

PROGRAMA DE DOCTORADO EN ARQUITECTURA,
EDIFICACIÓN, URBANÍSTICA Y PAISAJE.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Universidad Politécnica de Valencia.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Tesis doctoral

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética.

Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

Doctoranda:

M^a ESTHER LIÉBANA DURÁN

Directora:

BEGOÑA SERRANO LANZAROTE

Tutora:

LETICIA ORTEGA MADRIGAL

Julio 2021

PROGRAMA DE DOCTORADO EN ARQUITECTURA,
EDIFICACIÓN, URBANÍSTICA Y PAISAJE.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
Universidad Politécnica de Valencia.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Tesis doctoral

**Propuesta de clasificación tipológica de colegios
con criterios de eficiencia energética.**

**Estudio del caso de la ciudad de Valencia a
través de la metodología del coste óptimo.**

Doctoranda:

M^a ESTHER LIÉBANA DURÁN

Directora:

BEGOÑA SERRANO LANZAROTE

Tutora:

LETICIA ORTEGA MADRIGAL

Julio 2021

Agradecimientos

A todos los que me han ayudado y acompañado en la elaboración de esta tesis.

A mi directora de tesis, Begoña Serrano Lanzarote, por la pasión que transmite en su trabajo y su generosidad al compartir sus conocimientos, por guiarme y acompañarme en este camino. A mi tutora, Leticia Ortega Madrigal, por los conocimientos y el valioso tiempo dedicado.

A la Universitat la Sapienza di Roma, por abrirme sus puertas y hacerme participe de sus proyectos en la materia, en especial a Eugenio, Paolo y Marisilia.

A la Generalitat Valenciana, a la Diputación y al Ayuntamiento de Valencia y, en particular, a todos los centros públicos de educación primaria de Valencia, por dedicarme su tiempo, permitir acceder a sus instalaciones y facilitarme documentación e información indispensable para esta investigación.

A mi familia y amigos, por el apoyo, comprensión y ayuda a lo largo de estos años, por sus ánimos y consejos.

Índice

0. Resumen /Resum /Abstract	9
1. Introducción, objetivos, metodología y fuentes	13
1.1. Motivación.	14
1.2. Objetivos.	17
1.3. Metodología.	18
1.4. Fuentes.	21
2. Estado de la cuestión.	23
2.1. Marco histórico: las construcciones escolares de la ciudad de Valencia.	24
2.1.1. El crecimiento urbano de Valencia.	24
2.1.2. La erradicación del analfabetismo y la necesidad de construcciones escolares en el s. XX.	28
2.2. Marco legal: contexto europeo, nacional y autonómico.	43
2.2.1. Normativa europea.	44
2.2.2. Normativa y planes nacionales.	52
2.2.3. Normativa y planes autonómicos.	58
2.3. Marco ejecutivo: estudios, proyectos europeos y otras actuaciones en torno a la eficiencia energética en colegios.	62
2.3.1. Estudios.	64
2.3.2. Proyectos.	86
2.3.3. Otros planes, documentos y herramientas.	100
3. Segmentación del parque educativo por tipos de edificios.	103
3.1. Introducción.	104
3.2. Delimitación del área de estudio.	105
3.2.1. El sector educativo y su potencial de ahorro energético.	105
3.2.2. El sector educativo. Datos estadísticos sobre los centros de enseñanza.	106
3.2.3. Los centros educativos de primaria de Valencia.	109
3.3. Características generales del conjunto de edificios a estudiar.	110
3.3.1. Características y factores energéticos de clasificación.	110
3.3.2. Características generales del parque edificado a estudiar y segmentar.	112

3.3.3. Características comunes en las instalaciones de los colegios públicos de Valencia.	123
3.3.4. Localización de los colegios y año de construcción por periodos y distritos.	125
3.4. Definición de edificios representativos para su posterior estudio energético.	129
3.4.1. Modelos de clasificación en proyectos europeos y otros estudios	129
3.4.2. El proyecto europeo TÁBULA y su sistema de clasificación	135
3.5. Clasificación de los colegios públicos de Valencia aplicando la matriz de tipos de edificios	137
3.5.1. Clasificación de los edificios en función de su compatibilidad.	138
3.5.2. La matriz de tipos representativos de colegios.	143

4. Caracterización de los tipos representativos de colegios. **147**

4.1. Introducción.	148
4.2. Consideraciones generales previas.	149
4.3. Colegios tipo B (1900-1936).	152
4.3.1. Colegio tipo B-II: Luis Vives.	160
4.4. Colegios tipo C1.	166
4.4.1. Colegio tipo C1-I: José Senent.	172
4.4.2. Colegio tipo C1.II: Salvador Tuset.	176
4.4.3. Colegio tipo C1.III: Les Arenes.	182
4.5. Colegios tipo C2.	187
4.5.1. Colegio tipo C2.II: Primer Marqués del Turia.	196
4.5.2. Colegio tipo C2.III: Torrefiel (Ampliación).	200
4.6. Colegios tipo D (1960-1979).	204
4.6.1. Colegio tipo D.I: Magisterio Español, administración.	214
4.6.2. Colegio tipo D.II: Magisterio Español.	216
4.6.3. Colegio tipo D.III: Villar Palasí.	221
4.7. Colegios tipo E1.	227
4.7.1. Colegio tipo E1.I: Bartolomé Cosío, Infantil.	236
4.7.2. Colegio tipo E1.II: Carles Salvator.	238
4.7.3. Colegio tipo E1.III: Eliseo Vidal.	242
4.8. Colegios tipo E2.	246
4.8.1. Colegio tipo E2.II: Profesor Ramiro Jover.	251
4.8.2. Colegio tipo E2.III: Mestalla.	255

5. Estudio energético de tipos representativos: estado inicial y propuestas de mejora	259
5.1. Introducción.	260
5.2. Estudio energético de los colegios de la matriz de colegios: estado inicial.	260
5.2.1. Consideraciones previas.	260
5.2.2. Evaluación energética del estado inicial .	263
5.3. Estudio energético de los colegios de la matriz: paquetes de mejoras.	265
5.3.1. Paquetes de medidas.	266
5.3.2. Soluciones constructivas propuestas.	274
5.3.3. Evaluación energética en los estados mejorados.	283
6. Estudio económico de las mejoras propuestas. Metodología del coste óptimo.	285
6.1. Introducción.	286
6.2. Valoración económica de las medidas propuestas según el método del coste óptimo.	288
6.2.1. Aspectos generales.	288
6.2.2. Cálculo de los costes globales y ahorros para cada tipo de edificio representativo.	291
6.2.3. Determinación de la medida con el coste óptimo de intervención.	294
7. Resultados	297
7.1. Introducción.	298
7.2. Potencial de ahorro energético de los tipos representativos de colegios.	298
7.2.1. Resultados de la clasificación por tipos.	
7.2.2. Fichas de evaluación energética de los colegios representativos.	300
7.2.3. Análisis comparativo de los resultados.	344
7.3. Potencial de ahorro energético de los colegios públicos de Valencia	358
7.3.1. Colegios incluidos en el cómputo global	358
7.3.2. Resultados globales: ahorro en energía primaria y emisiones de gases de efecto invernadero, costes globales, ahorro económico en energía, etc.	359
7.3.3. Consecución de los objetivos de la UE y financiación de las intervenciones	363

8. Conclusiones	367
8.1. Conclusiones.	368
8.1.1. Cumplimiento de los objetivos generales y particulares y conclusiones sobre los mismos	368
8.1.2. Otras conclusiones	374
8.2. Futuras líneas de investigación.	377
8. Conclusions	379
8.1. Conclusions.	368
8.1.1. Fulfillment of overall and specific goals and subsequent conclusions..	368
8.1.2. Other conclusions	374
8.2. Future research lines.	377
Anexos	391
A. Listado de los centros de educación primaria de Valencia.	393
B. Planos de los colegios estudiados.	401
C. Cálculo de los presupuestos de las propuestas de intervención	443
D. Tablas del cálculo del coste global a 30 años	455
E Bibliografía	471
E1. Eficiencia energética	473
E2. Colegios	483
E.3. Archivos Históricos.	487

Resumen

La Unión Europea se ha fijado como objetivo en su marco estratégico a largo plazo establecer un sistema energético sostenible, competitivo, seguro y descarbonizado para 2050. Busca alcanzar una economía próspera, competitiva y neutra desde el punto de vista del clima.

En Europa, el parque inmobiliario es el responsable del 36% de las emisiones de gases de CO₂ y casi el 50% del consumo de energía final se destina a calefacción y refrigeración, del cual, el 80% es consumido en edificios. Esto significa que la renovación del parque inmobiliario, mejorando su eficiencia energética y descarbonizándolo, juega un papel fundamental para alcanzar los objetivos marcados en las principales agendas internacionales.

Para transformar el parque existente hace falta definir estrategias de intervención eficientes con medidas específicas, cuantificables que atiendan de forma individualizada a la singularidad de cada tipología de edificio, según su uso y actividad.

La presente investigación se centra en estudiar energéticamente los edificios escolares públicos de Valencia a través de la metodología del coste óptimo contemplada en el reglamento delegado de la directiva europea de eficiencia energética. Se propone un sistema de clasificación de los colegios por tipos, se definen una serie de medidas de mejora de la envolvente térmica para los edificios representativos del conjunto y se analizan energéticamente.

Con los resultados obtenidos sobre el consumo energético y los costes globales de los edificios para un periodo de 30 años, se determina el conjunto de medidas de intervención más eficiente para cada tipo de edificio. En definitiva, se identifican las actuaciones de mejora que con un menor coste económico permiten alcanzar una mayor reducción del consumo de energía primaria.

Resum

La Unió Europea s'ha fixat com a objectiu en el seu marc estratègic a llarg termini establir un sistema energètic sostenible, competitiu, segur i descarbonitzat per al 2050. Busca arribar a una economia pròspera, competitiva i neutra des del punt de vista del clima.

A Europa, el parc immobiliari és el responsable de el 36% de les emissions de gasos de CO₂ i gairebé el 50% del consum d'energia final es destina a calefacció i refrigeració, de el qual, el 80% és consumit en edificis. Això vol dir que la renovació de parc immobiliari, millorant la seva eficiència energètica i descarbonitzant-lo, juga un paper fonamental per assolir els objectius marcats en les principals agendes internacionals.

Per transformar el parc existent cal definir estratègies d'intervenció eficients amb mesures específiques, quantificables que atenguen de forma individualitzada a la singularitat de cada tipologia d'edifici, segons el seu ús i activitat.

La present investigació se centra en estudiar energèticament els edificis escolars públics de València a través de la metodologia de el cost òptim prevista en el reglament delegat de la directiva europea d'eficiència energètica. Es proposa un sistema de classificació dels col·legis per tipus, es defineixen una sèrie de mesures de millora de l'envolvent tèrmica per als edificis representatius del conjunt i s'analitzen energèticament.

Amb els resultats obtinguts sobre el consum energètic i els costos globals dels edificis per a un període de 30 anys, es determina el conjunt de mesures d'intervenció més eficient per a cada tipus d'edifici. En definitiva, s'identifiquen les actuacions de millora que amb un menor cost econòmic permeten aconseguir una major reducció del consum d'energia primària.

Abstract

The European Union, within a long-term strategic framework, has set a goal to establish a sustainable, competitive, safe and decarbonised energy system by 2050. With this, it seeks to achieve a prosperous, thriving and climate-neutral economy.

In Europe, the building stock is responsible for causing 36% of CO₂ gas emissions, and almost 50% of final energy consumption is used for heating and cooling, of which 80% is used in buildings. This means that a renovation of the building stock, by enhancing energy efficiency and decarbonising buildings, plays a vital role to reach objectives set by key international agendas.

In order to transform the existing building stock, it is essential to identify efficient action strategies through specific, quantifiable measures according to the uniqueness of each building type, based on different usages and function.

This research is focused on looking into public school buildings in Valencia energetically through a cost-optimal methodology, which is part of the delegated regulation within the European Directive on Energy Efficiency. A system for classifying school buildings according to typology is proposed, a series of measures to enhance thermal envelopes are identified for representative buildings of the whole, and they are energetically analysed.

With the results obtained concerning energy consumption in buildings and 30-year global cost, a highly efficient set of measures to take for each building type is established. All in all, those improvement actions with a lower economic cost and the subsequent greater reduction in primary energy consumption are identified.



ESCUELAS NACIONALES GRADUADAS

GRUPO BALMES

1.

INTRODUCCIÓN



1.1. Motivación

El cambio climático y la degradación del medio ambiente reclaman a la Unión Europea (UE) y al resto del mundo actuar de forma coordinada y promover y aplicar ambiciosas políticas sobre medio ambiente, clima y energía.

Los edificios representan el 40% de la energía consumida en la UE. La construcción, utilización y renovación de edificios exige cantidades considerables de energía y recursos minerales. (COM/2019/640f). Por ello, el sector de la edificación es uno de los principales ámbitos hacia los que desde hace años se enfocan dichas políticas.

Como parte de su estrategia climática, la UE ha ido fijando objetivos para reducir progresivamente las emisiones de gases invernadero, mejorar la eficiencia energética e incrementar las fuentes energías renovables en los edificios. Estos objetivos se han ido concretando tanto en Directivas como en políticas tales como el Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020, y el Marco sobre clima y energía para 2030.

En respuesta al Acuerdo de París de 2015 y a la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, la UE se ha dotado de un marco jurídico amplio con el fin de transformar su economía y su sociedad para situarlas en una senda más sostenible (COM/2019/640f).

Dentro de este marco jurídico encontramos, además de las Directivas 2018/844 relativa a la eficiencia energética de edificios y la Directiva 2018/2001 relativa al fomento de energía procedente de fuentes renovables, el Marco climático estratégico a largo plazo (2050), el Pacto Verde Europeo y el Plan objetivo 2030.

Portada
CEIP Jaime Balmes. Fuente: fotografía
del autor.

Figura 1.1.
CEIP Luis Vives, 1915, detalle de
fachada. Fuente: fotografías del autor.



Según indica la Comisión Europea, “entre 1990 y 2018, la UE redujo sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 23 %, al tiempo que la economía creció un 61 %. Ahora bien, con las políticas actuales solo se logrará reducir esas emisiones en un 60% de aquí a 2050. Por lo que es necesaria una acción por el clima más ambiciosa en la próxima década” (COM/2019/640f).

En consecuencia, la UE ha definido un marco estratégico a largo plazo con el que pretende obtener una economía próspera, moderna, competitiva y neutra desde el punto de vista del clima de aquí a 2050 (Comisión Europea, 2018). Se ha comprometido a establecer un sistema energético sostenible, competitivo, seguro y descarbonizado.

Esta hoja de ruta hacia una economía baja en carbono fija un objetivo de reducción de las emisiones del 90% para el 2050 (respecto a 1990).

El parque inmobiliario es el responsable aproximadamente del 36% de todas las emisiones de gases de CO₂ de la Unión. Por otro lado, casi el 50% del consumo de energía final de la Unión se destina a calefacción y refrigeración, de la cual el 80% se consume en edificios. (Directiva 2018/844/UE)

Esto supone que para poder alcanzar los objetivos fijados para 2050 es fundamental renovar el parque inmobiliario priorizando la eficiencia energética y su descarbonización.

Según la UE, sería necesaria una tasa de renovación media anual del 3% (Directiva 2018/844/UE). Sin embargo, la tasa anual de renovación del parque inmobiliario de los Estados miembros oscila actualmente entre el 0,4 % y el 1,2 %. Para alcanzar los objetivos de la UE en materia de eficiencia energética y clima esa tasa deberá como mínimo duplicarse (COM/2019/640f).

Figura 1.2.
Patio interior del CEIP Mare Nostrum, construido entre 1998-2002.
Fuente: fotografía del autor.

En el Plan de Objetivos 2030, la Comisión Europea hace referencia a una próxima “oleada de renovación” que deberá abordar el doble reto de la eficiencia energética y la asequibilidad en el sector de la construcción. Centrándose en los edificios con un peor rendimiento y en combatir la pobreza energética, así como en la renovación de edificios públicos, como colegios, hospitales e instalaciones asistenciales (COM/2020/562f).

Además de la exigencia normativa y las políticas europeas y nacionales que establecen la obligación de renovar energéticamente los edificios públicos, no hay que olvidar que, por el papel que desempeñan, estos tienen una función ejemplarizante frente a la sociedad y, tal y como señala la Directiva 2010/31/UE, “los edificios ocupados por las autoridades públicas y los frecuentados habitualmente por el público deben constituir un ejemplo de que los factores medioambientales y energéticos se tienen en cuenta”. Por otro lado, el dinero ahorrado en la eficiencia energética de dichos edificios se puede emplear en otros fines.

La Directiva Europea 2012/27/UE hace referencia a dicha función ejemplarizante y, en concreto, en su artículo 5.1., establece que “cada uno de los Estados miembros se asegurará de que, a partir del 1 de enero de 2014, el 3 % de la superficie total de los edificios con calefacción y/o sistema de refrigeración que tenga en propiedad y ocupe su Administración central se renueve cada año, de manera que cumpla al menos los requisitos de rendimiento energético mínimos que haya fijado en aplicación del artículo 4 de la Directiva 2010/31/UE”.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, entre las medidas de actuación alternativas que plantea en el anexo F, incluye la ampliación del artículo 5 de la Directiva 2012/27/UE a todas las Administraciones Públicas (renovación del 3% de la superficie edificios de las Comunidades Autónomas y Ayuntamientos). Esta ampliación se realizaría a través de la Ley de Cambio climático y transición energética.

Entre los edificios públicos, además de edificios de gobierno, uso administrativo o judicial, encontramos otros usos y actividades que son grandes consumidores de energía, por ejemplo, hospitales, centros deportivos, educativos, sanitarios o residencias de ancianos.

Se trata de realizar una transformación a largo plazo del parque existente que requiere una estrategia de renovación con medidas específicas y mensurables. Esta gran variedad usos, supone una dificultad añadida a la hora de conocer el parque existente y plantear medidas de intervención concretas, así como para identificar los edificios con un peor rendimiento energético, que deberían ser los primeros en renovarse energéticamente.

En el sector residencial, siendo un mismo uso (vivienda), encontramos múltiples variables que influyen en el comportamiento energético de los edificios y, por lo tanto, en las medidas para su renovación, por ejemplo, que sean viviendas aisladas o en bloques y/o la geometría de los edificios.

En el sector terciario, además de estas variantes, hay que añadir, como barreras a la planificación y renovación, la diversidad de usos, actividades, horarios, tipos de instalaciones y necesidades, así como, la escasez de datos (cuantitativos y cualitativos) sobre los edificios y su comportamiento energético.

En consecuencia, si se quiere llevar a cabo una renovación del parque edificado del sector terciario, y fijar una estrategia y planificación en base a las características reales de los edificios existentes, se hace necesario realizar estudios muy segmentados de sector, que aporten conocimiento y permitan actuar de forma conjunta en edificios de características similares.

En el sector educativo, tanto a nivel nacional como internacional, se está incrementando el número de los estudios sobre ahorro energético. Este creciente interés, tal y como señala (Arambula et al, 2015), viene motivado fundamentalmente por el elevado consumo de energía de estos edificios y la presencia de un insuficiente nivel de confort térmico y de calidad del aire interior.

La presente investigación se realiza dentro del marco de lo anteriormente expuesto. Teniendo en cuenta el papel relevante de la rehabilitación energética de edificios y, en concreto, de los de titularidad pública, se ha seleccionado un sector de actividad, el educativo, con el fin de estudiarlo energéticamente y que los resultados obtenidos sirvan a las administraciones públicas como herramienta en la planificación de acciones renovación energética en edificios educativos y facilite la consecución de los objetivos europeos sobre el clima.

En concreto la investigación se centra en el estudio de los edificios de educación primaria de la ciudad de Valencia. No obstante, la metodología seguida se puede aplicar a edificios de distintas localizaciones, niveles educativos u otros sectores de actividad.

1.2. Objetivos

Generales

- Analizar desde el punto de vista energético los centros de educación primaria de la ciudad de Valencia mediante su clasificación por tipos de edificios con características similares.

- Proponer niveles de renovación energética de los edificios mediante la definición de paquetes de mejora energética para cada tipología. Calcular el ahorro energético y la reducción de emisiones de CO₂ que se alcanzarían con cada uno de los paquetes de mejora y el coste global que supondría a largo plazo su ejecución.
- Generar conocimiento sobre el parque edificado y su comportamiento energético que facilite la materialización de los procesos de renovación promovidos por la UE y los objetivos fijados por la Directiva 2012/27/UE, rehabilitación energética de los edificios públicos a un ritmo del 3% al año. Proponer un plan de actuación dentro del área de estudio para alcanzar dichos objetivos.

Particulares

- Establecer un sistema de clasificación general del parque educativo no universitario por grupos de características energéticas similares. Esta clasificación puede facilitar a las administraciones públicas la toma de decisiones en cuanto a la rehabilitación energética de los colegios, permitiendo realizar actuaciones similares en los edificios de un mismo grupo.
- Elaborar de un catálogo con datos históricos y arquitectónicos de los centros de Educación Primaria de Valencia y su segmentación por bloques según su año de construcción, incluyendo datos sobre la normativa aplicable, uso, características constructivas y arquitectónicas, orientación, sistemas de climatización, etc.
- Identificar situaciones, comportamientos de los usuarios, y patrones de gestión que se dan en los centros de educación estudiados y que afectan al consumo energético de los edificios y a sus condiciones de habitabilidad y confort. Generar conocimiento que sirva para promover hábitos de consumo y utilización responsables entre los usuarios directos de los centros, fomentando el ahorro energético, la reducción de emisiones de CO₂ y mejorando las condiciones de habitabilidad.

1.3. Metodología

Con carácter general, en esta investigación se ha seguido la metodología de optimización de costes sobre rehabilitación energética de edificios propuesta por la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y el Reglamento Delegado 244/2012/UE que complementa dicha directiva.

Tal y como se recoge en el anexo 1 de dicho reglamento, esta metodología se estructura en los siguientes pasos:

- Establecimiento de edificios representativos.
- Identificación de las medidas de eficiencia energética, medidas basadas en fuentes de energías renovables y/o de los paquetes y variantes de unas y otras medidas aplicables a cada edificio de referencia.
- Cálculo de la demanda de energía primaria resultante de la aplicación a edificios de referencia de las medidas definidas y sus paquetes.
- Cálculo del coste global como valor anual neto por cada edificio de referencia.

La aplicación de dicha metodología a nuestro estudio ha requerido la incorporación de unos pasos previos, como son el análisis del estado de la cuestión o la búsqueda de información sobre el objeto de estudio (los colegios de Valencia); así como unos pasos posteriores, como son la aplicación de los resultados de los edificios representativos al conjunto global de edificios y el desarrollo de las conclusiones.

Por todo ello, el presente trabajo se estructura en 7 fases:

Fase 1. Análisis del estado de la cuestión.

La primera fase consiste en un análisis del estado de la cuestión mediante una puesta al día sobre temática desde tres puntos de vista: histórico, normativo y ejecutivo (acciones llevadas a cabo) (Capítulo 2).

Esto incluye consultar archivos, normativa, bibliografía, realizar un barrido sobre los estudios y publicaciones existentes, visita a los centros educativos de Valencia, recogida de datos in situ sobre los edificios y toma de fotografías.

Fase 2: Segmentación del parque educativo de la ciudad por tipos.

La segunda fase consiste en delimitar el área de estudio (Centros públicos de educación primaria de la ciudad de Valencia), identificar y caracterizar los edificios desde el punto de vista arquitectónico y energético y clasificarlos por tipos. Para su clasificación por tipos de edificios representativos, se ha de elegir previamente el sistema de clasificación a emplear.

Esta fase también implica una búsqueda de información y el análisis de los sistemas de clasificación empleados en otros estudios y proyectos europeos sobre rehabilitación energética de edificios, y en concreto de edificios educativos.

Por último, en esta fase, se definen las características principa-

les de cada tipología y se selecciona un edificio representativo o modelo de cada tipo.

Fase 3. Levantamiento gráfico de los edificios representativos de cada tipología.

Supone la visita a los edificios a analizar energéticamente, realizar el levantamiento gráfico de los mismos y toma de datos.

Fase 4. Identificación de las medidas de rehabilitación energética.

A partir del análisis de las características arquitectónicas y constructivas de los edificios representativos, así como de las exigencias normativas, se proponen una serie de paquetes de medidas para su renovación energética.

Fase 5. Estudio energético del estado actual de edificio y del estado mejorado.

Consiste en calcular la demanda de energía primaria y de las emisiones de CO₂ resultantes de la aplicación a los edificios de referencia de los distintos paquetes de medidas. Así como analizar el cumplimiento de las exigencias normativas sobre la materia. El programa empleado en el cálculo es el programa Ce3X y sus complementos para comprobación del cumplimiento del Código técnico de la edificación - Ahorro de energía (CTE DB-HE).

Fase 6. Cálculo del coste global y determinación del paquete de medidas con coste óptimo de intervención.

Consiste en el cálculo del coste global a 30 años que supone cada edificio tipo, tanto si no se interviene, como si se ejecutan los distintos paquetes de mejoras propuestos.

Una vez estimados todos los costes globales, es posible determinar para cada colegio tipo, que paquete de medidas consigue los mayores ahorros energéticos a un menor coste global.

Cálculo del ahorro en energía, reducción de emisiones, plazo de recuperación de la inversión para cada tipo de colegio representativo.

Fase 7. Análisis de resultados y conclusiones.

Comparar los resultados obtenidos para los distintos tipos de colegios. Aplicar al conjunto global de colegios de la ciudad los resultados de los tipos representativos para establecer una idea global del potencial de ahorro energético y propone un plan de acción para rehabilitar el parque edificado y alcanzar los objetivos europeos.

1.4. Fuentes

En la búsqueda de información para la realización de la tesis se pueden establecer claramente dos líneas de investigación, tal y como queda reflejado en el estado de la cuestión (Capítulo 2) y en la bibliografía (Anexo E). La primera línea hace referencia a la búsqueda de información sobre los centros educativos públicos de la ciudad de Valencia, es decir, la historia de las construcciones escolares, documentación gráfica sobre los centros, planos, proyectos e información constructiva.

La segunda línea de investigación versa sobre eficiencia energética, es decir, normativa, políticas, metodología de estudio (coste óptimo) y, en concreto, estudios realizados sobre centros educativos y proyectos de rehabilitación energética llevados a cabo.

Por ello, las fuentes utilizadas para la realización de la tesis han sido de diversa naturaleza. Junto a las fuentes bibliográficas se ha consultado documentación incluida en archivos, tanto públicos como privados.

Al comenzar la tesis doctoral se realizó un inventario de todos los colegios públicos de la ciudad y de los edificios principales que los componen. Este inventario o listado se elaboró a partir de la Guía de Centros Docentes de la Generalitat Valenciana (on-line) y los datos incluidos en la Sede Virtual del Catastro, apoyándonos para su localización en la herramienta Google Maps. A partir de este documento, con el fin de ir completando datos sobre los centros, se ha recurrido a diversas fuentes directas (los propios edificios, planos, proyectos de ejecución, reforma e instalaciones, ...) e indirectas (literatura, historia de la educación...).

Los principales archivos públicos consultados han sido el Archivo Histórico Municipal de Valencia (AHMV) y el Archivo Histórico de la Comunidad Valenciana (AHCV). En la bibliografía, se ha incorporado un apartado con los principales expedientes sobre colegios públicos de Valencia consultados, con independencia de si se ha hecho o no referencia a ellos a lo largo de la redacción de la tesis (Anexo E.3.).

También se han consultado los planos y documentación variada disponible en los archivos de los propios colegios, así como, la literatura existente sobre la materia en las bibliotecas del Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia, Universidad Politécnica de Valencia y Universidad de Valencia, así como otras bibliotecas digitales.

Sobre colegios italianos y estudios sobre rehabilitación y su eficiencia energética hay que añadir la bibliografía consultada en la

Universidad La Sapienza de Roma, y la documentación aportada, durante la estancia de investigación en Roma (2017), por el Ayuntamiento y la Escuela de Arquitectura de la Universidad La Sapienza de Roma.

En relación con la eficiencia energética y la metodología del coste óptimo, además de consultar la literatura existente en las bibliotecas anteriormente señaladas, se ha hecho un barrido a través de las principales revistas científicas digitales sobre los diversos estudios realizados en centros educativos sobre eficiencia energética, incorporación de energías renovables y metodología del coste óptimo. También sobre normativa y proyectos europeos y nacionales de las mismas temáticas. Todo ello se ha incluido en el Capítulo 2.

Por último, cabe destacar que han sido de gran apoyo en esta investigación varias tesis doctorales sobre colegios y sobre eficiencia energética. En el caso de los colegios, principalmente han sido:

- “Construcciones escolares en Valencia. 1920-1939” de Carlos José Gómez Alfonso. Valencia, 2015.
- “Arquitectura escolar en Elche. 1939-1979” de Ricardo Irlas Parreño. Valencia, 2015
- “El edificio escolar en el ensanche de Barcelona. Análisis de los centros insertos en la trama urbana del Ensanche de Barcelona: contexto urbano, uso y tecnología” de Jauri Dos Santos Sá. Barcelona, 2012.
- “La construcción escolar primaria en los centros españoles de 1987 a 1985: evolución histórica y análisis comparativo” de José Miguel Visedo Godínez. Murcia, 1986.

Sobre eficiencia energética y coste óptimo:

- “La rehabilitación energética en la arquitectura escolar. Hacia el edificio rehabilitado nZEB” de José Manuel Castro Vázquez. La Coruña, 2017.
- “Eficiencia energética en edificios de uso docente en la ciudad mediterránea. Casos a estudio, ciudad de Barcelona” Montserrat Bosch González. Barcelona, 2015.
- “Propuesta de niveles de exigencia de eficiencia energética en el parque residencial de la Comunidad Valenciana según la metodología del coste óptimo” de Violeta de la Fuente Pérez. Valencia, 2015.
- “Retrofit energetico. Linee guida per la riduzione dei consumi e miglioramento delle condizioni ambientali nell'edilizia scolastica” de Chiara Leone. Roma, 2013.
- “Riqualificazione energetica nel settore terziario. Casi di studio e strategie d'intervento” de Claudia Calice. Roma, 2013.



2.

ANTECEDENTES

2.1. Marco histórico: las construcciones escolares de la ciudad de Valencia.

La evolución o historia las construcciones escolares, así como de cualquier conjunto de edificios destinados a un mismo uso, ya sea viviendas, hospitales, edificios culturales o de otro tipo, está marcada por la convergencia de la historia y evolución de la arquitectura y del urbanismo de la zona en la que se ubican, así como de la evolución o el desarrollo de la función a la que se destinan.

Es decir, como edificio en sí, en su evolución histórica influye el lugar donde se sitúen, su crecimiento y desarrollo urbanístico, las costumbres y características constructivas de la época y zona, y las normativas arquitectónicas.

Desde el punto de vista de la función para la que están destinados va a influir la historia en sí de dicha función, cuando surgió esa necesidad, el desarrollo de la misma o quien la llevaba a cabo. Por ejemplo, para conocer la historia de los edificios destinados a uso sanitario habrá que profundizar en cuando surgieron los primeros hospitales, quién llevaba a cabo esa labor, cómo se desarrolló la medicina o la adaptación de los edificios a las distintas especialidades y usos.

En el estudio de la evolución histórica de las construcciones escolares de la ciudad de Valencia se han tenido en cuenta ambos aspectos: arquitectónico y educativo.

En este apartado, se hace un breve repaso sobre el crecimiento urbano de Valencia, la necesidad de puestos escolares y la construcción de escuelas en España durante en el s.XX, así como de las principales leyes educativas españolas y los cambios en la estructura del sistema educativo español.

2.1.1. El crecimiento urbano de Valencia.

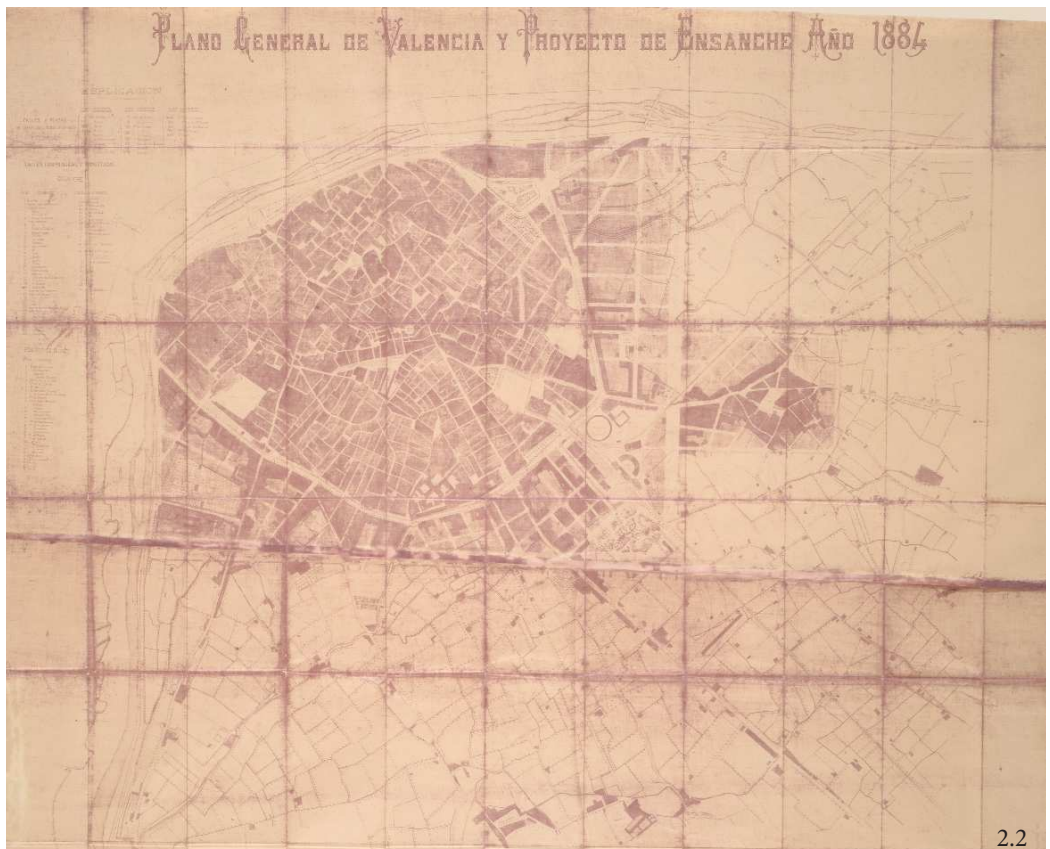
La época de mayor expansión de la ciudad la encontramos en la segunda mitad del siglo XIX y el siglo XX. La mayoría de los edificios de Valencia fueron edificados en el s. XX, exceptuando los del centro urbano, los centros de las antiguas poblaciones que rodeaban la ciudad y que se han ido anexionando, hasta convertirse en barriadas de la misma y el Cabañal.

Aun así, dichos centros o núcleos urbanos han sufrido significativas reformas, como pueden ser la construcción del nuevo Ayuntamiento, la Calle de la Paz o las modificaciones derivadas de los múltiples proyectos de ensanche y planes de ordenación urbana que se han llevado a cabo desde 1865, cuando se inició el



Figura 2.1
Plano de Valencia de 1883 y detalle del mismo (b). Fuente: obtenido en Cartografía histórica de la ciudad de Valencia (1608-1944) (Llopis y Perdígón, 2011).

Figura 2.2.
Plano general de Valencia y proyecto de ensanche de 1884 . Fuente: obtenido en Cartografía histórica de la ciudad de Valencia (1608-1944) (Llopis y Perdígón, 2011).



derribo de las murallas.

Entre estos proyectos encontramos el Proyecto de Ensanche de 1887 de José Calvo, Luis Ferreres y Joaquín M^a Arnau, que limitaba Valencia por dos ejes o “grandes vías”, redactado en 1884; el Proyecto de ensanche de 1907 de F. Mora y V Pichó y el Proyecto de F. Mora de 1912, que ampliaban de nuevo la ciudad con la prolongación de la alineación del ensanche, así como trazaban la ampliación a las zonas situadas en el otro margen del río (Teixidor, M.J., 1976); el Plan General de Ordenación (PGO) de 1946, que perpetuaba el modelo urbano radio-céntrico existente y abarcaba Valencia y su cintura, incluyendo el planeamiento para treinta municipios. Este PGO incorporaba algunos proyectos aislados que se habían desarrollado desde 1912.

En estos años, la población de la ciudad se fue incrementando significativamente, pasando de los 170.000 habitantes en 1887 a los 213.530 en el año 1900, llegando a superar los 500.000 en 1960 (Taberner, 2007).

En 1957, la riada que tuvo lugar en la ciudad por el desbordamiento del río Turia y los daños producidos, hicieron necesaria la modificación del planeamiento. En 1966, M. Lleó, V. Bueso y A. Gómez Llopis redactaron el Plan de Valencia y su cintura adaptada a la solución Sur.

El continuo aumento de la población, que alcanzó los 653.690



Figura 2.3
Plano de Valencia de 1939 de Javier Goerlich Lleó. Fuente: obtenido en Cartografía histórica de la ciudad de Valencia (1608-1944) (Llopis y Perdígón, 2011).

2.3.

habitantes en 1970, se reflejó un significativo crecimiento del parque residencial. Entre 1960 y 1980, se construyeron una media de 10.000 viviendas al año., que suponía en conjunto, la mitad del parque residencial construido de Valencia.

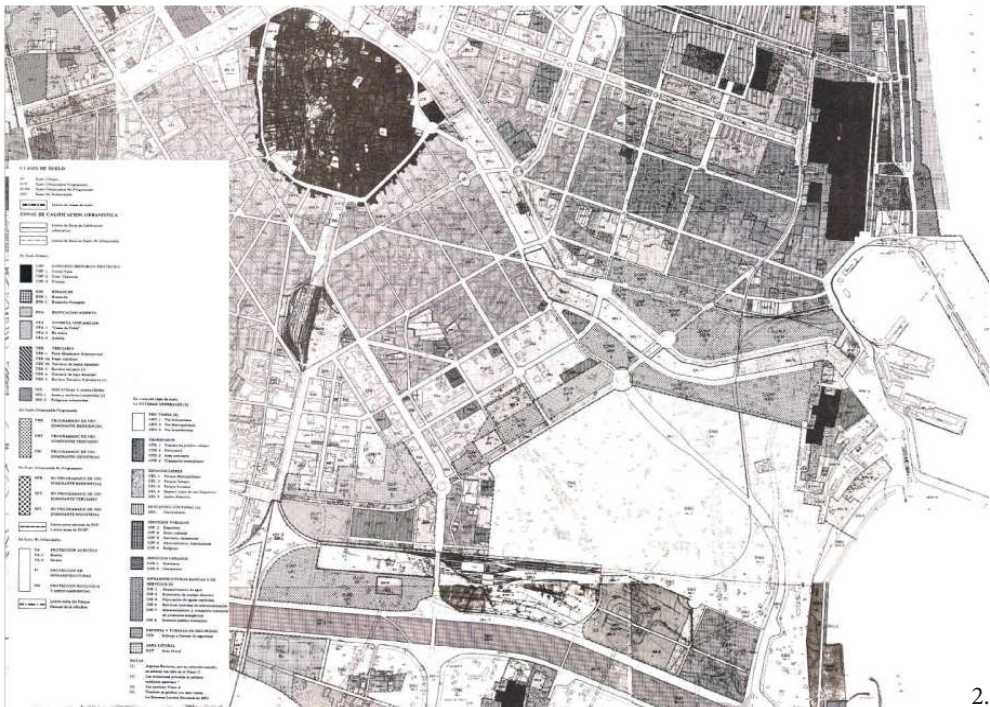
La forma incontrolada con la que se desarrolló este crecimiento de la ciudad, se tradujo en una escasez de espacios dotacionales. En consecuencia, a partir del año 1979 se iniciaron un conjunto de actuaciones con el objetivo de alcanzar el equilibrio de los barrios de la periferia, incidiendo especialmente en la mejora de las dotaciones escolares y zonas verdes (Taberner, 2007).

El Plan de General de Ordenación Urbana (PGOU) de 1988, tenía entre sus objetivos recortar las previsiones de suelo urbanizable del planeamiento anterior, favorecer el transporte público, proteger la huerta y ordenar los poblados marítimos. Esta mejora de los transportes hizo que parte de la población trasladara su residencia a los municipios de la periferia.

Aunque en 1994, se produjo un nuevo proceso de expansión, el ritmo de construcción se mantuvo hasta 2007, cuando prácticamente se paralizó tanto en viviendas como en equipamientos (Taberner Pastor, 2007).

Como consecuencia de este desarrollo urbano de la ciudad, la mayoría de los edificios escolares de Valencia fueron construi-

Figura 2.4
PGOU de Valencia de 1988. Plano de zonificación. Realizado por la Oficina Municipal del Plan, arquitecto director Alejandro Escribano. Fuente: Archivo E. Gimenez. Obtenido a través de la ETS de Arquitectura de la UPV.



2.4.

dos en el s.XX., y en concreto, en el caso de los colegios públicos, entre los años 1950 y 1990. El crecimiento de la población y la erradicación del analfabetismo en la ciudad fueron los motores que impulsaron dicha construcción de escuelas en el s.XX.

En la Guía Urbana “Valencia 1931-1939”, (Aragó et al., 2010) incluyen una relación de los grupos escolares existentes en la ciudad de Valencia y el extrarradio en 1938. Esto nos permite hacernos una idea de la distribución de escuelas en la ciudad en esa época, muchas de las cuales ya no existen.

Como se verá en los capítulos 3 y 4, en la ciudad de Valencia no se conserva ningún edificio escolar de titularidad pública anterior a 1905. Esto es debido, en parte, a la evolución del sistema educativo, que pasó de la escuela unitaria (escuela-aula) a la escuela graduada. Con la escuela unitaria las clases se impartían en locales, con grupos de niños de distintas edades.

A principios de siglo XX, tanto en Valencia como en otras ciudades españolas, estos locales además de ser insuficientes tenían malas condiciones de higiene. Con la construcción de las escuelas graduadas, estos locales fueron desapareciendo o cambiaron de uso.

2.1.2. La erradicación del analfabetismo y la necesidad de construcciones escolares en el s.XX

Con las Cortes de Cádiz, 1812, nació la escuela pública en España. En concreto, en su artículo 366 señalaba que “en todos los pueblos de la Monarquía se establecerán escuelas de primeras letras, en las que se enseñará a los niños a leer, escribir y contar, y el catecismo de la religión católica, que comprenderá también una breve exposición de las obligaciones civiles”

Se trataba de una institución local vinculada al municipio. Esto dejaba a merced de las arcas de cada municipio el soporte económico de las escuelas y los recursos destinados a ellas.

En relación al sistema educativo existente, en 1857 se decretó la Ley de Instrucción Pública (Ley de Moyano), que fue la primera ley integral de educación española. Esta ley definía, en sus títulos I a III, los tres grandes niveles que conformaban la estructura educativa en España: la primera enseñanza, que podía ser elemental o superior, en función de las materias que se impartieran; la segunda enseñanza, se estructuraba en estudios generales, 6 años divididos en dos periodos de dos y cuatro años respectivamente, y los estudios de aplicación a las profesiones industriales; por último estaban las facultades y las enseñanzas superiores y profesionales.

La primera enseñanza elemental era obligatoria de los 6 a los 9 años, era gratuita en las escuelas públicas en caso de que los padres justificaran que no disponían de medios para pagarla. Además de en las escuelas públicas, también se podía impartir en casa o en otras instituciones.

Respecto a los establecimientos dedicados a la primera enseñanza, la ley dedica los artículos 97 a 108. Haciendo hincapié en la responsabilidad del municipio para el sostenimiento de la escuela.

Además de elementales o superiores (según las materias que se impartieran), las escuelas podían ser completas o incompletas, siendo estas últimas, aquellas en las que no se impartían todas las materias. En ellas las materias eran impartidas por adjuntos o pasantes, que dependían del maestro de la escuela completa más cercana.

En función del número de habitantes de cada pueblo, se debían construir un tipo u otro de escuelas. La primera enseñanza superior solo se impartía en las capitales de provincia y en las poblaciones con más de 10.000 habitantes.

Las escuelas eran separadas por sexos, si bien, las escuelas podían ser mixtas en aquellos municipios donde no había suficiente población para mantener dos escuelas, una de niños y otra de niñas con sus respectivos maestros.

La capacidad de los municipios para atender la tarea de creación y mantenimiento de escuelas era insuficiente (Viñao 2008), en consecuencia, a principios del s.XX, existía en España un gran déficit de unidades escolares así como una alta tasa de analfabetismo. Para paliar esta situación se fueron sucediendo diversos planes de construcciones escolares.

Por otro lado, desde mediados del s.XIX, se empezó a dar mayor importancia a las características de los locales destinados a escuelas. Poco a poco se iban teniendo en cuenta las condiciones técnico-higiénicas de las escuelas y el área mínima en función del número de alumnos y el tipo de enseñanza. (Ortueta, 1997).

Prueba de ello la encontramos en la exposición de motivos del Real Decreto de 28 de abril de 1905 sobre arquitectura escolar, donde Carlos María Cortezo, Ministro de instrucción pública y bellas artes, ponía de manifiesto “la penuria y viciosa desorganización en que se encuentran los locales destinados a la instrucción educativa de los niños en la mayoría de los Municipios españoles. Ningún sistema pedagógico puede encontrar atmósfera propicia para su desarrollo (...) dentro de un medio en que la incomodidad, el abandono y la tristeza constituyen permanente y hasta ahora, no evitado consorcio” (MIPBA, 1905)

Este Real Decreto venía acompañado de una serie de instrucciones técnico-higiénicas relativas a la construcción de escuelas, tratando aspectos como su emplazamiento, la orientación, la extensión del terreno y las dimensiones del edificio, sus características constructivas generales y los locales de los que debía disponer.

En 1905 se empezó a implantar el sistema de escuelas graduadas en España. Un sistema que ya se había llevado a cabo en otros países de Europa.

Las primeras escuelas públicas españolas respondían al modelo de escuela unitaria. También se puede entender como escuela-aula. En ella, un único maestro instruía a un grupo de niños durante todo el periodo obligatorio de educación. Cuando un solo maestro no podía atender a todos los niños, se nombraban maestros auxiliares, que dependían de maestro titular de la escuela. La calidad de la enseñanza dependía de la categoría del maestro, que no siempre eran titulados (Añón Abajas, 2005).

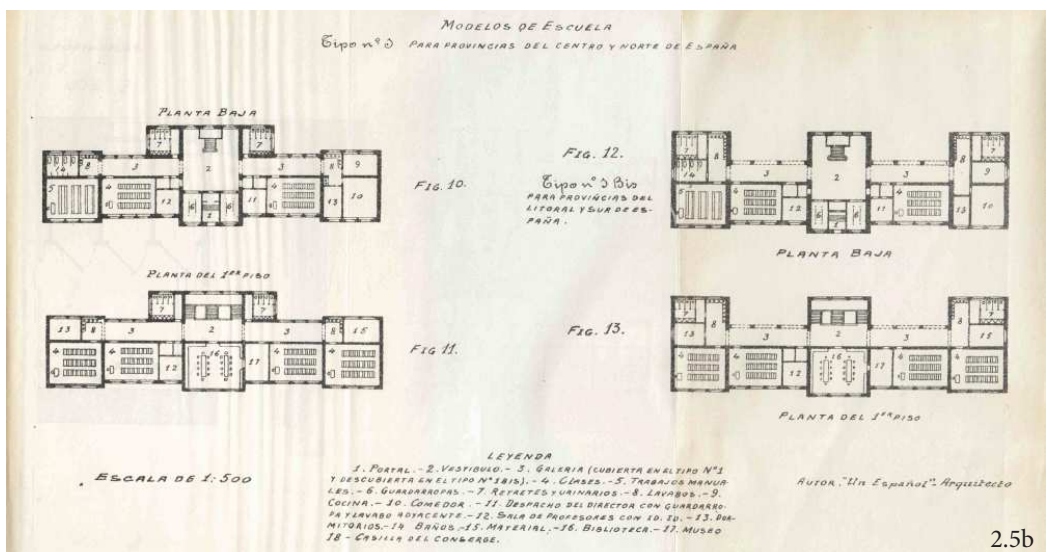
La escuela graduada se dividía en secciones de alumnos, y disponía de tantos maestros como secciones. La diferencia fundamental está en que la escuela unitaria tenía un solo maestro titular, mientras que en la escuela graduada, además de haber varios, uno ellos tenía la función de director.

