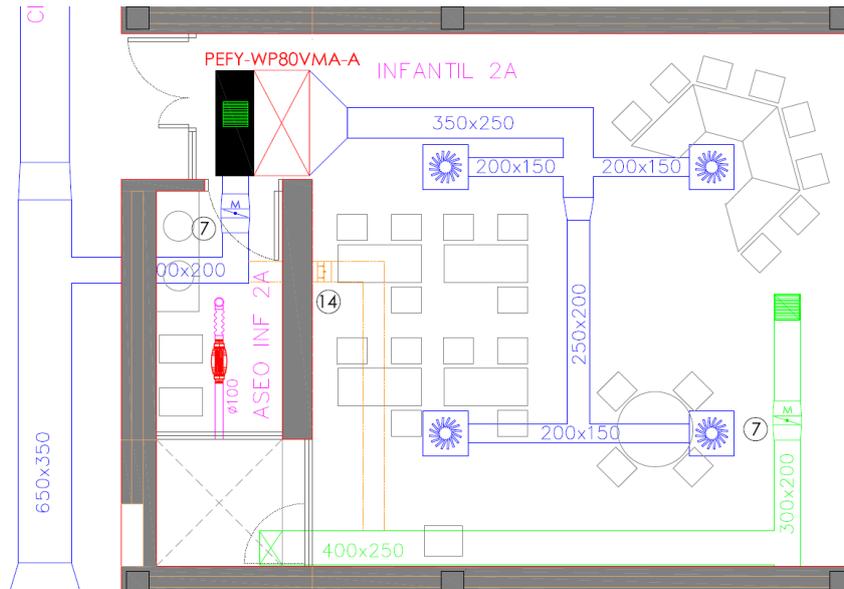
La función principal del acondicionamiento de aire es mantener las condiciones de confort y sanitarias (Carrier, 2009). Además, la ventilación mecánica es la forma más eficaz de proporcionar aire fresco y filtrado a las aulas, reduciendo la exposición a los contaminantes del aire que afecta a la respuesta humana. Garantiza un flujo controlado de aire de impulsión y extracción, lo que permite el control de la temperatura ambiente, la humedad y la calidad del aire.

El horario de apertura y cierre del edificio es el típico de un colegio de educación infantil y primaria, comprendido entre las 8 y las 18 h. Las instalaciones de climatización y ventilación se subdividen en varios subsistemas según usos y orientaciones del edificio, funcionando de

este modo de forma independiente unas de las otras. Las distintas zonas o subsistemas de climatización son:

- Aulas de primaria en planta baja (subdivido en dos zonas).
- Zona de biblioteca.
- Aulas de infantil (subdivido en dos zonas).
- Aulas de primaria en planta primera.
- Oficinas.
- Comedor.

Figura 5: Ejemplo de distribución de la climatización en un aula



Para todas las zonas, a excepción del comedor, la climatización se realizará mediante sistema híbrido agua-volumen de refrigerante variable HVRV con bomba de calor, utilizando gas refrigerante y agua como fluidos portadores de calor, combinando la alta eficiencia de los sistemas VRF con el máximo confort de las interiores de agua. Las unidades interiores serán fan coils de conductos en falso techo.

Para la renovación de aire, se utilizarán unidades de tratamiento de aire (UTAs) con baterías de frío y calor, sistema free-cooling, sistema de recuperación de calor entálpico de alta eficiencia, ventiladores de bajo consumo con variadores de velocidad, y filtros y prefiltros para una calidad del aire (RITE, 2007) IDA 2 en general, IDA 1 para infantil e IDA 3 en el comedor. La UTA aportará el aire fresco a temperatura neutra dentro de las estancias. Se dispondrá una unidad para cada zona, a excepción de las zonas de aulas de primaria de planta baja y biblioteca que compartirán unidad.

En la Tabla 1 se muestran los ratios utilizados para el cálculo de la ventilación.

Se considera un nivel de calidad del aire exterior ODA 2 (aire con concentraciones altas de partículas) al estar el edificio en una zona cercana a vías de circulación con tráfico rodado.

Las clases de filtración a emplear en la instalación serán como mínimo:

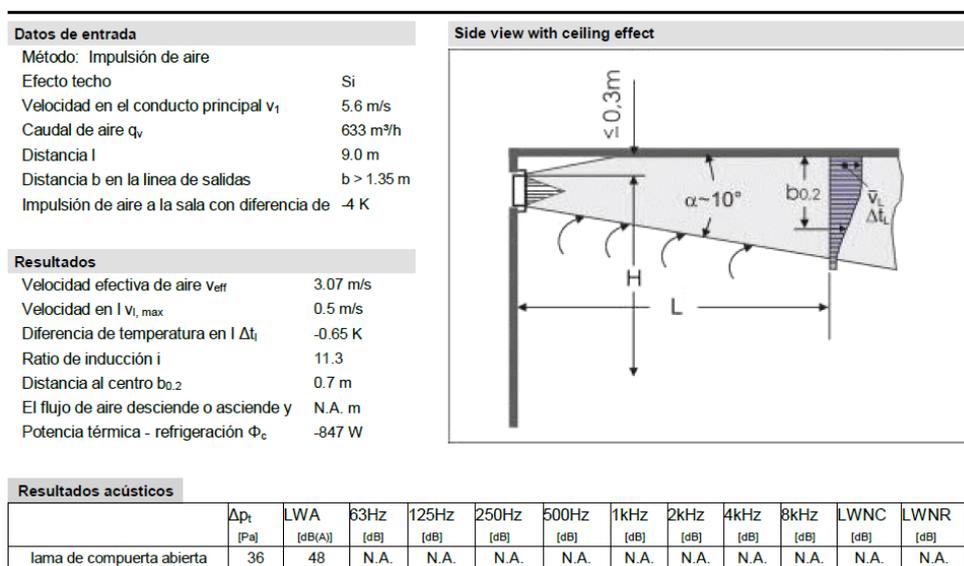
- Para calidad de aire interior IDA 1, filtro previo F7 y filtro final F9.
- Para calidad de aire interior IDA 2, filtro previo F7 y filtro final F8.
- Para calidad de aire interior IDA 3, filtro previo F5 y filtro final F7.

Para la zona de comedor, se dispondrá un equipo roof-top con free-cooling y recuperador de calor entálpico de alta eficiencia.

Tabla 1: Ratios de caudal de aire exterior

Tipo de local	Método indirecto por persona	Método indirecto por superficie	Otros
Aulas (IDA 2)	12,5 dm ³ /s		
Oficinas (IDA 2)	12,5 dm ³ /s		
Comedor (IDA 3)	8 dm ³ /s		
Salas informática (IDA3)	8 dm ³ /s		
Zonas no ocupadas (IDA4)		0,28 dm ³ /s	
Aseos			25 l/s inodoro

Figura 6: Ejemplo de selección de rejilla de impulsión



La distribución de aire climatizado se realizará mediante conductos y difusores (Figura 5). Para tener un mayor control del sistema y su consumo, se dispondrán compuertas motorizadas accionadas con sensores de CO₂ en cada recinto. De forma general se dispondrán de compuertas motorizadas en las redes de impulsión y retorno en cada una de las estancias.

En las aulas y mayor parte de espacios restantes se utilizarán difusores rotacionales de techo, con deflectores de aire manualmente ajustables, generando elevados niveles de inducción. En el comedor se utilizarán rejillas de ventilación rectangulares sobre conducto circular visto.

La difusión de aire tiene un papel fundamental en el proceso de acondicionamiento, manteniendo dentro de los límites fijados los valores de velocidad del aire, temperatura, humedad y concentración de partículas (Atecyr, 2020b). La Figura 6 muestra los resultados de la selección de las rejillas de impulsión de aire en el comedor, utilizando un software de fabricante (Trox).

Por otro lado, se climatizarán mediante split con sistema inverter los dos locales en donde se instalen los servidores y racks.

Para una estimación realista de las cargas térmicas es requisito fundamental el estudio riguroso de sus componentes, no debiendo subestimarse su importancia (Carrier, 2009). En este caso se empleó el programa informático “VP CLIMA Versión 2_3_0” realizado por la Universidad Politécnica de Valencia y ATECYR, obteniéndose los valores máximos reflejados en la Tabla 2.

Tabla 2: Cargas térmicas globales

Tipo de carga	Mes	Potencia (kW)	Potencia sensible (kW)	W/m ²	Ventilación (m ³ /h)
Refrigeración	junio	348	239	161	45.753
Calefacción	enero	143	117	66	45.753

3.5 Producción de ACS

El sistema de producción adoptado para el agua caliente sanitaria (ACS) es un sistema de preparación con acumulación, mediante aerotermia con bomba de calor de alta eficiencia y dos acumuladores de 750 litros, dotados de resistencia de apoyo para el tratamiento de choque térmico contra la legionela. Este sistema se ajusta a la demanda y realizando un uso racional de la energía al aprovechar el calor del aire exterior. Se ha considerado una demanda de 1.560 l/d a 60 °C, correspondiente a 300 comidas y dos duchas.

La temperatura de preparación será de 50-55°C y se someterá a toda el agua del circuito a tratamientos periódicos de choque térmico a una temperatura de 70°C durante 2 horas en período máximo de 30 días.

Es de aplicación la sección HE 4 del CTE, contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.