Por otro lado, en la escuela unitaria, aunque en un mismo edificio hubiera varios grupos de niños con sus respectivos maestros, no se preveían espacios comunes o de encuentro entre los distintos grupos, salvo el vestíbulo-guardarropa (Añón Abajas, 2005, pág. 31).

Figura 2.5. Portada de la publicación y planos de uno de los modelos para escuelas diseñados por Julio Sáenz. Fuente: (MIPBA, 1913)



2.5a



2.5b

Para facilitar la construcción de escuelas que cumplieran con los requisitos de esta instrucción se fueron proponiendo distintos modelos de escuelas graduadas. Muchos de estos diseños eran fruto de concursos organizados por el Ministerio.

Un ejemplo de estos modelos de colegios lo encontramos en la propuesta de Julio Sáenz para escuelas graduadas de 6 a 12 secciones (MIPBA, 1913) (Fig. 2.5), y para escuelas con presupuestos reducidos, de 2 o 3 secciones para cada sexo, o escuelas de párvulos de 3 secciones (MIPBA, 1912) (Fig. 2.6).

Salvo en pequeñas poblaciones, donde las escuelas podían ser mixtas, las escuelas contaban con secciones separadas para niñas y niños, así como accesos independientes.

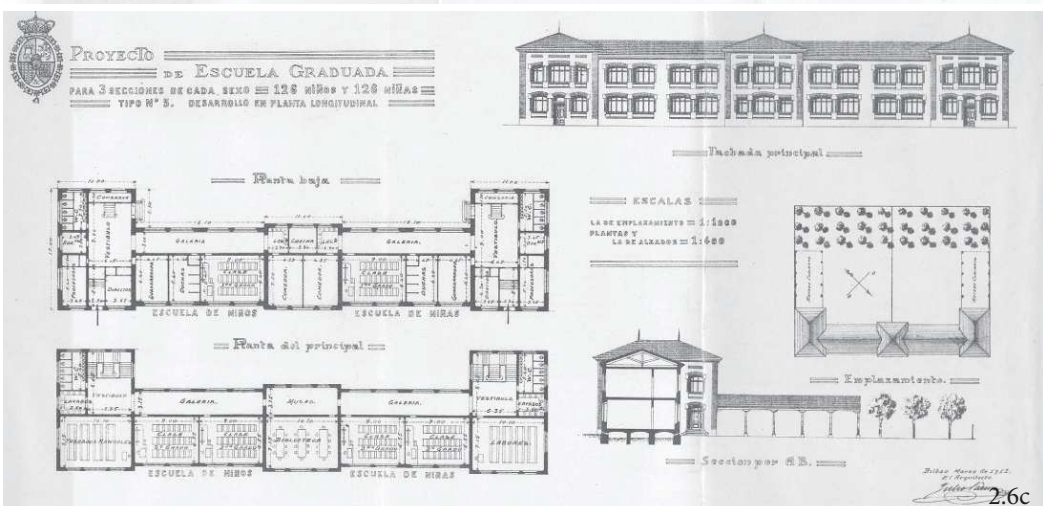
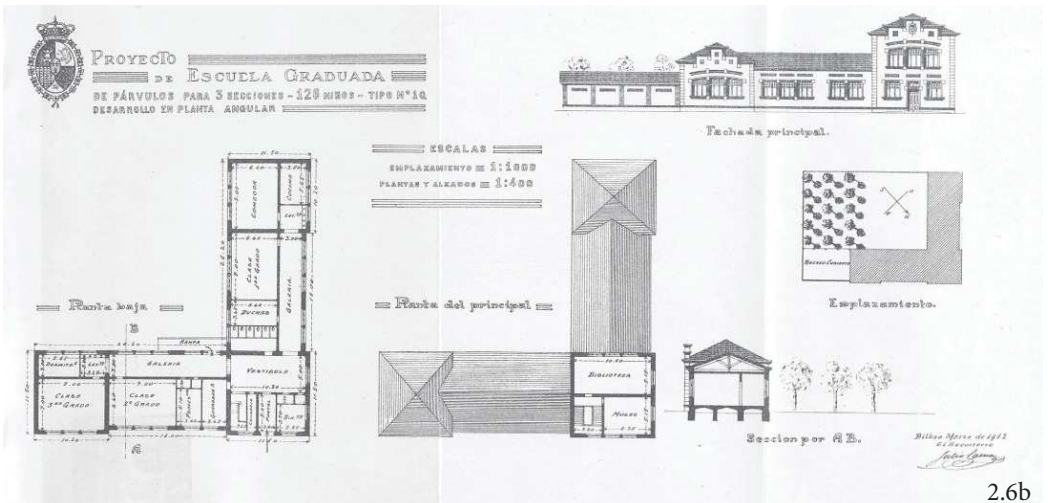


Figura 2.6. Portada de la publicación del proyecto y planos de los modelos para escuelas con presupuestos reducidos diseñados por Julio Sáenz, para párvulos (b) y dos secciones (c). Fuente: (MIPBA, 1912)



Figura 2.7. Portada del CEIP Luis Vives (Valencia) y detalles de portada. Fuente: fotografías del autor

En 1920, el Estado retomó parte de responsabilidad sobre las construcciones escolares. Según el art.1 del Real decreto de 23 de noviembre de 1920 “la construcción de edificios escolares, tanto los destinados a las escuelas graduadas como unitarias, se realizará por el Estado”. Los ayuntamientos debían proporcionar el solar, así como conservar y mantener el edificio. No obstante, el mismo Real Decreto establecía que su disposición adicional que las subvenciones dirigidas a las construcciones escolares dependían de los presupuestos destinados a ello y que no podían superar el 25% del coste de la obra, lo que supuso que no se solventara el problema de falta de escuelas (Lahoz, 1993).

Con este decreto también se creó la Oficina Técnica de Construcciones Escolares. Sus funciones principales eran ejecutar los proyectos que construyera el Estado directamente, examinar e informar sobre los edificios y locales que se dedicaran a la enseñanza primaria e inspeccionar todos los edificios escolares (Lázaro Flores, 1975) y (Lahoz, 1993). La creación de esta Oficina mejoró las condiciones de las escuelas que se crearon, tanto desde el punto de vista pedagógico, higiénico y arquitectónico.

Aunque en la Dictadura de Primo de Rivera se crearon unas 3.500 escuelas, el primer Plan de construcciones escolares, se desarrolló con el gobierno republicano. Se estimaba que existían unas 35.000 escuelas, por lo que el Plan tenía como objetivo construir las escuelas que faltaban, alrededor de 27.000, en un plazo de cinco años. El resultado de dicho plan fue la construcción de 15.000 escuelas (Lázaro Flores, 1975).

Dentro de este plan, el Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes concedió al Ayuntamiento de Valencia, por la Ley de 11 de febrero de 1934, una subvención de alrededor de 26.000 pesetas, para la construcción de grupos escolares. Estas construcciones

formaban parte del Plan de General de Instrucción Pública para la ciudad de Valencia. La subvención suponía la mitad del importe total de las obras. Los solares y el resto del importe lo debía abonar el Ayuntamiento de Valencia.

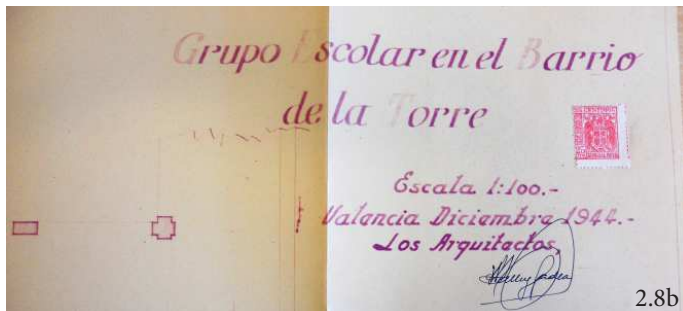
La Guerra civil trajo consigo la paralización de las obras, y no fue hasta 1939, cuando se volvió a solicitar la ayuda concedida. Con ella se ejecutaron los colegios Teodoro Llorente, José Sennet, y Padre Manjón, en el Barrio de la Torre (Fig. 2.7), entre otros. (Sánchez Muñoz, 2011).

A nivel nacional, en los años posteriores a la guerra, entre 1939 y 1951, se construyeron muy pocas escuelas. Además de la situación histórica y económica, la responsabilidad de la construcción de escuelas volvió a recaer en los ayuntamientos. Según el artículo 17 de la Ley de Educación Primaria de 1945, el Estado se encargaría de estimular su creación y las crearía en los casos que fueran necesario para hasta alcanzar en cada localidad una escuela por cada 250 habitantes.

Los artículos 51 y 52 de esta misma ley hacían referencia al edificio escolar y a la construcción de escuelas, respectivamente. Sobre la construcción de escuelas establecía que “la construcción



2.8a



2.8b

Figura 2.8. CEIP Padre Manjón. Fotografía de la fachada principal (a) y portada del proyecto de 1946 (c) y detalle de plano del proyecto (b). Fuente: fotografía del autor, y planos obtenidos en AHMV ref.-8 (ver bibliografía)



2.8c

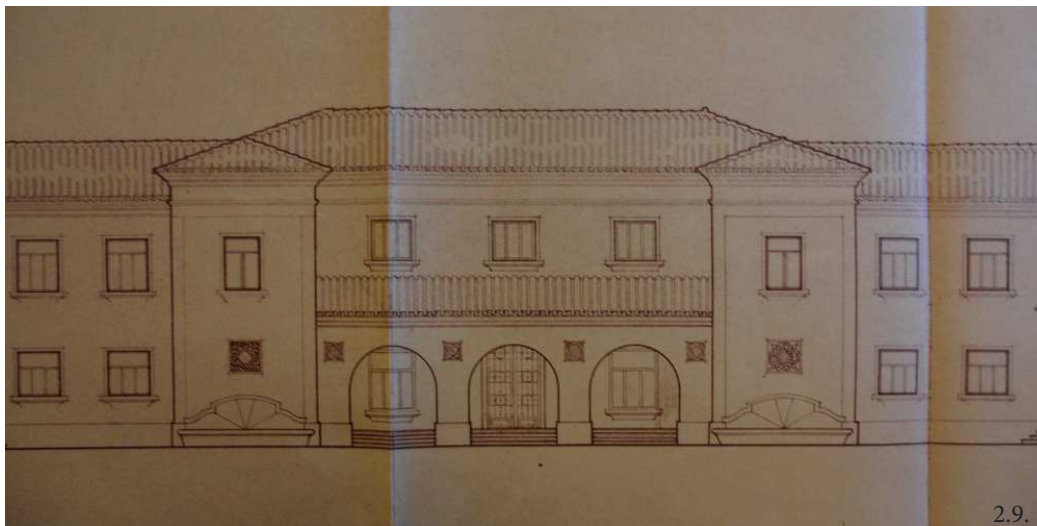


Figura 2.9.
CEIP Salvador Tuset. Imagen parcial del plano de fachada del proyecto original. Fuente: fotografía del autor. AHMV ref.-9 (ver bibliografía)

del edificio-escuela y de la vivienda para el Maestro es función de carácter esencialmente municipal. No obstante, por el deber de tutela que al Estado corresponde, este cooperará con los Ayuntamientos en la construcción de los edificios que alberguen los servicios docentes de la enseñanza primaria nacional (...). (MEN, 1945)

Este mismo artículo estipulaba que los proyectos de los colegios podían ser redactados por cualquier arquitecto, pero correspondía al Ministerio de Educación Nacional su aprobación.

Respecto al sistema educativo, la Ley establecía en su artículo 18 que la enseñanza primaria comprendía cuatro periodos: el primero, de iniciación, que incluía las escuelas maternas (hasta 4 años) y párvulos (de 4 a 6 años); el segundo, de enseñanza elemental (de 6 a 10 años); el tercero, de perfeccionamiento (de 10 a 12 años), y el cuarto, de iniciación profesional (de 12 a 15 años).

Los periodos de educación obligatoria, que debían existir en todas las escuelas, eran el segundo y el tercero, es decir, de los 6 a los 12 años.

Según el artículo 21, las escuelas podían ser unitarias (un maestro) o graduadas (varios maestros). Las escuelas serían unitarias en aquellos lugares donde, en un radio máximo de un kilómetro, no se llegara a los 250 habitantes mínimos necesarios para una escuela.

Por su parte, las escuelas graduadas podían ser de tres tipos: incompletas, con menos de tres secciones; completas, de tres a seis secciones; y grupos escolares, que la ley define como aquellas escuelas “que tengan seis o más secciones y permitan la organización de clases paralelas y cursos selectivos diferenciales, según

la capacidad mental y aprovechamiento de los alumnos” (MEN, 1945). Surge esta nueva figura de grupos escolares, cuya organización se asimila a la de los centros educativos actuales (Cruz, 2016).

En Valencia, las inadecuadas condiciones de los locales destinados a escuelas y la escasez de las mismas seguían siendo un problema. Una manifestación de esta situación la encontramos en la memoria del proyecto del CEIP Salvador Tuset, de 1948 (Fig. 2.8), donde se lee: “el vecino poblado de Benicalap, tiene actualmente unas escuelas en locales alquilados y por lo tanto en malas condiciones de instalación, aparte de la escasez que su número representa frente a la cantidad excesiva de niños de aquella demarcación. Era pues un problema de primer orden al tener que atender una necesidad tan apremiante y a esto tiende el proyecto que presentamos, siguiendo el desarrollo del plan general de construcciones escolares que venimos desarrollando, gracias al convenio establecido con el Estado”(AHMV, ref. 9).

La Ley de construcciones escolares de 1953 (MEC, 1953) supuso un impulso en la construcción de escuelas en todo el territorio nacional. El Estado se propuso que durante un periodo no inferior a 10 años, consignar en sus presupuestos créditos suficientes para construir o colaborar en la construcción de un mínimo de 1.000 unidades docentes al año y sus correspondientes viviendas para maestros.

Según el artículo 3, la ejecución o adaptación de los edificios podía ser llevada por el Ministerio de Educación Nacional, mediante convenios entre el estado y las Entidades públicas y a través de las Juntas provinciales de Construcciones escolares.

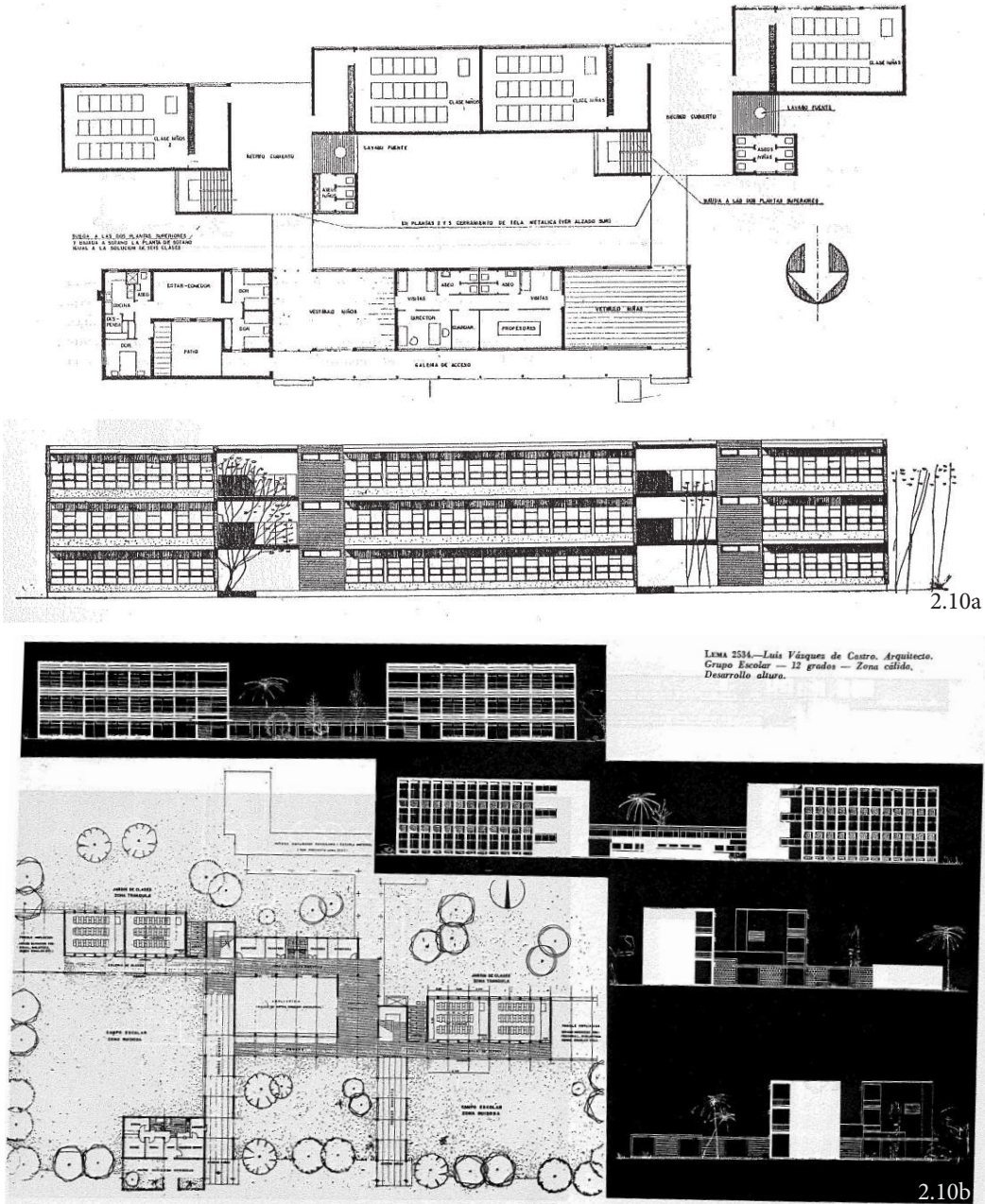
La Juntas provinciales de construcciones escolares se crearon con la intención de descentralizar la gestión y para que, en palabras de la ley, “con conocimiento inmediato de las necesidades, con más movilidad de trámites y con aportaciones materiales y personales de posibles múltiples procedencias, realicen rápida, directa y eficazmente planes periódicos de obras y patrocinen otras debidas iniciativas dignas de su consideración y apoyo” (MEC, 1953). Por decreto de 2 de febrero de 1957, se creó la Junta Central de Construcciones Escolares, que dirigía e inspeccionaba el trabajo de las 50 Juntas provinciales.

Al amparo de la Ley de 1953 se desarrolló el Plan de construcciones escolares de 1956-1960, ejecutado entre 1957-1963. El objetivo de este plan era construir 25.000 unidades escolares, para ello, se destinaron 2500 millones de pesetas. Finalmente se construyeron alrededor de 22.800 escuelas y unas 18.000 viviendas para maestros.

Figura 2.10.

Propuestas premiadas en el II Concurso de Prototipos para Escuelas Graduadas. (a) planos de distribución y alzado de la propuesta de colegio en meseta de los arquitectos Mariano G. Benito y Santiago F. Pirla, con Lema 13131_Zona fría y (b) planos de planta y alzados de la propuesta de Luis Vázquez de Castro, con Lema 2534_para climas cálidos. Fuente: (Dirección General de Arquitectura, 1958).

Para la construcción de gran parte de estos colegios, se emplearon modelos o prototipos de escuelas. Algunos de ellos provenían de los concursos de prototipos de construcciones escolares convocados por el Ministerio de Educación entre 1956 y 1957 (Fig.2.10). Como se verá en el capítulo 4, uno de estos modelos se empleó en la construcción de varios colegios de la ciudad de Valencia, por ejemplo, los colegios Torrefiel, Primes Marqués del Turia y Gil Polo.



En esta época, España se abre al exterior en el aspecto educativo. Esto se refleja en el diseño de los edificios escolares, donde van influyendo los nuevos modelos pedagógicos (Martínez Marcos, 2010). Por otra parte, se abandona definitivamente la construcción de escuelas únicas, se apuesta por la construcción de colegios de mayor capacidad, es decir, con más unidades escolares y maestros.

Al plan de construcciones escolares de 1956-1960 le sucedieron otra serie de Planes de desarrollo: 1964-1967, 1968-1971 y 1972-1975.

El I Plan de desarrollo, de 1964 a 1967, estimó en 27.550 las escuelas necesarias, cifra muy similar a la de 1956. Esto se debe que, aunque se habían construido escuelas, los movimientos migratorios hacia las ciudades, el crecimiento vegetativo de la población escolar y la necesidad de reponer los locales en malas condiciones, hacían que el número de construcciones escolares siguiera siendo insuficiente. (Lázaro Flores, 1975). El I Plan de Desarrollo, según su memoria de ejecución, permitió construir 12.105 escuelas de las 14.173 previstas en sus objetivos.

Con el II Plan de Desarrollo, 1968-197, se crearon las Unidades Técnicas Provinciales y la División de Construcciones, de la que dependían las primeras. Además del arquitecto redactor, los técnicos de las unidades también llevaban el control del proyecto y su ejecución, lo que supuso una mejora en la calidad de los centros educativos.

La Ley General de Educación de 1970 trajo consigo una reestructuración del sistema educativo. Se amplió la educación escolar obligatoria hasta los 14 años. Los cursos de enseñanza primaria y parte de la enseñanza media se agruparon en 8 cursos de Educación General Básica (EGB). Al contrario que las anteriores leyes de educación españolas, la ley de 1970 no prohibía la educación mixta.

La orden ministerial de 10 de febrero de 1971 aprobó un modelo de colegio que ponía de manifiesto la evolución que se estaba llevando a cabo sobre del espacio educativo y su concepción. En este modelo, el aula se trataba de un recinto compartimentado que se comunicaba con espacios abiertos. Esta configuración facilitaba la libertad de movimiento a profesores y alumnos (Lázaro Flores, 1975).

Además del II Plan de desarrollo, se ejecutaron ocho Planes de Urgencia en las regiones españolas con mayor déficit de unidades escolares: Galicia, Barcelona, Valencia, Madrid, Canarias, Andalucía, Vascongadas y Asturias. Con estos planes se construyeron 738 centros, que equivalían a 376 640 puestos escola-

res. En concreto, con el Plan de Urgencia de Valencia se crearon 39.840 puestos escolares. Todos estaban construidos según el nuevo sistema educativo de 8 cursos de EGB.

El objetivo del III Plan de desarrollo, de 1972 a 1975, era crear de un millón de puestos escolares. Pretendía terminar con el déficit de puestos escolares en la etapa de educación obligatoria. Lo que se consiguió en el curso académico 1974-1975.

A pesar de que se pudo atender toda la demanda escolar del periodo obligatorio de enseñanza, gran cantidad de los puestos escolares seguían impartiendo la enseñanza primaria no graduada (en vez de la EGB) o se alojaban en locales habilitados como unidades escolares o que no estaban en buenas condiciones.

Según el Informe sobre el programa construcciones - Pacto Moncloa, de 1978 (MEC,1979), al finalizar el curso escolar 1976/77, la situación era la siguiente: “1. Ausencia de déficit físico (niños sin puesto escolar), salvo casos esporádicos de comienzo de curso); 2. Elevado déficit funcional (escolarizados en puestos inadecuados, graduación incompleta, dobles turnos, locales habilitados...) que, referido a noviembre de 1977, se cifraba en 803.200 puestos; y 3. Desigual distribución de este déficit funcional entre las distintas provincias, que, en las provincias crecientes, se ve agravado por el crecimiento de la población escolar (vegetativo y migraciones).”

El objetivo del Ministerio de Educación y Ciencia en 1977 era conseguir 1980 absorber el déficit funcional y el incremento de necesidades producidas por el crecimiento de la población. Es decir, que a 31 de diciembre de 1980 el 100% de población escolarizada en condiciones adecuadas.

Entre el déficit existente y el incremento de población escolar de Educación General Básica estimado, hacía falta crear 1.093.546 puestos escolares. Este objetivo se concretó en crear 122.000 en el programa ordinario de 1978, 400.000 en el Plan Extraordinario del Pacto de la Moncloa de 1978, otros 400.000 en 1979 y otros 171.546 en 1980.

El Plan Extraordinario de Escolarización de 1978, se enmarca dentro del Pacto de la Moncloa, del 25 de octubre de 1977. Como se ha indicado, este plan preveía la creación de 400.000 plazas de EGB, así como, 200.000 nuevas plazas en Educación Preescolar y 100.000 nuevas plazas de Bachillerato Unificado y Polivalente (BUP) durante 1978. Para ello se contaba con un presupuesto de 40.000 millones de pesetas (MEC,1979). En Valencia se preveía crear 15.680 plazas de EGB, 7.440 plazas de educación preescolar y 5.930 de BUP.

Parte de estos colegios, así como de los colegios construidos en

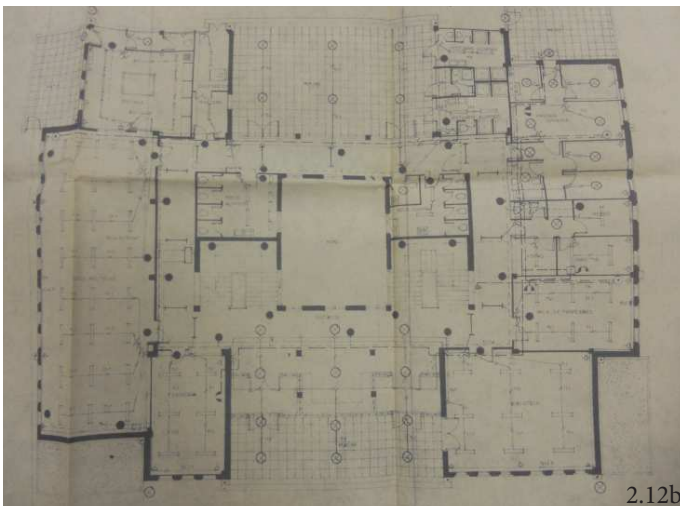


Figura 2.11.
Fachada CEIP Luis Guarnier. Fuente:
fotografía del autor.

Figura 2.12.
Fachada y planos de instalación de
electricidad del CEIP Federico García
Lorca. Fuente: fotografía del autor y
AHCV ref.-29 (ver bibliografía).

los Planes de Desarrollo anteriores, se ejecutaron a partir de modelos de colegios desarrollados por el Ministerio de Educación o provenientes de concursos organizados para ello. En consecuencia, como se verá en los capítulos 3 y 4, a lo largo de la toda la geografía española podemos encontrar colegios con diseños similares, adaptados a los solares existentes y las condiciones climáticas y características constructivas de cada región.

A partir de 1975, los cambios en la organización política de España dieron paso a una descentralización en materia de construcciones escolares. Este proceso se inició mediante la formalización de convenios entre el Ministerio y las Diputaciones, y se completó, con la asunción de esta competencia por parte de las Administraciones autonómicas.

En Valencia, en estos años, los esfuerzos se centraron en dotar de colegios a los barrios de la periferia, que según lo señalado en el apartado 2.1.1, se fueron desarrollando con escasos espacios dotacionales (Taberner Pastor, 2007).

Poco a poco se fueron dejando de lado la construcción de escuelas a partir de prototipos o modelos, dando paso a diseños de colegios únicos, con programas de necesidades cada vez más completos.

La Ley Orgánica General del Sistema Educativo (LOGSE), de 3 de octubre de 1990, supuso un nuevo cambio en la estructura educativa no universitaria, estableciendo la Educación Primaria Obligatoria (EPO) en seis cursos, de los 6 a los 12 años, y la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en cuatro cursos, de los 12 a los 16. Siendo este el sistema educativo actual.

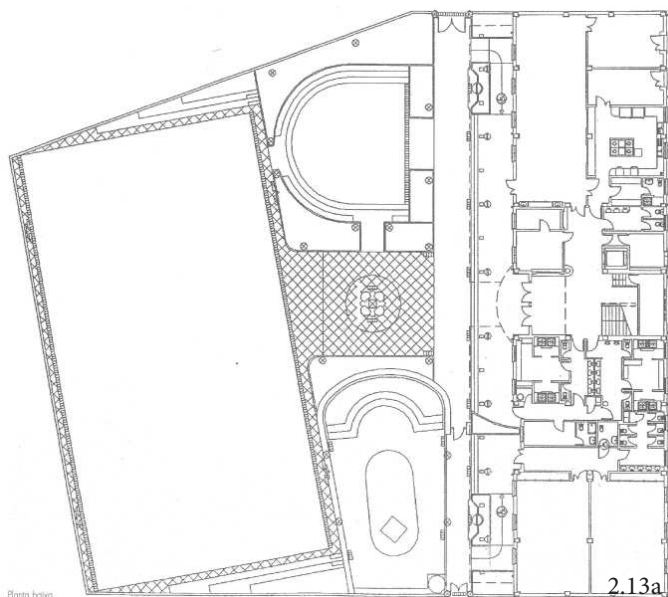
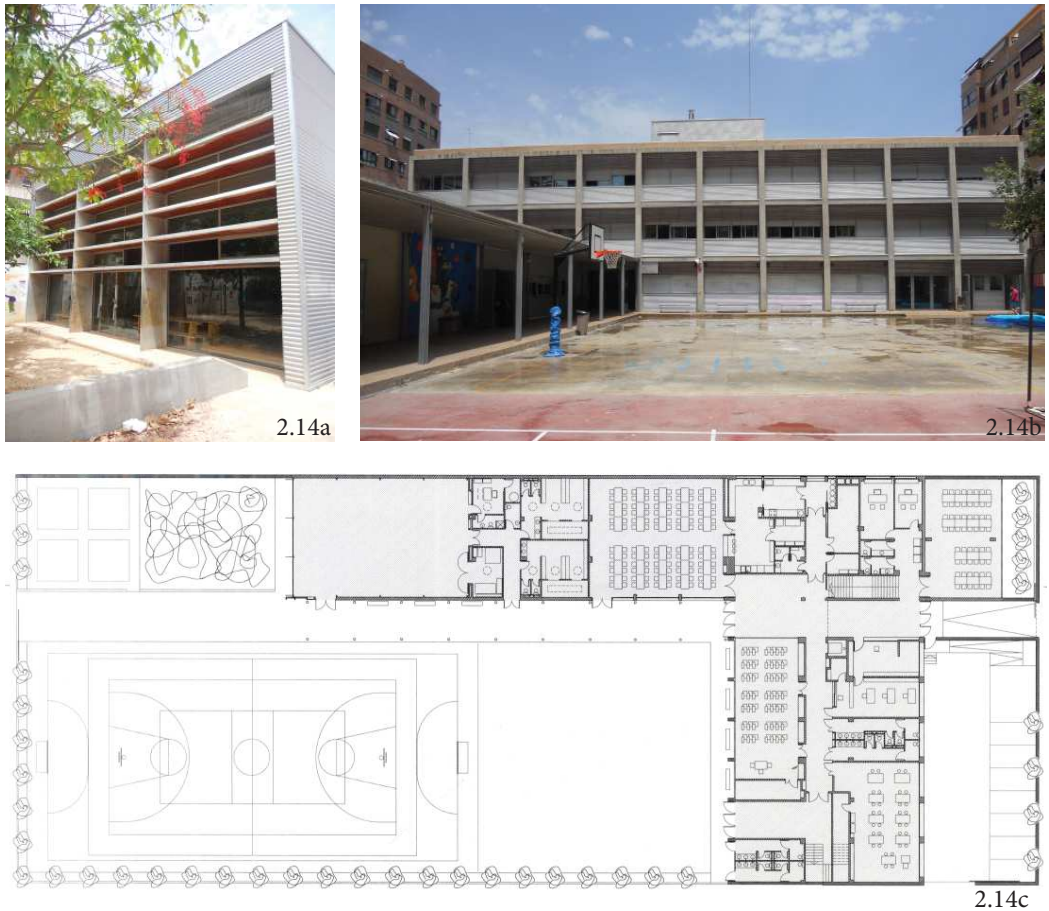


Figura 2.13. CEIP Jesús, del arquitecto J. Collado Ortiz (1992 - 1993) Plano de planta baja (a) y fotografía de fachada a patio (b). Fuente: (Insausti, P. & Llopis, A., 1995). Fotografía del autor.





La Consellería de Cultura, Educación y Ciencia reguló, a través de la Orden de 15 de mayo de 1992, la redacción de proyectos de construcción de los centros de educación de titularidad de la Generalitat Valenciana.

A partir del año 2000, jugó un importante papel en la construcción y renovación de los centros educativos de la Comunidad Valenciana, la empresa pública CIEGSA (Construcciones e Infraestructuras Escolares de la Generalitat Valenciana). Creada mediante el Decreto 122/2000 de 25 de julio, de la Generalitat Valenciana. Esta empresa se encargaba adecuar, mejorar y ampliar los centros educativos existentes, así como de construir nuevos en función de las necesidades. Actualmente la empresa está en proceso de disolución.

Como resultado de los cambios en la estructura educativa española, las necesidades escolares derivadas del crecimiento de la población o los cambios en los modelos pedagógicos, los centros escolares han sido objeto de múltiples cambios de denominación así como modificaciones y ampliaciones.

Figura 2.14.

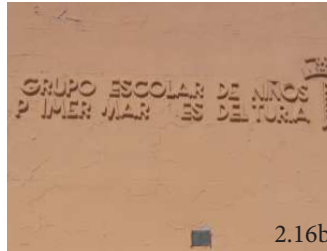
CEIP Aiora. Arquitectos: ADI arquitectura. Fotos del exterior y plano de planta baja del proyecto inicial. Fuente: (A.A.V.V., 2009: Arquitectura escolar 4). Fotografías del autor.



Figuras 2.15. Fotografías de varios Colegios de Valencia donde se puede apreciar los cambios en la denominación de los mismos a los largo del tiempo a tenor de los cambios en el sistema educativo. Fuente: fotografías del autor.



2.16a



2.16b



2.16d



2.16e



2.16f

Gran parte de los centros educativos existentes, tanto en Valencia como en el resto de España, están conformados por varios edificios (siendo uno el principal y el resto ampliaciones), construidos en distintas épocas y con diseños y características constructivas muy distintas. Su estudio requiere la investigación de cada edificio de manera individual y en conjunto al centro escolar al que pertenece.

La escasez de datos sobre los proyectos, los cambios de nombre (de los colegios y de las calles donde se ubican), los cambios en el órgano responsable de las construcciones escolares en cada periodo (Estado, Municipios o Autonomías) son algunas de las dificultades que aparecen en la búsqueda de información sobre los mismos y es necesario tenerlas en cuenta en la investigación histórica y arquitectónica sobre construcciones escolares.

2.2. Marco legal: contexto europeo, nacional y autonómico.

El fomento de las energías renovables, la reutilización de los recursos existentes, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la eficiencia energética, son algunas de las líneas de actuación que se están promoviendo a nivel mundial en la lucha contra el cambio climático y la reducción de la utilización de combustibles fósiles.

Tanto a nivel europeo como en cada país y región, se han ido concretando objetivos y acciones en cada una de estas líneas de actuación. Se incluyen a continuación las normativas, planes de actuación y estrategias más significativas relacionadas con la rehabilitación energética de edificios.

Figuras 2.16. Detalle de las placas con el nombre del colegio y carteles de varios Centros de Educación Infantil y Primaria de Valencia. Fuente: fotografías del autor.

2.2.1. Normativa europea

La Unión Europea ha ido fijando sus principales objetivos climáticos y de energía a través de estrategias como el Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020, el Marco sobre clima y energía para 2030 y su actual estrategia a largo plazo para 2050.

De forma conjunta a estas estrategias, ha ido aprobando una serie de directivas europeas sobre eficiencia energética en edificios que son la Directiva 2002/91/CE , la Directiva 2010/31/UE de Eficiencia energética de los edificios (Energy Performance of Buildings Directive, EPDB) y la Directiva 2012/27/UE de Eficiencia Energética (DEE), modificadas por la Directiva (UE) 2018/844 y la 2018/2002. Sobre energías renovables está la Directiva 2018/2001/UE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

Estas directivas, junto con otros planes, acciones, informes y comunicaciones de la Comisión, definen el marco político y de actuación de la UE en la materia.

Normativa europea

- Directiva 2002/91/CE y su revisión Directiva 2010/31/UE
- Directiva 2012/27/UE de eficiencia energética (DEE)
- Informe: Respaldo financiero a la eficiencia energética de los edificios
- Paquete de medidas “Energía limpia para todos los europeos”
- Directiva 2018/844/UE, que modifica las Directivas 2010/31/UE y 2012/27/UE,
- Directiva 2018/2001/UE Relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables
- Directiva 2018/2002 /UE por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética
- Reglamento 2018/1999/UE sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima
- Comunicación de la Comisión: Pacto Verde Europeo.
- Comunicación de la Comisión: Intensificar la ambición climática de Europa para 2030: Invertir en un futuro climáticamente neutro en beneficio de nuestros ciudadanos.
- “Ley europea de clima”. Propuesta de REGLAMENTO por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática

Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020

Los objetivos fundamentales de este paquete de medidas son:

- Reducir un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero (en relación con los niveles de 1990)
- Aumentar un 20% de energías renovables en la UE
- Mejorar un 20% la eficiencia energética.

Directiva 2002/91/CE y su revisión Directiva 2010/31/UE

La Directiva de 2002 establece una serie de requisitos sobre el marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios; la aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos o de grandes edificios existentes que sean objeto de reformas importantes; la certificación energética de edificios; la inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios.

La Directiva de 2010 modifica y amplía la anterior directiva, incluyendo, por ejemplo, requisitos sobre planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo o sobre sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección.

Esta directiva señala en su preámbulo la necesidad de “instaurar acciones más concretas con el fin de aprovechar el gran potencial de ahorro de energía aún sin realizar en los edificios y reducir las grandes diferencias que existen entre Estados miembros en este sector.”

Directiva 2012/27/UE de eficiencia energética (DEE)

El objetivo de esta directiva, según se recoge en su artículo 1, es establecer “un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión a fin de asegurar la consecución del objetivo principal de eficiencia energética de la Unión de un 20 % de ahorro para 2020, y a fin de preparar el camino para mejoras ulteriores de eficiencia energética”. También dispone el establecimiento “de objetivos nacionales orientativos de eficiencia energética para 2020”.

Sobre la eficiencia en el uso de la energía hace hincapié en la renovación de edificios, la función ejemplarizante de los edificios de los organismos públicos, la adquisición por los organismos públicos, los sistemas de obligaciones de eficiencia energética y las auditorías energéticas, entre otros.

Según el punto 15 de su preámbulo “El volumen total de gasto público equivale al 19 % del producto interior bruto de la Unión. Por este motivo, el sector público constituye un motor impor-



Figura 2.17.

Portada de la publicación del paquete de medidas “Energía limpia para todos los europeos” Fuente: extraído de <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans> en Junio de 2020

tante para estimular la transformación del mercado hacia productos, edificios y servicios más eficientes, así como para provocar cambios de comportamiento en el consumo de energía por parte de los ciudadanos y las empresas.

Además, la disminución del consumo de energía mediante medidas de mejora de la eficiencia energética puede liberar recursos públicos para otras finalidades. Los organismos públicos a nivel nacional, regional y local deben servir de ejemplo en lo que se refiere a la eficiencia energética.”

También hace referencia a los edificios públicos en su artículo 5, sobre la función ejemplarizante de los edificios de los organismos públicos, donde establece que: “cada uno de los Estados miembros se asegurará de que, a partir del 1 de enero de 2014, el 3 % de la superficie total de los edificios con calefacción y/o sistema de refrigeración que tenga en propiedad y ocupe su Administración central se renueve cada año de manera que cumpla al menos los requisitos de rendimiento energético mínimos que haya fijado en aplicación del artículo 4 de la Directiva 2010/31/UE. (...)”

Informe de la Comisión al parlamento europeo y al consejo de 18 de abril de 2013: Respaldo financiero a la eficiencia energética de los edificios

Uno de los objetivos de la Directiva 2012/27/UE era establecer estrategias nacionales a largo plazo con el fin de movilizar inversiones en la rehabilitación del parque nacional de edificios. Para cumplir dicho objetivo, la Comisión Europea publicó en 2013 un informe donde se describen las distintas formas para estimular la inversión en eficiencia energética y cuáles son los instrumentos dispuestos para conseguir la movilización de recursos destinados al ahorro de energía en los edificios.

Paquete de medidas “Clean Energy for all Europeans” (Energía limpia para todos los europeos)”

Forma parte del marco de la política energética de la UE, con el que se pretende facilitar la transición de los combustibles fósiles hacia energías más limpias y cumplir los compromisos del Acuerdo de París de la UE de 2015 sobre el cambio climático (Fig. 2.17).

Entre los objetivos actualizados de la UE se encuentran:

- Reducir para 2030 las emisiones totales de gases de efecto invernadero en un 40 % como mínimo con respecto a los niveles de 1990. Y en un 80 - 90 % para 2050.
- Alcanzar un 32% de fuentes de energías renovables para 2030
- Mejorar la eficiencia energética en un 32.5% para el 2030

Se trata de un marco normativo que, desde su creación en 2016, ha ido agrupando las distintas normativas y otros no legislativos aprobados en relación a cinco dimensiones:

- La seguridad energética de la Unión de Energía
- El mercado interior de la energía
- La eficiencia energética
- La descarbonización de la economía, incluidas las renovables
- La investigación, innovación y competitividad

Principalmente pretende abordar los siguientes elementos: que la eficiencia energética sea lo primero, más energías renovables, una mejor gobernanza de la Unión de la Energía, más derechos para los consumidores y un mercado de electricidad más inteligente y eficiente:

Directiva 2018/844/UE, que modifica las Directivas 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, y la 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética.

La Unión Europea se ha comprometido a establecer un sistema energético sostenible, competitivo, seguro y descarbonizado de para 2050. Según esta directiva los edificios son responsables del 40% de la energía consumida en la UE y del 36% de las emisiones de CO₂.

Por ello, “el objetivo principal de esta nueva directiva es acelerar la renovación rentable de los edificios existentes, más específicamente, introduce sistemas de control y automatización de edificios como alternativa a las inspecciones físicas, fomenta el despliegue de la infraestructura necesaria para e-mobility, e introduce un indicador de inteligencia para evaluar la preparación tecnológica del edificio. Esta actualización de la EPBD pretende fortalecer los vínculos entre la financiación pública para la renovación de edificios y los certificados de rendimiento energético e incentivar la lucha contra la pobreza energética mediante la renovación de edificios.”

En el artículo 2 bis que esta directiva añade a la Directiva 2010/31/UE, señala que cada Estado miembro “establecerá una estrategia a largo plazo de renovación de sus parques nacionales de edificios residenciales y no residenciales, tanto públicos como privados, transformándolos en parques inmobiliarios con alta eficiencia energética y descarbonizados antes de 2050, facilitando la transformación económica rentable de los edificios existente en edificios de consumo de energía casi nulo”.

La hoja de ruta incluirá hitos indicativos para 2030, 2040 y 2050 (corto, medio y largo plazo). Esta directiva forma parte del paquete de medidas “Energía limpia para todos los europeos”.

Directiva 2018/2001/UE Relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (versión refundida)

Con esta directiva se pretende conseguir una mayor utilización de la energía procedente de fuentes renovables, siendo el objetivo de la Unión, alcanzar un 32% de fuentes de energías renovables para 2030 (revisable).

Tal y como se recoge en el punto 4 del preámbulo, la reducción del consumo de energía, el aumento de las mejoras tecnológicas los incentivos para el uso y la expansión del transporte público, el uso de tecnologías de eficiencia energética y el fomento del uso de energía renovable en los sectores de la electricidad, de la calefacción y refrigeración, y del transporte son herramientas eficaces, junto con las medidas de eficiencia energética, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión y la dependencia energética de esta.

Esta política, según se indica en su hoja resumen, contribuye a la lucha contra el cambio climático y ayuda a alcanzar los objetivos del Acuerdo de París 2015; protege el medio ambiente y reduce la contaminación atmosférica de las ciudades y regiones; permite que los hogares, las comunidades y empresas se conviertan en productores de energía limpia; reduce la dependencia de las importaciones de energía y aumenta la seguridad energética; y crea más empleo y atrae nuevas inversiones en la economía europea.

Esta directiva forma parte del paquete de medidas “Energía limpia para todos los europeos”.

Directiva 2018/2002 /UE por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética

La modificación o revisión de la Directiva de Eficiencia Energética 2012/27 pretende fomentar un uso más eficiente de la energía y, según lo indicado en el resumen de la misma, dar lugar a:

- Una reducción del consumo por parte de los hogares y empresas y, en consecuencia, facturas energéticas más bajas.
- Un menor consumo, que hará que Europa sea menos dependiente de las importaciones de energía.
- Incentivos para que los productores o fabricantes utilicen las nuevas tecnologías e innoven.
- Más inversiones en el sector de la construcción, entre otros sectores, por lo que se crearán puestos de trabajo
- Facturas domésticas que ofrezcan información más clara.

Esta directiva forma parte del paquete de medidas “Energía limpia para todos los europeos”.

Reglamento 2018/1999/UE sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima

Este reglamento también forma parte del paquete de medidas “Energía limpia para todos los europeos”. Modifica, entre otras, las directivas 2010/31/UE y 2012/27/UE.

Establece un marco único de cooperación entre los Estados miembros y la Unión Europea con el fin de:

- Garantizar que las trayectorias nacionales y las de la Unión Europea sean lo más coherentes posible, con el fin de cumplir los objetivos y metas de la Unión de la Energía.
- Abarcar todas las dimensiones de la Unión de la Energía, incluidas la seguridad energética, el mercado interior, las interconexiones y la investigación, la innovación y la competitividad.
- Garantizar un proceso de planificación, información y seguimiento transparente y coordinado.
- Ofrecer más claridad y previsibilidad para desbloquear las inversiones en energías limpias en toda la Unión
- Garantizar una comunicación sistemática de información por parte de la Unión y sus Estados miembros

Comunicación de la Comisión (COM(2019) 640 final): Pacto Verde Europeo

El Pacto Verde es parte integrante de la estrategia de la Comisión para aplicar la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Se trata de una estrategia de crecimiento destinada a transformar la UE en una sociedad equitativa y próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, en la que no habrá emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050 y el crecimiento económico estará disociado del uso de los recursos.

El Pacto Verde aspira también a proteger, mantener y mejorar el capital natural de la UE, así como a proteger la salud y el bienestar de los ciudadanos frente a los riesgos y efectos medioambientales. El Pacto Verde Europeo reafirma la ambición de la Comisión de hacer de Europa el primer continente climáticamente neutro de aquí a 2050.

Esta comunicación presenta una hoja de ruta inicial de las políticas y medidas clave necesarias para hacer realidad el Pacto Verde Europeo (Fig. 2.18).



2.18

Figura 2.18. Pacto verde Europeo: esquema explicativo. Fuente: Comisión Europea, 2019. *Comunicación de la Comisión El Pacto Verde Europeo. COM(2019) 640 final*. Obtenido en <https://eur-lex.europa.eu/>

Comunicación de la Comisión (COM/2020/562 final): Intensificar la ambición climática de Europa para 2030: Invertir en un futuro climáticamente neutro en beneficio de nuestros ciudadanos.

En esta comunicación de la Comisión presenta el Plan Objetivo Climático 2030.

Tal y como indica la Comisión, “una mayor ambición para 2030 contribuirá a una senda más gradual de reducción de las emisiones y a una transición económica y social más equilibrada hacia la neutralidad climática en los próximos 30 años”. Esa mayor ambición se traduce en, entre otros objetivos, aumentar el objetivo de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, en toda la UE y toda la economía, de al menos un 55 % en comparación con 1990 de aquí a 2030, que engloba las emisiones y las absorciones.

Para ello, prevé un conjunto medidas ambiciosas en todos los sectores de la economía de la UE y actualizar el marco de actuación en materia de clima y energía hasta el año 2030, a través de la revisión de los instrumentos legislativos clave.

En relación a los edificios, indica que este sector tiene un gran potencial de mejora, por ello será necesario que el índice de renovación, que actualmente se sitúa en torno al 1 %, se duplique,

como mínimo, de aquí a 2030. En concreto, es necesario incrementar ampliamente las grandes renovaciones de las cubiertas de edificios, la digitalización inteligente y la integración de las energías renovables.

Por otro lado, la comunicación hace referencia a la pobreza energética y establece que, para hacerle frente, la próxima «oleada de renovación» abordará el doble reto de la eficiencia energética y la asequibilidad en el sector de la construcción. Se centrará en los edificios con un peor rendimiento y combatirá la pobreza energética, también en edificios públicos, como colegios, hospitales e instalaciones asistenciales. En la renovación, se prestará especial atención a la financiación de las inversiones iniciales y a la capacidad de los hogares para gestionarlas.

Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1999 («Ley del Clima Europea») (en fase de propuesta en septiembre de 2020)

La Comisión propuso, en marzo de 2020, la Ley Europea del Clima, buscando convertir la neutralidad climática de las emisiones para 2050 en un requisito legal. En septiembre de 2020, se introdujeron en la propuesta algunas modificaciones entre ellas la de aumentar el objetivo de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a al menos un 55 % en comparación con 1990 de aquí a 2030.

Los objetivos principales de la Ley son:

- Establecer la trayectoria a largo plazo para cumplir el objetivo de neutralidad climática de 2050 a través de todas las políticas, de forma socialmente justa y rentable.
- Crear un sistema de seguimiento de los avances y adoptar nuevas medidas en caso necesario.
- Ofrecer predicciones a los inversores y demás agentes económicos.
- Garantizar que la transición a la neutralidad climática sea irreversible.

La Ley de Clima incluye medidas para hacer un seguimiento de los avances y ajustar las acciones en consecuencia, sobre la base de los sistemas existentes, tales como el proceso de gobernanza para los planes nacionales de los Estados miembros en materia de energía y clima, los informes periódicos de la Agencia Europea de Medio Ambiente y los últimos datos científicos sobre el cambio climático y sus repercusiones.

2.2.2. Normativa y planes nacionales.

El marco normativo español sobre eficiencia energética está constituido tanto por la trasposición de las directivas europeas sobre la materia, así como por numerosas leyes, reglamentos, políticas y planes de acción, sobre renovación de edificios, ahorro energético, reducción de gases de efecto invernadero y aumento de las fuentes de energías renovables,

Se incluyen a continuación las más significativas sobre eficiencia energética de edificios.

Normativa y políticas nacionales

- Código Técnico de la Edificación, 2006 /actualización DB-HE, 2013 / 2017 / 2019
- Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, 2007/ modif. 2013
- Plan de Ahorro Energético 2011-2020
- Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016.
- Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética en edificios, 2013
- Ley de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas, 2013
- Real Decreto 56/2016 sobre auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción.
- Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2017-2020
- Real Decreto - Ley 15/2018, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.

Código Técnico de la Edificación - CTE (RD 314/2006), en concreto el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía» y sus modificaciones

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo español que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE). Uno de esos requisitos es el de ahorro de energía.

Según aparece en el artículo 15 de la Parte I del CTE “el objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir, asimismo, que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento”.

Las exigencias básicas en relación a la energía están recogidas en el Documento Básico HE, Ahorro de Energía, (DB-HE) y son: 0- Limitación del consumo energético, 1- Condiciones para el control de la demanda energética, 2- Condiciones de las instalaciones térmicas, 3- Condiciones de las instalaciones de iluminación, 4 - Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria y 5 - Generación mínima de energía eléctrica

Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios - RITE (RD 1027/2007) y sus modificaciones.

Establece “las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas, durante su diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento”. RITE Art 1.

Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética (NEEAP) 2011-2020

Este plan presenta los resultados de ahorro de energía de los anteriores planes hasta 2010 y establece una serie de objetivos de ahorro de energía final y para el horizonte 2016 y 2020. Define medidas y estrategias o mecanismos de actuación generales y específicos para diversos sectores como industria, transporte, servicios públicos, agricultura y pesca, transformación de la energía y edificación y equipamiento.

Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016. (Real Decreto 233/2013)

Señala la necesidad de “un cambio de modelo que busque el equilibrio entre la fuerte expansión promotora de los últimos años y el insuficiente mantenimiento y conservación del parque inmobiliario ya construido”.

El plan promueve el alquiler como vía de acceso a la vivienda y la rehabilitación del parque inmobiliario existente como medio para “la reactivación del sector de la construcción, la generación de empleo y el ahorro y la eficiencia energética, en consonancia con las exigencias derivadas de las directivas europeas en la materia”.

En el preámbulo del Real decreto por el que se aprueba, incluye dos sus objetivos, dos relacionados con la eficiencia energética y la rehabilitación de edificios:

- “Mejorar la calidad de la edificación y, en particular, de su eficiencia energética, de su accesibilidad universal, de su adecuación para la recogida de residuos y de su debida conservación. Garantizar, asimismo, que los residuos que se generen en las obras de rehabilitación edificatoria y de regeneración y renovación urbanas se gestionen adecuadamente(...)
- Contribuir a la reactivación del sector inmobiliario, desde los dos elementos motores señalados: el fomento del alquiler y el apoyo a la rehabilitación de edificios y a la regeneración urbana”.

Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética en edificios (Real Decreto 235/2013)

Este Real Decreto transpone parcialmente la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo en lo relativo a la certificación de eficiencia energética de edificios, refundiendo el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, con la incorporación del Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes.

Establece “la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia eficiencia, tales como requisitos mínimos, con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de este puedan comparar y evaluar su eficiencia energética”.

En relación a la obligación de exhibir la etiqueta de eficiencia energética en edificios, en su artículo 13.2., establece que “todos

los edificios o partes de los mismos ocupados por las autoridades públicas y que sean frecuentados habitualmente por el público, con una superficie útil total superior a 250 m², exhibirán la etiqueta de eficiencia energética de forma obligatoria, en lugar destacado y bien visible”.

Ley 8/2013, Ley de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.

Los objetivos de esta ley, tal como aparecen en su preámbulo, son:

- “Potenciar la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas, eliminando trabas actualmente existentes y creando mecanismos específicos que la hagan viable y posible.
- Ofrecer un marco normativo idóneo para permitir la reconversión y reactivación del sector de la construcción, encontrando nuevos ámbitos de actuación, en concreto, en la rehabilitación edificatoria y en la regeneración y renovación urbanas.
- Fomentar la calidad, la sostenibilidad y la competitividad, tanto en la edificación, como en el suelo, acercando el marco normativo español al marco europeo, sobre todo en relación con los objetivos de eficiencia, ahorro energético y lucha contra la pobreza energética”.

Real Decreto 56/2016 sobre auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción.

Este Real Decreto traspone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción.

Busca, según el preámbulo del mismo, “el impulso y la promoción de un conjunto de actuaciones a realizar dentro de los procesos de consumo energético que puedan contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida, así como a optimizar la demanda energética de la instalación, equipos o sistemas consumidores de energía, además de disponer de un número suficiente de profesionales competentes y fiables a fin de asegurar la aplicación efectiva y oportuna de la citada Directiva 2012/27/UE”.

“Trata también de profundizar en el desarrollo del mercado de los servicios energéticos a fin de asegurar la disponibilidad tanto de la demanda como de la oferta de dichos servicios”.

Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020 y 2017-2020

Estos Planes Nacionales de Acción de Eficiencia Energética responden a la exigencia del artículo 24.2 de la Directiva 2012/27/UE, que exige a todos los Estados miembros de la Unión Europea la presentación de estos planes, el primero de ellos a más tardar el 30 de abril de 2014 y, a continuación, cada tres años.

Se trata de una herramienta de la política energética, cuya ejecución permite alcanzar los objetivos de ahorro y eficiencia energética que se derivan de la Directiva 2012/27/UE.

Real Decreto - Ley 15/2018, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.

Siguiendo la línea marcada por Europa, España ha iniciado un proceso hacia la descarbonización, la descentralización de la generación, la electrificación de la economía, la participación más activa de los consumidores y un uso más sostenible de los recursos.

Este Real Decreto-Ley incluye una serie de medidas urgentes que permitan alcanzar dichos objetivos. En primer lugar contiene medidas de protección de los consumidores, haciendo hincapié en la lucha contra la pobreza energética.

En segundo lugar, impulsa y regula el autoconsumo eléctrico renovable, considerándolo como “un elemento imprescindible para lograr que el consumidor pueda obtener una energía más limpia y barata”.

En tercer lugar, incluye una serie de normativas encaminadas a acelerar la transición a una economía descarbonizada, impulsando medidas sobre la integración de la electricidad de fuentes de energía renovables y la movilidad sostenible.

Real Decreto 244/2019 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Reglamento que complementa al Real Decreto-ley 15/2018, el cual, según el preámbulo de esta norma, “ha realizado una modificación profunda en la regulación del autoconsumo en España con el fin de que los consumidores, productores, y la sociedad en su conjunto, puedan beneficiarse de las ventajas que pueda acarrear esta actividad, en términos de menores necesidades de red, mayor independencia energética y menores emisiones de gases de efecto invernadero.”

Este real decreto regula las condiciones administrativas y técnicas del autoconsumo e incorpora al ordenamiento jurídico es-

pañol parte del contenido de la Directiva 2018/2001/UE sobre el fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.

Define los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, de penetración de energías renovables y de eficiencia energética.

Es el Plan Nacional que la Unión Europea demanda a cada Estado miembro con el fin de alcanzar los objetivos del acuerdo de París. Fija las líneas de actuación de España, identificando los retos y oportunidades que se presentan en las cinco dimensiones de la Unión de la energía: la descarbonización, la eficiencia energética, la seguridad energética, el mercado interior de la energía, y la investigación, innovación y competitividad.

Además de detallar el proceso, los objetivos nacionales, las políticas y medidas existentes necesarias para alcanzarlos, incluye el análisis de su impacto (económico, empleo, distributivo, salud...). Las medidas contempladas en el PNIEC permitirían a España alcanzar los siguientes resultados en 2030:

- 21% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- 42% de renovables sobre el uso final de la energía
- 39.2% de mejora de la eficiencia energética
- 74% de energía renovable en la generación eléctrica.

Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.

Ante la crisis del COVID 19 el Estado Español ha abordado distintas medidas que amortigüen el impacto económico de la misma. En materia de energía, con este Real Decreto-ley se pretende “adoptar con carácter urgente las medidas reguladoras que permitan superar las barreras advertidas en el proceso de transición energética y dotar de un marco atractivo y cierto para las inversiones, impulsando el proceso de reactivación económica y su electrificación y la implantación masiva de energías renovables, al tiempo que se respeta el principio de sostenibilidad del sistema eléctrico.

Las medidas contenidas en esta norma se configuran con la finalidad de garantizar una transición energética, limpia, justa, fiable, y económicamente competitiva, especialmente importante en el escenario que se plantea una vez superado el estado de alarma”. (Jefatura del Estado, junio 2020)

2.2.3. Normativa y planes autonómicos

Las principales normativas y políticas llevadas a cabo por la Generalitat Valenciana en materia de eficiencia energética son:

Normativa autonómica sobre certificación energética de edificios

Decreto 112/2009, de 31 de julio, del Consell, por el que regula las actuaciones en materia de certificación de eficiencia energética de edificios.

Resolución de 25 de octubre de 2010, del conseller de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, por la que se aprueba el documento reconocido para la calidad en la edificación denominado: Criterios técnicos para el control externo de la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Orden 1/2011, de 4 de febrero, de la Conselleria de Infraestructuras y Transporte, por la que se regula el Registro de Certificación de Eficiencia Energética de Edificios.

Resolución de 16 de abril de 2014, del director adjunto del IVA-CE, en materia de energía, por la que se establece el Plan de Inspecciones en Materia de Certificación de Eficiencia Energética.

Normativa y actuaciones autonómicas

- Certificaciones energéticas: actuaciones, registro, criterios técnicos para control externo, Plan de Inspecciones...
- Plan de Ahorro Energético de la Comunidad Valenciana 2001-2010: planes de asesoramiento técnico, programas de ayuda, convenios, publicaciones específicas...
- Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de los Edificios Públicos de la Generalitat 2012.
- Plan de ahorro y eficiencia energética, fomento de las energías renovables y el autoconsumo en los edificios, infraestructuras y equipamientos del sector público de la Generalitat PAEEG 2017
- Plan de Energía Sostenible de la Comunidad Valenciana 2020 PESC2020
- Ley del Cambio Climático y Transición Ecológica de la Comunidad Valenciana
- Estrategia Valenciana de Cambio Climático y Energía 2020-2030

Decreto 39/2015, de 2 de abril, del Consell por el que regula las actuaciones en materia de certificación de eficiencia energética de edificios en la Comunidad Valenciana.

Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de la Comunidad Valenciana 2001-2010

Este plan tenía como finalidad:

- “Reducir el consumo de energía final y el consumo de energía primaria de la Comunidad Valenciana.
- Mejorar la competitividad de las empresas, disminuyendo los costes energéticos de las mismas, mediante la introducción de tecnologías más eficientes.
- Reducir la dependencia energética de la Comunidad Valenciana.
- Reducir el impacto medioambiental asociado a la utilización de las diferentes fuentes energéticas”.

Para alcanzarlos se llevaron a cabo múltiples planes de asesoramiento técnico en institutos de bachillerato y formación profesional, hospitales, residencias de la tercera edad, oficinas administrativas, etc.; programas de ayuda; convenios de colaboración con determinadas Consellerias, como Sanidad y Justicia; asesoramiento en Ahorro y Eficiencia Energética en Municipios o a través de la elaboración de publicaciones específicas como “Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en los Municipios de la Comunidad Valenciana”.

Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de los Edificios Públicos de la Generalitat. Acuerdo 2012/6063 del Consell

El objetivo principal de este plan era reducir los costes energéticos de los edificios de la administración pública, mediante un control y seguimiento de los consumos energéticos que permitan la introducción de medidas de bajo o nulo coste económico, así como el establecimiento de estándares mínimos a cumplir por los nuevos edificios de la Generalitat.

En concreto buscaba reducir en los consumos energéticos de los edificios un 20 % para el año 2016 mediante la realización de inversiones de bajo o nulo coste económico.

Plan de ahorro y eficiencia energética, fomento de las energías renovables y el autoconsumo en los edificios, infraestructuras y equipamientos del sector público de la Generalitat PAEEG Acuerdo 2017/214 del Consell.

Según lo incluido en su preámbulo, el consumo energético de las

infraestructuras y equipamientos públicos se sitúa alrededor del 18 % del consumo eléctrico de la Generalitat.

El PAEEG establece nuevos objetivos de ahorro energético más ambiciosos y de acuerdo los nuevos objetivos europeos en el Marco de actuación de la Unión Europea en materia de clima y energía hasta el año 2030 y con la nueva política energética del Consell.

Según lo incluido en el plan, “para conseguir estos ahorros se considera, como acción clave, el desarrollo de la actual plataforma de gestión energética de los edificios, de manera que permita hacer una gestión unificada de todos los consumos energéticos, eléctricos y térmicos, tanto de los edificios como del resto de infraestructuras y equipamientos de la Generalitat.

El Plan incide decididamente en la necesidad de realizar inversiones en materia de ahorro y eficiencia energética y de aplicación de las energías renovables en nuestros edificios, infraestructuras y equipamientos. Para ello, es necesario conocer antes el perfil de consumo energético de cada uno de ellos, así como determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un coste eficiente.

Por ello, se establece un Programa de Auditorías Energéticas en aquellos edificios e infraestructuras con un consumo energético superior a 200.000 kWh/año. De esta forma, las auditorías energéticas, junto a la certificación energética de edificios, se configuran como los mejores mecanismos por definir un programa de inversiones dentro de un contexto de viabilidad energética y económica, que nos permiten conseguir los nuevos objetivos de ahorro”.

Plan de Energía Sostenible de la Comunidad Valenciana 2020 PESCV2020

El Plan de Energía Sostenible de la Comunidad Valenciana 2020 incluye a su vez cuatro Planes:

- Plan de Energías Renovables, en el que se detallan los principales objetivos y actuaciones en el ámbito de las energías no contaminantes.
- Plan de Ahorro y Eficiencia Energética, en el que se establecen las medidas y objetivos concretos para lograr una mejor utilización de los recursos energéticos en cada uno de los sectores económicos de la sociedad.
- Plan de Impulso al Autoconsumo; en el que se establecen las medidas y objetivos para impulsar las instalaciones de autoconsumo entre los particulares, empresas y administración pública.

- Plan de Ahorro y Eficiencia Energética, Fomento de las Energías Renovables y el Autoconsumo en los edificios, infraestructuras y equipamientos del sector público de la Generalitat (PAEEG), en el que establecen nuevos objetivos de ahorro energético en los edificios, infraestructuras y equipamientos en los que se presten servicios del sector público de la Generalitat.

Entre sus principios básicos destacan: la reducción del consumo de energía; impulsar el autoconsumo; mejorar la competitividad de las empresas valencianas mediante la introducción de tecnologías más eficientes que permitan reducir la factura energética; incorporar las energías renovables en los edificios de la Generalitat; reducir el impacto ambiental, en particular la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Ley del Cambio Climático y Transición Ecológica de la Comunidad Valenciana (En fase de Borrador en noviembre 2020)

La finalidad de esta Ley, tal y como se recoge en su artículo uno, es establecer el marco normativo para la adopción de medidas dirigidas a la mitigación y a la adaptación al cambio climático que garanticen una transición ordenada hacia un modelo social, económico y ambiental resiliente y neutro en carbono.

La ley establece objetivos en torno al cambio climático y concreta los órganos de gobierno encargados en la materia y sus competencias; los instrumentos de planificación, ya sean existentes o a desarrollar; medidas de reducción de emisiones en las distintas políticas sectoriales; medidas de adaptación a los efectos del cambio climático y transición justa y políticas de concienciación, educación y ejemplificación en la administración.

Una parte de la ley está dedicada a eficiencia energética en edificación, rehabilitación y regeneración urbana (título III, cap.II, sección 1ª), donde fija una serie de medidas de fomento de la eficiencia energética, que apuestan por la construcción sostenible, atendiendo al ciclo de vida de los edificios y su huella de carbono, también define aquellos edificios que han de disponer de un Sistema de gestión energética.

Además de otras medidas que atañen a los edificios de titularidad pública, el artículo 83 hace referencia al abandono de energías no renovables por parte de la administración. Según el cual, “las administraciones públicas valencianas preverán la sustitución progresiva de los equipamientos ubicados en sus edificios que utilicen energías fósiles por otros que funcionen con energías de origen renovable”.

Estrategia Valenciana de Cambio Climático y Energía 2020-2030.

Como continuación de las anteriores Estrategias de Cambio climático 2008-2012 y 2013-2020, esta nueva estrategia tiene como objetivo general constituirse como la herramienta fundamental para avanzar hacia un nuevo modelo socioeconómico comprometido con el entorno, que lleve a una minimización de las emisiones de GEI y aumente la resiliencia del territorio valenciano frente a los efectos del cambio climático.

Este objetivo general se estructura en tres niveles: mitigación, adaptación, y la investigación, sensibilización y cooperación. Cada uno de ellos se divide a su vez en sectores de actuación, con sus correspondientes medidas y actuaciones.

En relación al sector público se hace hincapié en que ha de liderar la lucha contra el cambio climático, promoviendo el ahorro energético y el uso de las EERR, como ejemplo ante toda la ciudadanía. Por ello, la Estrategia, define un paquete de medidas especiales en este sector.

En este nuevo plan, incide en la necesidad de realizar inversiones en materia de ahorro y eficiencia energética y de aplicación de las energías renovables en edificios, infraestructuras y equipamientos. Las medidas incluyen el establecimiento del programa de auditorías energéticas, junto a la certificación energética de edificios, creando un nuevo instrumento que es el Plan de Gestión Energética (PGE).

Sobre actuaciones en edificios, encontramos, dentro del apartado de “Mitigación”, la medida 3: “Impulsar una administración pública energéticamente eficiente” (de aplicación general a todo el sector público).

En concreto, esta medida incluye una actuación específica en colegios: “Fomentar las inversiones en proyectos Encaminados a la implantación de medidas de ahorro energético en centros educativos existentes”.

2.3. Marco ejecutivo: Estudios, proyectos europeos y otras actuaciones en torno a la eficiencia energética en colegios.

El actual interés en los edificios educativos es debido fundamentalmente a dos aspectos: el elevado consumo de energía del sector educativo y la presencia de insuficientes niveles de confort térmico y de calidad del aire interior (Arambula et al., 2015)

Tipos de acciones

- Conocer el edificio y su consumo energético
- Fomentar una gestión y uso eficientes
- Rehabilitar energéticamente los edificios
- Incorporar fuentes de energía renovables

Desde la unión europea e instituciones nacionales, autonómicas y locales relacionadas con la energía, se han ido promoviendo múltiples acciones para reducir el consumo energético e implementar energías renovables en edificios del sector servicios tanto públicos como privados.

Estas acciones se pueden dividir principalmente en cuatro tipos:

- Acciones para conocer el edificio y su consumo energético.
- Actuaciones para fomentar una gestión y uso eficientes.
- Acciones para rehabilitar energéticamente los mismos, y, por último
- Acciones conducentes a incorporar fuentes de energías renovables.

La combinación de todas ellas es lo que permite un mayor ahorro energético y de reducción de emisiones de GEI.

No obstante, la intervención o rehabilitación de un edificio debe realizarse de forma global, buscando la seguridad, salubridad y el confort de los usuarios. El proyecto de mejora y/o rehabilitación de un edificio escolar, sea en una o múltiples fases, buscaría suplir las deficiencias o carencias en todos los ámbitos:

- Seguridad estructural y de utilización.
- Accesibilidad
- Salubridad
- Calidad del aire interior y ventilación
- Confort térmico (calefacción y refrigeración)
- Iluminación
- Acústica de las aulas y protección frente al ruido
- Eficiencia energética
- Fuentes de energías renovables

Se incluye en los siguientes apartados una relación de algunos estudios, proyectos europeos y acciones llevados a cabo para potenciar el conocimiento del parque edificado, una gestión y uso eficientes, su rehabilitación energética y la inclusión de energías renovables en colegios o edificios públicos.

Están organizados siguiendo dichos apartados u objetivos, aunque en la mayoría de las veces abarcan varios de ellos. Por ejemplo, un estudio o proyecto sobre rehabilitación energética incorpora acciones para el conocimiento del consumo energético de los edificios de estudio y suele incluir propuestas de fuentes de energías renovables.

Muchos de estos estudios y proyectos abarcan otros aspectos de la rehabilitación, como pueden ser iluminación, ventilación, calidad del aire interior, etc.

2.3.1. Estudios

Sobre conocimiento de los edificios y su consumo energético

En relación al conocimiento de los edificios y su consumo energético en la literatura existente se plantean diferentes formas de la clasificación, metodologías de estudio e intervención en los edificios desde el punto de vista energético.

(Kim et al., 2019) señalaron en su estudio sobre indicadores de consumo energético en edificios públicos en Corea del Sur, la prioridad de agrupar edificios similares para su estudio energético, pues cuanto más similares son los edificios agrupados, más claros son los resultados obtenidos.

En 2015 (Arambula et al., 2015) publicaron un estudio sobre 60 colegios de la provincia de Treviso en Italia con el fin de agruparlos en unos pocos edificios representativos en base a sus características energéticas, para, una vez identificados, monitorizarlos, estudiarlos con programas de simulación y analizarlos, con el objetivo de evaluar el impacto de las intervenciones y optimizar las posibles mejoras a realizar. Para ello usaron el método algorítmico “k-means”.

Figura 2.19.
Escuela Elemental Alberto Cadlolo (2016), Via della Rondinella, Roma.
Fuente: fotografías del autor (2017)



Inicialmente la muestra de colegios a estudiar era de 85, pero se redujo a 60 por falta de información. La edad era variable, estableciendo cuatro periodos: 3 colegios construidos antes de 1900, 30 entre 1900 y 1976, 18 entre 1977 y 1993 y 9 colegios construidos a partir de 1993. Dado que la primera ley energética italiana, la Ley número 373, data de 1976, más del 50% de los colegios de la muestra fueron construidos sin el amparo de una normativa que regulara las características térmicas de los edificios.

De cada uno de los edificios se obtuvieron datos sobre su geometría, las propiedades térmicas de la envolvente y los datos de consumo energético para calefacción y agua caliente sanitaria de los 5 años anteriores al estudio (2008-2013). También se tuvieron en cuenta otros datos como el horario de ocupación y la meteorología (datos del curso escolar 2011-2012) y los tipos de sistemas de calefacción.

Entre los datos utilizados para analizar y clasificar la muestra se encontraban el volumen calefactado, la compacidad (superficie de la envolvente entre volumen calefactado), la relación entre la superficie de parte opaca de la envolvente y la de las ventanas, la transmitancia de los distintos elementos constructivos, etc.

Como resultado, a partir de 12 parámetros o variables, se obtuvieron cinco grupos de edificios con características similares y representativos del conjunto.

(Thewes et al., 2014) estudiaron, a través de un modelo de regresión múltiple, el consumo energético de 68 centros educativos de nueva construcción de Luxemburgo (22 centros de educación infantil, 30 escuelas primarias, 12 centros de educación secundaria y 4 centros deportivos,), con el fin de obtener qué parámetros o variables son los que más afectan a dicho consumo energético.

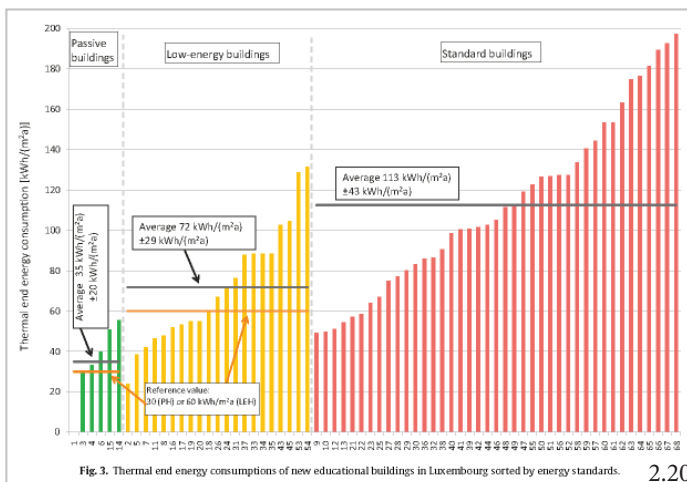


Figura 2.20. Consumo térmico y energético de los centros educativos de Luxemburgo estudiados, organizados por tipo energético de edificio: pasivos, de bajo consumo o consumo estándar. Fuente: (Thewes et al., 2014)

En el análisis del consumo energético se tuvo en cuenta, la superficie habitable, el uso, el tipo de sistema de calefacción, si se trataba de edificios pasivos, de bajo consumo energético o de consumo estándar (Fig. 2.20), si poseían cafetería, gimnasio, sistemas de ventilación u otros.

Entre las conclusiones alcanzadas encontramos que los edificios escolares son grandes consumidores de energía, a la par que viviendas y oficinas. El principal problema se encuentra, más que en el consumo térmico y eléctrico, en el creciente consumo en energía primaria que se aprecia en los colegios de nueva construcción respecto a los antiguos. Este consumo se debe principalmente a la presencia de cantinas, el uso de aparatos eléctricos (ordenadores, video proyectores, pizarras digitales...) o sistemas de ventilación.

No obstante, este tipo de edificios tiene un alto potencial de ahorro energético. Una muestra de ello se encuentra en que según Thewes, el edificio escolar de Luxemburgo más eficiente energéticamente, consume menos del 50% en energía primaria que el valor medio de consumo de todos los colegios de la muestra.

(Capozzoli et al., 2015) señalaban en su estudio la importancia de que las autoridades locales conozcan el consumo energético de los edificios y sistemas públicos (colegios, edificios administrativos, centros deportivos, transporte público, alumbrado, etc.) con el fin de poder llevar a cabo medidas para ahorrar energía e incrementar la eficiencia. En relación a los colegios, realizaron un estudio sobre una muestra de 80 centros educativos de la provincia de Turín (Italia), con el fin de identificar que metodología era la más adecuada para estudiar el consumo energético de los mismos.

Las metodologías empleadas fueron, por un lado, el modelo de estimación MLR (Multiple Linear Regression) y, por otro, el modelo CART (Classification and Regresion Tree). Las variables utilizadas en los modelos estaban relacionadas con los sistemas de calefacción, la geometría del edificio, la parte opaca y transparente del edificio y la zona climática. En concreto, los datos disponibles sobre los edificios eran: temperatura real diaria, volumen calefactado, superficie de transferencia de calor, relación de aspecto, superficie calefactada, altura libre, número de pisos, trasmittancia térmica de las paredes y las ventanas, tamaño de la caldera, número de aulas, número de alumnos, tiempo operativo anual, eficiencia media del sistema estacional.

Una vez aplicados ambos métodos a la muestra de colegios, los autores llegaron a la conclusión de que ambos eran complementarios, mostrando las variables que influyen en el consumo energético desde distintos puntos de vista.

(Gaitani et al., 2010) desarrollaron una herramienta para la clasificación de colegios en función de su consumo energético. A partir de los datos de consumo energético de 1100 colegios griegos, y, tras aplicar técnicas de normalización que tuvieran en cuenta el clima donde se ubicaba cada centro, crearon una herramienta de clasificación y obtuvieron cinco clases de colegios desde el punto de vista energético (A-E).

Con el fin de determinar el potencial de ahorro energético de cada clase de colegio, definieron un colegio tipo para cada clase a través del método PCA (Componentes Principales). Para ello, seleccionaron siete variables que describieran las características de cada grupo y aplicando dicha metodología seleccionaron los colegios que más se acercaban a los valores medios de cada uno de los cinco grupos.

Las variables empleadas fueron: superficie calefactada, edad del edificio, aislamiento del edificio, número de clases, número de estudiantes, horas de actividad del edificio y edad del sistema de calefacción.

(Beusker et al., 2012) centraron su investigación en desarrollar un modelo de estimación del consumo energético flexible, que media diversos parámetros relacionados con las características de los edificios, su uso, localización, etc. La muestra empleada para el estudio fueron 105 colegios y centros deportivos de Stuttgart (Alemania). Para ello emplearon diferentes modelos de regresión lineal y no lineal.

(Tae-Woo, K. et al., 2012) estudiaron el consumo energético de diez escuelas localizadas en Daegu (Korea del Sur). Para ello tomaron medidas del consumo durante cinco años (2006 a 2010), y, para su análisis, clasificaron los centros en tres grupos, en función de su superficie.

(Cognati et al, 2008) llevaron a cabo la medición el consumo energético en calefacción de 120 centros de educación secundaria de la provincia de Turín (Italia) con el fin establecer un indicador permitiera predecir el consumo energético y verificar si este crecía o decrecía en años sucesivos.

Para fijar un indicador específico obtuvieron datos sobre las características del edificio, el clima y los consumos en calefacción. Los datos de consumo fueron , tanto anuales como mensuales, fueron normalizados y analizados estadísticamente con el fin de comparar diferentes edificios y estaciones.

Como se ha indicado anteriormente, la rehabilitación energética de los edificios, además de la reducción del consumo y de emisión de CO₂, busca el confort de los usuarios (térmico, acústico...) y salubridad de los espacios (ventilación, calidad del aire interior...).

Figura 2.21.

Consumo en calefacción y electricidad (kWh/ (m²a)) y en energía primaria en colegios de la ciudad de Espoo. Fuente: (Sekki et al., 2015)

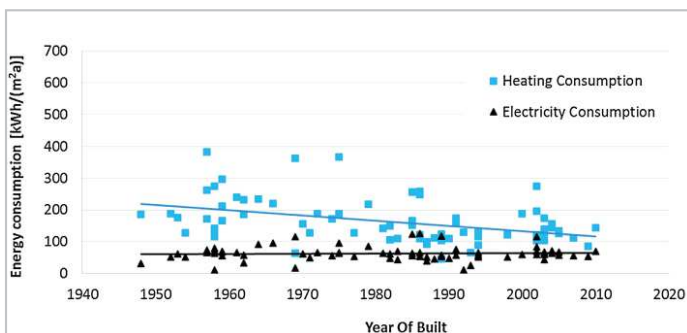


Fig. 3. Heating and electricity consumption [kWh/(m²a)] in the studied schools in the City of Espoo.

2.21a

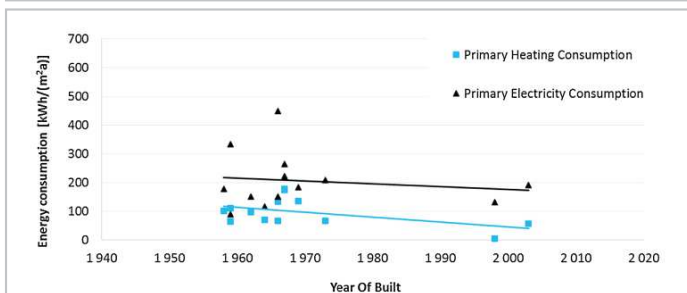


Fig. 6. Primary heating and electricity consumption [kWh/(m²a)] in the studied university buildings in the City of Espoo.

2.21b

(Sekki et al., 2015) realizaron un estudio sobre las diferencias entre el consumo de energía en calefacción y el consumo eléctrico en centros educativos de la ciudad de Espoo (Finlandia). Incluyendo en el consumo de climatización, los espacios calefactados, el agua caliente sanitaria y el calentamiento del aire de ventilación, y en el consumo eléctrico, la ventilación, iluminación y equipos.

Los edificios estudiados fueron 80 centros de día, 74 colegios y 13 edificios universitarios, representando respectivamente al 68%, 82% y 100% de cada tipo de edificios educativos. Todos contaban con aislamiento térmico y fueron construidos entre la década de los años 1950 y 2000.

Los datos de consumo fueron recogidos de forma remota a través de los sistemas de monitorización del consumo instalados en cada edificio. También se emplearon certificados energéticos de 2012 y auditorías energéticas. Obteniendo de ellos datos del consumo anual en calefacción y luz, superficie del edificio, año de construcción.

Entre otras conclusiones alcanzadas tenemos que los edificios nuevos consumen menos energía de calefacción que los más antiguos. Tanto en los centros de día como en los colegios, el consumo de calefacción va decreciendo conforme más nuevos son los centros, mientras que el consumo eléctrico tiene una tenden-

cia creciente (Fig. 2.21). En las universidades, ambos consumos tienden a decrecer. Esto se debe en parte a las mejoras incluidas en los edificios en cuanto a ventilación, el diseño de los mismos, etc.

(Bosch, 2015) en su tesis doctoral sobre eficiencia energética en edificios docentes en la ciudad mediterránea, además de realizar un profundo análisis sobre la literatura existente, las distintas metodologías empleadas en estudios similares, la situación política y de gestión de los centros, desarrolló una metodología para el análisis del consumo energético de los centros educativos.

Identificó y utilizó una serie de indicadores relacionados con el consumo del edificio, como consumo, actividad o estructura y características del edificio y los sistemas, y la aplicó a 52 centros escolares de Barcelona.

Otros estudios buscan aportar una visión global sobre el tema. Es el caso de (Diaz Pereira et al., 2014), que en 2014, analizaron parte de la literatura existente en relación al consumo energético de los centros educativos, con el fin de establecer una comparación entre los consumos en distintos países y climas.

Entre los factores tenidos en cuenta estaban: el consumo energético global, el consumo eléctrico, el consumo en gas o gasoil, el gasto económico anual en energía por superficie (m^2) o volumen calefactado (m^3) y el gasto por estudiante.

Entre las conclusiones a las que llegaron, señalaban que a la hora de realizar una comparación se debe tener en cuenta las condiciones interiores de temperatura y la calidad del aire interior, separar el consumo eléctrico del de calefacción, separar los distintos niveles educativos a la hora de comparar el consumo, tener en cuenta la temperatura exterior diaria a la hora de comparar los consumos energéticos de los edificios entre países y/o climas.

Parte de la literatura existente sobre eficiencia energética en colegios versa sobre la calidad del aire interior y su influencia en el consumo energético o el rendimiento de los estudiantes. Por ejemplo, (Dascalaki & Sermpetzoglou, 2011), (Mishra & Ramgopal, 2015), (Barbhuiya, 2013), (Turunen et al., 2014) son algunos de los autores que han profundizado en el tema. En algunos casos los edificios educativos estudiados son edificios universitarios.

(Mishra & Ramgopal, 2015) estudiaron cómo se ve afectado el rendimiento de los estudiantes en función del sistema de ventilación (ventilación natural o aire acondicionado) con el que esté dotado el aula. En este caso el aula estudiada pertenecía al Instituto Tecnológico de Kharagpur (India)

(Turunen et al., 2014) estudiaron la calidad del aire interior, y los

síntomas asociados, en 297 escuelas finlandesas. Para ello realizaron mediciones en clases de sexto grado de educación primaria de 56 colegios y, tanto a los alumnos de ese nivel educativo de esos colegios, como de los otros centros, les pasaron unos cuestionarios con preguntas sobre los síntomas.

(Barbahuiya et al., 2013) estudiaron cómo una estrategia de ventilación en un edificio educativo puede afectar al consumo energético y su impacto en el confort térmico de los ocupantes. En este caso el edificio era uno de los edificios de la Universidad de Loughborough (UK).

(Zeiler et Boxem, 2013), con el objetivo de investigar los resultados de las medidas adoptadas sobre algunos colegios buscando que fueran edificios de consumo energético casi nulo (NZEB, Nearly Zero Energy Buildings), estudiaron el confort térmico y la calidad del aire interior en 11 colegios de los Países Bajos, uno de ellos ZEB y los otros, colegios tradicionales. La medición se realizó durante una semana por colegio, en un aula con 33 ocupantes. También se pasaron cuestionarios a profesores y alumnos. Por último, a partir de la literatura existente al respecto, señalaron algunas ventajas y desventajas de los NZEB

Relacionados con la gestión y uso eficientes

Son muchos los autores que señalan que la importancia de la rehabilitación energética de colegios está tanto en el impacto ambiental, como en la repercusión social de la formación ambiental que reciben los usuarios, una consecuencia no cuantificable. (Dimoudi et al., 2009), (Calice et al., 2013), (Lourenco et al, 2014),.

Los principales problemas en los colegios no son solo la envolvente del edificios y las características de los sistemas, sino también la gestión. (Arambula, 2015). De este modo, la ausencia de sistemas de control de calefacción e iluminación puede acabar en un uso irracional y un consumo excesivo de energía (Dascalaki & Sermpetzoglou, 2011).

A este consumo hay que añadirle el “consumo fantasma”, es decir, a los consumos energéticos cuando los edificios no se están utilizando, ya sea por los aparatos conectados permanentemente a la red o que están en “stand by” (Bosch, 2015).

(Antonini et al, 2009) en su campaña de monitorización energética de 50 colegios en Veneto (Italia) detectó problemas en las instalaciones relativos a la incorrecta colocación de los termostatos interiores o el inadecuado uso y mantenimiento de las instalaciones. Suponiendo un aumento del consumo energético. Estos problemas solo eran apreciables con mediciones in situ.

(Demmanuele et al., 2010) realizaron un estudio qué factores

inflúan en las variaciones que existían entre el consumo energético estimado en la fase de diseño del edificio y la energía real consumida. El estudio se realizó a través de una simulación por ordenador del comportamiento energético de un colegio real (simplificado para el estudio) y a través de visitas y toma de datos sobre 15 colegios, todos ellos de Reino Unido.

Entre otros aspectos influyentes, como variaciones del diseño inicial durante la construcción o estimación a la baja de las horas de utilización de la luz, los autores señalaban la gran influencia que tienen los ocupantes en el control de las instalaciones, la temperatura, la iluminación, etc. El insuficiente conocimiento de los sistemas de control, el poco o incorrecto mantenimiento de los mismos, su incremento del uso en beneficio de un mayor confort, son algunos de los factores que provocan un mayor consumo en los centros.

(Dascalaki & Sermpetzoglou, 2011) indican en su estudio sobre 123 escuelas griegas que el primer paso para reducir el coste de inversión (en rehabilitación energética) es reducir la demanda. Comprobaron que, en colegios con buen aislamiento térmico, sistemas de calefacción de alto rendimiento energético e iluminación de bajo consumo, es a través del uso de sistemas de control (temperatura, iluminación, ocupación...) como se puede lograr reducir la pérdida de energía atribuida al factor humano además de disminuir la demanda energética del edificio.

(Hong et al., 2012) con el objetivo de reducir el consumo energético de las escuelas, desarrollaron un modelo de apoyo en la toma de decisiones para seleccionar el tipo de instalación más efectiva en la generación de ahorro de energía y que el programa de mejora de las instalaciones sea más eficiente. Para ello, emplearon los datos de consumo energético del año 2009 de 6282 escuelas elementales de siete ciudades de Corea del Sur y las características de los edificios.

La metodología llevada a cabo fue, en primer lugar establece, a través de un árbol de decisiones, un grupo de instalaciones educativas basadas en su consumo de energía. En segundo lugar, de ese grupo, seleccionar una serie de proyectos o instalaciones similares. Por último, se precisó dicha decisión utilizando la combinación de algoritmos, un análisis de regresión múltiple.

Con ello consiguió conocer de manera sistemática y continua el consumo de los colegios, predecir el consumo en función de las características del proyecto y poder seleccionar una instalación óptima para ahorrar energía.

(Lourenco et al, 2014) estudiaron el consumo energético de ocho escuelas secundarias de Lisboa y la influencia de sus usuarios en el mismo con el fin de establecer unas estrategias para ahorrar

energía. Para ello, analizaron cuantitativa y cualitativamente el consumo de energía, electricidad y gas, y su relación con la conducta de los usuarios. Desde el aspecto cuantitativo, analizaron que tendencias homogéneas y heterogéneas se daban entre los ocho centros y si había singularidades (situaciones que solo se daban en un colegio).

Los colegios estudiados se ubicaban en Lisboa, eran edificios que representaban las principales tipologías de edificios de educación secundaria de distintos periodos constructivos. Siete de ellos habían sido reformados durante el estudio (reformados entre 2009-2010). Para el estudio energético se emplearon datos de consumo de cinco años (2008-2012).

Tras el análisis se establecieron varias estrategias de mejora relacionadas con el comportamiento de los usuarios, por ejemplo, transferencia de conocimiento sobre el consumo a los usuarios, establecer sistemas de control útiles y adaptados, establecer diferentes perfiles de usos de los espacios, adaptados a las distintas necesidades y niveles de confort, etc.

(Lane et al. 2014) estudiaron el desarrollo de una política escolar de ahorro energético y un plan educativo sobre energía en tres colegios de Winconsin (E.E.U.U.). La política se llevaría a cabo de la mano de expertos en ahorro energético, que actuarían como fuerza de apoyo externa.

El objetivo era establecer una serie de pasos a seguir en el proceso de implementación de dicho tipo de políticas, para que sirviera de base a otros colegios que quisieran desarrollarlas. Entre otros pasos recomendaban: formar grupos de trabajo sobre energía, que se reúnan regularmente (profesores, administrativos, profesionales del sector energético...); que el centro participe en una auditoría energética; y dar a conocer a la comunidad información sobre el progreso del proyecto.

(Raatikainen et al., 2016) estudiaron las diferencias en los consumos de energía (eléctrica y de calefacción) de seis colegios de Kuopio (Finlandia). Los colegios de la muestra fueron construidos en épocas diferentes (dos de ellos renovados recientemente) y los sistemas de ventilación y la automatización de los edificios eran insuficientes.

A través de métodos de análisis con variables múltiples analizaron los datos de consumo, tanto de los días de actividad de los centros como de los fines de semana.

Sobre rehabilitación energética

La rehabilitación energética de edificios divide fundamentalmente en dos tipos de acciones:

- Acciones sobre la envolvente térmica del edificio: sustitución de ventanas, aislamiento térmico en fachadas, cubiertas y suelos, eliminación de puentes térmicos.
- Mejora de las instalaciones y sistemas: mejoras y optimización de los sistemas de calefacción, refrigeración, iluminación, ventilación (si existen).

Una de las conclusiones de un informe de WWF afirma que “si no se optimiza previamente la envolvente térmica de los edificios, medidas como mejorar la eficiencia energética de las instalaciones o incorporar energías renovables en las viviendas presentan unos efectos muy limitados sobre la mejora integral del parque”.

Ese informe demostró que, en viviendas, “el ahorro económico que se consigue mejorando el aislamiento de las viviendas es cuatro veces superior a los beneficios que se consiguen si tan solo se modernizan los equipos de climatización o se instalan equipos solares en los edificios.”

Entre los estudios concretos sobre propuestas de intervención energética en colegios encontramos, entre otros, a (Santamouris et al., 2007), (Dimoudi, 2009), (Boarin, 2010), (Pepe et Rossetti, 2014).

(Santamouris et al., 2007) a través de una metodología de agrupación (clustering), clasificaron 320 escuelas griegas en 5 tipos de edificios en función de su consumo energético en calefacción.

Sobre diez colegios de la muestra se llevó a cabo un estudio energético, realizaron mediciones y se plantearon 9 propuestas de intervención o rehabilitación energética: aislamiento de las fachadas; aislamiento en techo; doble acristalamiento de baja emisividad; sombreado externo en aberturas del sudeste y suroeste; sombreado interno en todas las aberturas; ventiladores de techo; sistemas de control de demanda de ventilación; ventilación nocturna; y combinación de todos los escenarios mencionados.

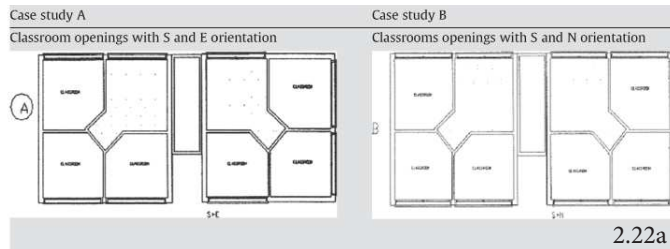
Entre los resultados obtenidos, señalaron esta metodología se podría aplicar a otro tipo de edificios (no educativos) y que las escuelas presentaban serios problemas de calidad del aire interior y que su consumo energético podía mejorarse considerablemente.

(Dimoudi & 2009) realizaron un estudio sobre el rendimiento energético de edificios escolares en la zona climática C de Grecia, la región con temperaturas más bajas en invierno.

En dicho estudio, en primer lugar, analizaban los resultados sobre el consumo energético obtenidos de la monitorización de los centros educativos. Por otro lado, estudiaron el potencial de aho-

Figura 2.22.