Las bombas de calor destinadas a la producción de ACS, para poder considerar su contribución renovable, deberán disponer de un valor de rendimiento medio estacional (SCOPdhw) igual o superior a 2,5 cuando sean accionadas eléctricamente (CTE, 2019). Tanto la potencia útil como la eficiencia dependen del medio ambiente (temperatura, humedad relativa) y de la temperatura del ACS (Atecyr, 2020).

El SCOPdhw puede estimarse a partir de los valores nominales del equipo (COP) según la metodología de cálculo “Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios” (IDAE, 2014). Dicha metodología, propone la multiplicación del COP nominal del equipo, obtenido en condiciones de ensayo, por un factor de ponderación (FP) y por un factor de corrección (FC).

Al tratarse de una energía aerotérmica con equipos centralizados en zona climática B, el factor de ponderación es $FP = 0,8$. Y al considerar una temperatura de condensación a 60°C, el factor de corrección es $FC = 1$.

El valor de COP nominal, para un clima cálido según la norma UNE-EN 16147:2017 (AENOR, 2017), se debe obtener para una temperatura seca de 14°C con una temperatura húmeda de 13°C.

Con estos datos, el SCOPdhw del equipo previsto es de $4,47 \times 0,8 \times 1 = 3,58$, superior a 2,5.

La contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 60% de la demanda energética anual para ACS, cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 l/d como es el caso. La energía procedente de fuentes renovables (ERES) se puede calcular multiplicando la energía proporcionada por la bomba de calor por $(1-1/SCOPdhw) = 1-1/3,58 = 0,72$. Por lo que la contribución de energía considerada renovable será del 72%, superior al 60%, sin haber tenido en cuenta la producción fotovoltaica.

3.6 Instalación fotovoltaica

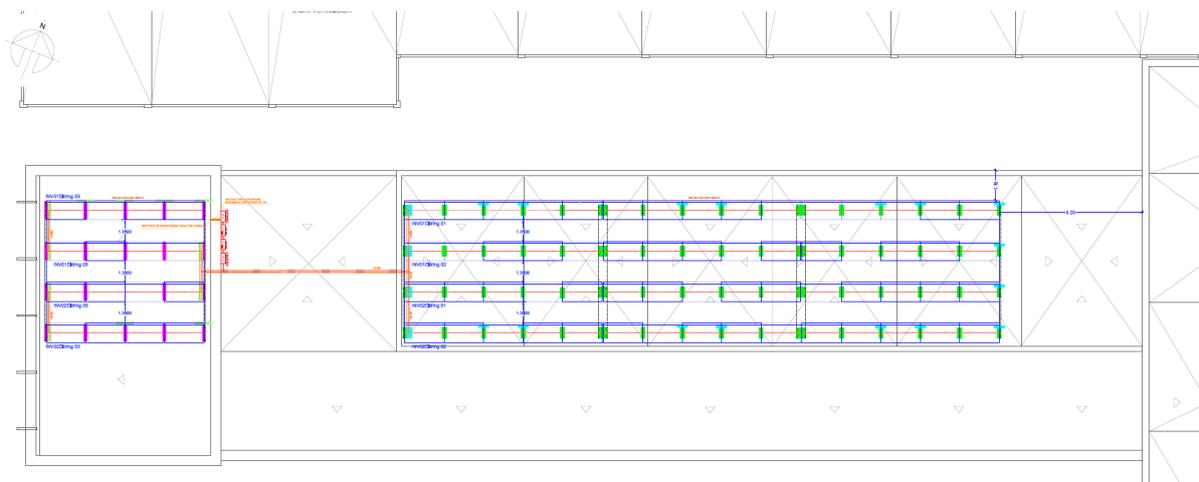
Con la aparición del Real Decreto 244/2019 que regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo eléctrico, se ha generado una enorme demanda de instalaciones fotovoltaicas, que en el caso de los centros educativos resulta especialmente interesante por tratarse de un sistema sostenible que supone además un considerable ahorro económico (GVA, 2022). El hecho de que los centros educativos dispongan de una amplia superficie de cubiertas y de que la instalación fotovoltaica también esté en producción fuera del horario escolar incrementa considerablemente su rentabilidad.

Se plantea una instalación de autoconsumo, individual con excedentes, acogida a compensación. Los módulos fotovoltaicos previstos serán de tecnología monocristalina y se montarán en soportes de hormigón. Su orientación será hacia el Sur con un azimud de 22° , y con inclinaciones de 18° y 28° , en función de la zona, con respecto a la horizontal (Figura 7).

Se han previsto dos inversores trifásicos de 17,5 kW siendo la potencia total de los paneles fotovoltaicos instalados de 41,04 kW pico. La instalación fotovoltaica estará formada por 76 módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino de 540 Wp. Existirán dos tipos de string, uno de ellos formado por 15 módulos fotovoltaicos conectados en serie, y otro formado por 8 módulos conectados en serie.