Plantas del colegio tipo Athina, seleccionado como representativo del conjunto para su estudio energético, orientación A y B (a) y escenarios de intervención para el análisis térmico de los casos de estudio. Fuente: (Dimoudi et al., 2009)



Thermal analysis scenarios in school buildings		
Scenario No	Heating period	Cooling period
1	Existing condition*	Existing condition*
2	Insulation of support frame**	Insulation of support frame**
3	Increase of wall insulation***	Increase of wall insulation***
4	Movable shading devices	Length increase of shading device
5	Addition of top windows (increase of openings' area from 8.70 to 12.0 m ²)	Ceiling fans
6	Decrease of air permeability of opening	Night ventilation
7	Improvement of thermal characteristics of windows	Night ventilation combined with insulation of support structure

*Existing condition: 5 cm insulation, non-insulated support structure, 5 ACH during operation hours (corresponding to the minimum requirements for a school class [15], 80 cm long permanent shading device in all openings). **Insulation of support frame (5 cm external insulation at pillars and beams). ***Increase of wall insulation (7 cm insulation).

rro energético para un colegio tipo en dicha zona climática tanto en verano como en invierno.

Para ello, seleccionaron un modelo que representaba la típica solución arquitectónica para los colegios construidos a partir de 1978, el modelo de colegio Athina.

Para la simulación de consumo energético plantearon 5 orientaciones posibles (casos A a E) (Fig.2.22a) y siete niveles de intervención, tanto para verano como para invierno (siendo el primer nivel el estado actual del edificio) (Fig. 2.22b).

(Boarin, 2010) realizó un profundo estudio sobre la rehabilitación energética de edificios escolares. Estableció una metodología en la que identificó seis de ámbitos de actuación en los colegios: aire, temperatura, humedad, iluminación, ruido y otros (reducción del consumo de agua, inclusión de fuentes renovables y recuperación para otros usos compatibles del agua de lluvia) y estudió como intervenir en ellos y mejorarlos desde el punto de vista de la eficiencia energética y de la calidad del aire interior.

Por último, aplicó esta metodología en un conjunto de centros educativos de Italia.

(Dascalaki & Sermpetzoglou, 2011) estudiaron el consumo energético de 135 escuelas griegas y, en cinco de ellas, también

se estudió la calidad del aire interior. El estudio del consumo energético se realizó a partir de las facturas de los tres últimos años aportadas por los colegios y otros datos como edad del edificio, número de estudiantes, horas de actividad. Dichos datos se solicitaron a un conjunto de 500 colegios de toda Grecia, escogidos como representativos del conjunto. De los 135 centros que aportaron los datos de consumo, 99 de ellos aportaron otros datos sobre las características constructivas del edificio.

De esta muestra, se escogieron nueve colegios para estudiar su potencial de ahorro energético al aplicar ocho medidas individuales para reducción del consumo o incorporación de energías renovables: aislamiento en fachadas y techos, doble acristalamiento en ventanas, caldera de gas natural, colectores solares, incorporación protecciones solares (sombas), aislamiento del sistema de distribución e incorporación de paneles fotovoltaicos. En el estudio recogen qué medidas se aplicaron a cada colegio y los resultados de ahorro y reducción de emisiones se alcanzarían con cada una de ellas.

Además, sobre cinco de estos nueve colegios se llevó a cabo un diagnóstico de la calidad del aire interior. Por un lado se monitorizaron y midieron los valores de concentración de CO₂, humedad y temperatura del aire interior. Por otro lado, se realizó una evaluación subjetiva de la calidad del aire y su influencia en los usuarios, a través de un cuestionario pasado a alumnos y profesores.

(Dall'O et Sarto, 2013) auditaron energéticamente 49 colegios de Lombardía (Italia), obteniendo datos sobre su consumo, el comportamiento de los usuarios y las características técnicas de los centros.

A partir de estos datos plantearon 3 escenarios de mejora: el primero, interviniendo únicamente en el sistema de climatización y buscando el menos coste posible; el segundo, interviniendo tanto en la envolvente como en el sistema de climatización, en este caso el coste de las medidas a implementar vendría definido por las ayudas de la Unión Europea; en tercer lugar, las medidas llevadas a cabo tanto en la envolvente como en los sistemas (incluyendo ventilación), permitirían alcanzar un edificio de consumo casi nulo.

Para cada escenario y centro calcularon la inversión, el porcentaje de reducción de energía y el plazo de amortización, además de la clasificación energética alcanzada. Entre las conclusiones a las que llegaron, los autores señalan que no siempre es conveniente mejorar excesivamente un edificio desde el punto de vista energético, pues en ocasiones el coste de las intervenciones puede ser igual al coste de un edificio nuevo.

(Leone, 2013) propuso, dentro de su estudio sobre rehabilitación energética en colegios, una serie de actuaciones en dos edificios escolares de Roma, tomados como modelo o prototipos del conjunto: la Escuela materna y elemental “Madonna dell’ Orto - Regina Margherita” en calle San Miguel (Fig. 2.23) y el Instituto en calle de la Arqueología de Roma.

Para ambos edificios propuso medidas de rehabilitación y reducción del consumo en ventilación, climatización, iluminación, la envolvente y los sistemas de climatización, así como, el coste de dichas intervenciones.

La descripción del edificio y las medidas de actuación propuestas quedan recogidas en una serie de fichas, que incluyen además documentación gráfica sobre las mismas (Fig. 2.24 y 2.25).

Figura 2.23
Escuela materna y elemental “Madonna dell’ Orto - Regina Margherita” en calle San Miguel (Roma). Fuente: Fotografías del autor.

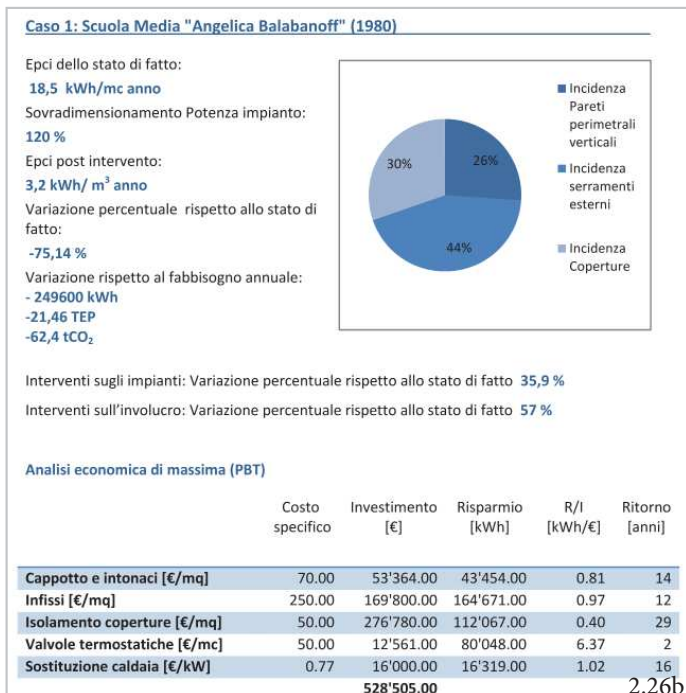


INTERVENTI SU PARET I PERIMETRALI VERTICALI				
Tipologia di edificio	U attuale [W/m ² K]	Tipologia di intervento	€/mq	U post intervento [W/m ² K]
Edifici storici	1	Cappotto interno 5 cm	47	0,51
1860-1940	1,2	Cappotto interno 5 cm	47	0,51
Dopo guerra	1,4	Cappotto interno/esterno 8 cm	72	0,3

INTERVENTI SULLE COPERTURE				
Tipologia di edificio	U attuale [W/m ² K]	Tipologia di intervento	€/mq	U post intervento [W/m ² K]
Edifici storici	1,3	Cappotto interno 5 cm	50	0,52
1860-1940	1,4	Cappotto interno 5 cm	50	0,54
Dopo guerra	1,4	Cappotto interno/esterno 8 cm	70	0,32

INTERVENTI SUGLI INFISSI				
Tipologia di edificio	U attuale [W/m ² K]	€/mq	U post intervento [W/m ² K]	% superficie vetrata
Edifici storici	6	270	1,8	20%
1860-1940	6	270	1,8	25%
Dopo guerra	4	270	1,8	30%

2.26a



2.26b

	FABBISOGNO INVOLUCRO [KWh]	Qh [KWh/mc]	Q [KWh/anno]	Epci [kWh/m ³ anno]	EFFICIENZA GLOBALE	η_e	η_r	η_d	η_p	
CASO 4: "ANGELICA BALABANOFF"	STATO DI FATTO	191.201,11	17,64	302.304,17	18,50	65,0	96,0	75,0	98	88,6
	ISOLAMENTO PARETI	165.183,33	15,24	270.462,50	16,60	62,9	96,0	73,1	98	87,9
	ISOLAMENTO COPERTURE	125.351,39	11,56	222.147,78	13,60	58,8	96,0	67,9	98	87,9
	SOSTITUZIONE INFISSI	108.888,89	10,04	184.902,50	11,30	59,8	96,0	71,9	98	85,8
	INTERVENTO INVOLUCRO	41.357,78	3,81	89.251,94	5,50	49,1	96,0	59,2	98	86,4
	INTERVENTO IMPIANTI	191.201,11	17,64	216.715,56	13,30	88,3	96,0	98,0	98	95,7
	RETROFIT COMPLESSIVO	44.677,22	4,12	52.221,39	3,20	86,4	96,0	96,0	98	95,7

2.26c

Figura 2.26
 Fichas de las transmitancias de los distintos elementos constructivos antes y después de las intervenciones y los resultados de ahorro energético y de reducción de emisiones, coste, plazo de amortización, etc. del colegio Angelina Balabanoff. Fuente: (Calice, 2013).

(Calice, 2013) dentro de su investigación sobre la rehabilitación energética del sector terciario, también estudio el ahorro energético de cuatro edificios educativos de Roma. Propuso varias medidas de intervención: mejora del aislamiento térmico en los distintos elementos constructivos de la envolvente térmica y el sistema de climatización.

A través de diversas fichas e imágenes aportó los datos de las trasmittancias de los distintos elementos constructivos antes y después de las intervenciones, los resultados de ahorro energético y de reducción de emisiones respecto al valor inicial, el periodo de amortización de las intervenciones en los sistemas y coste de la intervención. (Fig. 2.26)

(Pepe et Rossetti, 2014) realizaron un estudio sobre 16 rehabilitaciones energéticas ejecutadas en centros educativos italianos de distintos niveles (escuelas de educación infantil, primaria y secundaria). Estas intervenciones incluían en la mayoría de los casos una ampliación del centro y la rehabilitación, parcial o total, del edificio existente. Además de buscar reducir el consumo energético del edificio existente, en las intervenciones se pretendía adaptar los espacios existentes a las nuevas necesidades y exigencias educativas, adecuar los espacios de servicio (baño, enfermería, ...) garantizando un nivel de salubridad, garantizar el confort de los usuarios y la calidad ambiental de los espacios (calidad del aire, ruido, temperatura, etc.).(Fig. 2.27)

Figura 2.27 Plano del proyecto y fichas de datos y de las características de los elementos constructivos de la rehabilitación y ampliación de una escuela elemental en Budoia, (Italia), proyecto del arquitecto C. Costalonga, B. Sonego, y del ingeniero Salamon. Fuente: (Pepe et Rossetti, 2014)

Intervento	Ristrutturazione ed ampliamento della scuola elementare
Tipologia funzionale	Edificio scolastico
Civiltà/Intervista	
Nome committente	Comune di Budoia
Localizzazione	
Regione	Friuli Venezia Giulia
Città	Budoia (PN)
Cronologia	
Anno progetto	I-II Lotta 2007-2008, III Lotta 2010-11
Anno costruzione	I-II Lotta 2009-2010, III Lotta 2011-2013
Apertura al pubblico	scuola 2010, biblioteca 2013
Progettisti	
Progettista architettonico	arch. Claudio Costalonga, arch. Briano Sonego
Progettazione strutturale	ing. Angelo Salamon (capogruppo)
Progettazione impiantistica	ing. Angelo Salamon (capogruppo)
Progettazione energetica	ing. Angelo Salamon (capogruppo)
Siti dimensionali	
Superficie lorda	Aule: 716,97 m ² (di cui 211,26 m ² di sup. utile) Biblioteca: 801,78 m ² (di cui 297 m ² di sup. utile)
Volumi lordi ricaduto	Aule: 911,7 m ³ Biblioteca: 1.261,3 m ³
Siti climatici	
Gradi giorno (Zona climatica)	2.371 (E)
Temperatura esterna minima di progetto	4°C
Intervento edilizio	
Tipologia costruttiva	Struttura portante esis. pilastri in c.a., travi in laterizi porticati con lana di legno, solaio al p.t., predalles, solaio copertura in laterocemento.
Valori di trasmittanza delle stratigrafie dell'involucro ricaduto	copertura (tetto verde) 0,21 W/m ² K (biblioteca) e 0,17 W/m ² K (aule) solaio ballatoio verso basso esterno 0,27 W/m ² K (aule) parete perimetrale 0,20 W/m ² K (biblioteca) e 0,22 W/m ² K (aule)
Tiratura	UF: 2,4 W/m ² K lesivo in alluminio; Ug: 1,3 W/m ² K doppio vetro con argon
Ventilazione con recuperatori di calore	Aule e biblioteca: ventilazione/cambio aria con recupero calore (eff. di progetto 50%) Biblioteca: con impianto deumidificazione aria
Siti energetici complessivi del fabbisogno dell'involucro	
Classe energetica involucro	14,84 kWh/m ² (Aule) 19,57 kWh/m ² (Biblioteca) secondo UNI/TS 11300-1, UNI/TS 11300-2
Caratteristiche impiantistiche	
Tipologia impianto	generazione Riscaldamento acqua calda ricaduto da impianto esterno a biomassa legnosa, centralizzato per gli edifici comunali distribuzione riscaldamento a pavimento, separato per zone e indipendente per piano.
Energie rinnovabili	Non presenti
Siti energetici complessivi del fabbisogno del sistema edificio-impianto	
Classe energetica globale	8,3 kWh/m ² (Biblioteca) secondo UNI/TS 11300-1, UNI/TS 11300-2
Materiali interni	
Materiali esterni	Aule: intonaci di calce Fassa-BIO e pavimenti in linoleum
Costi	
Costi complessivi dell'opera	I-II Lotta: 400.000 € III Lotta: 270.000 €

2.27a



2.27b

COPERTURA						
DESCRIZIONE	QUANTITÀ	UNITÀ	PREZZO UNITARIO	PREZZO TOTALE	PREZZO UNITARIO	PREZZO TOTALE
1 Intonaco in calce	2,00	m ²	0,7000	836,82	1430,00	110,00
2 Solaio in laterocemento	362,00	m ²	0,2317	838,3251	1850,00	15,00
3 Barriera al vapore	0,40	m ²	0,1500	2062,05	950,00	40000,00
4 Isolamento in polistirene espanso	6,00	m ²	0,0360	3470,00	20,00	50,00
5 Isolamento in lana di roccia	6,00	m ²	0,0400	2462,00	135,00	1,00
6 Guaina antiradice	0,18	m ²	0,1700	1258,00	1380,00	10,00
7 Sistema di drenaggio in EPS	8,00	m ²	0,0400	2470,00	18,00	1,00
8 Strato geotessile filtrante	0,12	m ²	0,1800	1265,23	1400,00	10000,00
9 Substrato in laterizio						
10 Vegetazione superficiale						
TOTALE	372,60	m²	0,17	9,2045	99,80	19,87
VALORI COMPLESSIVI STRA-TERRAZZA	62,70	m²	0,17	9,2045	99,80	19,87

2.27c



Figuras 2.28 a 2.30
Asilo Nido Allegra Arca di Noè, Via della Divisione Torino 119 (Roma);
I.C. Virgilio, Via Giulia (Roma); IC Indro Montanelli - scuola secondaria "Cesare Battisti", Via della Divisione Torino 147 (Roma). Fuente: Fotografías del autor

Sobre cada edificio incluyeron una descripción tanto de estado del edificio y las necesidades, como de la reforma y ampliación llevada a cabo; documentación gráfica (planos, detalles constructivos y fotografías); una ficha resumen de cada intervención y una ficha descriptiva de los elementos constructivos de la envolvente, con su composición y transmitancia.

(Santoli et al., 2014) clasificaron 261 escuelas de Roma por distritos y periodos de construcción: edificios de carácter histórico, construidos de 1860 a 1940 o levantados después de la guerra. Se escogieron estos centros porque, de ellos, se disponía de los datos de su clasificación energética y mediciones de su consumo energético.

Los autores señalaron la necesidad de establecer estrategias para su renovación. Estas se debían adaptarse a las diferentes envolventes de los edificios, tanto por sus características constructivas como para respetar su valor, principalmente en el caso de los edificios históricos.

Plantearon distintas medidas de intervención para cada periodo constructivo (mejora del aislamiento en fachadas y techos, sustitución de carpinterías en huecos y mejora de las instalaciones de climatización), calculando a su vez el coste y el nivel de reducción de CO₂ alcanzado a largo plazo.

(Katafygiotou et Serghides, 2014) recabaron información del consumo energético del 60% de los edificios de educación secundaria de Chipec. Tras analizar dicha información, seleccionaron un colegio que reuniera las características típicas de un centro de este tipo y lo estudiaron energéticamente.

Propusieron seis niveles de medidas de rehabilitación energética (mejora en el aislamiento de la envolvente, sustitución de las ventanas, sustitución de las instalaciones de climatización por otras más eficientes) y estimaron el ahorro alcanzado con cada medida y la reducción de emisiones.

(Rospi et al., 2017) estudiaron energéticamente ocho colegios de la ciudad de Matera (Italia) y propusieron distintas medidas de intervención energética.

El estudio se llevó a cabo en tres fases. La primera consistió en monitorizar el edificio y realizar un diagnóstico energético, tomando datos sobre las características técnicas de los colegios: envolvente, tipología de fachadas, tejado, etc.. Realizaron mediciones in situ sobre la transmitancia de la envolvente e identificaron puentes térmicos y discontinuidades térmicas de la envolvente mediante cámaras térmicas. Por otro lado, midieron los consumos en calefacción de los edificios durante cuatro años.

La segunda fase consistió en realizar un análisis energético de

los colegios a través del software Energy-Plus. Por último propusieron cinco niveles de mejora y estudiaron el ahorro energético alcanzado en cada uno de ellos. Los niveles incluían mejorar el aislamiento de la envolvente, sustituir las ventanas, mejorar los sistemas e instalaciones o la combinación de todas estas medidas.

(Castro Vásquez, J.M., 2017) realizó un estudio sobre rehabilitación energética de colegios de Galicia enfocado en alcanzar edificios de consumo casi nulo. En su estudio realiza una clasificación de 572 centros educativos a partir de tres factores: climático, normativo y tipológico (que se estudia con más detenimiento en el apartado 3.4.1. de la presente tesis).

De esta clasificación obtuvo 21 edificios representativos del conjunto agrupados en 11 casos de estudio. Sobre cada uno de los casos de estudios se llevó a cabo un análisis constructivo y arquitectónico, se identificaron las patologías energéticas que presentaban y las situaciones de disconfort existentes. Para ello se realizó un análisis termográfico de las envolventes térmicas. Por último se realizó un análisis de la demanda y el consumo energético de cada edificio.

A partir de estos datos se plantearon tres estrategias de intervención para cada colegio (intervención mínima, máxima y óptima), incluyendo en cada una distintos niveles de mejoras energéticas en fachada, cubierta, forjados en contacto con el exterior y huecos. Además de estudiar el comportamiento energético de los edificios, realiza un estudio sobre el impacto ambiental de las actuaciones en cada centro escolar.

(Marrone et al., 2018) señalaron que, en numerosas ocasiones, las medidas adoptadas en rehabilitaciones energéticas de edificios escolares, no siempre llevan aparejado un estudio profundo detrás, y se realizan siguiendo unas buenas prácticas, sin llegar ser las más adecuadas en relación al coste-beneficio.

Por ello, llevaron a cabo un estudio sobre una muestra de 80 centros educativos del centro de Italia que habían sido renovados energéticamente.

La muestra incluía centros de educación infantil, primaria, y secundaria. La mayoría habían sido construidos entre 1950 y 1989. Llevaron a cabo un análisis estadístico de los centros teniendo en cuenta su edad, el volumen calefactado, la compacidad de los mismos (superficie de la envolvente/volumen calefactado), los costes de intervención por m², la mejora de la clasificación energética, etc.

Las intervenciones llevadas a cabo eran de tres tipos: actuaciones en la envolvente, en los sistemas de climatización y la insta-

lación de fuentes de energía renovable.

Por último, calcularon en qué porcentaje de colegios se había llevado a cabo cada tipo de medida y la mejora de la calificación energética.

Una segunda parte del estudio consistió en clasificar, mediante la metodología MLR (regresión lineal múltiple), 57 de esos colegios en grupos de características similares. Analizaron 5 factores que influían en el coste-beneficio de las reformas. Estos factores fueron: la compacidad, el consumo de energía primaria, la clasificación energética, el volumen habitable, la energía primaria ahorrada por año.

Finalmente, se establecieron dos grupos de colegios con características similares en estos factores. De cada grupo, escogieron un modelo de edificio representativo y lo estudiaron energéticamente.

Tras realizar simulaciones de comportamiento energético, compararon el consumo inicial, el ahorro energético previsto en el proyecto de rehabilitación energética, el ahorro energético alcanzado según las simulaciones, y el consumo real después de las mejoras.

(Doulos et al., 2019) estudiaron cómo minimizar el consumo energético en iluminación artificial en una clase típica de un colegio público griego. Buscaban alcanzar los niveles de exigencia para un edificio de consumo casi nulo. Para ello examinan sobre el modelo de clase distintos tipos de luminarias LED combinándolos con dos sistemas de control de luz. Con ello se buscaba calcular el ahorro energético y garantizar la iluminación adecuada.

Los resultados, además de aportar datos sobre el consumo energético, el coste por año e inversión inicial de los distintos tipos de luminarias, muestran que el consumo actual de energía primaria de $90.5 \text{ kWh}_p/\text{m}^2$ anual en iluminación podría reducirse a $0.55 \text{ kWh}_p/\text{m}^2$.

Sobre energías renovables y el coste óptimo de intervención

(Reiss, 2014) estudió el consumo energético de siete colegios alemanes, cinco de ellos renovados energéticamente y dos de ellos de nueva construcción., con el fin de demostrar como las medidas de ahorro introducidas en la reforma o diseño de los edificios nuevos, los sistemas implantados y el uso de energías renovables, consigue colegios con gran eficiencia energética.

Para ello, se midió durante dos años los consumos y la energía generada por los sistemas de energías renovables implantados en los mismos. Y en varios colegios, también se midieron las concentraciones de CO_2 en las aulas.

Tres de ellos alcanzaban la clasificación “Energy - plus School” y los otros cuatro “3 Litre building Standard”.

(Sauchella, 2014) estudiaron la rehabilitación energética de un centro de educación secundaria de Varese (Italia) y las medidas de intervención para convertirlo en un edificio de consumo casi nulo (nZEB).

Con las medidas de intervención propuestas se podía reducir en un 70% demanda energética mediante la combinación de medidas pasivas y activas (inclusión de sistemas más eficientes y sistemas de control) y la integración de fuentes de energías renovables: paneles fotovoltaicos.

(Buvik et al, 2014), en 2011, renovaron energéticamente un colegio de 1914, como parte de del proyecto Europeo “School of the future - Toward Zero Emission with High Performance Indoor Environment”. Los cálculos teóricos de ahorro energético eran del 67%, obtenidos mediante de la reducción del consumo energético, la incorporación de energías renovables (geotermia) y la mejora de las condiciones interiores.

En 2001-2003 se habían renovado los sistemas de iluminación y ventilación. Por ello, las acciones llevadas a cabo en 2011 fueron: la renovación de la envolvente (sustitución de ventanas, aislamiento adicional en el ático y en la base de los muros), la inclusión de energías renovables a través de un sistema de bombas de calor que utiliza el calor obtenido de 18 perforaciones realizadas en el patio del colegio. Para los días de mucho frío, se emplea también una caldera de bio combustible.

Por último, se incorporaron avanzados sistemas de gestión para el control de las instalaciones de calefacción, ventilación e iluminación, tanto para gestionar la demanda como para monitorizar el consumo energético.

(Lou et al, 2017) realizaron un estudio sobre el consumo energético de un colegio, su potencial de ahorro y calcularon, mediante simulaciones, la cantidad de energía que se podía generar a partir de incorporar paneles fotovoltaicos. Buscaban con todo ello conseguir un colegio de consumo casi cero.

Entre las medidas propuestas se encontraban instalar paneles fotovoltaicos en fachadas, mejoras en la envolvente de los edificios y en la eficiencia de los sistemas de aire acondicionado y de iluminación. Entre los resultados obtenidos concluyeron que con los paneles fotovoltaicos de las fachadas se podía llegar a suplir el 97.5% de la demanda energética anual del colegio.

Sobre el coste óptimo de intervención (Gaitani et al., 2015) estudiaron dentro del marco del Proyecto Europeo ZEMeds IIE la situación de los colegios de algunos países del Mediterráneo

(Francia, Grecia, Italia y España) centrándose en su renovación para ser nZEB.

Para ello desarrollaron un conjunto de herramientas técnicas y financieras, que incorporaban información sobre los beneficios, estrategias técnicas, tecnologías disponibles, perspectivas regionales, mecanismos de financiación pública y privada y las mejores prácticas en la renovación energética de colegios.

Los casos de estudio dentro de esta investigación fueron cuatro colegios, sobre los que se definieron una serie de mejoras y propuestas de intervención energética (envolvente, iluminación, ventilación, sistemas...).

Se plantearon 12 variantes (distintas combinaciones de medidas), se realizaron las simulaciones y, finalmente, se calculó el coste óptimo de los distintos paquetes de medidas.

(Stocker et al., 2015) realizaron el estudio del coste óptimo de renovación de varios edificios escolares en aspecto relacionados con el consumo energético en calefacción (Aislamiento y sistemas de calefacción). Estudiaron ocho colegios de primaria de diferentes edades y, por lo tanto, con diferentes características constructivas, todos ellos ubicados en los Alpes.

Los resultados, entre otros datos, mostraron que se podía ahorrar entre un 50-60 kW h /m² y que tanto la edad del edificio como su compacidad tenían una gran influencia en los valores obtenidos.

(Dalla et al., 2017) aplicaron la metodología del coste óptimo a dos centros educativos del noroeste de Italia. Los centros analizados, un colegio y un instituto de educación secundaria, tenían características constructivas distintas y tanto la fecha de construcción, la compacidad, los materiales de la envolvente y los sistemas, eran diferentes.

Se plantearon 120 propuestas o niveles de intervención, teniendo en cuenta el coste de inversión y los costes globales a 30 años. Las distintas propuestas de intervención estaban constituidas en su mayoría por la combinación de varias medidas. Incluyendo intervenciones en la envolvente, intervenciones en los sistemas, inclusión de paneles fotovoltaicos, iluminación mediante led y distintos sistemas de calefacción.

Propusieron varios resultados de coste óptimo para cada colegio, en función de, si solo se tenían en cuenta el ahorro energético, o si solo se consideraban aquellas medidas que permitieran alcanzar un nZEB.

(Ferrari et al. 2017) emplearon la metodología del coste óptimo en el estudio de la rehabilitación energética de un colegio

ubicado en un edificio histórico de Milán. Plantearon medidas de intervención en la envolvente los sistemas y también la incorporación de fuentes de energía renovables con el objetivo de alcanzar un nZEB.

Otros estudios tienen como objeto de análisis centros educativos de nivel superior. Es el caso de (Ascione, Bianco et al. 2017) que desarrollaron un método de optimización, con el fin de identificar soluciones de rehabilitación energética con un coste óptimo que, al mismo tiempo, supusieran una mejora en el rendimiento energético del edificio tales que lo convirtiera en un nZEB. Aplicaron la metodología desarrollada a un edificio universitario italiano.

En otro estudio, (Ascione, De Massi et al, 2017) estudiaron la renovación energética de un edificio histórico de la Universidad de Nápoles. Plantearon cuatro posibles niveles o combinaciones de intervención, todas ellas con la característica común de afectar lo menos posible al carácter histórico del edificio. Para determinar cuál era la intervención más adecuada, aplicaron la metodología del coste óptimo.

Finalmente, la combinación más adecuada incluía la sustitución de las ventanas por otras de baja emisividad, sustituir la caldera por una de condensación. Con ello, la demanda anual de energía primaria para el control microclimático se reducía en torno al 59% y las emisiones de efecto invernadero en alrededor del 57%.

(De la Fuente, 2015), aunque aplicado al sector residencial, empleó la metodología del coste óptimo en su estudio sobre la rehabilitación energética de viviendas.

En su estudio clasificó el parque residencial de la Comunidad Valenciana en cinco viviendas tipo y propuso distintos niveles intervención.

Una vez realizado el análisis energético y calculados los ahorros en energía y de reducción de CO₂ para cada tipo de vivienda según la zona climática, se aplicó la metodología del coste óptimo para identificar en que nivel de intervención se conseguían los mayores ahorros al menor coste.

2.3.2. Proyectos

Los proyectos sobre eficiencia energética en colegios, al igual que sucede en los estudios del apartado anterior (apartado 2.3.1), suelen incluir tanto objetivos de conocimiento de los edificios y su consumo energético, como de gestión y uso eficientes, rehabilitación energética o energías renovables. Consiguiendo así un enfoque global en la intervención energética en los centros educativos.

Se detallan a continuación algunos ejemplos de proyectos europeos sobre eficiencia energética en colegios, todos ellos organizados en apartados según su objetivo más representativo, aunque incluyan acciones u objetivos de otros apartados.

Conocimiento de los edificios y su consumo energético

- **DATAMINE**

El proyecto Datamine, surgió de la necesidad de obtener datos concretos sobre posibles ahorros de energía y reducciones de CO₂ en el parque de edificios europeos, que a su vez ayudaran a desarrollar medidas complementarias rentables y personalizadas a la legislación sobre rendimiento energético, como préstamos blandos e incentivos fiscales.

El proyecto, sin ser específicamente sobre centros escolares, se desarrolló entre 2006 y 2018 y tenía como objetivo construir una base de datos utilizando la información de los certificados de eficiencia energética emitidos que se emiten al construir, vender o alquilar los edificios. Los datos provenían de edificios en 12 países diferentes y se tuvieron en cuenta las diferencias entre los modelos de certificación en toda Europa, ya que cada país tiene un modelo adaptado a sus necesidades específicas, porque de edificios y clima.

Según los resultados del proyecto, se consiguió recopilar datos de alrededor de 18 000 edificios en el formato común DATAMINE, y se realizó un análisis comparativo de los datos recopilados y se evaluaron los sistemas de seguimiento en cada país.

Relacionados con la gestión y uso eficientes

- **EURONET 50/50 y EURONET 50/50 max**

El proyecto Euronet 50/50 estaba apoyado por el programa Intelligent Energy Europe (IEE). Se desarrolló entre 2009 y 2012 en 50 escuelas de ocho países. Su objetivo era implementar la metodología 50/50 en estas escuelas, concienciando a los usuarios sobre el ahorro energético y movilizándolos a llevar a cabo acciones concretas para la reducción del consumo.

Tanto usuarios como administraciones públicas se beneficiaban de los ahorros conseguidos, pues el 50% del ahorro conseguido se le abonaba a los colegios y el otro 50% lo ahorraban las administraciones al reducir la factura.

El proyecto Euronet 50/50 Max, continuación del anterior, también apoyado por el Programa IEE, buscaba movilizar el ahorro energético en los edificios públicos mediante la aplicación de la metodología 50/50 en 500 colegios y cerca de otros 50 edificios públicos de 13 países de la UE. Se desarrolló entre 2013 y 2015.

Figuras 2.31.
Logo del proyecto europeo EURONET 50/50 MAX. Fuente: ver bibliografía según proyecto.





- SMARTSPACES

El proyecto SMARTSPACES (www.smartspaces.eu), se llevó a cabo entre 2012 y 2014. Cofinanciado por Comisión Europea, y englobado dentro del programa Políticas de Apoyo a las TICs, y con el objetivo de reducir el consumo energético a través de un mayor control y la automatización y monitorización de las instalaciones.

Para ello, se dotó a casa 600 centros de última tecnología en control de consumo. Obteniendo unos ahorros de 14.5% (rango de 4 a 58) para la calefacción, un 4.8% (0.8 a 49) para la electricidad y un 15.8% (15 a 37) para el agua fría.

- ZEMedS (Zero Energy MEDiterranean Schools)

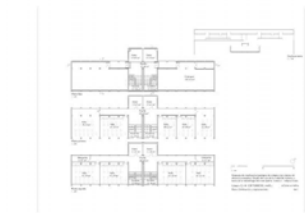
El proyecto ZEMedS, cofinanciado por la Unión Europea en el marco del Programa Intelligent Energy Europe (IEE) (convocatoria CIP-IEE-2012), tenía como objetivo contribuir a la política energética de la Unión Europea que anima a los Estados miembros a iniciar la conversión de los edificios existentes en edificios de consumo energético casi cero (nearly Zero Energy Buildings) y a las autoridades públicas a adoptar acciones ejemplares en este sentido.

Las acciones de ZEMedS se centraron principalmente en involucrar y comprometer a 2 públicos diferenciados: los responsables de los edificios escolares y los equipos de diseño, proporcionando asistencia técnica y financiera para llevar a cabo satisfactoriamente la renovación de escuelas en clima Mediterráneo con objetivos nZEB.

Parte de este proyecto europeo implicaba la sensibilización de los niños, profesores, padres y otros usuarios de las escuelas sobre nZEB. Para ello, entre otras acciones, se desarrollaron unas guías de usuario para que las autoridades públicas tomaran conciencia sobre la importancia de implementar actividades educativas y consejos orientados al buen uso de los edificios escolares. Junto a estas guías se diseñaron carteles de divulgación en distintos idiomas (Fig. 2.34)

- ENERCITIES

A través de este programa Europeo se creó un juego de tipo Edu-TrainMent, es decir, juegos con la finalidad de formar en conocimientos determinados, desarrollar aptitudes o practicar procedimientos concretos, bajo la imagen, dinámica y metodología del juego interactivo, ya sea con un proceso de autoaprendizaje, con tutores o bien mediante una estructura de aprendizaje en red (multi jugador), entre los que se encuentra el desarrollado en el proyecto.



Figuras 2.32. y 2.33. Logos de los proyectos europeos SMARTSPACES Y ZEMEDS. Fuente: ver bibliografía según proyecto.



Figura 2.34. Proyecto ZEMEDS: Posters divulgativos sobre el ahorro energético en varios idiomas. Fuente: <https://www.zemedS.eu> (Extraído en julio de 2019)



Figura 2.35. Proyecto Enercities: Pagina de inicio del juego educativo. Fuente: <https://www.enercities.eu/> (Extraído en julio de 2019)

Figura 2.36. Logo deL CHECK IT OUT Fuente: ver bibliografía según proyecto.

EnerCities se encuentra entre estos últimos tipos de juegos, donde los jóvenes Europeos pueden experimentar las implicaciones que tienen el uso de la energía (por ejemplo, el consumo de energía, ahorro de energía, energía renovable, energía y medio ambiente) (Fig. 2.35).

Sobre rehabilitación energética

- CHECK IT OUT

Proyecto destinado a comprobar y mejorar el rendimiento energético de escuelas de cinco países europeos: Países Bajos, Bulgaria, Alemania, Hungría y España y a difundir las mejores prácticas identificadas durante la duración del mismo. Se llevó a cabo entre 2006 y 2009, y consistió en evaluar el comportamiento energético de 90 escuelas e identificar planes de acción específicos para cada uno de ellos. Las soluciones recomendadas fueron tanto técnicas como organizativas y se apoyó a las escuelas en la implementación de las mismas. En concreto, se implementaron 594 medidas que representaron una inversión de 5,2 millones de euros y un ahorro anual de 640 000 €.

Además de los planes de acción, el proyecto también introdujo programas educativos en las escuelas participantes para lograr que los alumnos y profesores se involucrasen activamente en el programa, principalmente informándoles sobre ahorro energético y cambio climático.

- ZEMeS (Zero Energy MEDiterranean Schools)

El proyecto ZmedS, nombrado anteriormente, además de buscar la sensibilización de los usuarios, buscaba facilitar a las administraciones públicas herramientas suficientes para llevar a cabo la rehabilitación energética de los centros educativos para convertirlos en nZEB.

Para ello se estudió el consumo energético de 10 colegios ubicados en ciudades de clima mediterráneo, y plantearon soluciones



Figura 2.37. Proyecto ZEMEDS: Casos de estudio del proyecto. Fuente: <https://www.zemedes.eu> (Extraído en julio de 2019)

Figura 2.38. Proyecto RENEW SCHOOL. Caso de estudio: Scuola Media Alessandro Volta, Mila, 8Italia). Fuente: informe del proyecto "RENEW SCHOOL Sustainable school buildings in Europe with prefabricated timber elements: examples and experiences" <https://www.renew-school.eu/en/home/> (extraído en noviembre de 2020)



de renovación de esas escuelas con el fin convertirlos en edificios de consumo casi nulo nZEB. (Fig. 2.37)

Una vez llevadas a cabo la intervención en los edificios, el proyecto buscaba evaluar el impacto, la aplicabilidad, el costo, los esfuerzos de tiempo, etc., asociados a nZEB en la renovación de estas escuelas.

- RENEW SCHOOL

Este proyecto, llevado a cabo entre marzo de 2014 y febrero de 2017 tenía como objetivo adaptar 18 edificios escolares a los estándares más altos de edificios de energía casi nula (nZEB). Todo ellos mediante la aportación de las herramientas adecuadas y realización de análisis y medidas que contribuyan a reducir significativamente el uso de energía, así como a crear y garantizar condiciones cómodas para los alumnos y profesores.

Las acciones del proyecto de renovación escolar sostenible se basaron en los siguientes tres puntos:

- Mejora de la envolvente del edificio recubriéndolo con módulos de madera prefabricados con aislamiento, que incluyen ventanas con marco de madera, protección solar y componentes de ventilación.

- Mejora de la calidad del ambiente interior (IEQ) mediante ventilación, refrigeración pasiva y mejora de la luz natural en las aulas.

- Mejora de la generación de energía in situ mediante el uso de energías renovables activas, además de las ganancias pasivas, integradas en los edificios escolares.

- CERTUS

El proyecto CERTUS, llevado a cabo entre 2014-2017 surgió en respuesta a la exigencia de las Directivas europeas sobre eficiencia energética en relación a transformar los edificios de uso público existentes en edificios de consumo casi nulo (nZEB). En esta transformación una de las barreras que se presentan es la falta de financiación.

El objetivo del proyecto era ayudar a las partes interesadas a ganar confianza en tales inversiones e iniciar el crecimiento de este sector de servicios energéticos. En el proyecto participaron municipios, empresas de servicios energéticos y entidades financieras en Italia, Grecia, España y Portugal.

Se prepararon doce proyectos representativos de rehabilitaciones integrales nZEB en cuatro municipios del sur de Europa, que sirvieran como ejemplos de referencia para la rehabilitación de edificios públicos en el área. Se pretendía adaptar los modelos y procedimientos energéticos existentes para cumplir las necesidades de los ayuntamientos y las exigencias nZEB bajo condiciones financieras exigentes, así como elaborar esquemas financieros para lograr este tipo de rehabilitaciones.

Por último, el proyecto buscaba apoyar la reproducibilidad de estos casos mediante el entrenamiento de empleados de ayuntamientos instituciones regionales de los países participantes y proporcionar medios y ejemplos de otros municipios con condiciones semejantes para ejecutar proyectos similares.

Sobre energías renovables y coste óptimo

- SCHOOL OF THE FUTURE - Toward Zero Emission with High Performance Indoor Environment.

El objetivo del proyecto, llevado a cabo entre 2011 y 2016, era diseñar, realizar y difundir buenos ejemplos de colegios de alto rendimiento energético. Siendo el objeto concienciar a la población de la necesidad de ahorrar energía (Fig. 2.41)

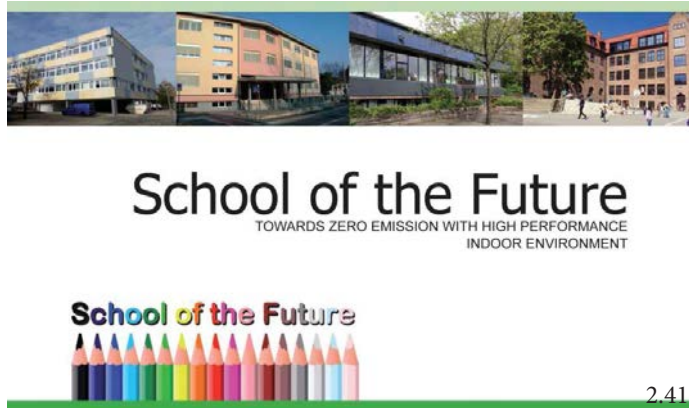
El proyecto constaba de tres fases. La primera, consistía en rehabilitar energéticamente cuatro centros educativos de diferentes países y climas. Las actuaciones se centraron en la envolvente del edificio, los sistemas de instalaciones, la integración de energías renovables y sistemas de gestión. La segunda fase consistió en



Figura 2.39. y 2.40
Logo de los proyectos RENEW SCHOOL y CERTUS. Fuente: ver bibliografía según proyecto.

Figura 2.41

Portada de folleto informativo del proyecto SCHOOL OF THE FUTURE. Fuente: (Erhorn-Kluttig, H, et al., 2016)



desarrollar directrices y herramientas energéticas basándose en los conocimientos y datos adquiridos de la rehabilitación de los centros. La tercera fase, consistía en la difusión de resultados, directrices y herramientas, así en actividades de formación.

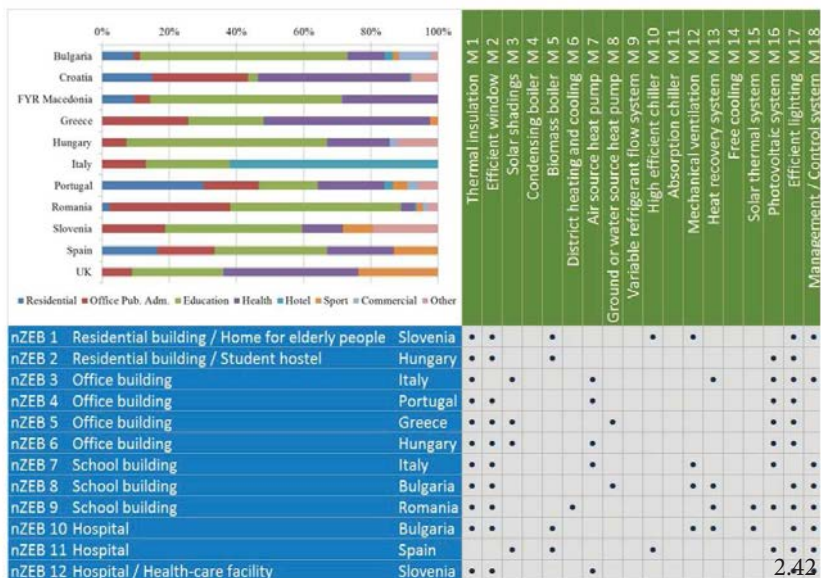
- RePublic_ZEB

El objetivo central del proyecto, ejecutado entre 2014 y 2016, era definir “paquetes de medidas” de coste óptimo basadas en tecnologías eficientes y de calidad para la remodelación del parque inmobiliario público hacia criterios nZEB.

Los tres objetivos principales del proyecto eran valorar el estado del stock de edificios públicos de cada país a través de una evaluación de consumos energéticos y emisiones de CO₂; definir edificios de referencia y desarrollar un marco común y una me-

Figura 2.42

Selección de los edificios de referencia RePublic_ZEB y los “paquetes de medidas optimizados” determinados mediante la herramienta común. Arriba a la izquierda: Distribución del consumo de energía primaria para cada categoría de edificio y país.. Fuente: “Informe sobre de resultados del proyecto RePublicZEB D1.2” Obtenido en: <http://www.republiczeb.org/>



metodología armonizada para la definición de un concepto nZEB para edificios públicos.

El proyecto desarrolló métodos de selección de casos de estudio y medidas energéticas, una serie de estudios de caso (basados en los 32 edificios de referencia elegidos por los 11 países) y propuso más de 100 paquetes de medidas para la rehabilitación de los edificios de referencia hacia nZEB.

Otro de los objetivos era concienciar y poner en marcha iniciativas entre los “propietarios de edificios públicos” (principalmente administraciones públicas), los profesionales y la industria (es decir, diseñadores, ingenieros y arquitectos, fabricantes de tecnologías, constructores, etc.).

- EBC - Energie Buildings and Communities Programme

En relación al coste óptimo, la IEA (Agencia Internacional de la Energía) desarrolló dentro de su programa sobre Energía en edificios y comunidades (EBC - Energie Buildings and Communities Programme) el Proyecto sobre el coste óptimo de la energía y la optimización de las emisiones de carbono en la renovación de edificios- Anexo 56 (IAE-EBC, 2017)

Este proyecto tenía como objetivo desarrollar una nueva metodología para la renovación rentable de los edificios existentes, utilizando el equilibrio correcto entre la conservación de energía y las medidas de eficiencia por un lado, y las medidas y tecnologías que promueven el uso de renovables, por el otro lado.

Además de desarrollar una metodología y herramientas que permitieran la renovación rentable de edificios orientada a alcanzar el consumo casi nulo, el proyecto buscaba establecer objetivos de coste optimizado para el consumo de energía y resaltar los beneficios colaterales de la renovación energética.

Una última parte del proyecto desarrolló el estudio de casos concretos de renovaciones energéticas de edificios, sobre los cuales se aplicó la metodología desarrollada.

Otros proyectos e intervenciones

A nivel nacional, en el ámbito de la rehabilitación energética y energías renovables, cada vez son más numerosos los proyectos o actuaciones llevadas a cabo en centros públicos y privados, tanto por iniciativa de las instituciones públicas como de los propios centros. En estas intervenciones, se han ido incorporando distintos sistemas de producción de energía a partir de fuentes renovables, se han modificado contratos de suministros, se han renovado envolventes de los edificios, sustituido luminarias, etc. Se incluyen en este apartado algunos ejemplos.



Figura 2.43
Logo del proyecto RePublic_ZEB.
Fuente: ver bibliografía del proyecto.

Entre los proyectos enfocados a rehabilitación energética encontramos, por ejemplo, el proyecto de rehabilitación energética de la envolvente térmica en el Centro de Educación Infantil y Primaria (CEIP) Nuestra Señora de la Piedad de Iznájar (Córdoba), obra incluida en el marco de las subvenciones a proyectos singulares de entidades locales que favorezcan el paso a una economía baja en carbono en el marco del programa operativo FEDER de crecimiento sostenible 2014-2020. Consistente en la mejora del aislamiento térmico de las fachadas y cubiertas por el exterior, así como en la sustitución de la carpintería existente por otra de mejores prestaciones térmicas. (Diputación Provincial de Córdoba, 2019)

Otro ejemplo de iniciativa de reducción del consumo energético proviene del Ayuntamiento de Córdoba con el Proyecto de Suministro e instalación de elementos para la mejora energética en diferentes colegios públicos, dividido y adjudicado en 9 lotes. Este proyecto consiste en intervenir en 19 centros escolares en tres áreas: disposición de ventanas o huecos acristalados térmicamente eficientes, aplicación de tecnologías de aprovechamiento de calores residuales e implantación de proyectos luminotécnicos.



Figura 2.44. CEIP El Garrofer, Viladecans (Barcelona), fotografía anterior a las obras de rehabilitación energética. Fuente: Ayuntamiento de Viladecans. Extraído en: <https://www.viladecans.cat/es/escuela-el-garrofer-2> (Consultado en julio, 2020)

Figura 2.45. CEIP El Garrofer, Viladecans (Barcelona). Fuente: Berta Pujol. Extraído en: <http://bertapujol.com/portfolio/rehabilitacio-d-edifici-escolar-a-viladecans/?lang=es> (Consulta en julio, 2020)



El proyecto está financiado con cargo a fondos propios del Ayuntamiento de Córdoba y los concedidos mediante resolución estimatoria de los Incentivos para el Desarrollo Energético Sostenible de Andalucía en el periodo 2017-2020, Líneas e Incentivo Construcción Sostenible, recogidas en la Orden de 23 de Diciembre de 2016. (Ayuntamiento de Córdoba, 2018)

Ayuntamiento de Viladecans (Barcelona), realizó la rehabilitación energética piloto de un colegio, CEIP “El Garrofer”, conforme a los criterios del estándar EnerPhit (Passivehaus) (Fig. 2.44. y 2.45). Las actuaciones se centraron en la parte pasiva del edificio: aislamiento térmico por el exterior, cambio de ventanas, control de las infiltraciones de aire y un sistema de ventilación controlada con recuperador de calor (Wassouf M., 2019).

Este proyecto fue encargado a Berta Pujol y Micheel Wassouf por el Ayuntamiento de Viladecans a partir de los resultados del estudio de capacidad de rehabilitación NZEB de tres edificios escolares encargado previamente por la Dirección de Servicios Ambientales del Área Metropolitana de Barcelona. (Pujol B., 2019)

Encontramos también algunos colegios conectados a Redes Urbanas de Calor (District Heating) con Biomasa. Estas instalaciones están diseñadas para abastecer de ACS y calefacción a distintos edificios tanto residenciales como públicos. Cuentan con una central de producción de energía con equipos de producción térmica con biomasa de alta eficiencia, redes de distribución, subestaciones de intercambio con elementos de transmisión de energía de la red a la instalación interior y las instalaciones interiores propias de los edificios conectados.

Algunos ejemplos de colegios conectados a este tipo de redes de calor son CEIP Tomás Romojaro, Olmedo (Valladolid) y CEIP Los Arenales, Cantalejo (Segovia) (Fig. 2.46.) (Asociación Española de Valorización Energética de Biomasa – AVEBIOM, 2017)



Figura 2.46.
CEIP Los Arenales, Cantalejo (Segovia). Fuente: (Asociación Española de Valorización Energética de Biomasa – AVEBIOM, 2017) Extraído en: <https://observatoriobiomasa.es/informes/casosDeExito> (Consultado en julio 2020)

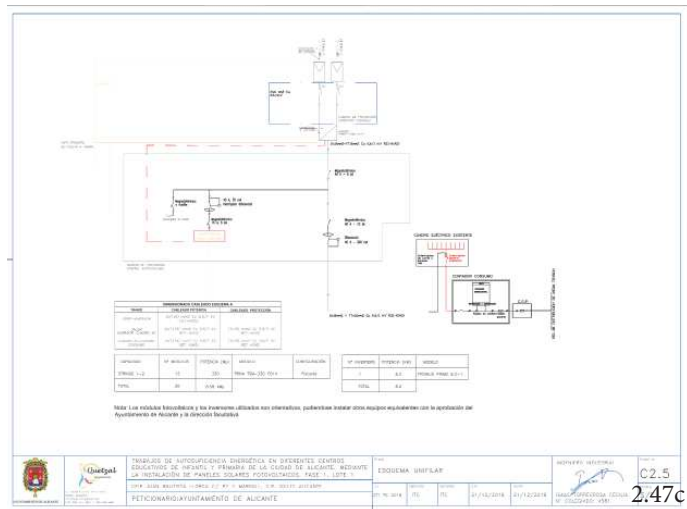
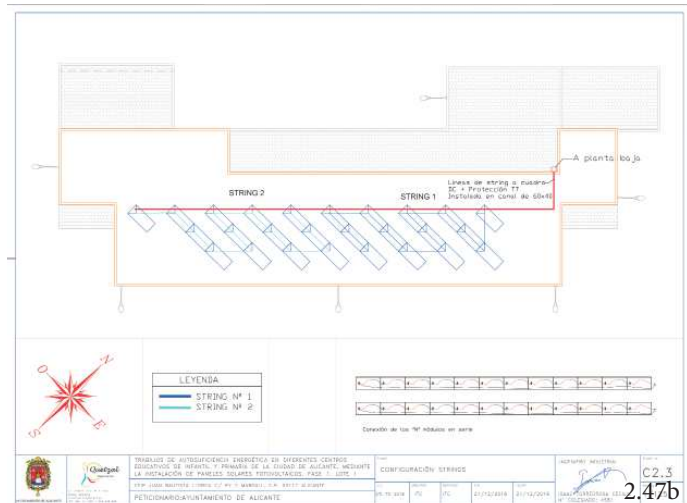
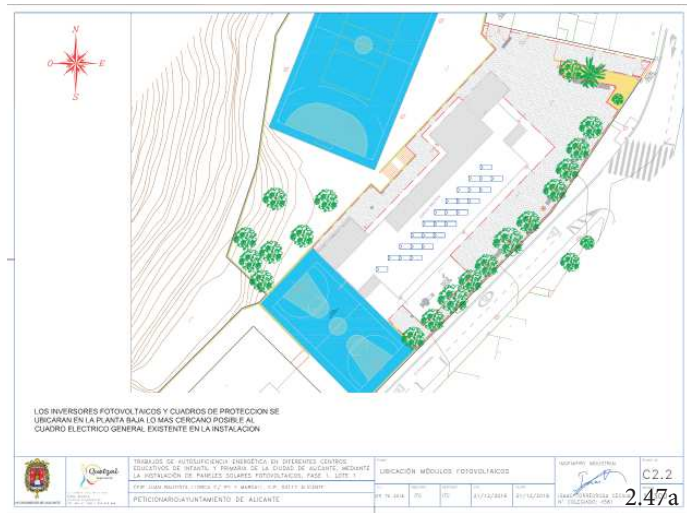


Figura 2.47. CEIP Juan Bautista Llorca. Planos del proyecto de instalación de placas solares fotovoltaicas. Fuente: Ayuntamiento de Alicante. Pliego de prescripciones técnicas del Proyecto de Mejora eficiencia energética en centros escolares de la ciudad de Alicante. Fase 1. Tres lotes. Expt. 101/19. Extraído en: http://www.alicante.es/docs/contratacion/eficienciaenergetica_treslotes.zip (Consultado en julio 2020)



Figura 2.48. CEIP Sanchis Guarner, Paterna (Valencia). Fuente: Ayuntamiento de Paterna. Obtenido en: <https://www.paterna.es/es/actualidad/noticias/paterna-instalara-placas-solares-en-5-colegios-publicos-para-hacerlos-autosuficientes-energeticamente.html> (Consultado en julio de 2020)

Uno de los sistemas de producción de energías renovables más empleado en colegios son las placas solares fotovoltaicas. Entre los proyectos más recientes de instalación de estos sistemas en centros educativos encontramos el proyecto del Ayuntamiento de Alicante de “Mejora eficiencia energética en centros escolares de la ciudad de Alicante Fase 1”, dividida en tres lotes (Fig. 2.47). El proyecto consiste en dotar a 33 colegios de instalación de paneles solares fotovoltaicos para autoconsumo sin excedente. (Ayuntamiento de Alicante, 2019)

Para la elección de los centros, según el Ayuntamiento, se han estudiado las cubiertas y edificios de todos colegios de la ciudad de Alicante, optando por desarrollar el proyecto en aquellos centros cuyas cubiertas presentaran mejores condiciones constructivas y que tuvieran menos sombras (Ayuntamiento de Alicante, 2020)

También encontramos el Proyecto del Ayuntamiento de Paterna, Valencia, para instalar placas solares en los colegios Antonio Ferrandis, Ausias March, Sanchis Guarner, el CEIP de Lloma Llarga y la Escuela Infantil Fuente del Jarro con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de los centros (Fig. 2.48).

Esta actuación, que cuenta con un presupuesto de 450.000 euros y contribuirá a reducir 115,20 toneladas de CO₂ al año de emisión a la atmósfera, se enmarca dentro del Plan Actúa, la Estrategia de Desarrollo Urbano Sostenible Integrada de Paterna financiada con los Fondos FEDER.

El proyecto se desarrollará en dos fases, una primera en la que se realizará una auditoría energética para determinar el consumo actual de los edificios y en una segunda se ejecutarán las instalaciones de energía fotovoltaicas (Ayuntamiento de Paterna, 2019).



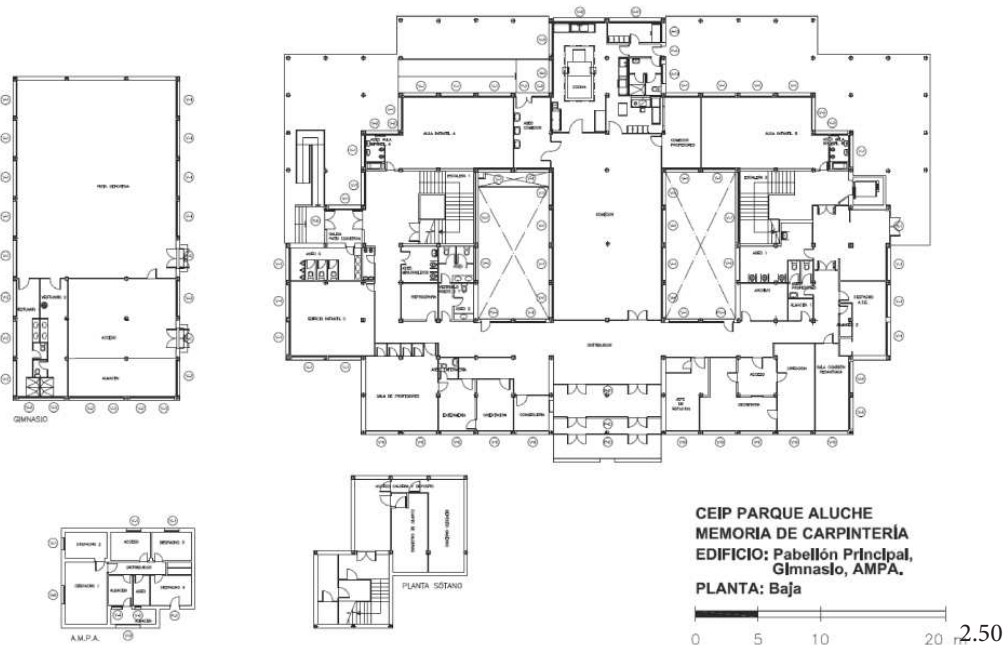
Figura 2.49. Proyecto Red de colegios fotovoltaicos de Pamplona. Fuente: (Ayuntamiento de Pamplona, 2006)

Otro ejemplo de este tipo de instalaciones es el proyecto de la Generalitat Catalana para la instalación de placas solares fotovoltaicas en 108 centros educativos de Cataluña. El proyecto, adjudicado a la empresa “AV Energía Solaica”, consiste en instalar 14.400 m² de placas en 108 centros que se estima que generarán unos 3,6 GWh anuales y una reducción de emisión de 1.250 toneladas de CO₂ a la atmósfera cada año.

La empresa AV Energía Solaica se hará cargo de los arrendamientos de las cubiertas por un periodo de entre 20 y 25 años a cambio de un canon y de la ejecución de proyecto educativo para acercar el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica a los alumnos y personal docente de los centros educativos. (Generalitat de Cataluña, 2009)

El proyecto de la Red de Colegios Fotovoltaicos de Pamplona se creó en junio de 2001 (Fig. 2.49). Siguiendo las recomendaciones del Plan Energético Municipal, consistía en instalación de paneles solares fotovoltaicos en los centros escolares públicos. En septiembre de 2006 contaban con estos sistemas 12 centros escolares y el Museo de Educación Ambiental San Pedro.

Otro de los objetivos del proyecto, además del de reducir las emisiones de CO₂, era acercar las energías renovables a escolares y ciudadanos. Incluyendo actividades formativas y de divulgación y un panel de monitorización interactivo. Este panel, colocado en las zonas comunes de cada uno de los centros de la



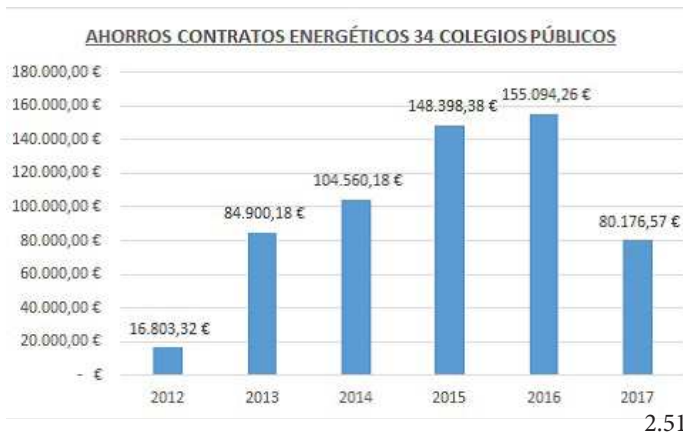


Figura 2.50.

CEIP. Parque Alucha, Madrid. Plano: Memoria de carpintería. Anexo I Pliego de Prescripciones Técnicas del Contrato de suministro, servicios energéticos y mantenimiento con garantía total de instalaciones en los centros consumidores de energía integrados por los edificios y equipamientos incluidos en 22 colegios del Ayuntamiento de Madrid, Número de expediente 300/2013/00248. Fuente: (Ayuntamiento de Madrid, 2013)

Figura 2.51.

Ahorros generados entre 2012 y 2019 a raíz de los Contratos de suministros energéticos.... Fuente: (Ayuntamiento de Madrid, 2019)

red, mostraba en tiempo real datos sobre la radiación incidente en los paneles, temperatura que alcanzan, producción eléctrica diaria y acumulada, etc. También disponía de material didáctico interactivo sobre energía solar y la instalación de conexión a red.

Otro proyecto relacionado con el consumo energético y su gestión, lo encontramos en los Contratos de suministro, eficiencia energética y mantenimiento de 34 colegios de Madrid, celebrados por el Ayuntamiento de Madrid, adjudicados en bloques de 5, 7 y 22 centros educativos en los años 2011, 2012 y 2013. Teniendo fecha de finalización el año 2024 (Fig. 2.50).

Según el pliego de prestaciones técnicas del contrato de 2013, los servicios contratados tienen como finalidad realizar las siguientes prestaciones obligatorias:

Prestación P1: Gestión Energética y del agua: gestión energética necesaria para el funcionamiento correcto de las instalaciones objeto del contrato; gestión del suministro energético de combustibles y electricidad, y gestión y suministro de agua de todo el edificio, control de calidad, cantidad y uso, y garantías de aprovisionamiento (...).

Prestación P2: Mantenimiento preventivo: mantenimiento con servicio de 24 horas dirigido a lograr el perfecto funcionamiento y limpieza de las instalaciones con todos sus componentes, así como lograr la permanencia en el tiempo del rendimiento de las instalaciones y de todos sus componentes al valor inicial (...).

Prestación P3: Mantenimiento correctivo bajo la modalidad de garantía total: Reparación con sustitución de todos los elementos deteriorados, incluso la renovación por obsolescencia, en las instalaciones.(...)

Prestación P4: Inversiones en ahorro energético, de agua y energías renovables: Con este contrato se pretende promover la mejora de la eficiencia energética y del consumo de agua mini-



mizando los impactos ambientales negativos mediante la incorporación de equipos e instalaciones más eficientes, elementos de la envolvente u otros que fomenten el ahorro de energía y de agua (...). (Ayuntamiento De Madrid, 2013)

Para la redacción de los distintos pliegos ha sido necesaria la realización de estudios y auditorías energéticas con el fin de conocer el estado inicial de las instalaciones, evaluar las posibles mejoras energéticas a implantar y estimar los ahorros potenciales que pudieran obtenerse. Entre 2012 y 2019 se ha obtenido un ahorro acumulado de unos 12 millones de kWh y unos 95.000 m3 de agua. El ahorro económico hasta 2017 se aproxima a los 600.000 euros.(Fig. 2.51).

2.3.3. Otros documentos y herramientas

Además de los estudios y proyectos anteriormente mencionados, existen otros documentos y herramientas desarrollados con el fin de mejorar la eficiencia energética de los edificios escolares o reducir su consumo, como pueden ser guías o aplicaciones tecnológicas.

Por ejemplo, para conocer el consumo de los edificios y facilitar la realización de auditorías energéticas en los centros educativos, los organismos públicos han desarrollado múltiples proyectos y han puesto a disposición de profesionales y usuarios numerosos documentos y guías orientativas.

Es el caso de la “Guía de auditorías energéticas en centros docentes” (Comunidad Madrid, 2010) o la guía “Solarízate. La auditoría energética del Centro” del Ministerio de Industria Turismo y Comercio, IDAE y Greenpeace. (AA.VV., 2013)

Esta última, sintetiza “el proceso que puede seguir un equipo no profesional formado por profesores y alumnos para evaluar el estado de las instalaciones y el consumo de energía del Centro”. Busca principalmente que los usuarios se impliquen en el ahorro energético y adquieran conocimientos sobre tema que les sea útil en otros aspectos fuera de la vida del centro.

Otros proyectos de carácter internacional buscan conocer el consumo y comportamiento de los edificios educativos a través de las nuevas tecnologías y su monitorización.

Es el caso del Proyecto EDISON, para la monitorización y sustitución de luminarias en edificios del sector terciario, entre los que se encuentran varias escuelas; el proyecto VERY SCHOOL que promueve el uso de las TIC para potenciar el ahorro y que desarrolla el proyecto de monitorización de cuatro escuelas: dos en Italia, una en Lisboa y otra en Bulgaria; o el proyecto SMARTSPACES (ya mencionado en el apartado 2.3.2.) a través



Figura 2.52 a 2.54
Portada de diversas publicaciones y guías. Fuente: ver bibliografía de cada publicación.

del cual algunos de los centros de mayor consumo energético son provistos de la última tecnología con el objetivo de controlar su consumo y reducirlo en, al menos, un 20% a lo largo de la duración del proyecto.

Las administraciones públicas también han ido desarrollando guías para ayudar a los usuarios y los gobiernos locales en la gestión eficiente de sus edificios. No se trata de guías para realizar auditorías, sino para orientar a los usuarios y crear hábitos de ahorro.

Por ejemplo, la “Guía de ahorro y eficiencia energética en los municipios de la comunidad valenciana” (AVEN, 2003) tiene como objetivos la difusión del concepto de eficiencia energética, el uso racional de la energía y por tanto la concienciación del personal usuario de las instalaciones pertenecientes a la Administración Pública para que actúen de acuerdo con las oportunidades de ahorro que se presentan en la actividad diaria.

Otros documentos de este tipo son el “Manual de eficiencia energética en centros docentes. Uso y mantenimiento”(Junta de Castilla y León, 2013); la “Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes” (Comunidad de Madrid, 2010) o la Guía de la energía para centros escolares de la Comunidad de Navarra (Guerrero, M. et Rebolé, L, 2006).

Con un enfoque hacia los hábitos de consumo se encuentra la “Guía para cambios de hábitos de consumo” (AA.VV., 2009). Con experiencias a distintos niveles y que incluye algunos edificios escolares, entre ellos el proyecto motiva FI.2

Otras guías, más enfocadas a la intervención en el edificio para la reducción del consumo son la “Guía técnica de eficiencia energética en iluminación: Centros docentes” (IDAE, 2001), “Manual de eficiencia energética en centros docentes: Rehabilitación” (Junta de Castilla y León, 2013), “Guía de Servicios Energéticos para Administraciones locales”, que dedica un capítulo a los colegios de la Comunidad Valenciana (AVEN, 2009).

Entre esta tipología o temática de documentos, encontramos la “Guía estadounidense para el desarrollo e implementación de programas de reducción de los gases de efecto invernadero”. Esta guía, publicada por la Agencia estadounidense de protección del medio ambiente, va dirigida tanto a colegios como a los gobiernos locales (U.S. EPA, 2011). Describe los beneficios de la eficiencia energética en colegios, distintos niveles para mejorarla, tanto en colegios nuevos como existente, mecanismos políticos a emplear por los gobiernos locales para desarrollar programas efectivos de la materia, oportunidades de financiación, etc.

Sobre energía fotovoltaica encontramos la guía “Red de colegios

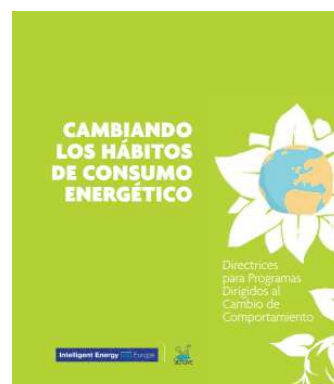
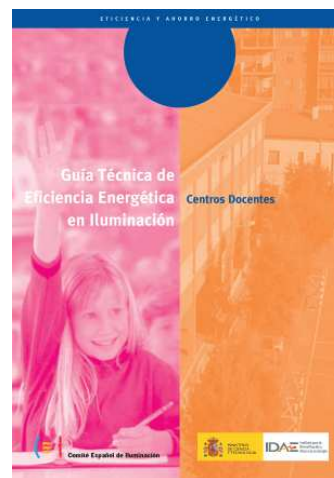


Figura 2.55 a 2.57
Portada de diversas publicaciones y guías. Fuente: ver bibliografía de cada publicación.

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

fotovoltaicos de Pamplona. Una guía para el conocimiento de la energía solar en la escuela.” (Ayuntamiento de Pamplona, 2006), ya mencionada en el apartado anterior.



VALENCIA



PLAN GENERAL DE INSTRUCCIÓN
PÚBLICA

ESEÑANZA PRIMARIA



PROYECTO DE

GRUPO ESCOLAR EN EL
BARRIO DE LA "TORRE"



3.

SEGMENTACIÓN DEL PARQUE
EDUCATIVO POR TIPOS DE EDIFICIOS

3.1. Introducción

Este capítulo y el siguiente incluyen la segmentación del parque público de colegios de primaria de la ciudad de Valencia y su caracterización histórica y arquitectónica.

Los apartados que los componen no siguen un orden cronológico de trabajo o un proceso lineal, sino que las fases y acciones llevadas a cabo para obtener dicha clasificación y caracterización se intercalan en el tiempo. Estas son:

- Delimitación del área de estudio. El estudio se ha centrado en el tipo de centro mayoritario dentro del sector educativo no universitario español: los centros de educación primaria.

En el consumo energético de un edificio influyen considerablemente su envolvente térmica, las características de sus elementos constructivos, sus sistemas e instalaciones, su localización y emplazamiento, la zona climática, el horario y perfil de actividad, etc.

Para limitar estos factores influyentes y acotar el área de estudio, la investigación se ha centrado en edificios de la ciudad de Valencia. Específicamente, en edificios educativos de titularidad pública dedicados a la educación primaria.

Al limitar la zona climática y el tipo de actividad, se consigue que los edificios a estudiar tengan necesidades de confort, los horarios de funcionamiento, tipos de sistemas muy pareci-

Portada

Portada del proyecto del CEIP Padre Manjón. Fuente: AHMV. ref 8 (ver bibliografía.)

Figura 3.1.

CEIP Tomas Villarroya. Fuente: fotografía del autor.



dos entre sí. Lo que permite que se puedan proponer niveles de intervención unificados y comparar resultados entre los edificios de estudio.

- Identificación y caracterización de los colegios. Búsqueda de información y documentación sobre los centros educativos. Toma de datos y visita a los colegios (cuando ha sido posible). Caracterización previa de los colegios, búsqueda de modelos y diseños comunes.
- Identificación de las características y factores energéticos que influyen en el consumo de energía de los colegios. Clasificación previa de los edificios.

Con objetivo de determinar un criterio que permita clasificar el parque edificado de forma global, y considerando a grandes rasgos el diseño arquitectónico, los edificios se han categorizado según varios factores que influyen en su comportamiento energético: fecha de construcción y geometría.

A tenor de la fecha de construcción, se ha definido qué normativa le era de aplicación y que exigencias sobre aislamiento térmico debía cumplir, así como las tendencias arquitectónicas y constructivas de la época.

En función de la compacidad de los edificios (superficie de la envolvente entre volumen) se llevado a cabo una clasificación de los mismos. Y, por último, se han tenido en cuenta los tipos de sistemas e instalaciones existentes en los edificios.

- Análisis de los modelos de clasificación empleados en algunos de estudios sobre comportamiento energético de edificios escolares y del sector residencial, incluidos en capítulo 2.
- Elección del modelo de clasificación. Segmentación de los edificios tomando como referencia la matriz de tipologías de edificios residenciales del proyecto europeo TABULA. Adaptación de su metodología de clasificación a los centros educativos objeto de estudio.

Con la matriz se han agrupado los edificios de forma rápida y sencilla en función de dos factores: fecha de construcción y compacidad.

- Definición de las principales características de cada tipo y selección de su correspondiente edificio representativo.
- Ampliación de la información de cada tipo representativo, levantamiento gráfico de los edificios a estudiar. Caracterización histórica y arquitectónica de cada tipo representativo (capítulo 4).

3.2. Delimitación del área de estudio

3.2.1. El sector terciario y su potencial de ahorro energético.

Según (IDAE, 2020), en España, el consumo de energía final en 2018 correspondió al transporte en un 42,5%, industria y manufacturas 22,1%, sector residencial 17.1%, servicios 12,4% y otros sectores 5,5%.

Dentro del sector servicios encontramos ramas de actividad muy variadas, como pueden ser oficinas, sanidad, educación, comercio, hostelería y restauración u otros (actividades asociativas, recreativas, culturales, etc.). El perfil de uso, el tipo de consumo, los horarios, la potencia de los sistemas, etc, varían para cada una de estas ramas e incluso para cada tipo de actividad, por ejemplo, no será lo mismo el consumo de un pequeño comercio que de un centro comercial.

Del mismo modo que tienen distintos consumos, el potencial de ahorro energético de los edificios también varía por actividades o usos. (Cuchí et al, 2013) estimó que el ahorro energético en el sector terciario estaba entre un 35-50%, pero en función de los usos estos porcentajes podían ser mayores o menores. (Tabla 3.1).

Uso	% ahorro
Oficinas privadas	45-55%
Pequeño comercio	30-50%
Centros comerciales	30-35%
Hoteles	30-35%
Centros deportivos	30-50%
Hospitales	45-50%
Administración pública	45-50%
Colegios públicos	10-30%
Institutos públicos	15-30%
Universidades	20-30%
TOTAL	35-50%

Tabla 3.1. Porcentajes de ahorros energéticos por sectores. Fuente: Elaboración propia. Datos extraídos de la tabla de "Consumo y potenciales ahorros de los diferentes usos" (Cuchí, A. & Sweatman, 2013).

Para conocer el potencial de ahorro real y desarrollar planes de acción específicos por ramas, es necesario profundizar en el conocimiento de cada área de actividad, identificando los tipos de edificios más comunes de cada una y analizando sus características, demanda energética, distribución de consumo, etc. Esto permite obtener datos concretos y criterios concretos de intervención para cada parte del sector.

3.2.2. El sector educativo. Datos estadísticos sobre los centros de enseñanza.

Dentro del sector servicios, el sector educativo es una de las ramas donde la demanda de energía es continua. Esto se debe a que es una actividad permanente, es decir, todos los años se lleva a cabo y no hay grandes variaciones, y, por otro lado, requiere unas condiciones de confort mínimas, fundamentalmente cuando los usuarios son niños.

A partir de las estadísticas de las enseñanzas no universitarias del Ministerio de Educación, podemos identificar el tipo de enseñanza con más centros educativos y, por tanto, que tendrá un alto potencial de ahorro energético en su conjunto.

Según los últimos datos, en España, 32.867 centros imparten educación no universitaria, siendo un 70% de titularidad pública y un 30% privada (Fig. 3.2.).

La mayoría están dedicados a la enseñanza de régimen general (Fig. 3.3. y tabla 3.2.), en concreto 28.534 centros.

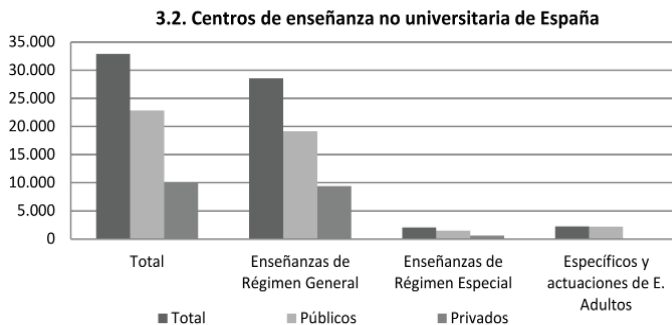


Figura 3.2. Gráfica: Educación no universitaria en España. Clasificación de los centros por enseñanza que imparten y titularidad del centro. Fuente: ver tabla 3.2.

Uso	Total	Público	Privado
ENSEÑANZAS DE RÉGIMEN GENERAL	28.534	19.143	9.391
Centros E. Infantil	9.103	4.532	4.571
Centros E. Primaria	10.290	9.796	494
Centros E. Primaria y ESO	2.051	527	1.524
Centros ESO y/o Bachilleratos y/o FP	5.034	4.077	957
Centros E. Primaria, ESO y Bach./FP	1.555	5	1.550
Centros Específicos E. Especial	473	196	277
Centros Específicos E. a Distancia	28	10	18
ENSEÑANZAS DE RÉGIMEN ESPECIAL	2.073	1.477	596
CENTROS ESPECÍFICOS Y ACTUACIONES DE E. ADULTOS	2.260	2.195	65
TOTAL	32.867	22.815	10.052

Tabla 3.2. Educación no universitaria en España. Clasificación de los centros por enseñanza que imparten, por tipo de centro y titularidad del centro. Fuente: Elaboración propia. Datos extraídos de la Estadística de las Enseñanzas no universitarias - Avance de resultados - Curso 2019-2020- Sistema educativo. Ministerio de Educación y formación profesional (<http://www.educacionyfp.gov.es/servicios-al-ciudadano/estadisticas/no-universitaria.html>, consultada el 17-11-2020)

3.3. Centros de enseñanza de régimen general de España

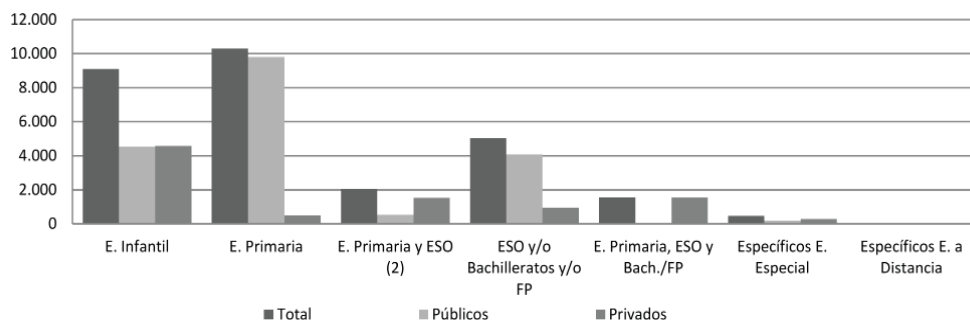


Figura 3.3.

Gráfica: Clasificación de los centros de enseñanza de régimen general de España por enseñanza que imparten y titularidad del centro. Fuente: ver tabla 3.2.

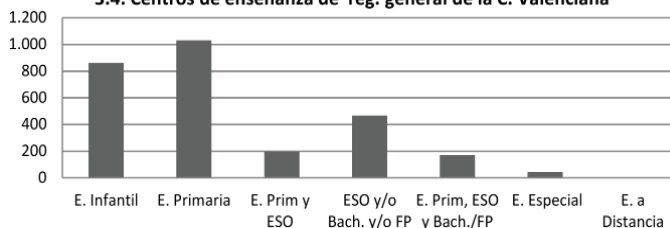
Figura 3.4.

Gráfica: Clasificación de los centros de enseñanza de régimen general de la Comunidad Valenciana por tipo de enseñanza. Fuente: ver tabla 3.3.

Uso	nº de centros
Centros E. Infantil	860
Centros E. Primaria	1.032
Centros E. Primaria y ESO	197
Centros ESO y/o Bachilleratos y/o FP	467
Centros E. Primaria, ESO y Bach./FP	171
Centros Específicos E. Especial	45
Centros Específicos E. a Distancia	1
Total	2.773

Tabla 3.3. Educación no universitaria en la Comunidad Valenciana. Clasificación por tipo de centro. Fuente: Elaboración propia. Datos extraídos del portal estadístico de la Generalitat Valenciana. Estadística de las Enseñanzas no universitarias. Curso 2018-2019. (<http://www.pegv.gva.es/es/temas/sociedad/educacion/estadisticadelasenseñanzasnouniversitarias>. Consulta en noviembre 2020)

3.4. Centros de enseñanza de reg. general de la C. Valenciana



Según el Instituto Valenciano de Estadística, en la Comunidad Valenciana, 2.775 centros dedicados a la Enseñanza de Régimen General. De ellos, 1.699 colegios son de titularidad pública y 1.076 privada (Tabla 3.3 y fig. 3.4).

Al igual que sucede en el ámbito español, los edificios dedicado a la educación primaria son los más numerosos.

A partir de estos datos y con el propósito de obtener resultados que lleven a adoptar acciones de reducción de consumo energético, el presente estudio se centra en el tipo de centro mayoritario, es decir, los centros de enseñanza primaria (los cuales pueden incluir educación infantil).

3.2.3. Los centros educativos de primaria de Valencia

Una vez identificado el tipo de edificio educativo mayoritario dentro del sistema educativo español, es necesario acotar el área de estudio. El estudio se centra en segmentar y analizar energéticamente los colegios de la ciudad de Valencia.

El número de centros docentes que imparten educación primaria en la ciudad de Valencia asciende a 167. Estos colegios son tanto públicos como privados. (Tabla 3.4. y fig. 3.5.)

Para que los edificios a clasificar sean lo más semejantes posible, en cuanto a comportamiento energético se refiere, es preciso que su perfil de uso sea lo similar (tipo de actividad, necesidades energéticas, horario...). En consecuencia, de los 168 centros del conjunto, teniendo en cuenta el perfil de uso y actividad, 71 han de ser descartados por impartir, además de educación primaria, educación secundaria u otros estudios superiores. También se excluyen otros 6 colegios de educación primaria, que al tratarse de centros privados es probable que tengan un perfil uso muy distinto a los colegios públicos. Quedando un conjunto 90 centros educativos a estudiar y a segmentar por bloques de características similares.

Tipo de centro	Total	Público	Privado
E. Primaria	96	90	6
E. Primaria y ESO	71	0	71
Total	167	90	77

Los centros de educación primaria suelen incluir educación infantil de segundo ciclo. Algunos de los colegios de primaria y eso incluyen bachillerato y F.P.

Tabla 3.4. Centros educativos de Valencia que imparten educación primaria, clasificados según otras enseñanzas que imparten y su titularidad. Fuente: elaboración propia. Datos extraídos de la Guía de Centros de la Generalitat Valenciana (2019-2020)

Figura 3.5. CEIP Doctor Barcia Goyanes. Entrada del edificio principal y aulas de infantil (ampliación). Fuente: fotografías del autor



3.3. Características generales del conjunto de edificios a estudiar

3.3.1. Características y factores energéticos de clasificación

Como criterios de clasificación del parque construido vamos a emplear características o factores comunes que determinan su comportamiento energético.

Estos factores están relacionados fundamentalmente con la demanda energética del edificio y con sus instalaciones y sistemas, pues el consumo energético es la demanda energética entre el rendimiento de los sistemas.

$$\text{Consumo energético} = \frac{\text{Demanda energética}}{\text{Rendimiento de los sistemas}}$$

En la demanda energética del edificio influyen fundamentalmente las características de la envolvente, su zona climática y localización, perfil de uso, intensidad de la actividad llevada a cabo en su interior, volumen de usuarios, etc.

En el rendimiento de los sistemas depende de las instalaciones existentes, por ejemplo, sistemas de calefacción, refrigeración, iluminación o ventilación.

A continuación se incluyen los algunos de estos factores y como afectan al conjunto de edificios a estudiar y su segmentación por bloques

Perfil de uso y horario de actividad

En nuestro estudio, el perfil de uso se limita al sector educativo, en concreto, a los niveles de educación infantil y primaria en centros de titularidad pública. Esta acotación supone que el programa de necesidades de los centros, las condiciones y necesidades de confort y los horarios de funcionamiento sean muy similares entre los distintos edificios.

Localización y clima.

Los colegios estudiados se ubican en la ciudad de Valencia, por lo que en este caso, el factor de clima no puede ser empleado para la segmentación, pero si que influirá en el estudio energético posterior.

El Código Técnico de la Edificación, en el anexo B de DB-HE “Ahorro de energía”, establece que la zona climática de la ciudad de Valencia es la zona B3.

Del mismo modo, en la evaluación y diagnóstico influirán la orientación de los edificios y su ubicación respecto a otros (si es un edificio exento, entre medianeras, con una o varias fachadas). En el estudio, estos aspectos no se han tenido en cuenta como filtro de clasificación, pero si la muestra de edificios fuera mucho mayor, podrían ser factores de clasificación.

Año de construcción de los edificios

En cada periodo o época constructiva la configuración del espacio, el diseño arquitectónico, el tipo de estructura, carpinterías, cerramientos y cubiertas son muy similares. Es decir, el año de construcción aporta datos relevantes sobre las características constructivas comunes de los edificios, lo que hace que sea un factor de clasificación muy importante.

Sobre el tema que nos atañe, además de los cambios de sistemas constructivos, entre los hitos que nos pueden ayudar a establecer periodos concretos encontramos las normativas sobre exigencias térmicas de los edificios. En España, la primera normativa sobre esta materia fue la Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas de los Edificios de 1979 (NBE CT 79). Fue derogada en 2006 por el Código Técnico de la Edificación y su Documento Básico de Ahorro de energía.

De esta manera, si aplicamos los periodos anteriores se establecen 6 grupos temporales. Atendiendo a las características constructivas de cada época y a la normativa térmica de aplicación de ese momento tendríamos edificios construidos antes de 1900, entre 1901 y 1936, entre 1937 y 1959, entre 1960 y 1979, entre 1980 y 2006, y, a partir de 2007.

Factores	- Zona climática: clima mediterráneo	
	- Perfil de uso (horario y tipo de actividad)	Sector terciario, educación Ed. infantil y primaria Titularidad pública
	- Localización: Valencia	
	-Tamaño y geometría del edificio	
	-Año de construcción	A. Antes de 1900 B. 1901-1936 C. 1937-1959 D. 1960-1979 E. 1980-2006 F. A partir de 2007

Geometría del edificio y volumen habitable

Además del estilo arquitectónico del edificio y las características de sus elementos constructivos, que, como se ha visto, están estrechamente relacionados con su fecha de construcción, encontramos otros factores y características geométricas vinculadas con el consumo de energía. Estos son, la forma, orientación del edificio, la superficie, el número de plantas y la altura de las mismas, la superficie de huecos en fachada, la superficie de la envolvente térmica, el volumen habitable, la compacidad energética, etc.

Rendimiento de los sistemas

Los tipos de sistemas o instalaciones que encontramos en este los edificios escolares son:

- Sistemas de calefacción
- Sistemas de producción de agua caliente sanitaria (A.C.S.).
- Sistemas de iluminación
- Otros sistemas mecánicos, térmicos y/o eléctricos (productores y consumidores)
- Sistemas de refrigeración
- Sistemas de ventilación (Si existen)

3.3.2. Características generales del parque edificado a estudiar y segmentar.

Para la organización de los datos e información a obtener sobre los colegios y facilitar su posterior análisis, al principio de esta investigación se desarrollaron unas fichas de información general y específica (constructivas y de carácter energético) para cada centro (Fig. 3.6.).

La parte relacionada con los factores que influyen en el consumo energético de los edificios, se elaboró siguiendo algunas de las guías para la realización de auditorías energéticas en edificios escolares nombradas en el apartado 2.3. de esta investigación.

Estas fichas se organizan en cinco apartados, en función del tipo de información que contienen:

- Datos administrativos: identificación y localización del edificio, datos del propietario y de su gestión, fotografías, número de unidades escolares con las que cuenta, etc.
- Datos generales del edificio: datos sobre el proyecto inicial y sobre ampliaciones y reformas; datos históricos; bibliografía relacionada y otras fuentes de información; nivel de protección y valor arquitectónico del edificio; datos y características geométricas del edificio, uso, superficies, edificios anexos

(gimnasio, ampliaciones, aularios, etc.) y planos.

- Datos constructivos: generales; características sobre los distintos elementos constructivos (cubierta, cerramientos, carpinterías exteriores e interiores, puentes térmicos)
- Datos sobre consumo energético: tipo y características de los sistemas de calefacción, refrigeración y A.C.S.; instalación de iluminación y otros equipos. Datos de consumo reales (a partir de facturas de los dos últimos años)
- Consumo y ratio de energía por m² y/o alumnos.

La recogida de datos se llevó a cabo a través de la bibliografía existente y la documentación sobre los centros escolares contenida en archivos históricos; entrevistas telefónicas al personal de los centros y, visitas a algunos de los colegios y recogida de datos in situ.

Gran parte del contenido de estas fichas son datos que solo se podrían obtener a partir de una auditoría energética completa al edificio y con el acceso a los consumos reales del mismo.

La escasez de datos, la imposibilidad de acceder a los consumos reales, e incluso, en muchas ocasiones a los centros escolares, ha supuesto que solo se haya podido recabar información sobre algunos de los apartados de las mismas.

No obstante, esta información nos permite tener una idea global del conjunto de edificios de la muestra, suficiente para clasificarlos en tipos.

Los colegios construidos hasta 1950 cuentan con un diseño arquitectónico parecido, disponen de muros de carga, carpinterías de madera, cubiertas de teja curva y techos altos. Aunque no disponen de aislamiento térmico, la gran inercia de sus muros hace que tengan un buen comportamiento térmico.



Figura 3.7.
CEIP 9 de octubre. Fuente: fotografía del autor

Como se señaló el capítulo 2, en esta época un gran número de escuelas estaban en locales alquilados y en mal estado, y, además, seguía habiendo muchas escuelas-aula y pocas escuelas graduadas.

Esto hace que, en Valencia, solo se conserven en uso cinco de los colegios públicos construidos antes la guerra: Jaime Balmes, Cervantes, Doctor Olóriz, Luis Vives y 9 de octubre (Fig. 3.7-3.9). Varios de ellos han sido rehabilitados, en concreto, los colegios Cervantes, Jaime Balmes y Doctor Olóriz y 9 de octubre.

Los primeros años de la postguerra, supusieron un tiempo de grandes carencias y escasez. A la necesidad de puestos escolares existente desde antes de la guerra, hay que añadir la necesidad de puestos derivada del crecimiento de la población en la ciudad. Siguiendo la tónica general de España, en Valencia se construyeron pocos colegios, entre ellos están los colegios Padre Manjón, Teodoro Llorente, San José de Calasanz, Salvador Tuset y San Fernando (Fig. 3.11 a 3.14)

Fachada Principal y Posterior



Figura 3.8.
CEIP Doctor Olóriz. Alzados y foto de fachada posterior. Fuente: Guía de Centros de la Generalitat Valenciana: <http://www.cece.gva.es/ocd/areacd/Arquitectura/46012392.pdf> (noviembre 2013)) y fotografía del autor.

Figura 3.9.
CEIP Luis Vives. Fuente: fotografía del autor





Figuras 3.10. a 3.13
CEIP Ivaf Luis Fortich, San José de Calasanz, Padre Manjón y Teodoro Lorente. Fuente: fotografías del autor.





Figuras 3.14. a 3.16.
CEIP San Fernando, Malvarrosa y
Juan Manuel Montoya (antigua Escue-
la Graduada Vicente Hervás)

Entre 1950 y 1980 tuvo lugar en España un crecimiento del sector de la construcción de edificios residenciales sin precedentes (IVE, 2012).

A mediados de la década de 1950, la estructura de los edificios pasa a ser de hormigón armado y forjados unidireccionales. En los primeros años se siguen manteniendo las carpinterías de madera en ventanas y carpintería metálica en puertas de acceso a los edificios. A partir de los años 60 las ventanas pasan ser de carpintería metálica.

Los colegios de Valencia de esta época están marcados por la necesidad urgente de construir puestos escolares. Se aprecia una excesiva uniformidad y falta de adecuación al espacio (Insausti & Llopis, 1995).

De estos años, podemos encontrar algunos edificios escolares con un diseño que no se repite en la ciudad, por ejemplo, los colegios Malvarrosa (Fig. 3.15), Nicolau Primitiu (3.20) y Arts (anteriormente llamado Santo Caliz) (Fig. 3.21).

Sin embargo, encontramos muchos colegios con diseños similares, es decir, que fueron construidos a partir de los prototipos de centros educativos promovidos por el Ministerio de educación, adaptando los diseños a los distintos solares.

Por ejemplo, de un mismo modelo son los colegios Gaspar Gil Polo, Primer Marqués del Turia y Torrefiel. De otro modelo son los colegios Juan Manuel Montoya (Fig. 3.17), Jaime I y Nuestra Señora del Carmen.

En la década de 1970, se construyeron a partir de modelos de centros educativos los colegios Raquel Paya, 8 de Marzo (anteriormente llamado Doctor López Rosat), Sara Fernández y José Soto Mico, o los colegios Vivers (anteriormente llamado Villar Palasí) y Doctor Barcia Goyanes.

Además de nuevos centros, con estos modelos de colegios se construyeron ampliaciones de los ya existentes, tanto aularios para primaria como para educación infantil. Por ejemplo, las ampliaciones del colegio San José de Calasanz, Nuestra Señora del Carmen, Raquel Paya (3.17.c) y Vivers (Villar Palasí).

Algunas de estas ampliaciones tenían diseños y procesos constructivos industrializados. Estas construcciones fueron promovidas por el Programa de construcciones escolares industrializadas del Ministerio de 1978 (MEC,1979-2). Por ejemplo, los aularios de los colegios Raquel Paya (3.17.d) y Ciutat artisa faller.

A partir de 1980 los edificios cuentan con aislamiento térmico en su envolvente como consecuencia de la aplicación de la NBE-CT-79.



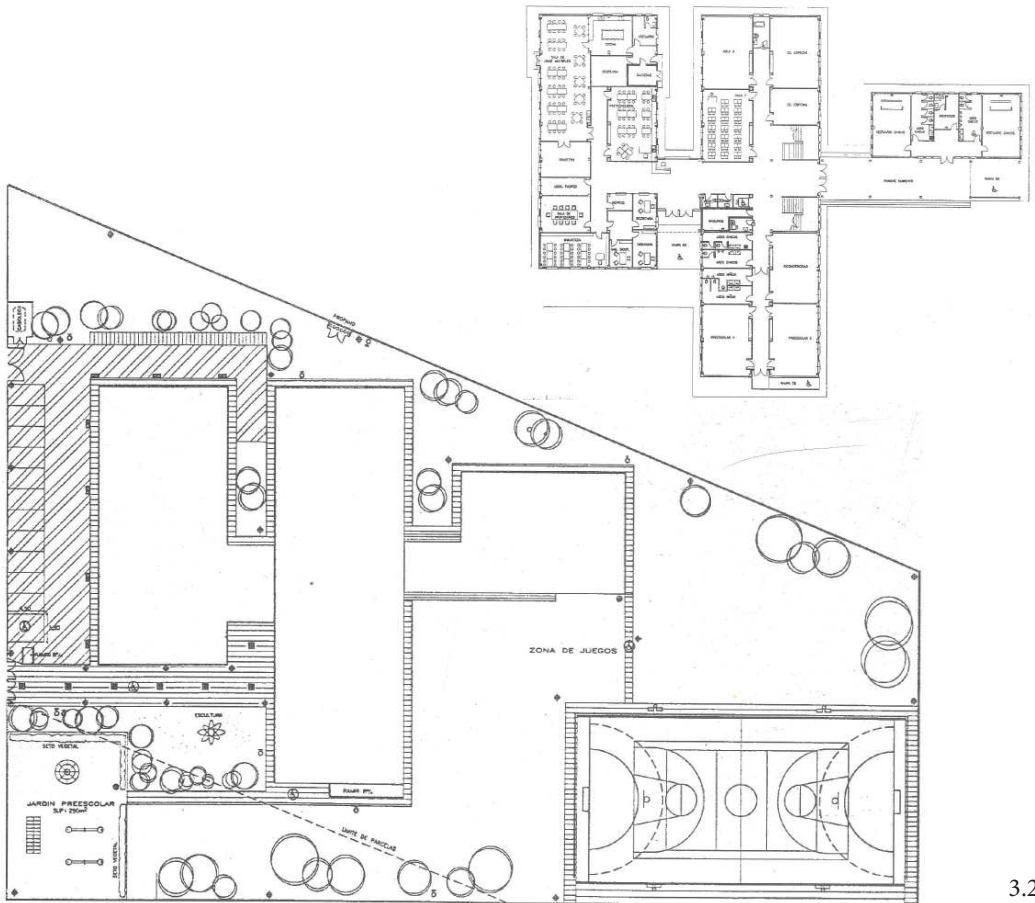
Figuras 3.19. a 3.21.
CEIP Pare Catalá, Nicolau Primitiu y
Arts. Fuente: fotografías del autor.