Se estima una producción energética de 63.722 kWh/año, equivalentes a 5,73 t de CO₂ (Red eléctrica, 2024).

Figura 7: Distribución y orientación de los módulos fotovoltaicos



3.7 Certificación energética

Para la verificación de los requisitos del CTE-HE0, HE1, HE4 y HE5 del CTE DB-HE 2019 (CTE, 2019) se empleó la Herramienta Unificada LIDER/CALENER (HULC), versión 2.0.2253.1167, de fecha 29-sep-2021. Según este, el consumo de energía primaria no renovable del edificio es de 5,45 kWh/m² año, correspondiente a una calificación A. De esta cifra, la parte más significativa (2,81 kWh/m² año) se debe a la iluminación. Las emisiones de dióxido de carbono correspondientes son de 0,92 kg CO₂/m² año, correspondientes también a una calificación A.

Respecto a la demanda energética de calefacción y refrigeración, necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio, se han obtenido 6,80 kWh/m² año para la primera y 22,76 kWh/m² año para la segunda.

4. Resultados y conclusiones

El proyecto de ampliación y reforma de un centro educativo representa una excelente oportunidad para aplicar medidas de eficiencia energética de manera integrada y multidisciplinar, proporcionando a sus ocupantes unas condiciones de bienestar y confort higrotérmico necesarias para la práctica de la docencia.

En el diseño de la envolvente se ha tenido muy en cuenta la mejora la eficiencia energética del edificio, minimizando las pérdidas y ganancias de calor, y optimizando el confort térmico de sus ocupantes. En la ampliación del edificio se ha obtenido un valor de transmitancia térmica global (K) de 0,74 W/m²K, conservando el planteamiento existente de priorizar el alumbrado natural. Se han minimizado los puentes térmicos y se han implementado elementos de protección solar, como celosías correderas y estores enrollables exteriores.

Se ha dotado a todos los nuevos espacios, y a las aulas existentes que se conservan, de iluminación led, alcanzándose en las aulas valores de 6 W/m² y 1,2 W/m² 100 lux (VEEI).

Se han previsto recuperadores de calor en las UTAs con una eficiencia del 75%, y los ventiladores empleados en las mismas son de categoría SFP3 (alrededor de 1000 W/m³/s).

El COP de los equipos generadores de energía térmica es superior a 3,5, eliminándose el conjunto de equipos que componen la instalación de calefacción y generación de ACS existente y el consumo de combustibles fósiles.

Se previsto una instalación fotovoltaica de 41,04 kW pico, cuya producción energética se estima en 63.722 kWh/año.

Referencias

- AENOR. (2017). *UNE-EN 16147:2017. Bombas de calor con compresor accionado eléctricamente. Ensayos y requisitos para el mercado de equipos para agua caliente sanitaria.*
- AENOR. (2020). *UNE-EN 16798-1:2020. Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 1: Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido. Módulo 1-6.*
- Atecyr. (2020). DTIE 8.05. Bombas de calor para la producción de ACS.
- Atecyr. (2020). DTIE 13.01. Generalidades sobre difusión de aire.
- Atecyr. (2022). DTIE 1.09 Ventilación en edificios terciarios.
- Atecyr. (2023). DTIE 18.06 Rehabilitación energética de centros educativos. Descarbonización
- Carrier. (2009). *Manual de aire acondicionado.* Marcombo.
- CTE. (2019). Texto consolidado del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE 28/03/2006) por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana. <https://www.codigotecnico.org/>
- GVA. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Educació Cultura i Esport, Servicio de Infraestructuras Educativas. (2019). *Instrucciones de diseño y construcción para edificios de uso docente.* <https://ceice.gva.es/es/web/contratacion-educacion/manuales-e-instrucciones>
- GVA. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Educació Cultura i Esport, Servicio de Infraestructuras Educativas. (2022). *Instrucción núm. 1/2022 "Climatización y*

fotovoltaicas”, de 2 de marzo, de la Dirección General de Infraestructuras Educativas, sobre la implantación de instalaciones de climatización por conductos de aire y paneles fotovoltaicos en los centros educativos públicos de nueva construcción de la Comunitat Valenciana.

- IDAE. (2014). *Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios*. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- Red eléctrica española. (2024). *Emisiones y factor de emisión de CO2 eq. de la generación* <https://www.ree.es/es/datos/generacion/no-renovables-detalle-emisiones-CO2>
- RITE. (2007). *Texto consolidado del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- Swegon. (2021). *Education and indoor climate. Research paper. Air quality and ventilation in schools*. <https://blog.swegon.com/uk/read-our-white-paper-on-education-and-indoor-climate>
- Trachte S., De Herde A. (2015). *Sustainable refurbishment of school buildings*. International Energy Agency.
- Wargocki P., Wyon D. P. (2017). Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. *Building and Environment, Volume 112*.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