Figura 3.17. CEIP Raquel Paya: placa conmemorativa (a), fachada del edificio principal (b), ampliación de infantil (c) y ampliación para aulas de primaria (d). Fuente: fotografías del autor.

Figura 3.18. CEIP 8 de Marzo (Antiguo CEIP. Doctor López Rosat): foto de fachada. Fuente: fotografía del autor.





3.22

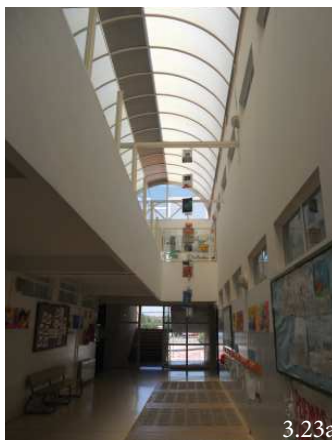
Muchos centros, como por ejemplo, el CEIP Raquel Paya, están configurados por varios edificios de distintos diseños constructivos.

En la década de los años 1980 se siguen construyendo colegios y ampliaciones a partir de modelos y prototipos de centros escolares. Por ejemplo, los colegios Max Aub, Angelina Carnicer, Bartolomé Cossio y Carles Salvator.

No obstante, la adquisición de competencias en construcciones escolares por parte de las Comunidades Autónomas y el avance en la concepción del espacio educativo y sus características, lo que provoca un cambio en los edificios escolares.

Se empieza a dar más prioridad al aspecto cualitativo que al cuantitativo y a la necesidad de puestos escolares. Entre los aspectos cualitativos que se promueven podemos encontrar “la funcionalidad, que permitía la flexibilidad curricular y la polivalencia de usos, la supresión de barreras arquitectónicas, la seguridad en las instalaciones y la previsión de posteriores ahorros en gastos de

Figura 3.22
CEIP Horno de Alcedo. Planos de planta baja. Arquitectos J. Morata, Unidad Técnica y F. Roselló. Fuente: (Insausti, P. & Llopis, A., 1995.)



3.23a

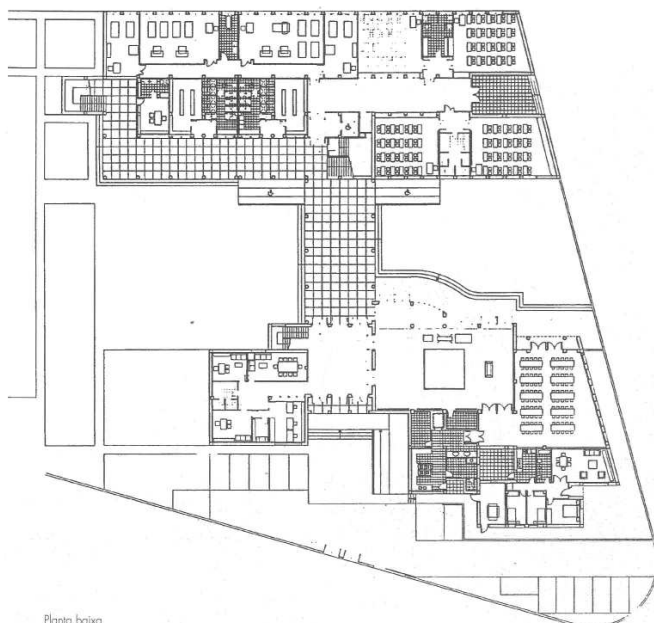


3.23b

Figura 3.23.
CEIP Tomás Villarroya, 1991-1994, (a-c), plano de planta y fotografías del exterior e interior. Fuente: plano obtenido en (Insausti, P. & Llopis, A., 1995) y fotografías del autor.

Figura 3.24.a y b
CEIP Rodríguez Fornos, 2002. Plano de planta baja (a) e imagen del interior (b). Fuente: (A.A.V.V., 2004).

Figura 3.24.c.
CEIP Santa Teresa (c), foto de fachada. Fuente: fotografía del autor.

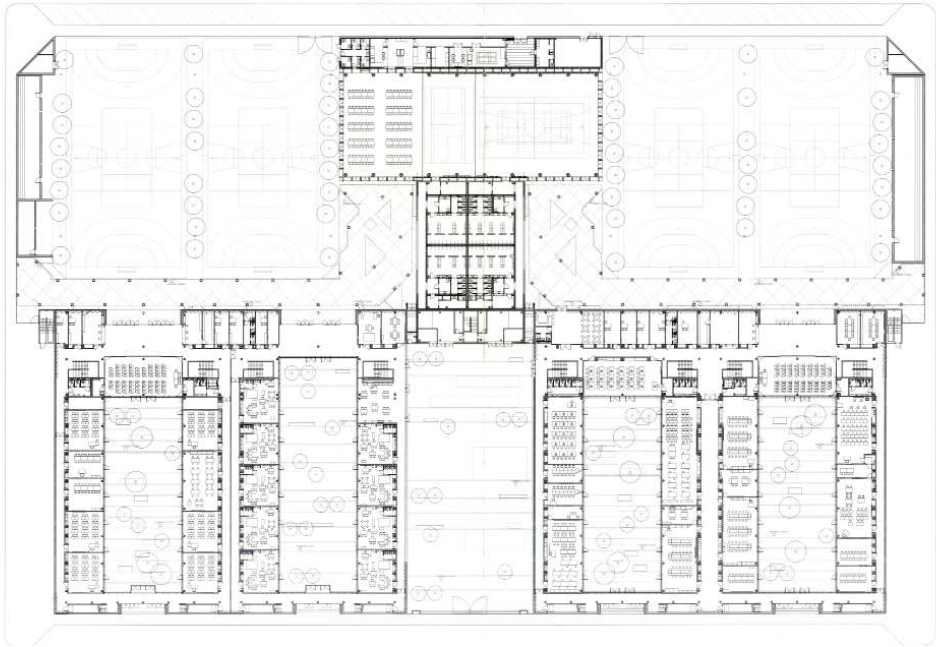


Planta baixa

conservación y energía y, por supuesto, la sensibilidad estética que contribuya a dotar de singularidad a un centro educativo” (Insausti & Llopis, 1995)

Algunos de los colegios construidos entre 1985 y 1995 que destacan por su diseño singular son Horno de Alcedo (Fig. 3.22), Tomás de Villarroya (Fig. 3.23), El Grau, Jesús, Aiora, Rodríguez-Fornos (Fig. 3.24.a-b) y Santa Teresa (Fig. 3.24c).

En estos años se va produciendo una progresiva mejora de la calidad de las edificaciones. Esto se debe entre otras cosas a la implantación de la normativa de condiciones térmicas de los edificios de 1979, la aparición e incorporación de nuevos materiales, medios auxiliares y técnicas constructivas.



3.24a

Conforme avanza la década de 1990 y en el s.XXI se produce una reducción del ritmo de construcción de colegios.

Los colegios construidos se caracterizan por tener diseños heterogéneos que dan mucha importancia a aspectos de habitabilidad, funcionalidad y accesibilidad.

El Código Técnico de la Edificación (2006), supone un incremento de las exigencias de ahorro energético, así como otros aspectos de seguridad en la utilización, habitabilidad y protección contra incendios.

Algunos de los colegios construidos a partir de 2007 son el CEIP Pinedo, de Luis Francisco Herrero García y Carlos Ferrandis Guillén (2009), el CEIP Alejandra Soler, en calle Puerto Rico (Fig. 3.25.) y el CEIP 103, en calle Ibiza s/n esquina Luis García-Berlanga Martí.

3.3.3. Características comunes en las instalaciones de los colegios públicos de Valencia.

La visita a los centros y las consultas realizadas nos ha permitido establecer algunas características comunes que existen en las instalaciones de calefacción, A.C.S. y refrigeración de los centros de educación primaria públicos de Valencia.

Los sistemas de calefacción de los colegios se pueden agrupar en tres tipos principales: radiadores eléctricos, instalación de calefacción centralizada con caldera de gasoil e instalación de calefacción centralizada con caldera de gas.



3.24b



3.24c



Figura 3.25.
CEIP Alejandra Soler (c/ Puerto Rico),
foto de fachada. Fuente: fotografía del
autor.

Si bien algunos centros disponen de otro tipo de instalaciones como por ejemplo, calefacción por suelo radiante en aulas de infantil (ampliaciones).

En concreto, los radiadores eléctricos se encuentran en los edificios construidos antes de 1970; en los colegios construidos entre 1970 y 1990 predomina el sistema de calefacción con caldera de gasoil; y los colegios construidos a partir de 1990, cuentan principalmente con caldera de gas. No obstante, muchos colegios han sustituido o adaptado la caldera de gasoil a una de gas y alguno ha sustituido los radiadores eléctricos por una instalación de calefacción centralizada con caldera de gas o gasoil y radiadores metálicos.

Sobre la producción de agua caliente sanitaria, el sistema de producción suele ser mediante termo-acumulador eléctrico. Esto se debe a que la mayoría de los colegios solo disponen de agua caliente en cocina y algún aseo. En la producción de agua caliente para duchas de pabellones deportivos o vestuarios encontramos que se producen con caldera de gas o gasoil, dependiendo del sistema de calefacción del colegio, placas solares y/o termo-acumuladores eléctricos.

En general, los colegios no disponen de sistemas de refrigeración, con excepción de algunos que cuentan con splits en las aulas y espacios más calurosos.

3.3.4. Localización de los colegios y año de construcción por periodos y distritos.

Los datos relativos al año de construcción de los edificios se han obtenido a partir del catastro, la bibliografía y documentación gráfica existente sobre los edificios escolares de la ciudad y consultando directamente a los distintos colegios. De algunos de ellos la fecha es aproximada y se han incluido en el periodo de otros colegios que tienen el mismo diseño.

Como se verá en el capítulo 4, muchos centros escolares cuentan con ampliaciones realizadas en épocas posteriores, y por lo tanto, con características energéticas diferentes.

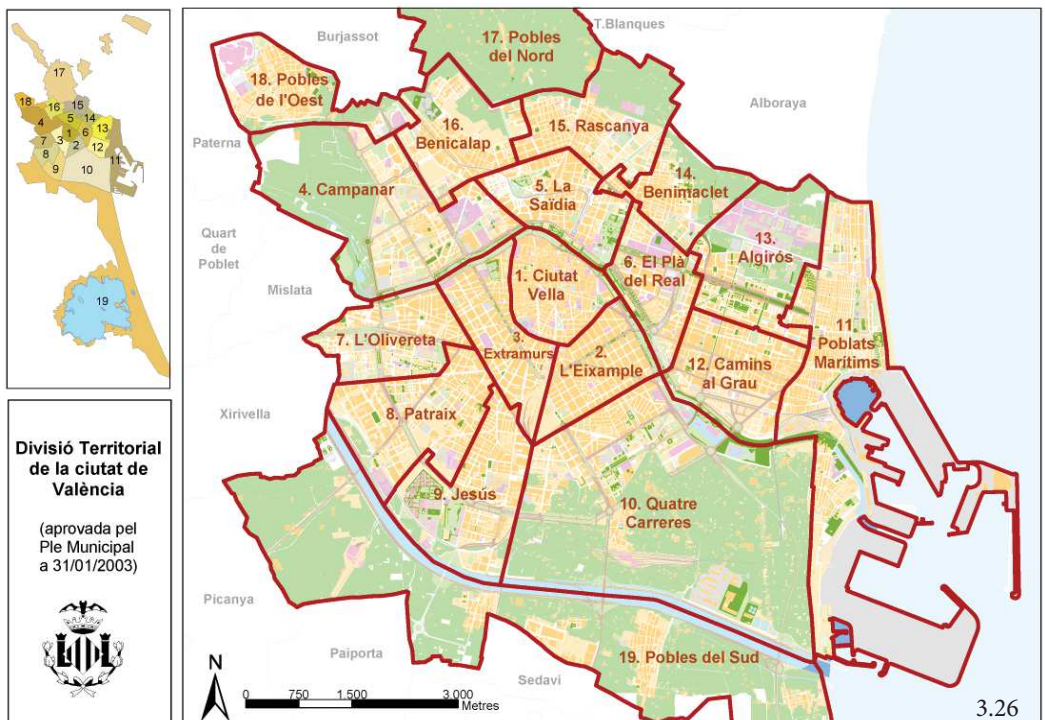
A la hora de clasificar los edificios en el apartado 3.5. e identificar los tipos representativos, se han tenido en cuenta estas edificaciones de manera independiente al edificio principal.

La ciudad de Valencia se divide en 19 distritos administrativos (Fig. 3.26.). Al combinar la fecha aproximada de construcción del edificio principal de los centros de educación infantil y primaria de la ciudad de Valencia y su distribución por distritos obtenemos los siguientes datos (tabla 3.5.).

Las graficas y esquemas de la ciudad de Valencia (Figuras 3.27 a 3.34), nos facilitan la comprensión y análisis de dichos datos.

Figura 3.26.

División territorial de la ciudad de Valencia. Fuente: Ayuntamiento de Valencia extraída en http://www.valencia.es/ayuntamiento/estadistica.nsf/vDocumentosTituloAux/Cartograf%C3%ADa%20b%C3%A1sica-Valencia?opendocument&lang=1&nivel=11_2 (10-06-2018)



periodo	distrito																			total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Antes de 1900																				0
1901-1936		1	2		1		1													5
1937-1959			1		1	1	1	1			5				1	1	1		1	14
1960-1979				1	2		4	1	4	6	3	3		1	1	1	1	1	2	31
1980-2006	1			3	1	1	1	6	2	1	3	4	5	1	4	1			1	35
a partir del 2006		1											1						1	3
sin fecha		1										1								2
TOTAL	1	3	3	4	5	2	7	8	6	7	11	8	6	2	6	3	2	1	5	90

3.27. Distribución de colegios por distritos

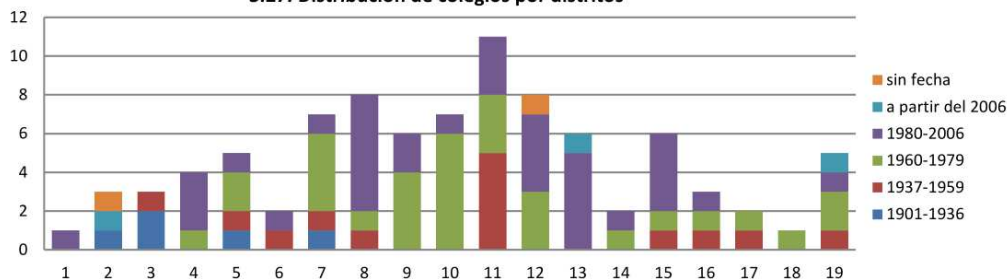
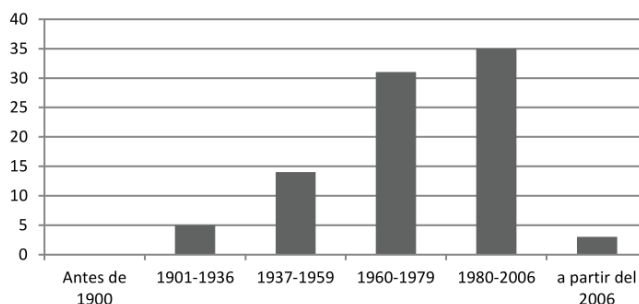


Tabla 3.5. Número de centros por distrito y periodo de construcción. Fuente: elaboración propia

Figuras 3.27. y 3.28. Gráficas de los colegios públicos de primaria de Valencia organizados por número de centros por distrito y número de centros por periodo de construcción. Fuente: elaboración propia

3.28. Distribución de centros por periodos de construcción



La tabla 3.5 muestra el numero de centros por distritos y periodo al que corresponde. Los periodos con más número de centros construidos corresponden a los años de mayor crecimiento del sector de la construcción de edificios residenciales, entre 1960 y 1990. (Fig. 3.28.).

Los distritos con menos colegios públicos son los del centro y suroeste; los de mayor, poblados marítimos y los del sur (Figs. 3.27. y 3.29.).

Las figuras 3.30. a 3.34. muestran el volumen de centros (edificios principales) construidos en cada distrito en cada periodo identificado en el apartado anterior.

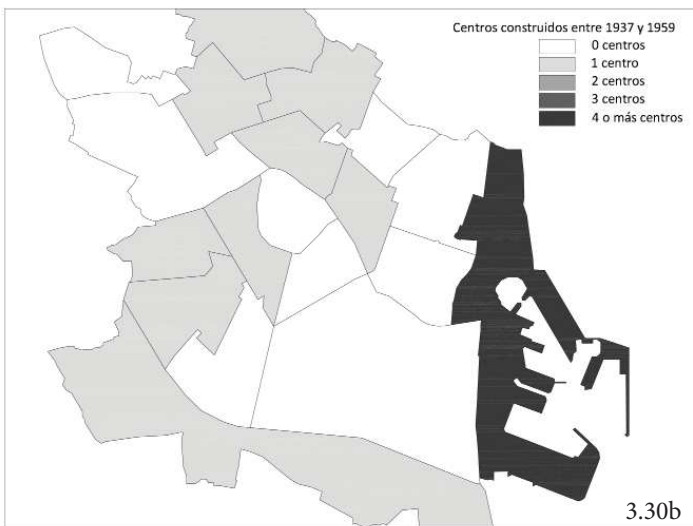
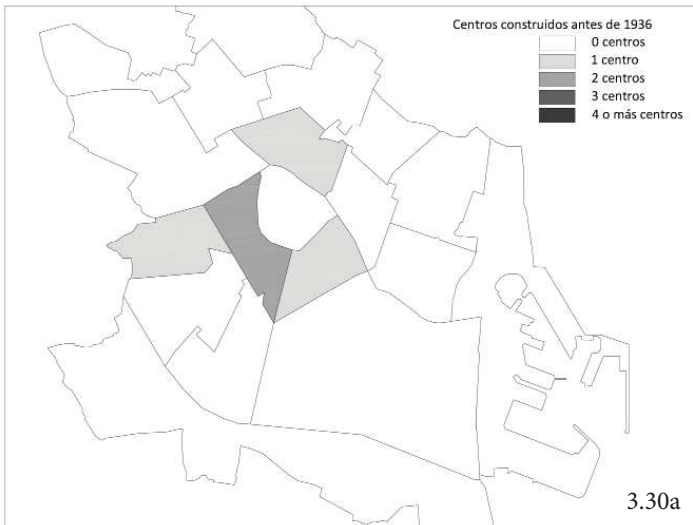
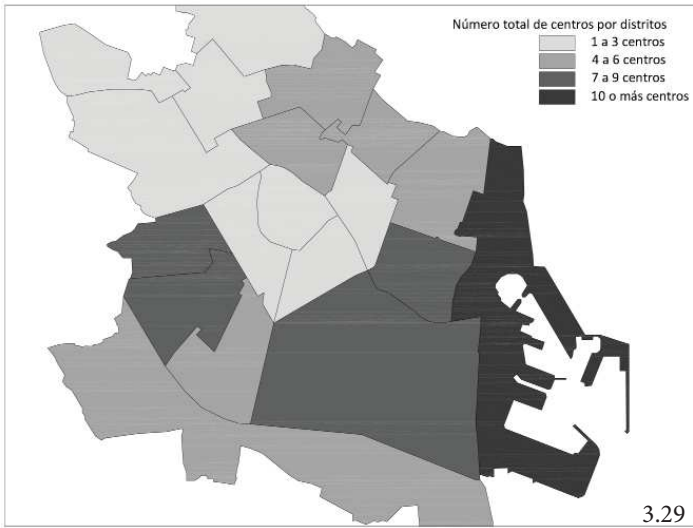


Figura 3.29. Número de centros públicos de educación primaria de la ciudad de Valencia por distritos. Fuente: elaboración propia

Figuras 3.30. a y b. Número de centros públicos de educación primaria de Valencia por periodo de construcción y distritos. Fuente: elaboración propia

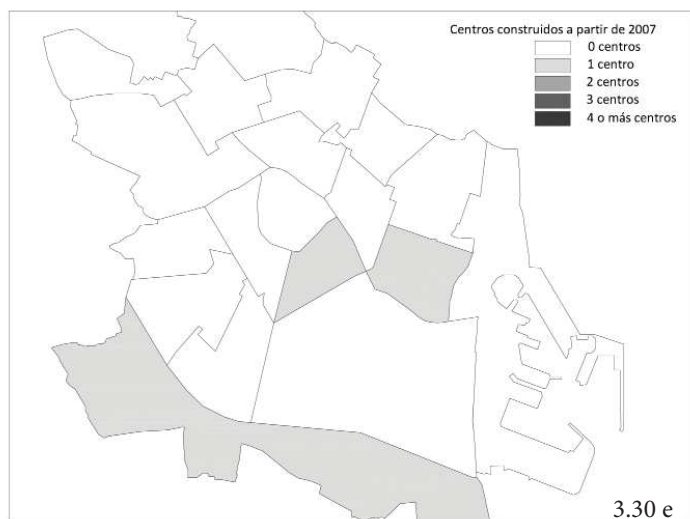
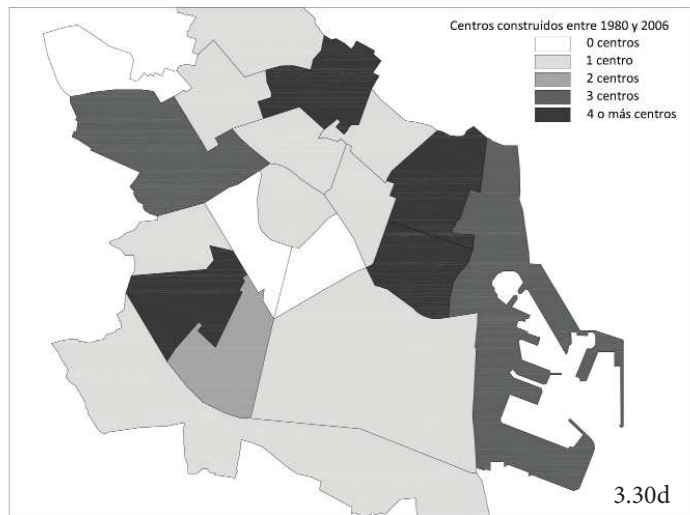
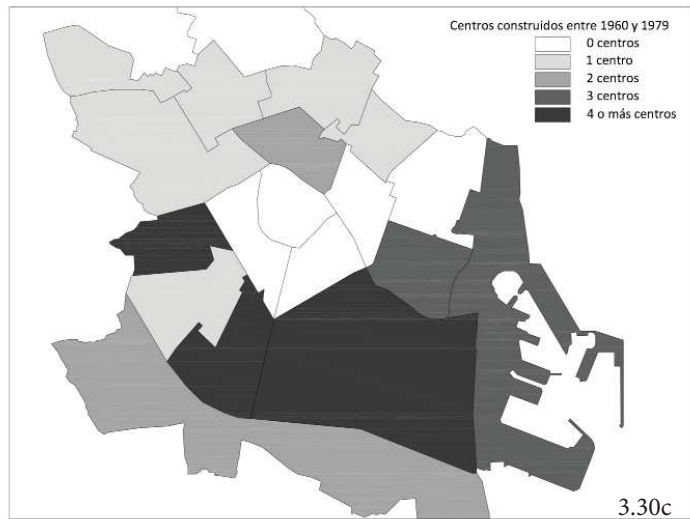


Figura 3.30 c-e
Número de centros públicos de educación primaria de Valencia por periodo de construcción y distritos. Fuente: elaboración propia

3.4. Definición de edificios de referencia para su posterior estudio energético

3.4.1. Modelos de clasificación en proyectos europeos y estudios

La Directiva 2010/31/UE establece en su anexo 3, el marco metodológico comparativo que exige a Estados miembros que “definan los edificios de referencia caracterizados y representativos por su funcionalidad y situación geográfica, incluidas las condiciones climáticas exteriores y ambientales interiores”. Estos edificios de referencia “serán tanto residenciales como no residenciales, tanto nuevos como existentes” (Directiva 2010/31/UE).

El marco metodológico también incluye la definición de “las medidas de eficiencia energética que deben evaluarse para los edificios de referencia, que evalúen las necesidades de energía final y primaria de los edificios de referencia y los edificios de referencia con las medidas definidas de eficiencia energética aplicadas (...) y que calculen costes de las medidas”.

Como se ha visto en el capítulo 2, apartado 3, poco a poco se ha ido incrementando el número de estudios sobre eficiencia energética y energías renovables sobre centros de educativos. Sin embargo, no son tantos los que desarrollan un sistema de clasificación con el fin de identificar y caracterizar edificios de referencia, tal y como indica.

Un ejemplo lo encontramos en (Arambula et al, 2015), que de un conjunto de 60 colegios ubicados en Treviso (Italia), iden-



Figura 3.31. Escuela Umberto I, Roma (Via Cassiodoro). Fuente: fotografía del autor

tifica 5 modelos de referencia. Esta clasificación la realiza tras determinar y analizar un conjunto de parámetros, energéticos y arquitectónicos. Entre estos parámetros se encontraban la transmitancia de la envolvente, la superficie habitable, la superficie de la envolvente y de cubierta, ratios entre área de ventanas y superficie opaca y área de ventanas y área de fachada.

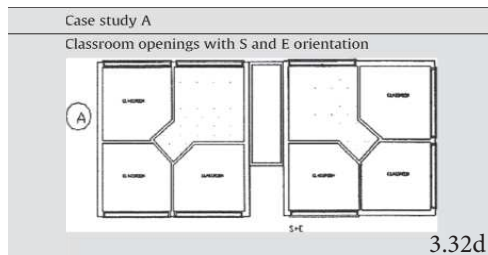
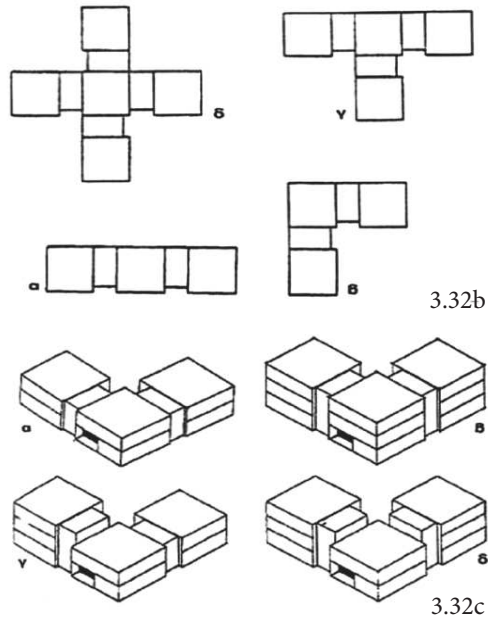
(Gaitani et al. 2010) mediante un algoritmo y basándose datos de más de mil escuelas griegas establecen cinco clases de colegios en función de su consumo energético. Fijan para cada clase una escuela “patrón”.

(Marrone et al., 2018) estudiaron 57 colegios de Italia que habían sido renovados energéticamente (también mencionado en apartado 2.3.1.). Los clasificaron mediante la metodología MLR (regresión lineal múltiple) en grupos de características similares. Analizaron 5 factores de clasificación que, a su vez, influían en el coste-beneficio de las reformas: la compacidad, el consumo de energía primaria, la clasificación energética, el volumen habitable, la energía primaria ahorrada por año. Finalmente, esta-

Figura 3.32 Resúmenes de tipologías de edificios escolares griegos (a), posibles configuraciones arquitectónicas de los colegios tipo Athina (b y c), planta del colegio tipo Athina seleccionado como representativo del conjunto para su estudio energético, orientación A (d). Fuente: (Dimoudi et al., 2009)

School type	Schematic plan	Construction period	Building materials
		18th century	Stone structure
		1827-1831	Stone structure
Neoclassic		1850-1900	Stone structure
Type of 30's		1930-1960	Stone structure
Type with open corridor		1960-1980	Concrete structure, non-insulated brick envelope
Type with close corridor		1960-1980	Concrete structure, non-insulated brick envelope
ATHINA		After 1980	Concrete structure, insulated brick envelope

3.32a



blecieron dos grupos de colegios con características similares en estos factores, escogieron un modelo de edificio representativo de cada grupo y lo estudiaron energéticamente.

En otras ocasiones, los colegios escogidos para su análisis siguen diseños o prototipos de colegios utilizados en una región durante un periodo determinado. Es el caso de (Dimoudi et al., 2009) que, en su estudio sobre consumo energético en colegios construidos en la zona climática C de Grecia, además de estudiar y monitorizar energéticamente 9 centros educativos de la región de Grevena, realiza una simulación del comportamiento y consumo energético de un colegio tipo y propone seis propuestas de intervención energética.

Para la elección de este modelo de colegio, estudia la evolución de los edificios escolares de Grecia y sus características, incluyendo una tabla resumen y aportando un esquema gráfico de su forma arquitectónica, fecha de construcción, tipología estructural, orientación de los edificios, características de las carpinterías exteriores y, a partir de los colegios de los años 30, el consumo energético medio (Fig. 3.32a)

Finalmente, de entre los distintos tipos de edificios selecciona el modelo Athina como prototipo para el cálculo de su consumo energético y la propuesta de niveles de intervención. Este modelo fue empleado desde 1978 por la Organización de Edificios Escolares Griega en la construcción de colegios. Por ello, es representativo del stock actual de centros educativos y los resultados de la simulación energética son fácilmente aplicables a otros centros.

El modelo representa una típica solución arquitectónica en edificios escolares. Se compone de módulos de planta cuadrada interconectados entre sí, horizontal y verticalmente, mediante núcleos de escaleras, como se aprecia en la figura 3.32 b-c. La configuración escogida para la simulación es la de dos módulos en línea, teniendo en cuenta varias orientaciones, en concreto

Figura 3.33 y 3.34. "Scuola Materna" en Piazza de la Scala, Roma, e, "Istituto comprensivo Indro Montanelli" en Via Antonio Taconi, Roma. Fuente: Fotografía del autor.



Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.



cinco (casos A-E) (Fig 3.32d)

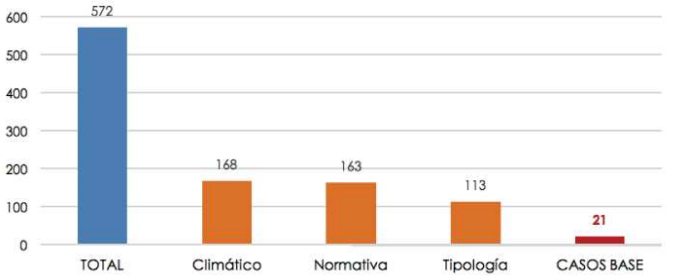
En el ámbito español (Castro, J.M., 2017), en su estudio sobre rehabilitación energética de colegios de Galicia (ya mencionado en el apartado 2.3.1), realiza una clasificación de 572 centros educativos a partir de tres factores: climático, normativo y tipológico.

Las categorías que establecía dentro de cada uno de estos factores eran:

- Climático: 6 tipos de Galicia: C1, C2, C3, D1, D2 y E1.
- Normativo: centros construidos antes de la NBE-CT79 (68%), aplicando la NBE-CT79 (29%) y aplicando el CTE (3%).
- Tipológico: según la configuración arquitectónica del edificio establece cuatro tipos: patio (Fig.3.35. a y b), atrio (Fig 3.35. c y d), bloque lineal (Fig 3.35. e y f) y mixta (g y h).

Tras descartar aquellas categorías en las que casi no había colegios, llega a la conclusión de que en la arquitectura gallega los centros educativos se pueden agrupar según ocho categorías: tres zonas climáticas (C1, D1 y D2), dos normativas constructivas (antes y durante la NBE-CT-79) y tres tipologías edificatorias (patio, bloque y atrio) (Fig. 3.36 y 3.37). Aplicando esta clasificación a parque educativo gallego selecciona 21 centros representativos de esas categorías.

Figura 3.35. Tipología de colegios de Galicia según (Castro, J.M., 2017). Tipos: patio, Vilaverde Mourente, Pontevedra (a), y CEIP O Sello, Vigo (b); en atrio, CEIP Emilia Pardo Bazán (c), y CEIP Paradai, Lugo (d); en bloque lineal, CEIP Esteiro, Ferrol (e), y CEIP San Pedro de Visma, La Coruña (f); y mixta, CEIP San Xosé Obreiro de Arteixo, la Coruña (g), y CEIP As Fontiñas, Santiago de Compostela (h). Fuente: Fotografías obtenidas de google maps. Clasificación y ejemplos según (Castro, 2017).



Gráfica 08_Secuencia de selección de los 21 "casos base"

		ZONA CLIMÁTICA		
		C1	D2	D1
		11	5	5
Anterior a la NBE-CT-79	Patio	CEIP Vilaverde Mourente (PO) CEIP Balaidos (VI) CEIP Isaac Perai (FE)	CEIP Plurilingüe Seixalbo (OU) CEIP Albino Núñez (OU)	CEIP Casós (LU)
	Atrio	CEIP Emilia Pardo Bazán (CO) CEIP Víctor López Seoane (CO)	CEIP O Couto 01 (OU)	CEIP Paradai (LU) CEIP A Gándara (MNF)
	Bloque	CEIP O Sello (VI) CEIP Valle Inclán (VI) CEIP Plurilingüe Pintor Laxeiro (VI)	CEIP O Couto 02 (OU)	CEIP As Mercedes (LU)
Durante la NBE-CT-79	Patio	CEIP María Pita (CO) CEIP Salgado Torres (CO)	-	-
	Atrio	-	-	-
	Bloque	CEIP San Francisco (CO)	CEIP Maestre Vide (OU)	CEIP Menéndez Pelayo (LU)

Tabla 05_Selección de los 21 "casos base"

Figura 3.36. Secuencia de clasificación de los centros educativos de Galicia según (Castro, 2017). Fuente:(Castro, 2017).

Figura 3.37. Clasificación de centros educativos de Galicia según (Castro, 2017), selección de 21 ejemplos representativos. Fuente:(Castro, 2017).

Por otra parte, esta selección de centros la organiza en torno dos tipos: “casos base”, que se corresponden con cada uno de los 21 centros escolares representativos; y “casos de estudio”, que son agrupaciones de casos base con el objetivo de poder compararlos para obtener conclusiones. En total establece 21 “casos base” y 11 “casos de estudio”.

En contraposición a los estudios anteriores, en la bibliografía existente sobre la materia, son escasas las investigaciones que plantean un sistema de clasificación previo de edificios representativos. Por el contrario, muchos estudios se desarrollan en función de los datos disponibles, estudiando directamente los edificios, ya sea uno o el parque de colegios existente en una ciudad o región.

En ocasiones, tras fijar niveles de mejora e intervención, se establece una clasificación energética posterior, atendiendo a los resultados obtenidos. Por ejemplo, (Capozzoli et al, 2015) estudia los modelos de estimación del consumo energético aplicado a 80 colegios de la provincia de Turín.

(Santoli et al. 2014) teniendo en cuenta la localización de los colegios de Roma y empleando los datos de consumo energético y los certificados energéticos realizados, analizan y comparan por distritos múltiples factores energéticos que influyen en el consumo de los centros educativos. Por último, clasifican los colegios de primaria de la ciudad de Roma en tres tipos: históricos, construidos entre 1860-1940 y construidos en la postguerra, y, para cada tipo, plantean una serie de mejoras.

Como se ha señalado en el capítulo 2 (apartado 2.3.1), (Santamouris et al., 2007) clasificaron 320 escuelas griegas en 5 tipos de edificios en función de su consumo energético en calefacción. Para ello emplearon una metodología de agrupación (clustering).

En otros casos, la fecha de construcción o rehabilitación de los centros educativos o si el consumo energético desborda, por encima o por debajo, respecto de la media, se convierten en los criterios de selección de los centros a estudiar. Por ejemplo, 68 edificios educativos de Luxemburgo fueron analizados por (Thewes et al., 2014) en relación a su consumo energético. Estos edificios tenían en común que habían sido construidos, renovados completamente o ampliados después de 1996.

Entre los proyectos europeos de clasificación de edificios y propuesta de mejoras, a partir de la recopilación y análisis de datos de carácter energético, encontramos E-Retrofit-Kit, Datamine y Tábula-Episcope (ya mencionados en el capítulo 2). A nivel nacional y sobre el área residencial, tenemos, por ejemplo, los

estudios del grupo de investigación como el GTR, que clasifican el parque edificado en grupos representativos para su posterior estudio (Cuchí 2011).

Las múltiples tipologías de edificios, actividades y usos que configuran el parque edificado del sector terciario, unida a la escasez de datos energéticos e información sobre los mismos hace que los proyectos de clasificación y obtención de datos se hayan centrado en el sector residencial. Por ejemplo, en el proyecto europeo Tábula, solo incluye información de edificios del sector terciario de cinco países. Y, en concreto, la información referente a los colegios es mínima, apareciendo como una categoría dentro del sector (Stein et al. 2012).

Para la categorización de los colegios del parque educativo de Valencia se ha tomado como referencia el sistema de clasificación desarrollado en el proyecto europeo Tábula. El proyecto buscaba estudiar y caracterizar el parque residencial existente y proponer estrategias comunes de intervención en materia de eficiencia energética. A partir de estos datos era posible comparar los tipos de edificios residenciales de los países y regiones participantes, así como, intercambiar experiencias sobre rehabilitación energética (IVE, 2016).

3.4.2. El proyecto Tábula y su sistema de clasificación

El sistema de clasificación de edificios del proyecto Tábula se basa en definir una matriz de tipologías constructivas para cada país y zona climática (Figs. 3.38. y 3.39.). Esta matriz se configura a partir de dos variables: el tamaño o tipo de edificio y el año de construcción. La primera variable o factor, es común a todos los países. De este modo, los tipos de edificios residenciales se clasifican en: viviendas unifamiliares aisladas, viviendas unifamiliares adosadas, edificios plurifamiliares de cinco plantas o menos y bloques de viviendas en altura. La segunda variable, el año de construcción, viene marcada por el sistema constructivo-

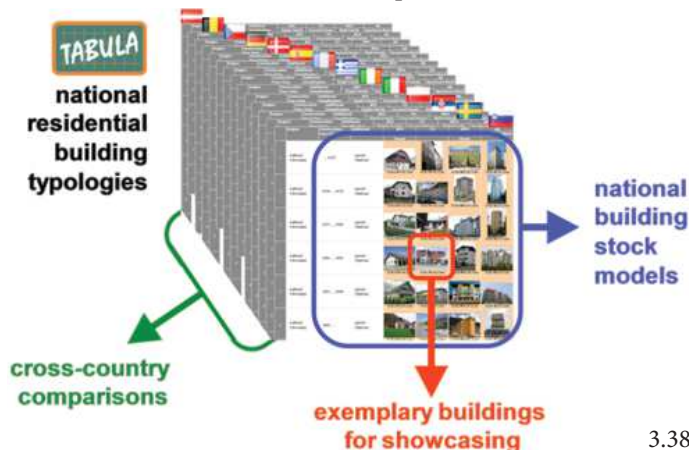


Figura 3.38. Esquema de los factores de clasificación del Proyecto europeo TABULA-EPISCOPE. Fuente: Proyecto Tábula-Epíscope (ver bibliografía)

3.38

























	Region	Construction Year Class	Additional Classification	SFH	TH	MFH	AB
				Single-Family House	Terraced House	Multi-Family House	Apartment Block
1	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	... 1900	generic	 ES.ME.SFH.01.Gen	 ES.ME.TH.01.Gen	 ES.ME.MFH.01.Gen	 ES.ME.AB.01.Gen
2	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	1901 ... 1936	generic	 ES.ME.SFH.02.Gen	 ES.ME.TH.02.Gen	 ES.ME.MFH.02.Gen	 ES.ME.AB.02.Gen
3	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	1937 ... 1959	generic	 ES.ME.SFH.03.Gen	 ES.ME.TH.03.Gen	 ES.ME.MFH.03.Gen	 ES.ME.AB.03.Gen
4	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	1960 ... 1979	generic	 ES.ME.SFH.04.Gen	 ES.ME.TH.04.Gen	 ES.ME.MFH.04.Gen	 ES.ME.AB.04.Gen
5	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	1980 ... 2006	generic	 ES.ME.SFH.05.Gen	 ES.ME.TH.05.Gen	 ES.ME.MFH.05.Gen	 ES.ME.AB.05.Gen
6	Mediterranean climate (Clima Mediterráneo)	2007 ...	generic	 ES.ME.SFH.06.Gen	 ES.ME.TH.06.Gen	 ES.ME.MFH.06.Gen	 ES.ME.AB.06.Gen

Figura 3.39. Proyecto europeo Tábula-Episcopo: matriz de tipos de edificios residenciales de España para clima mediterráneo. Fuente: Proyecto Tábula-Episcopo (ver bibliografía)

estructural de los edificios y las exigencias en relación a las condiciones térmicas de los mismos.

Para España, el proyecto define tres matrices, una por cada tipo de clima: atlántico norte, continental y mediterráneo. Los periodos de construcción son: antes de 1900, de 1901 a 1936, de 1937 a 1959, de 1960 a 1979, de 1980 a 2006 y a partir de 2007.

Estas fechas están fijadas teniendo en cuenta los cambios de periodos económicos del país y las normativas influyentes en la metodología constructiva y en las características térmicas de los edificios, por ejemplo, la Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas de los Edificios de 1979 (NBE-CT-79) y el Código Técnico de la Edificación de 2006 (CTE).

Para aplicar esta matriz al sector no residencial, se pueden desarrollar matrices manteniendo dos de los tres criterios de clasificación: la zona climática y los periodos de construcción. El factor de forma o tipos constructivos dependerá del área de estudio que se vaya a segmentar: hospitales, oficinas, educativos o industriales, por ejemplo.

3.5. Clasificación de los colegios públicos de Valencia aplicando la matriz de tipos de edificios.

Como ha quedado señalado en los objetivos de la investigación, este estudio pretende ser una herramienta para las administraciones públicas, de manera que los factores o tipo de datos para clasificar los edificios tienen que ser similares a los que se tengan sobre centros educativos en otras ciudades o regiones.

Los datos con los que se ha contado para la clasificación de los centros educativos de la ciudad han sido: la Guía de Centros de la Generalitat de Valencia, los datos catastrales de cada centro (geometría general, superficies, año aproximado de construcción, nº de plantas, etc.) e información sobre los colegios obtenida a partir de archivos, bibliografía o in situ.

Para la aplicación de la matriz de tipos de edificios a los colegios públicos de Valencia se han mantenido los criterios de año de construcción y zona climática. Como segunda variable de la matriz, que hace referencia al tamaño y geometría del edificio, se ha empleado la compacidad (área de la envolvente entre volumen).

La elección de este factor venía condicionada por la escasez de datos que hay en relación a los edificios escolares, es decir, era necesario establecer un factor relacionado con el comportamiento energético de los edificios, con el que, a partir de la poca información disponible sobre mismos, fuera posible ordenarlos de forma rápida y objetiva según su tamaño.

La compacidad empleada para la clasificación ha sido la “geométrica” (área de la envolvente del edificio entre su volumen) y no la compacidad “térmica” (área de la envolvente térmica entre volumen habitable). Sin embargo, en el capítulo 6, se ha incluido en una tabla comparativa de la compacidad geométrica y térmica de los colegios tipo analizados energéticamente.

Mientras que el número centros de educación infantil y primaria de la ciudad de Valencia asciende a 90, el número de edificios del conjunto asciende a unas 215 construcciones. Es decir, algunos de los centros educativos se componen desde su construcción de varios edificios, ya sean aularios, gimnasios, oficinas o viviendas de los conserjes. A estas edificaciones iniciales hay que añadir ampliaciones posteriores, con características muy diferentes entre sí, y que, en la mayoría de las ocasiones, pertenecen a distintos periodos constructivos respecto del edificio principal.

La clasificación de los colegios se ha realizado considerando todos los edificios, es decir, se ha partido inicialmente de unas 215 edificaciones, con independencia de que formaran parte de un conjunto o de si eran un edificio principal o no.

3.5.1. Clasificación de los edificios en función de su compacidad.

Para segmentar el parque de colegios según su compacidad se han seguido tres etapas: calcular la compacidad de las edificaciones, análisis comparativo de la geometría de los edificios teniendo en cuenta su compacidad y definición de niveles de clasificación.

Cálculo de la compacidad

El primer paso ha consistido en obtener de los planos y documentación gráfica disponible o, en ausencia de esta, del catastro, el área de la envolvente (fachada, cubierta y suelo) y la superficie construida de las edificaciones a estudiar. Para calcular el volumen se ha estimado como altura media de cada planta tres metros (cuando se desconocía por no disponer de planos).

La compacidad de cada edificación es el resultado de dividir el área de la envolvente del edificio (AE) y su volumen(V).

Tras obtener la compacidad de todos los edificios, se ha observado que las edificaciones con valor de compacidad por encima de uno correspondían a edificaciones de pequeñas dimensiones destinadas a vestuarios, aseos aislados o almacenes, entre otros. Por lo que se han descartado. Tampoco se han tenido en cuenta las construcciones destinadas a gimnasios o pabellones, aunque tuvieran compacidad superior a uno.

En total, de los edificios destinados a aulas, bibliotecas, comedores y administración, se ha obtenido la compacidad de 135 construcciones, que pertenecen a 79 colegios de los 90 colegios.

Análisis de los edificios

El segundo paso ha consistido en agrupar las compacidades obtenidas en intervalos de 0,1 (Tabla 3.6.) y posteriormente analizar la relación entre la forma de los edificios y los valores de compacidad obtenidos.

Compacidad	<0,30	0,31 a 0,40	0,41 a 0,50	0,51 a 0,60	0,61 a 0,70	0,71 a 0,80	0,81 a 0,9	0,91 a 1,00
Nº de edificios	0	10	32	41	13	2	10	27

Tabla 3.6. Valores de compacidad organizados por intervalos y cantidad de edificios que tienen esa compacidad. Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.40. aparecen dibujados los colegios y ordenados en función de su compacidad. En la parte superior de la imagen se sitúan los colegios con compacidad cercana a 1; en la parte inferior, los colegios con compacidad cercana a 0,25.

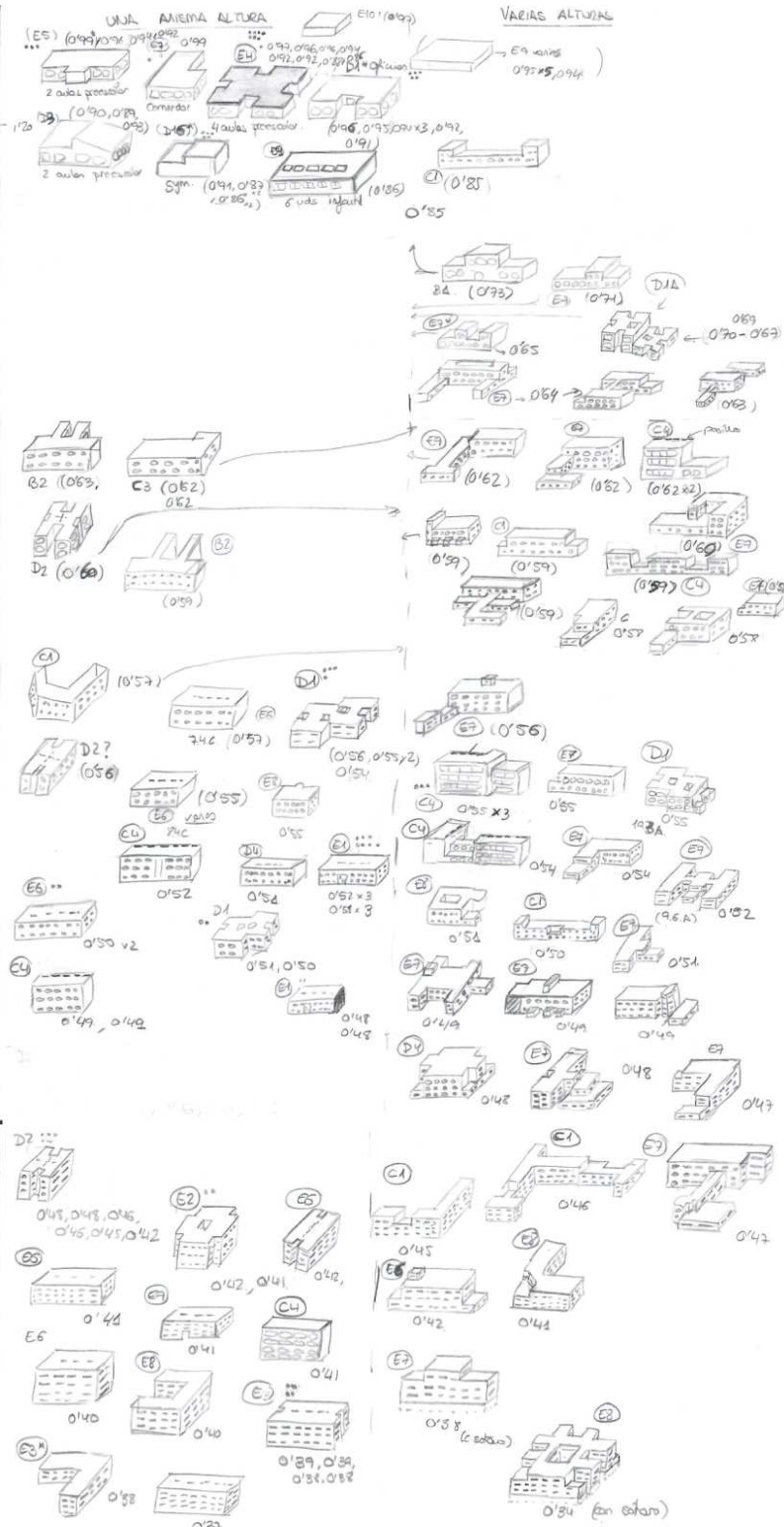


Figura 3.40. Dibujo de los centros de educación primaria de Valencia, ordenados según su compactad. Fuente: elaboración propia

3.40

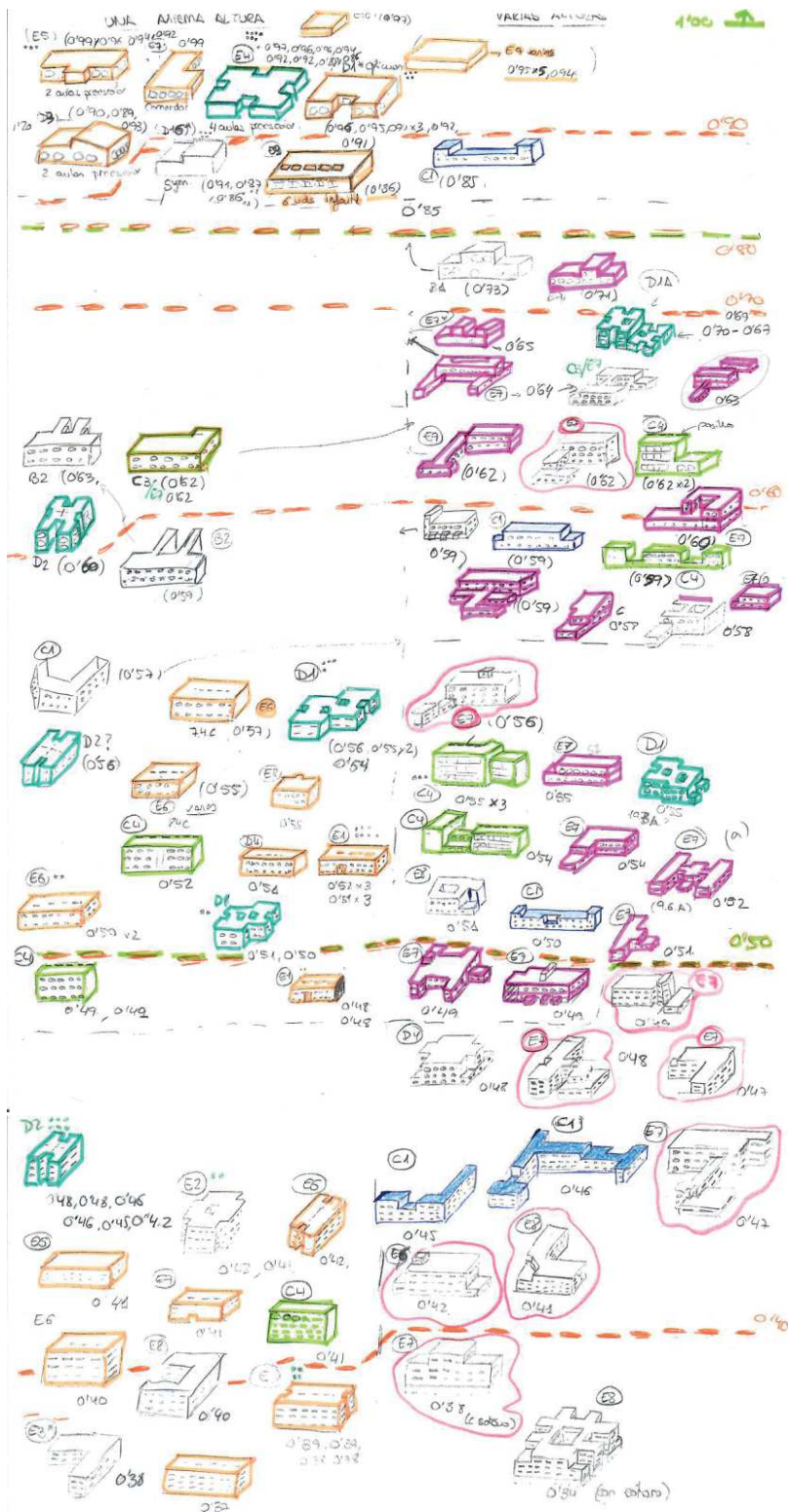
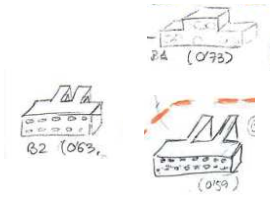


Figura 3.41 Dibujo de los centros de educación primaria de Valencia, ordenados según su compacidad y clasificados por colores según su sistema estructural y la forma de su planta: con muros de fábrica y base estrecha; muros de fábrica y base rectangular y alargada (en azul oscuro); base rectangular y estrecha, con varias plantas y aulas ubicadas en una de las fachadas longitudinales y pasillos en la otra (en verde); con base en forma de X (en azul claro); con planta rectangular, en general con pasillo central (en amarillo); con distinta superficie por plantas (en rosa y rojo), diseños singulares (sin color). Fuente: elaboración propia

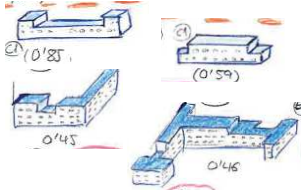
3. Segmentación del parque educativo por tipos de edificios



3.42



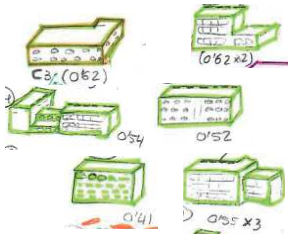
3.43



3.44



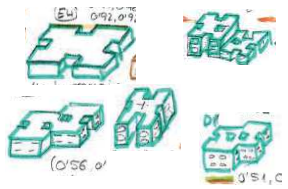
3.45



3.46



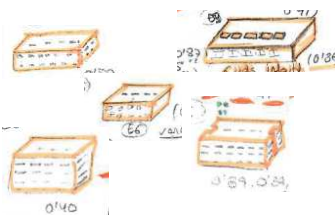
3.47



3.48



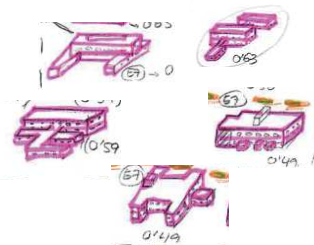
3.49



3.50



3.51



3.52



3.53

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.



Figuras 3.42. a 3.57.

Ejemplos de colegios según la clasificación realizada en la imagen 3.41. CEIP D. Olóriz, Cervantes, Padre Manjón, Les Arenes, Gaspar Gil Polo, Juan Manuel Montoya, Fausto Martínez, Raquel Paya, Jesús, Gil Polo, San Isidro, Humanista Mariner, Sector Aéreo, L' Amistat, Nicolau Primitiu, Prof. Luis Braille. Fuente: fotografías del autor.

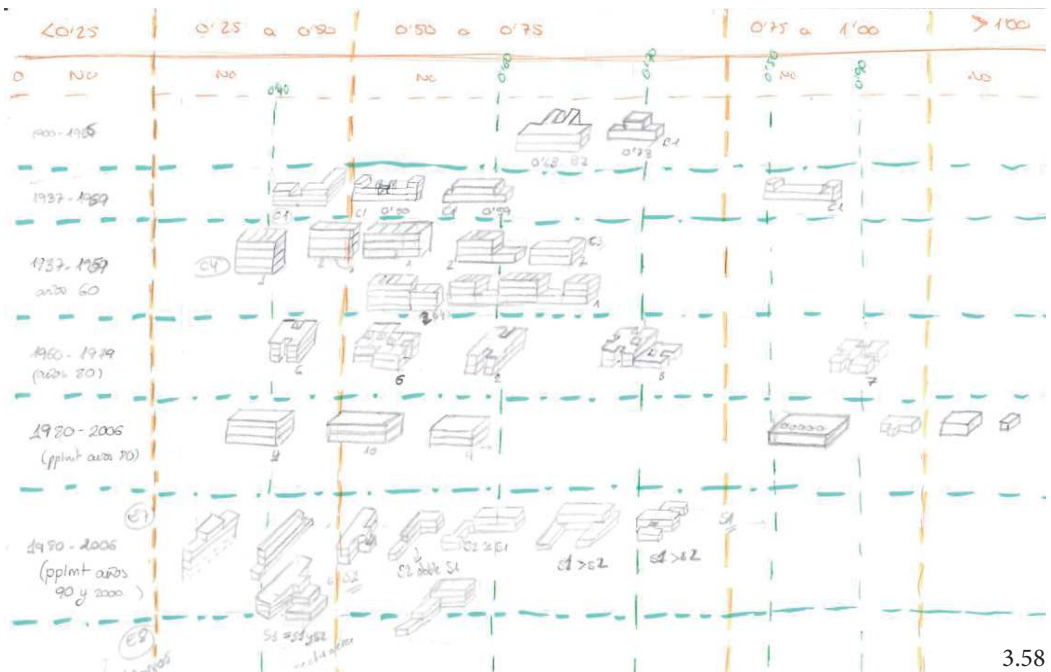


Figura 3.58.

Dibujo para el análisis de los centros de educación primaria de Valencia, ordenados según su compacidad, fecha de construcción y forma. Fuente: elaboración propia

En la figura 3.41., se han identificado, y señalado con colores, formas y configuraciones geométricas similares entre edificios. Por ejemplo, algunos edificios que tienen la misma superficie en todas sus plantas, otros son volúmenes rectangulares, otros tienen la planta en forma de X, otros tienen diseños singulares e irregulares en cuanto a forma...

Considerando la época de construcción y la geometría de las edificaciones, ha sido posible identificar y analizar 6 tipos constructivos o formas. Estos representan un 86% de los edificios estudiados. El singular diseño del resto de colegios, hace que no se puedan agrupar según un tipo representativo (Fig. 3.58 y 3.59.)

Según su forma y estructura, estos seis tipos edificios tienen:

- Muros de fábrica y base estrecha
- Muros de fábrica y base rectangular y alargada (en azul oscuro)
- Base rectangular y estrecha, con muchos niveles y con las aulas ubicadas en una de las fachadas longitudinales y pasillos en la otra (en verde)
- Base con forma de X o doble X (en azul claro)
- Base rectangular con un pasillo central y aulas en ambas fachadas longitudinales (en amarillo)
- Plantas con diversas formas y niveles con distinta superficie construida entre sí(en rosa y rojo).

Establecimiento de niveles

Para cada compacidad y forma de edificio encontramos unas características comunes (Tabla 3.7.) Para clasificar los colegios, se han localizado los valores de compacidad donde varían esas características (Tabla 3.7. y figura 3.59) y se han establecido niveles. Estos niveles son: compacidad menor a 0.25, entre 0.26 y 0.50, entre 0.51 y 0.75, entre 0.75 y 1.

3.5.2. La matriz de tipos representativos de colegios

Con los anteriores datos, se ha adaptado la matriz de tipos representativos del proyecto Tábula a los colegios de Valencia. La nueva matriz mantendría los periodos (A-F) e incluiría cuatro columnas según los niveles de compacidad (I-IV).

Cuando en un mismo periodo han coincidido varias formas o tipos constructivos, este se ha subdividido (por ejemplo, los periodos C y E, que se han subdividido en C1-C2 y E1-E2, respectivamente). Obteniéndose una matriz de 4 columnas y 8 filas (Figura 3.60), es decir, 32 tipos de edificios.

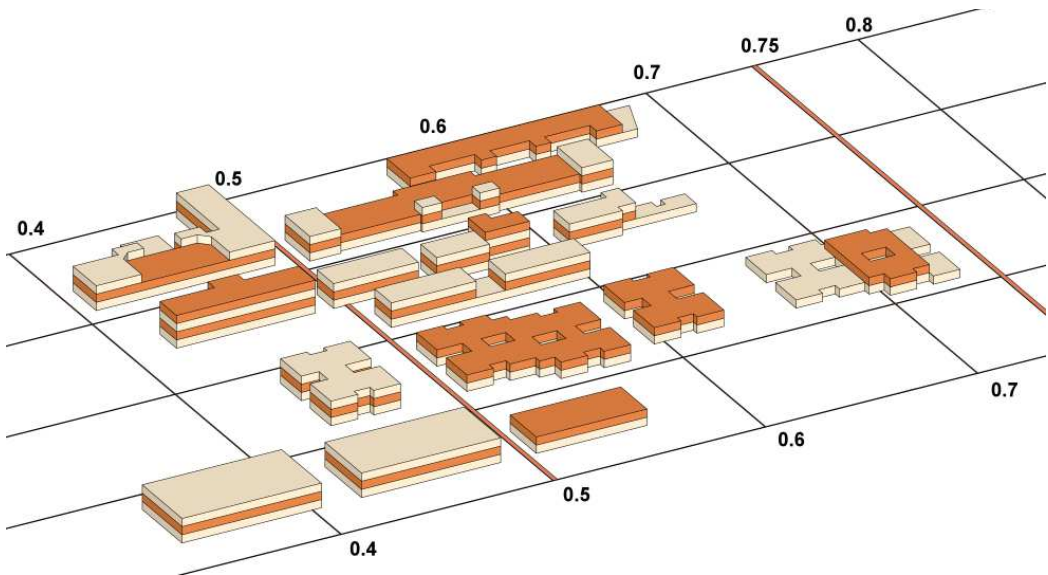


Figura 3.59. Esquema sobre cómo varía la compacidad del edificio en función de su tamaño y forma. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.7. Niveles de compacidad en relación con la altura y forma del edificio..		
Compacidad	Edificios con la misma superficie en todas las plantas	Edificios con distinta superficie por plantas
< 0,25	*	*
0,26 a 0,50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4 plantas en edificios de base rectangular y estrecha y con más niveles. ▪ 3 plantas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hacia 0,26: Edificios donde la superficie de planta segunda es prácticamente la misma que la de planta baja. ▪ 3 y 4 plantas en edificios de base rectangular y estrecha y con más niveles. ▪ Hacia 0,50: Edificios donde la superficie de cubierta de planta segunda es igual a la suma de las superficies de cubierta de planta baja y primera.
0,51 a 0,75	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 plantas en edificios de base rectangular y estrecha y con más niveles. ▪ 2 plantas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hacia 0,5: Edificios donde la superficie de cubierta de planta primera es prácticamente la misma que la de planta baja. ▪ 1 y 3 plantas en edificios de base rectangular y estrecha y con más niveles. ▪ Hacia 0,75: Edificios donde la superficie de cubierta de planta primera es menor o igual a la de planta baja.
0,76 a 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 planta 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Edificios con escasa superficie de planta primera.

* Como se observa en la tabla 3.6., en la ciudad de Valencia no hay ningún colegio con una compacidad inferior a 0,30.

Tabla 3.7. Relación entre la forma y altura de los edificios y los intervalos de compacidad establecidos. Fuente: elaboración propia


	Región	Año de construcción	Compacidad (A/V)			
			I. 1 a 0.76	II. 0.75 a 0.51	III. 0.50 a 0.26	IV. < 0.25
A	Clima Mediterráneo	...1900	A.I	A.II	A.III	A.IV
B	Clima Mediterráneo	1901 ... 1936	B.I	 B.II	B.III	B.IV
C1	Clima Mediterráneo	1937 ... 1959	 C1.I	 C1.II	 C1.III	C1.IV
C2	Clima Mediterráneo	1937 ... 1959	C2.I	 C2.II	 C2.III	C2.IV
D	Clima Mediterráneo	1960 ... 1979	 D.I	 D.II	 D.III	D.IV
E1	Clima Mediterráneo	1980 ... 2006	 E1.I	 E1.II	 E1.III	E1.IV
E2	Clima Mediterráneo	1980 ... 2006	E2.I	 E2.II	 E2.III	E2.IV
F	Clima Mediterráneo	2007...	F.I	F.II	F.III	F.IV

Figura 3.60.

Matriz resultante de clasificar edificios estudiantos en función de su año de construcción y su compacidad. Fuente: elaboración propia

No todos los tipos de la matriz tienen un modelo real asociado dentro del conjunto de edificios de la muestra. Por ejemplo, en la ciudad no hay colegios públicos construidos antes de 1900 (periodo A) o los construidos a partir de 2007 (periodo F) son escasos y con diseños singulares, esto supone que los huecos de la matriz correspondientes a esos periodos, están vacíos. Tampoco hay modelos reales para los colegios con compacidad >0.26 , pues en la ciudad todos los colegios tienen compacidades mayores a 0.3.

Hay tipos colegios que abarcan dos periodos, pero en la matriz se han agrupado en el periodo en que empezaron a construirse. Por ejemplo, los edificios del tipo C2 se construyeron en las décadas 1950 y 1960 y los del tipo D, se construyeron entre 1970 y principios la década de 1980.

De los 135 edificios estudiados, 117 se pueden agrupar en 14 tipos representativos. Cada uno de estos tipos se han caracterizado con más detalle en el capítulo 4.

Para entender mejor la matriz, según lo desarrollado en apartado anterior, tenemos que:

- Los colegios del tipo B, construidos entre 1901 y 1936, son edificios estrechos con estructura de muros de fábrica, con aulas en uno de los lados.
- Los colegios del tipo C1, construidos entre 1937 y 1959, son edificios rectangulares de volúmenes alargados y muros de fábrica, con aulas a un lado del edificio.
- Los colegios del tipo C2, construidos fundamentalmente en las décadas de 1950 y 1960, son edificios de base rectangular y estrecha, de varias plantas y con las aulas ubicadas en una de las fachadas longitudinales y los pasillos en la otra.
- Los colegios del tipo D, construidos entre 1970 y los primeros años de la década de los 80, son edificios con planta en X.
- Los colegios del tipo E1, construidos en 1980 y 1990, son edificios de base rectangular con un pasillo central, aulas en ambas fachadas longitudinales y, prácticamente, la misma superficie en todas sus plantas
- Los colegios del tipo E2, construidos en 1980 y 1990, son edificios conformados por uno o más volúmenes rectangulares con plantas de distinta superficie.



4.

CARACTERIZACIÓN DE LOS
TIPOS REPRESENTATIVOS

4.1. Introducción

Este capítulo describe los distintos tipos representativos de colegios obtenidos en el capítulo anterior, incluyendo datos históricos, características arquitectónicas y constructivas y algunos factores relevantes para su posterior estudio energético.

Se ha estudiado un edificio real de cada tipo como modelo del grupo. Se ha realizado el levantamiento gráfico de cada uno (ver anexo B), se han tomado fotografías, y recabado la información necesaria para su análisis energético.

Las características de los tipos representativos de colegios de un mismo periodo son muy parecidas, por ello, se ha procurado incluir aquellos aspectos comunes al principio de cada apartado y datos concretos de cada tipo en los sub-apartados correspondientes.

Entre las características generales de cada bloque se ha intentado seguir el siguiente esquema: diseño, estilo arquitectónico, datos de los arquitectos, históricos, etc.; distribución general de los edificios; y, características constructivas generales.

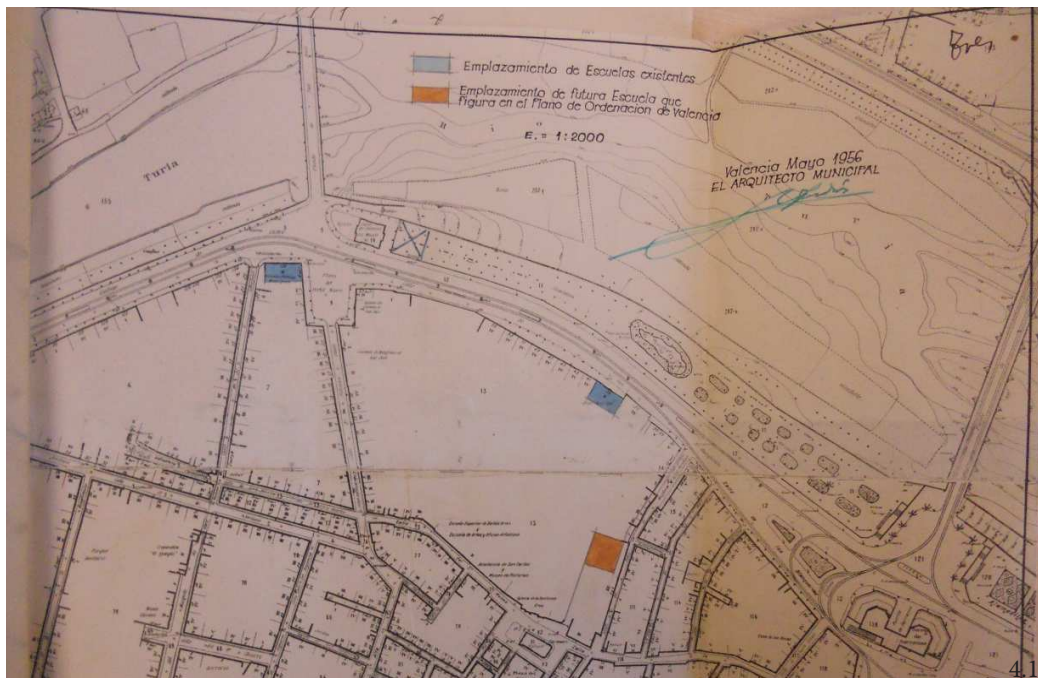
Buscando cumplir uno de los objetivos de esta investigación, generar conocimiento histórico y arquitectónico sobre los colegios de la ciudad, se ha incluido en este apartado, además de una descripción más o menos extensa, gran cantidad de material gráfico y fotográfico, así como, documentación de encontrada en archivos históricos.

Portada 4

CEIP Luis Vives: Fachada. Fuente: fotografía del autor.

Figura 4.1.

Plano de escuelas existentes y previstas en la zona de los Jardines de Serrano, donde se iba a construir la Escuela graduada Nuestra Señora de los Desamparados. Fuente: AHMV Ref._10 (ver bibliografía)



4.2. Consideraciones generales previas

En el estado de la cuestión se ponían de manifiesto algunas consideraciones históricas a tener en cuenta en el estudio y caracterización de los edificios escolares. Entre ellas están, en primer lugar, la constante necesidad de creación de puestos escolares y, en segundo lugar, las modificaciones en la legislación educativa, y en consecuencia, en la estructura educativa y los espacios pedagógicos.

Durante gran parte del siglo XX, en toda España era patente la necesidad de construcción de unidades escolares, bien por la inexistencia de estas o bien por la ubicación de escuelas en locales inadecuados. La ley del 17 de junio de 1956, del Ministerio de Hacienda y Educación Nacional, por la que se emitió Deuda para la construcción de escuelas (MHEN, 1956), manifestaba en su preámbulo que, a nivel nacional, una gran cantidad de escuelas funcionaban en locales inadecuados y que otras carecían incluso de local. Por otra parte, las que había eran insuficientes para acoger a los 45.000 niños que cada año se incorporaban.

Esta situación venía de años atrás, pues según (Gómez Alfonso, 2015), en la segunda mitad del s. XIX y el primer tercio del siglo XX, los niveles de analfabetismo y escolarización eran alarmantes. “La tasa de escolarización para niños y niñas de 6 a 11 años es la siguiente: en 1885 solo el 45% de los niños estaban escolarizados, en 1908 el 40%, en 1923 el 50% y en 1932 el 60%⁸¹”.

En el caso de Valencia la situación era similar, prueba de ello la encontramos en la memoria de los proyectos de varias escuelas graduadas construidas en los primeros años de la postguerra.

En la memoria del proyecto de escuelas graduadas en el Barrio de la Torre (Colegio Padre Manjón) de 1944, quedan recogidos datos concretos sobre las acuciantes necesidades de puestos escolares que existían en la zona, situación similar a la que se vivía en toda la ciudad y el país: “Teniendo en cuenta todas las escuelas existentes en este distrito, no solo las Nacionales, sino también las municipales, de religiosas y particulares, se atienden 1.555 niños y 2.175 niñas, o sea, en total 3.730 alumnos, y quedan completamente abandonados a los fines docentes 3.440 niños y 2.609 niñas, o sean en total 6.049 que no tienen escuela posible. Los atendidos lo son a través de 20 secciones de niños y 17 de niñas.

En la campaña que nos proponemos realizar para la construcción de Escuelas, pretendemos atender solamente el 60% del censo abandonado, o sean 3.600 alumnos, divididos en 2.000 niños y 1.600 niñas, lo que representa, 40 secciones para niños y 32 para niñas.

Como primera piedra de esta campaña, presentamos el proyecto presente, que nos permitirá, a razón de 50 escolares por sección, albergar 400 niños y otras tantas niñas, mediante dos secciones de párvulos y seis mayores para cada uno de los sexos, o sean en total 16 secciones” (AHMV, Ref._8, 1944)

Vicente Valls y Francisco Navarro, arquitectos del proyecto, señalan que, en este distrito, el elevado número de alumnos no solo provienen del Barrio de la Torre, sino de las alquerías esparcidas por la huerta colindante.

En el proyecto del colegio Salvador Tuset encontramos que “el vecino poblado de Benicalap, tiene actualmente unas escuelas en locales alquilados y por lo tanto en malas condiciones de instalación, aparte de la escasez que su número representa frente a la cantidad excesiva de niños en aquella demarcación.”(AHMV_ Ref._9, 1947)

Como se ha visto en el capítulo 2, para suplir estas necesidades se fueron sucediendo diversos planes de construcciones escolares tanto a nivel nacional como regional. Para facilitar su ejecución, muchos de los centros se construyeron a partir de modelos de colegios, que, o bien provenían de concursos de prototipos de centros escolares, o bien de modelos diseñados por las administraciones y adaptados a las regiones y/o a los solares concretos.

Figuras 4.2. a 4.4.

Ejemplo de uno de los modelos de colegios construidos en toda España en los años 80: CEIP Narixa, Nerja (Málaga); CEIP , Fuengirola (Málaga), CEIP Ginés de los Ríos, Valencia. Fuente: fotografías del autor.



Estos modelos cumplían las exigencias normativas de las distintas leyes educativas que se fueron promulgando en España y se adaptaban a los nuevos sistemas pedagógicos.

Entre las modificaciones más significativas están, la introducción de la educación graduada, la enseñanza mixta en escuelas públicas o las variaciones de la estructura educativa, como por ejemplo, el cambio de la Educación Primaria a la Enseñanza General Básica.

Desde el punto de vista de la caracterización y el estudio energético de los colegios, lo anteriormente descrito supone que:

- Muchos de los colegios tienen un diseño común, por lo que, a la hora de escoger los modelos de edificios de cada tipo representativo, se ha escogido, si existía, un colegio que siguiera alguno de estos diseños
- La escasez de puestos escolares hizo que, además de crear numerosos centros en pocos años, se ampliaran otros existentes mediante la construcción de pabellones o aularios. En consecuencia, como se ha visto anteriormente, un mismo centro puede englobar edificios de distintas épocas, y por lo tanto, con una demanda energética y un consumo muy diferentes entre sí. Por ello, el estudio se realiza sobre edificios concretos de un colegio, no sobre todo el centro escolar.
- Además de las ampliaciones, los edificios han sido objeto de modificaciones y reformas (cambios en la distribución de espacios, sustitución de ventanas y carpinterías, modificación de los sistemas de climatización). Por ello, aunque en este capítulo se incluye la descripción de algunas de las modificaciones llevadas a cabo, el estudio energético se llevará a cabo según las características originales del colegio o del tipo.



4.3. Colegios tipo B (1900-1936)

Los colegios públicos construidos en Valencia en esta época son escasos. Solamente cinco de ellos se conservan actualmente. Hasta 2010 también se encontraba en pie el edificio original del colegio Santa Teresa, y, durante el desarrollo de esta investigación, el edificio del colegio San Juan Ribera (sede Guillen de Castro 162) ha cambiado su uso, siendo en la actualidad sede de la Asamblea Local de la Cruz Roja. El centro escolar se ubica actualmente en la Calle Cirilo Amoros.

Varios de estos colegios han sido objeto de una rehabilitación integral más o menos reciente (Cervantes, Jaime Balmes, Doctor Olóriz y 9 de octubre).

El colegio 9 de octubre, era la antigua cárcel de mujeres. Fue construido por el arquitecto Vicente Agustí en 1925, según catastro, y reformado por Gonzalo Almazán y Javier Soriano en 2007.

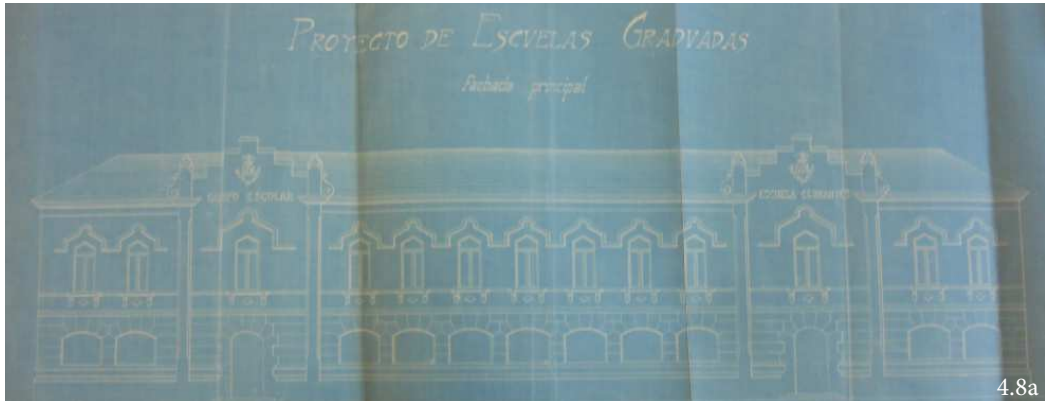
Según (Gómez Alfonso, 2015), en este periodo, con el fin de reducir las altas tasas de analfabetismo y la escasez de puestos escolares, se produce en toda España un incremento significativo del número de construcciones escolares. Sin embargo, en la ciudad de Valencia, no en la provincia, la construcción de escuelas, en general, no pasa de pequeñas actuaciones promovidas por particulares y ampliaciones de escuelas municipales en locales y centros ya existentes. A excepción de varios grupos escolares privados, los cuatro de promoción municipal que aún se conservan y, el colegio Santa Teresa, que fue diseñado por el arquitecto Vicente Ferrer Pérez en 1910, que ha sido sustituido por un nuevo colegio.

Figura 4.5.
CEIP Cervantes, exterior. Fuente: fotografías del autor.

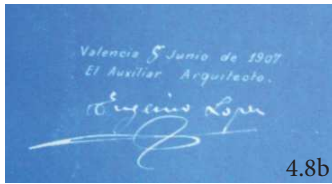




Figuras 4.6. y 4.7.
CEIP Luis Vives y antiguo colegio San Juan de Ribera. Fuente: fotografías del autor.



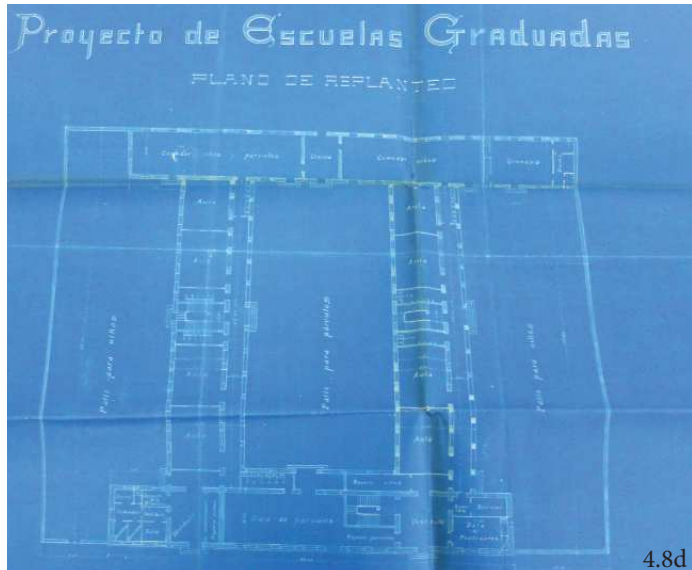
4.8a



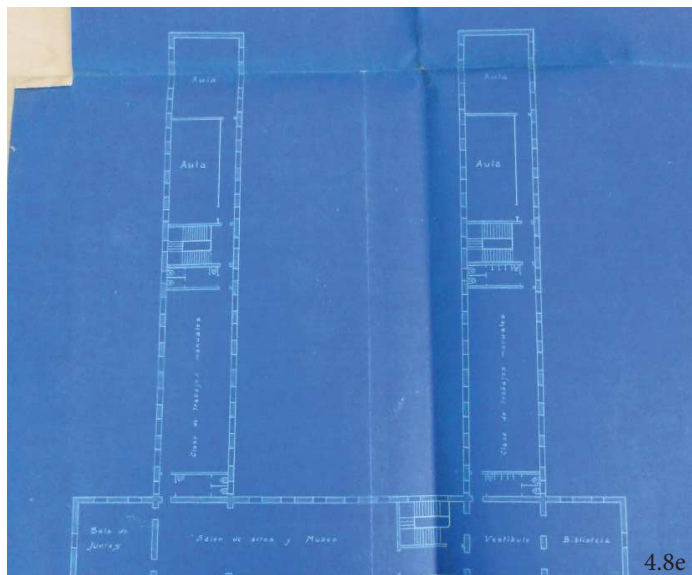
4.8b



4.8c



4.8d



4.8e

Figura 4.8. Colegio Cervantes, proyecto para escuelas graduadas, 1908: planos de alzado, planta baja y primera y firma de los arquitectos. Fuente: AHMV ref.-1 (ver bibliografía)

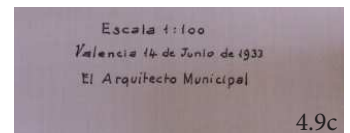
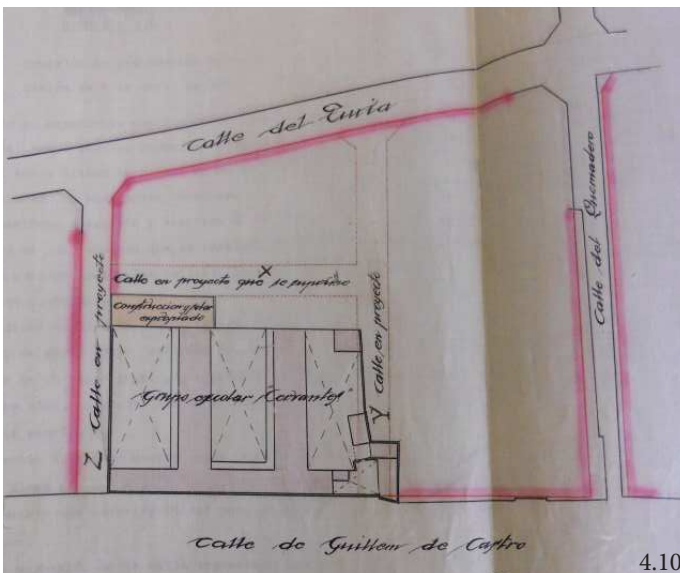
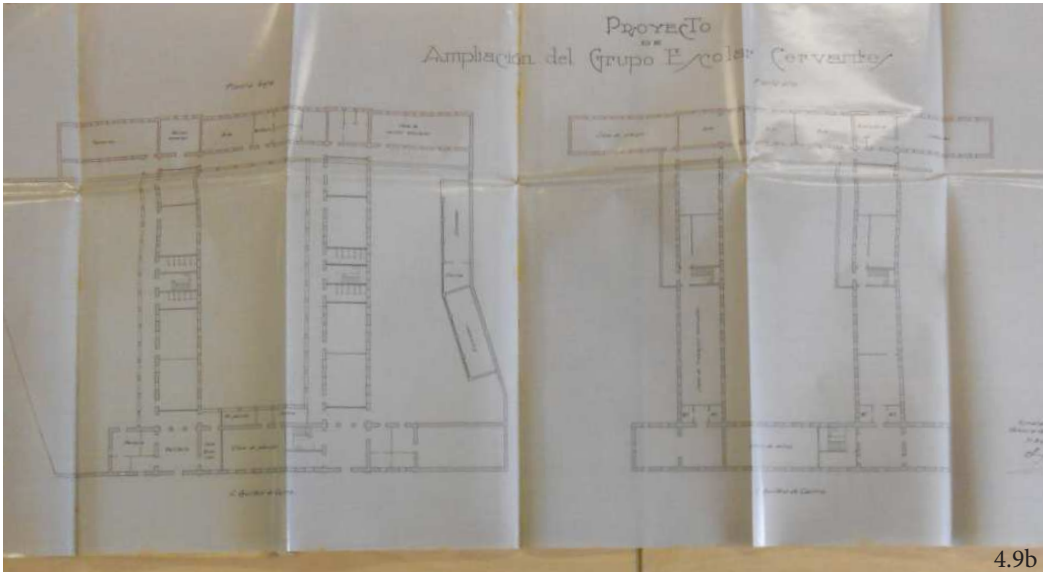


Figura 4.9. Colegio Cervantes, proyecto de ampliación de 1933: planos de alzado, planta baja y primera. Fuente: AHMV ref.-6 (ver bibliografía)

Figura 4.10. Colegio Cervantes, proyecto de ampliación. plano de situación, 1936. Fuente: AHMV ref.-7 (ver bibliografía)

Todos los colegios municipales de este periodo y el siguiente estaban divididos en secciones y dotados de accesos independientes para niños y niñas.

Los grupos escolares Cervantes (1906), Luis Vives (1910) y Balmes (1917) fueron diseñados por el arquitecto auxiliar municipal Eugenio López Aracil, posteriormente arquitecto municipal. Según (Gómez Alfonso, 2015), el diseño de los dos primeros es semejante al planteado por Luis Domingo Rute en su Tipo 6 en la Colección de planos de escuela pública de enseñanza primaria (MIPBA, 1908). Se trata de un colegio de tres volúmenes rectangulares de dos plantas, el bloque principal y dos perpendiculares, con forma parecida a una U.

El grupo escolar Cervantes disponía de 12 aulas, seis para cada sexo, un aula de párvulos, salón de actos, comedor, cocina y despachos. Inicialmente estaba prevista la construcción de un cuarto bloque de una planta paralelo al bloque principal. Pero, no fue hasta 1933, cuando el ayuntamiento adquirió los terrenos y se pudo construir esta zona, que finalmente fue de dos plantas y, en años posteriores, se elevó su altura. El colegio Luis Vives, como muestra en el siguiente apartado, era de menor tamaño, pero tenía la misma forma que el anterior.

El grupo Balmes estaba constituido por dos edificios independientes con forma parecida a una T y dos plantas, comunicados por un patio central. Ambos edificios eran prácticamente idénticos. Mientras que la primera planta de ambos edificios era similar, con tres aulas, biblioteca y museo escolar, cada una. La planta baja de ambos incluía tres aulas, sala de profesores y zona de vivienda y aseos. En el caso del edificio de la sección de niñas, una de estas aulas era para párvulos, y contaba con un aseo propio.

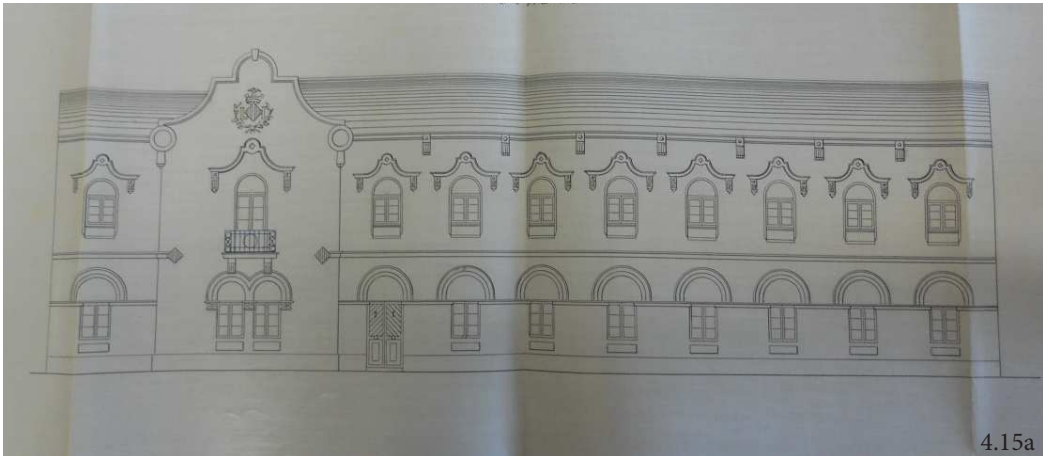
Por último, el Grupo Olóriz, del arquitecto Manuel Peiró, fue construido por iniciativa privada y cedido al ayuntamiento. Inicialmente se trataba de un edificio de dos plantas, con dos aulas, biblioteca, museo escolar y sala de profesores

Todos estos colegios, han sido modificados con el tiempo, ya sea mediante la ampliación de los edificios existentes o mediante la construcción de edificios independientes.

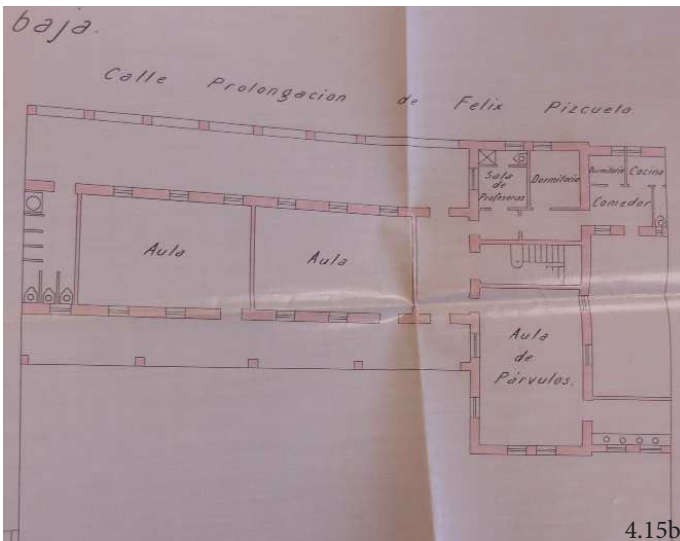
Con independencia de las modificaciones realizadas, las construcciones de esta época se caracterizan por tener un diseño arquitectónico similar, con estructura de muros de carga de gran inercia y buen comportamiento térmico, a pesar de no contar con ningún tipo de aislamiento. Salvo modificaciones posteriores, la carpintería es de madera con vidrio simple, la cubierta de teja curva sobre rastreles de madera, con falso techo de cañizo y yeso, el sistema de calefacción es mediante radiadores eléctricos en aulas y despachos.



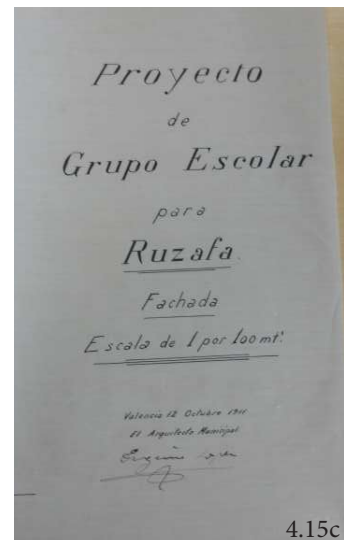
Figuras 4.11. a 4.13.
CEIP Jaime Balmes, Doctor Olóriz y Santa Teresa (fachada del antiguo colegio). Fuente: fotografías del autor.



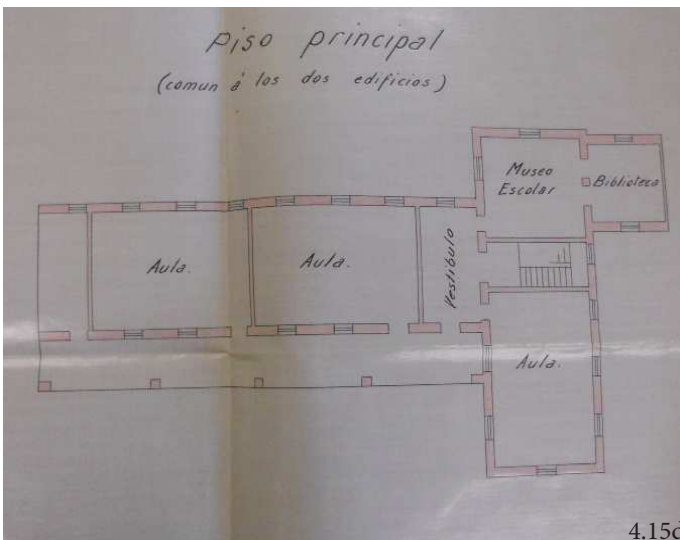
4.15a



4.15b



4.15c



4.15d

Figura 4.15. Colegio Jaime Balmes, proyecto de grupo escolar para Ruzafa: planos de alzado, plano de planta baja del edificio sur y plano de planta primera común a ambos edificios. Fuente: AHMV ref.-2 (ver bibliografía)

4.3.1. Colegio tipo B-II: Luis Vives

El colegio estudiado como modelo de este grupo es el colegio Luis Vives, por tratarse de uno de los colegios de esta época que se encuentran sin rehabilitar.

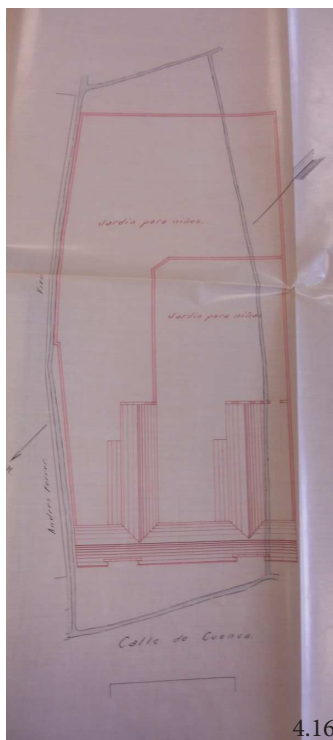
El centro está ubicado en la calle Cuenca 17, en un solar de 3.724 m². Además del edificio principal, de 1915 según catastro, el colegio cuenta con una ampliación ejecutada en 1984, según datos aportados por el centro.

Figura 4.16.

CEIP Luis Vives, proyecto de escuelas graduadas, plano de situación. Fuente: AHMV ref.-3 (ver bibliografía)

Figura 4.17.

CEIP Luis Vives: plano de emplazamiento y vista aérea. Fuente: elaboración propia e imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/> (abril 2016))



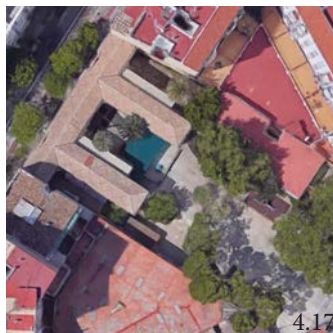
El proyecto del edificio, del arquitecto municipal Eugenio López Aracil, está fechado en diciembre de 1911. Al igual que otros colegios de esa época, el centro contaba dos secciones, con accesos y zonas de recreo en el patio interior independientes, tal y como se aprecia en el plano de emplazamiento del proyecto inicial.

Como se ha descrito en el apartado anterior, el colegio de dos plantas y con forma parecida a una U, está formado por un volumen rectangular con fachada principal a calle Cuenca y otros dos volúmenes perpendiculares a este, donde se encontraban las aulas.

El edificio contaba con ocho aulas, cuatro para niños y cuatro para niñas, cada sección tenía una sala para maestros, un museo escolar y dos núcleos de aseos, estaban conectados entre sí por la vivienda del conserje, situada en la parte central del bloque de fachada. El acceso a las aulas se realizaba por unas galerías exteriores, que permanecen hoy en día.

La distribución actual del edificio ha sido modificada, como se puede apreciar en los planos. Actualmente en él se encuentran, en planta baja, un aula multiusos, el aula de religión, la sala de profesores, conserjería, la zona de administración (secretaría, dirección, archivos...) y dos comedores. En dos construcciones anexas, que ya existían en 1977, se ubican la cocina, la despensa, dos almacenes y un vestuario para monitores.

En la planta segunda se encuentran la biblioteca, dos aulas de primaria y las aulas de informática, inglés, plástica, pedagogía y psicopedagogía.



El aulario construido en 1984 en el lateral izquierdo del patio, alberga siete aulas, tres de educación infantil y cuatro de educación primaria, con sus correspondientes aseos (Serrano, 2010).

Unos años antes de la construcción del aulario, se aprobó un proyecto de ampliación de cuatro aulas, fechado en agosto de 1977 y firmado por el arquitecto Salvador Borchá Vila. La no ejecución de esta construcción puede explicarse a partir de una solicitud al delegado provincial del ministerio, hallada junto a la documentación anexa al proyecto. En ella, director del centro



Figura 4.18.
CEIP Luis Vives: exteriores. Fuente:
fotografías del autor.

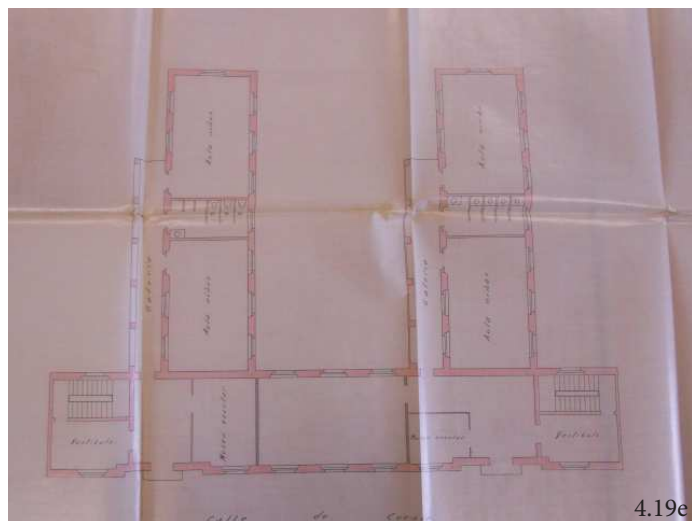
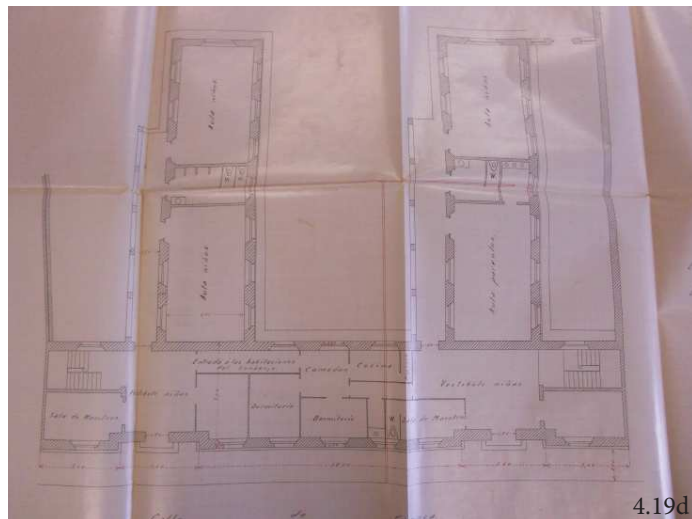
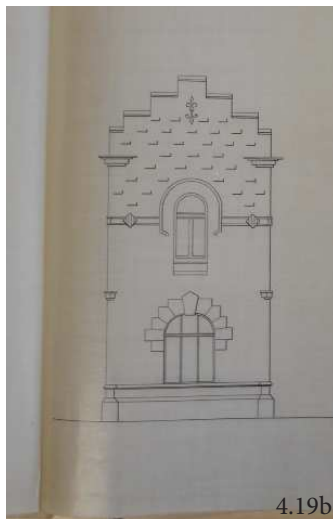


Figura 4.19. CEIP Luis Vives, proyecto de escuelas graduadas, plano de alzados, planta baja y primera. Fuente: AHMV ref.-3 (ver bibliografía)

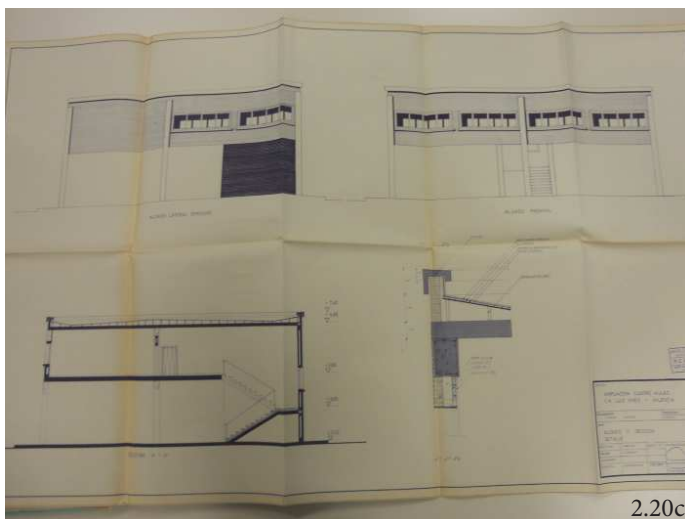
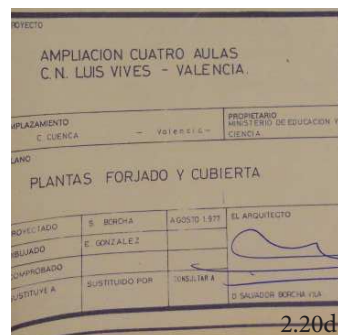
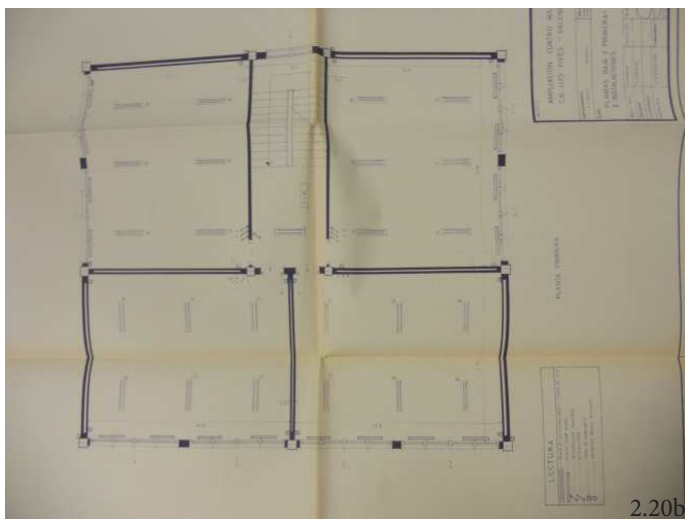
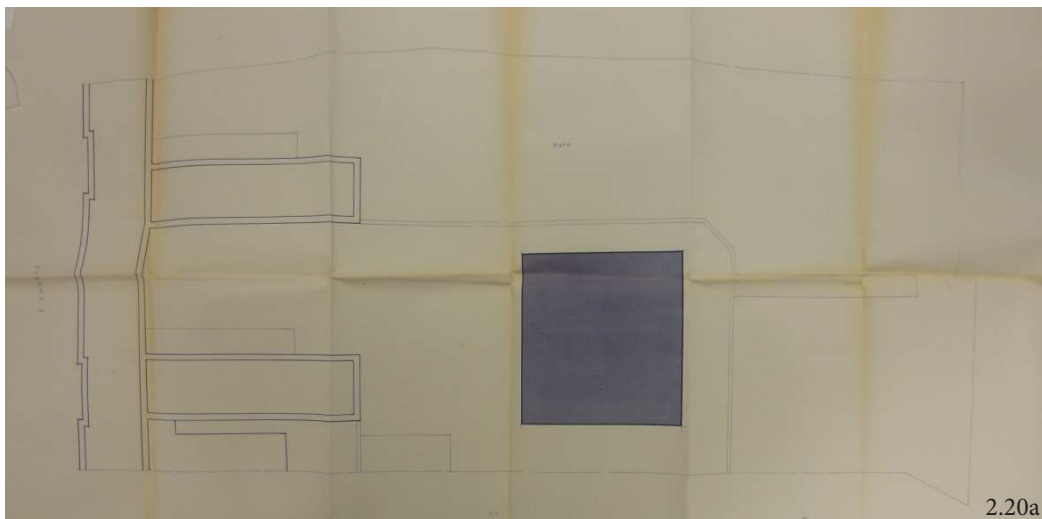


Figura 4.20. CEIP Luis Vives, proyecto ampliación de cuatro aulas (no ejecutado). Fuente: AHCV ref.-4 (ver bibliografía)

en octubre de 1977, expone la conveniencia de retrasar la construcción de un aulario y emplear el dinero destinado a dichas obras a reparar las múltiples deficiencias que presenta el edificio principal. Además, sugiere que cuando se ejecute el aulario se reforme el edificio principal, ubicando en él las aulas de uso común, despachos, secretaría, etc.

Respecto a las características de los elementos de la envolvente térmica, similar a la de otros edificios del grupo, la estructura se configura mediante muros de carga de fábrica de ladrillo macizo, forjados unidireccionales de viguetas metálicas con revolcón cerámico.

La mayor parte de las puertas y ventanas han sido sustituidas por unas carpinterías de aluminio anodizado color plata, con vidrio simple. Se conservan algunas puertas de madera originales, como las de acceso al centro o los balcones.

La cubierta es inclinada de teja cerámica plana, tablero cerámico, cámara de aire ventilada y falso techo, originariamente de cañizo y yeso. El tablero cerámico está dispuesto sobre correas de madera, que descansan en los muros de fábrica.

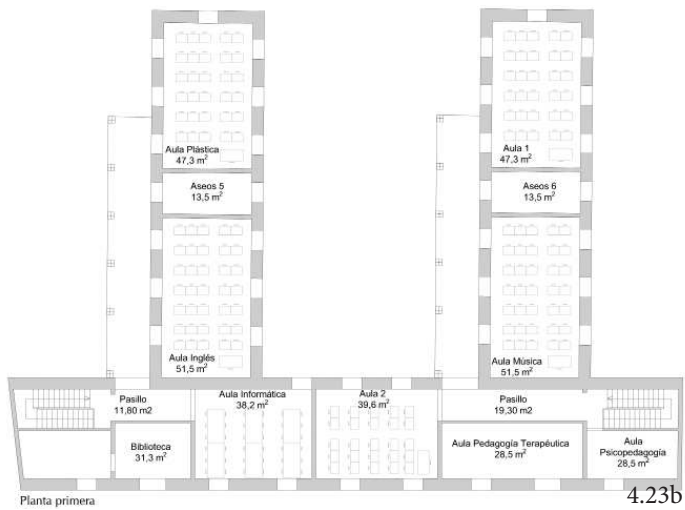
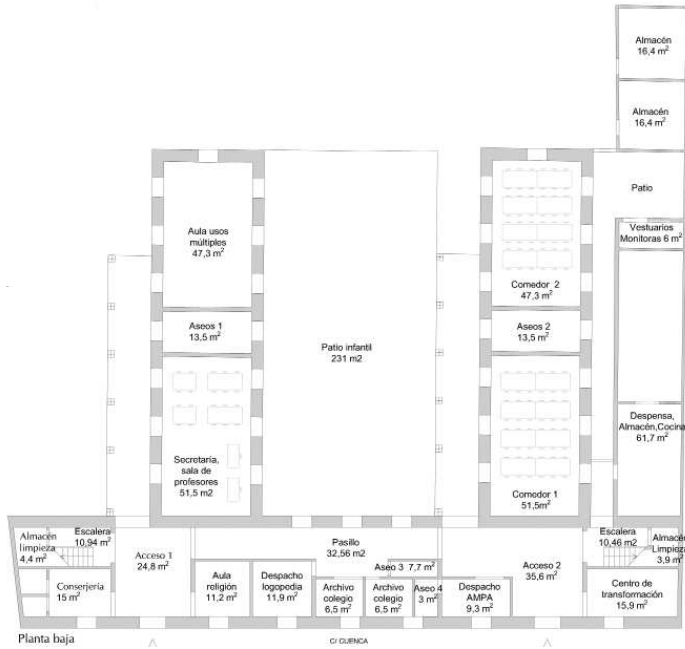
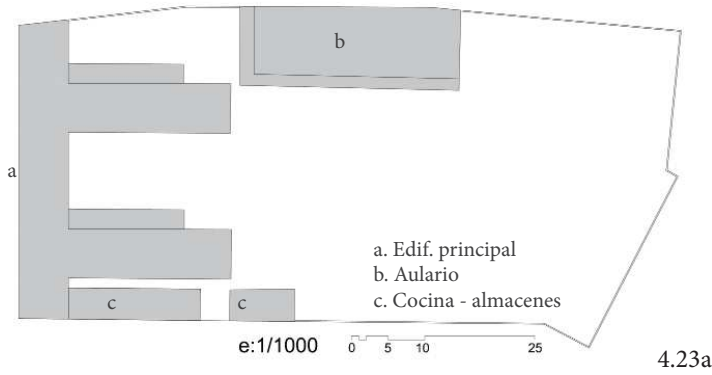
Las aulas y despachos están calefactadas mediante radiadores eléctricos. Ni las fachadas ni la cubierta disponen de aislamiento térmico.

Figura 4.21.
CEIP Luis Vives: aulario construido en 1984 . Fuente: CEIP Luis Vives

Figura 4.22.
CEIP Luis Vives: exteriores. e interior. Fuente: CEIP Luis Vives

Figura 4.23.
CEIP Luis Vives: plano de emplazamiento (a), y planos de planta baja y primera del estado actual (b). Fuente: elaboración propia (a) y planos cedidos por Begoña Serrano Lanzarote (b)





4.4. Colegios tipo C1.

Estos colegios fueron construidos entre 1944 y principios de los años 50. Se caracterizan por seguir el estilo constructivo de los modelos de escuelas graduadas de educación primaria pública avalados por el Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes propuestos en 1913.

Se trata de arquitecturas historicistas con planta en L o en línea, donde las aulas se suelen situar en la fachada interior del edificio. En la fachada exterior se distribuyen los despachos, aulas complementarias, otras dependencias o los pasillos de acceso.

Inicialmente, los colegios estaban divididos en secciones: niños, niñas y párvulos. Disponían de accesos y zonas separadas por sexos, como se aprecia en los planos de los proyectos originales de los colegios Salvador Tuset y Padre Manjón, lo que hace que sean prácticamente simétricos tanto externa como internamente.

Varios de ellos forman parte de las primeras edificaciones escolares que se construyeron después de la Guerra Civil Española, en parte con una subvención, que el Estado había concedido en 1934 y que no se pudo ejecutar en ese momento, entre otras razones, por el estallido de la guerra (Sánchez, 2011).

Según (Sánchez, 2011) los primeros colegios construidos con estos presupuestos fueron: “el primero junto a la parroquia de nueva construcción de Nuestra Señora de Gracia en el Barrio de la Torre, una nueva construcción con 6 secciones para niños, 6 para niñas, 4 para párvulos y comedores escolares. Un segundo grupo junto a la nueva iglesia del Buen Pastor en las calles Erudito Orellana y Juan Llorens, con 12 secciones para niños. Junto a otro solar destinada a escuelas en Massarrojos, con 2 secciones para niños, las mismas que para niñas y una de párvulos. Un cuarto grupo estaba situado en la Carretera de San Luis, junto al dispensario de Higiene Infantil y Prenatal, en gestiones por aquel entonces, con cinco secciones para niños, cinco para niñas y comedores escolares.

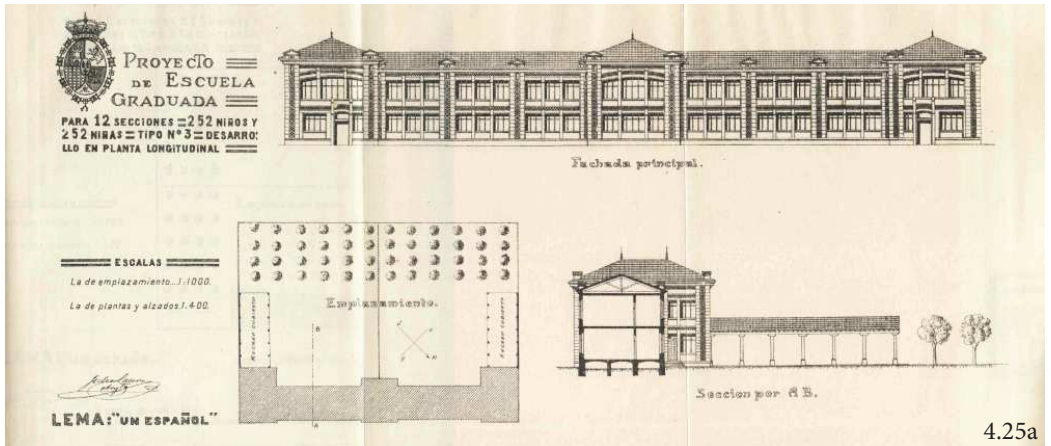
Los proyectos de estos cuatro grupos escolares estaban formulados conjuntamente por el Arquitecto Jefe de Construcciones Escolares del Ministerio, Francisco Navarro Borrás y el Arquitecto Municipal escolar Vicente Valls y Gadea. Un presupuesto extraordinario (...) había ido a parar a la compra de la manzana de la calle Bello, de los Poblados Marítimos, donde Regiones Devastadas estaba construyendo gratuitamente un grupo escolar”.

Los colegios citados anteriormente se corresponden con los colegios Padre Manjón, Teodoro Llorente, José Senent, respectiva-

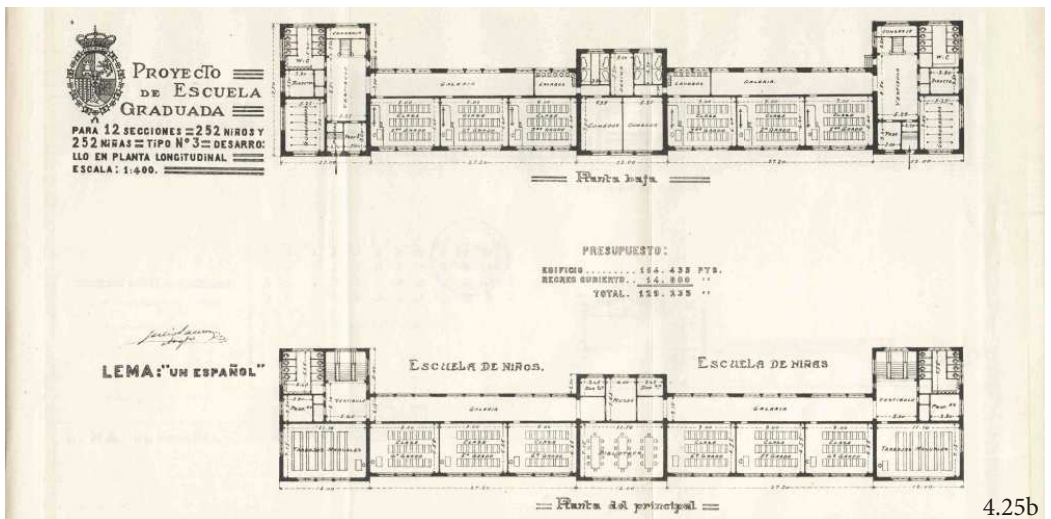
Figura 4.24.
CEIP Les Arenes: fachada lateral.
Fuente: fotografía del autor.

Figura 4.25.
Modelos de escuelas de educación primaria públicas de 12 secciones, formulados por Julio Sáenz y Barés.
Fuente: Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes, 1913.

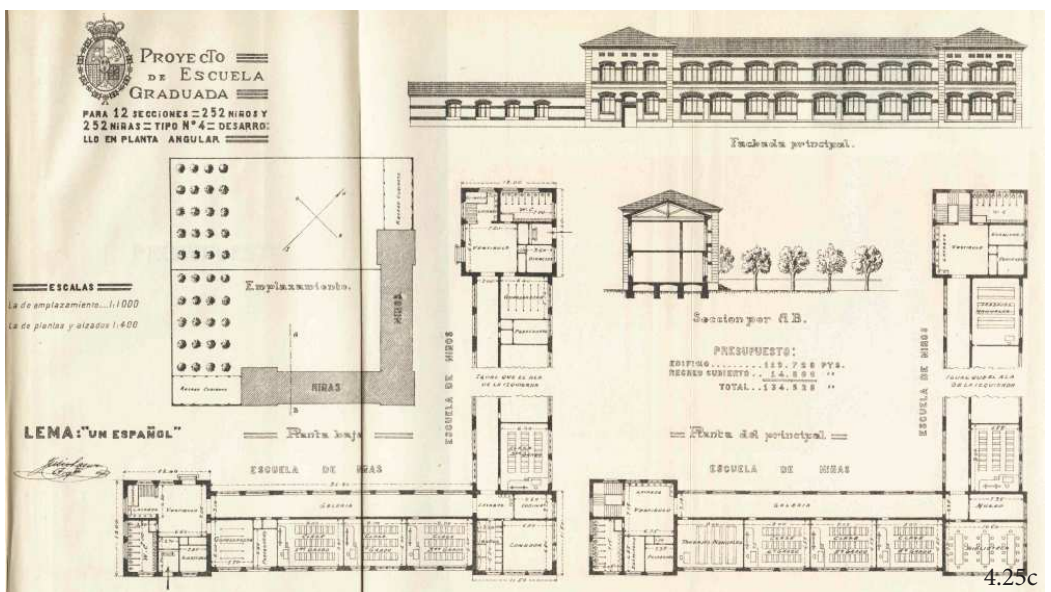




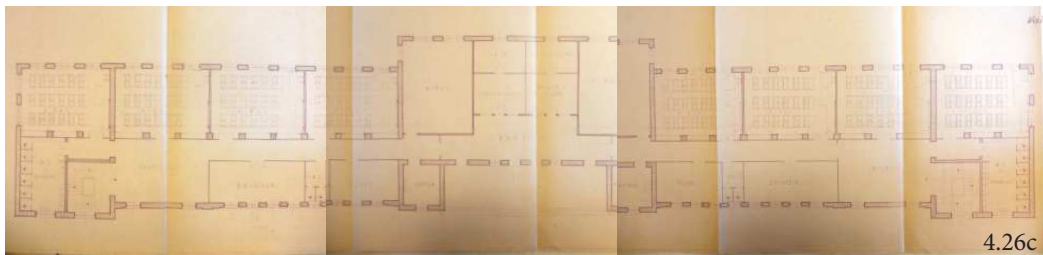
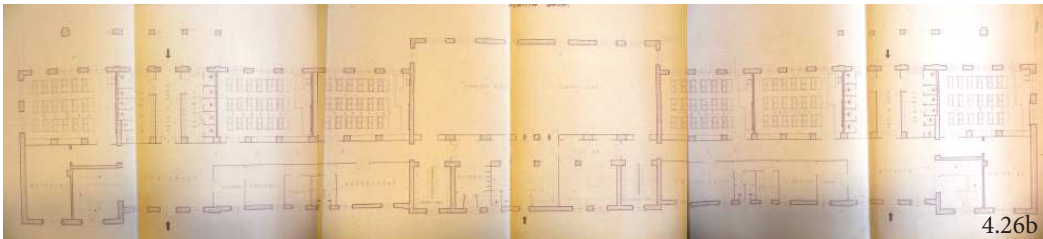
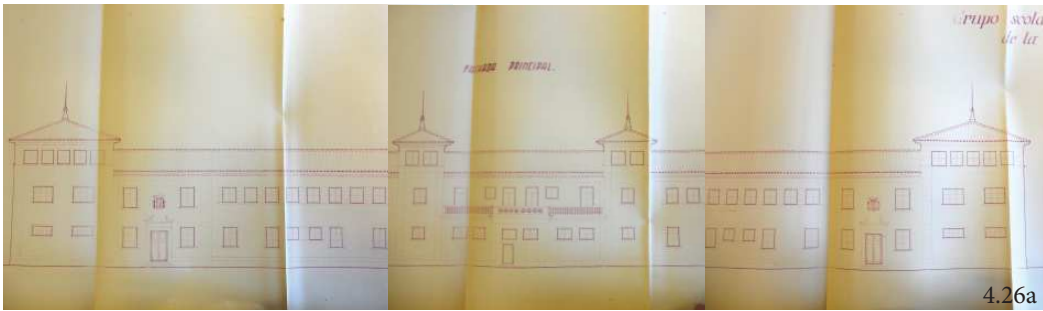
4.25a



4.25b



4.25c



mente. El cuarto colegio se desconoce a cual corresponde o si se llegó a realizar, y el construido en la Calle Bello es el colegio San José de Calasanz.

A estos colegios hay que añadir los colegios Les Arenes y Salvador Tuset, construidos posteriormente.

Tanto en la Memoria del proyecto de escuelas graduadas en el Barrio de la Torre (Colegio Padre Manjón), 1944, como en la del proyecto del grupo escolar Salvador Tuset, de 1947, firmado por el arquitecto municipal Vicente Valls y Gadea, encontramos la descripción de los elementos constructivos de la envolvente, es decir, muros de carga, pilares de ladrillo, cubiertas de teja cerámica y carpinterías de madera. Además, ponen de manifiesto las restricciones existentes en el uso de determinados materiales, como por ejemplo el hierro, o las dificultades para adquirirlos debido a la situación del país tras la guerra.

En la memoria del colegio del Barrio de la Torre, leemos que “se ha proyectado este edificio pensando en una cimentación de hormigón ciclópeo, en forma de losas (...) con espesor bastante

Figura 4.26.
Planos del proyecto del CEIP Padre Manjón (C. Castillo de Cullera 3, Valencia). 1944-1948. Fuente: Fotos del autor. AHMV ref.-8 (ver bibliografía)

para no ser precisa una armadura de hierro. Los muros hasta la altura de un metro irán de fábrica de ladrillo recibido con mortero de cemento, continuando en el resto de la altura con mampostería recibida con mortero de cal hidráulica, interceptándola cada metro de altura por una verdugada de ladrillo macizo, formada por tres roscas; serán de fábrica de ladrillo las jambas y dinteles de los huecos, y estos últimos se harán únicamente con vida de hormigón armado, donde la luz sea de mayor tamaño, puesto que en este y en todos los detalles tratamos de ahorrar la mayor cantidad posible de hierro, dadas las circunstancias actuales, según la Ley de Restricción en el uso de este material, y las dificultades de obtención (...).

Los pilares serán de fábrica de ladrillo macizo (...). La estructura horizontal se hará con vigas maestras de hormigón armado formando luego los tableros del piso con hormigón y piezas de cerámica, (...), ya que por este procedimiento podemos asegurar mejor la obtención de la nervadura de hierro necesaria aunque si nos fuera posible la adquisición del hierro ejecutaríamos una losa de hormigón armado, dando a las vigas maestras la forma de T para economizar la altura visible.

La cubierta (...) tendrá en puntos determinados y altura variable las ventilaciones necesarias para la cámara formada entre cielo-raso y cubierta. El cielo-raso será de cañizo colgado de la cubierta y enlucido de yeso”.

De la memoria del colegio Salvador Tuset extraemos que “los cimientos una vez abiertos en zanjas, (...), se rellenarán con hormigón de cemento, pudiendo intercalar mampuestos limpios y envueltos completamente por masa hasta que llegando enras con la superficie exterior se iniciarán las fábricas superiores con fábrica de ladrillo en aristas, pilares y elementos destacados, mientras que los muros de contorno se ejecutarán con mampostería interrumpida con verdugados de ladrillo en una proporción de un tercio de su volumen y dejando los huecos correspondientes a las fachadas, en la forma que se ha dibujado.

Tanto los pilares como los muros, una vez llegados a la altura de la planta superior, recibirán las vigas maestras de hormigón armado que han de preparar el forjado de piso que se completará con nervios y bovedillas, obteniendo así el paramento horizontal del piso superior, y continuando la elevación de las fábricas hasta llegar a la altura de la cubierta que mediante cuchillos de hierro, (...), apoyarán la cubierta formada por correas, listones, tableros de rasilla y reja árabe.”

Es de suponer que los colegios construidos en la ciudad en este mismo periodo, de los que no se dispone proyecto original, fueron ejecutados de forma similar.



Figuras 4.27. a 4.29
CEIP Padre Manjón, Teodoro Llorente
y Salvador Tuset. Fuente: fotografías
del autor.



Figuras 4.30. a 4.32.
CEIP San José de Calasanz, Les Arenes y José Senent. Fuente: fotografías del autor.

4.4.1. Colegio tipo C1-I: José Senent

El colegio José Senent se sitúa en la periferia de la ciudad, en Massarrojos, que pertenece al distrito administrativo 17 de la ciudad de Valencia. El centro se ubica en un solar de 4.348 m² y cuenta, según catastro, con una superficie construida total de 1.346 m².

Además del edificio principal, el colegio dispone de la antigua vivienda del conserje, un edificio con aulas para educación infantil, un pabellón deportivo, ambos añadidos con posterioridad, y una zona de almacenes y vestuarios. Como se ha indicado anteriormente, se empezó a construir en 1944, y data de 1950 según catastro.

Se trata de un edificio de planta lineal con fachada principal orientada a noroeste. En los laterales de la fachada principal se alzan dos torreones, uno de ellos alberga el hall de entrada al edificio desde el exterior del complejo, el otro es, actualmente, el aula de música. Teniendo en cuenta que, en el momento de su construcción, el edificio contaría con dos secciones separadas, niños y niñas, es posible que este espacio, simétrico al hall de entrada, fuera otra entrada al edificio. Sin embargo, no disponemos de material gráfico que corrobore esta hipótesis.

Se ubica en mitad del solar, dividiéndolo en dos patios independientes. Dispone de cuatro accesos, uno hacia la calle Senent Ibáñez, otro acceso hacia el patio norte, donde se ubican el pabellón, la vivienda del conserje y los vestuarios, y otros dos comunican con el patio sur, donde se encuentra el edificio de infantil.

El edificio cuenta con un pasillo central de acceso a las aulas y otras dependencias. En la fachada posterior, orientación sureste, se ubican las aulas, los aseos y dos despachos. En la fachada principal se halla un aula, el aula de informática, el aula de música, dirección, conserjería, comedor y cocina.

El sistema estructural del edificio es mediante pilares de ladrillo y muros de carga, el muro central cuenta con arcos de sobre pilares de fábrica de ladrillo.

La cubierta es de teja cerámica, las carpinterías son de madera con vidrio simple, con persianas de pvc (ejecutadas posteriormente). Tiene falso techo en todo el edificio, con una altura libre de 3.57 m.

Dispone de aire acondicionado en la sala de profesores y calefacción central en todo el edificio e infantil, salvo en cocina. Según el centro escolar, el sistema de calefacción fue instalado en torno a 1992. En la cocina aún se conserva un radiador eléctrico, por lo que es de suponer que el resto de estancias tendría ese mismo sistema de calefacción.

Figura 4.33.
CEIP José Senent: vista aérea. Fuente: Imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/> (abril 2016))



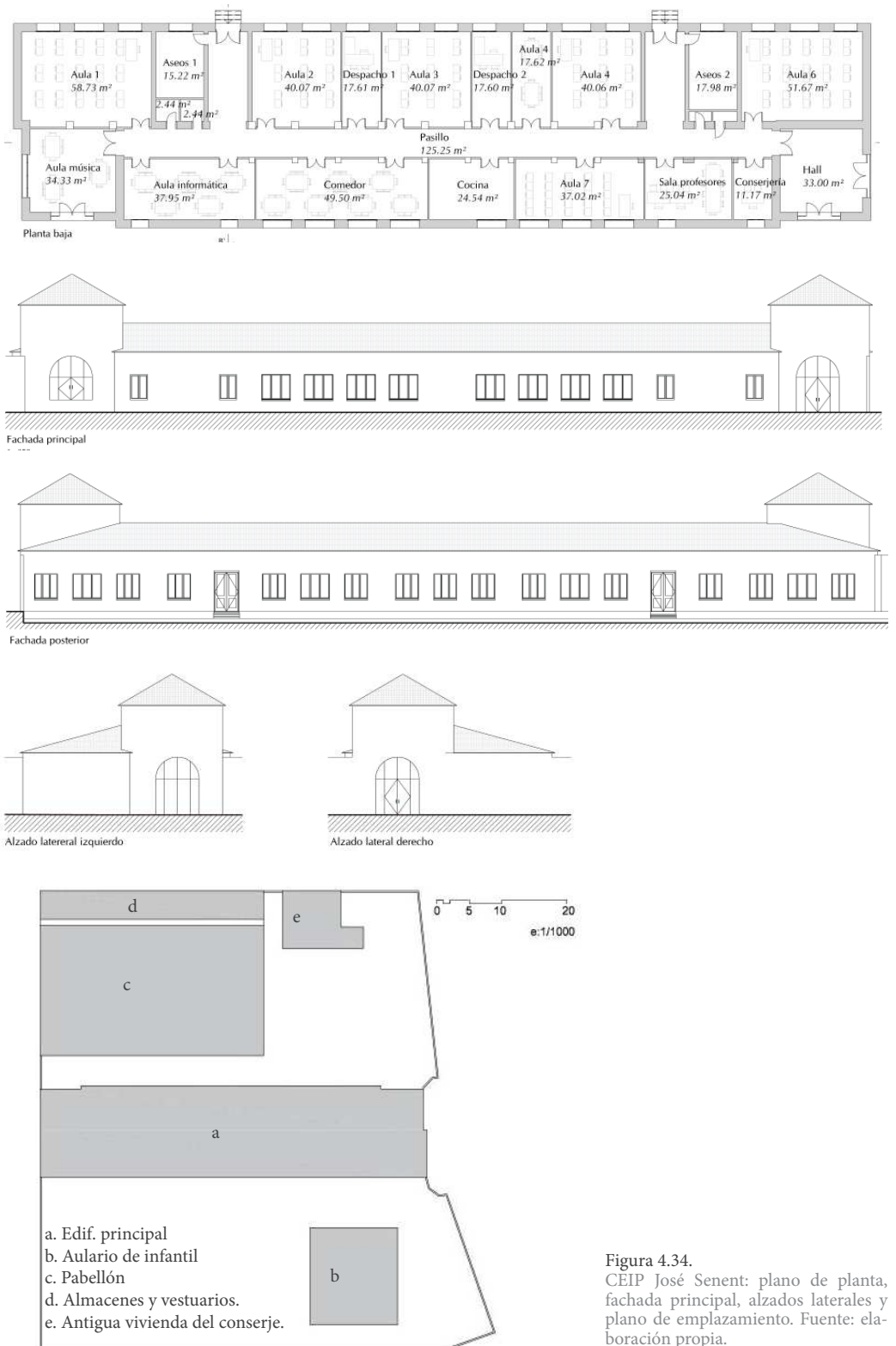


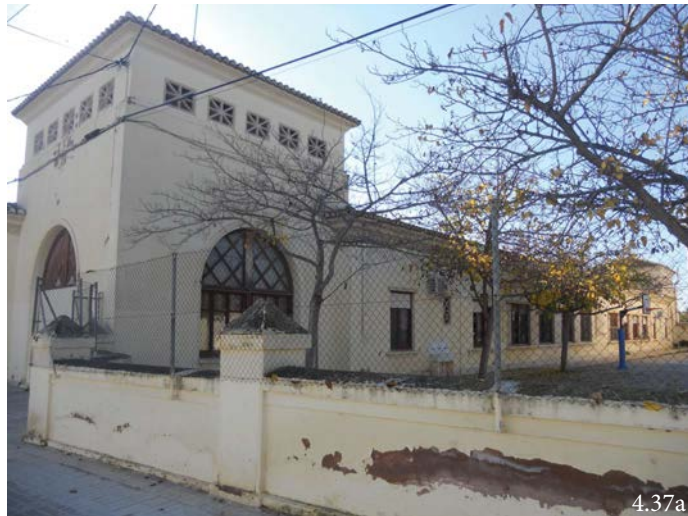
Figura 4.34. CEIP José Senet: plano de planta, fachada principal, alzados laterales y plano de emplazamiento. Fuente: elaboración propia.



Figura 4.35.
CEIP José Senent: vista aérea. Fuente: imagen satélite obtenida en Google Maps: <https://www.google.es/maps/> (abril 2016)

Figura 4.36.
CEIP José Senent: fotografía de la estructura portante y los elementos constructivos bajo cubierta, imagen tomada durante las obras de reforma de los aseos, 2016. Fuente: fotografía cedida por la dirección del centro escolar.

Figura 4.37.
CEIP José Senent: exteriores (fachada principal, fachada a patio sur, acceso a aula de infantil, antigua vivienda del conserje, pabellón deportivo) e interiores (aulas, hall). Fuente: fotografías del autor





4.4.2. Colegio tipo C1.II: Salvador Tuset

El colegio Salvador Tuset se sitúa en c/ del Álamo 2, en el barrio de Benicalap, pertenece al distrito administrativo número 16 de la ciudad de Valencia. El centro se ubica en un solar de 4.177m² y cuenta, según catastro, con una superficie construida de 3.527 m². Se desconoce el nivel de protección del edificio principal.

Como se ha indicado anteriormente, el proyecto del edificio principal, del arquitecto municipal Vicente Valls y Gadea, data de 1947. Con el tiempo, se han ido añadiendo al centro escolar otras construcciones como un aula de primaria, comedor, aulas de educación física, biblioteca y aula de religión o almacén.

El edificio principal, al igual que muchos de los edificios de este tipo, tiene planta lineal con las aulas en un lado y pasillos, despachos y otras dependencias al otro (aseos, conserjería, almacenes...). Se trata de una construcción simétrica de dos plantas, con mayor altura en el centro, donde se elevan ligeramente los muros y la cubierta, al mismo tiempo que sobresale la fachada. Se ubica al oeste del solar, disponiendo las aulas hacia el interior, con orientación sur.

Inicialmente el colegio contaba con cinco clases para niños, cinco para niñas y dos para párvulos, con sus correspondientes aseos, despachos y un local común para la inspección médico-sanitaria. Se distribuían en zonas independientes con accesos separados desde la calle y el patio. Las clases de párvulos quedaban situadas en el centro de la planta baja, a la sección de niñas se accedía por la izquierda y a la de niños por la derecha.

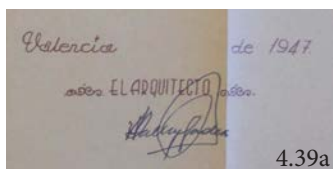
Actualmente, el edificio principal alberga diez aulas, todas las de infantil y algunas de primaria, dirección, sala de profesores, secretaría, conserjería, varios despachos, aula de informática, etc. El resto de aulas de primaria se ubican en el aula de primaria construido entre finales de la década de los años 50 y los años 70.

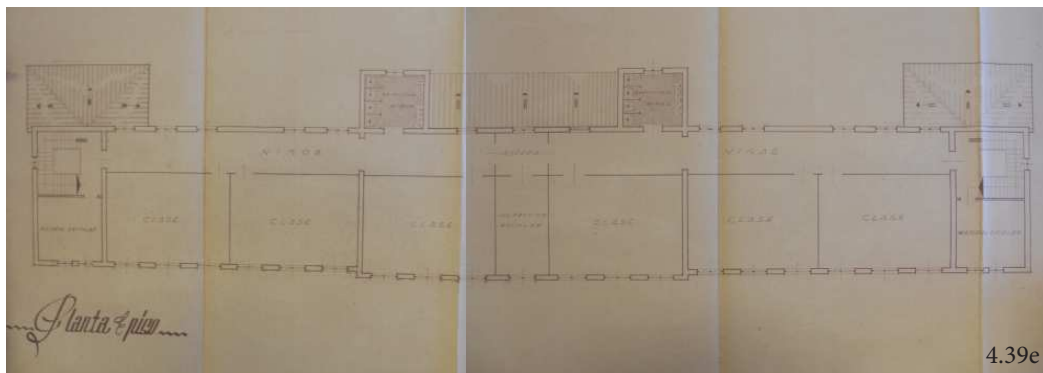
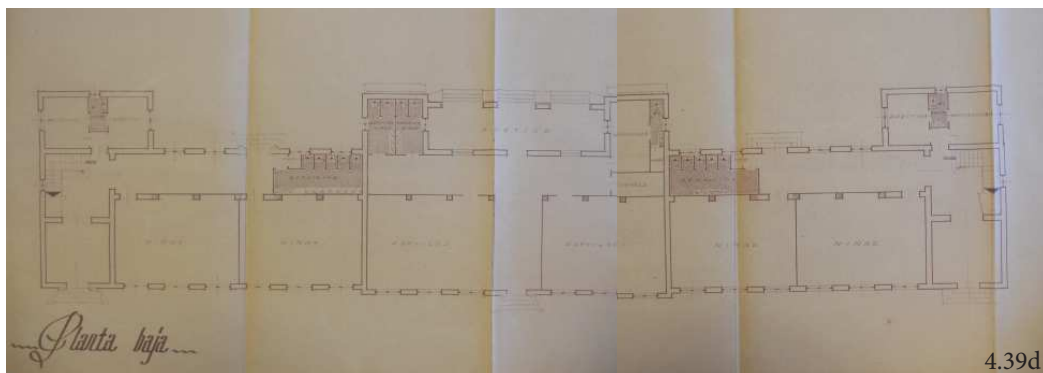
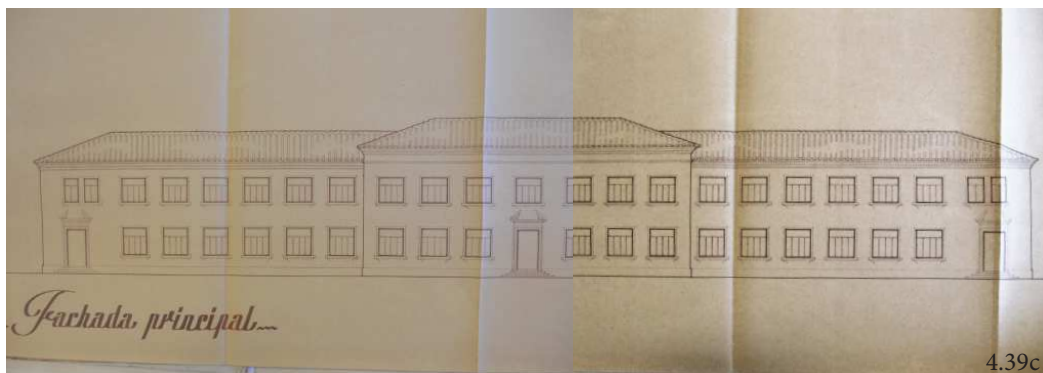
Además de la redistribución de aulas y obras de pequeña magnitud, mientras que la zona central en planta baja se mantiene independiente por el interior respecto al resto del edificio, en la planta superior, se ha eliminado la estancia que separaba ambas secciones, creándose un único corredor de acceso a las aulas.

Desde el punto de vista constructivo, además de las características indicadas en la descripción común de los colegios de este tipo, el edificio cuenta con calefacción por radiadores eléctricos en aulas y despachos, así como aire acondicionado en algunas de ellas.

Figura 4.38.
CEIP Salvador Tuset: vista aérea.
Fuente: imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/> (abril 2016))

Figura 4.39.
CEIP Salvador Tuset, proyecto de grupo escolar (1947): firma del arquitecto, plano fachadas, planta primera y planta segunda. Fuente: AHMV ref.-9 (ver bibliografía)







4.40a

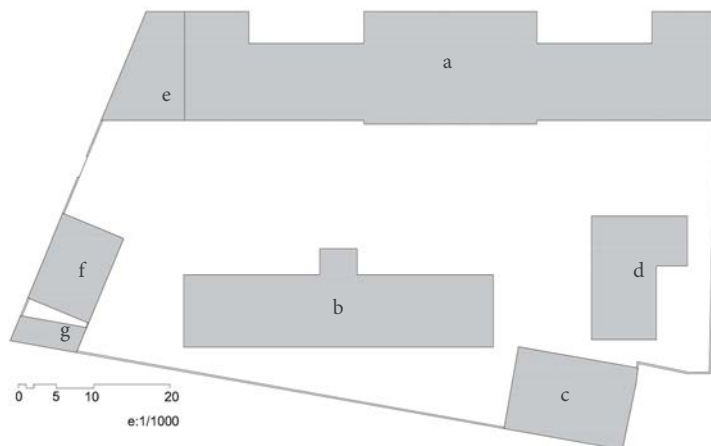
Figura 4.40.
CEIP Salvador Tuset: fachada principal, aula de primaria, gimnasio, comedor, biblioteca y ampliación (almacén y clase) Fuente: fotografías del autor.



4.41

Figura 4.41.
CEIP Salvador Tuset: vista aérea. Fuente: imagen satelital obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/> (abril 2016))

Figura 4.42.
CEIP Salvador Tuset: plano de emplazamiento. Fuente: elaboración propia.



- a. Edif. principal
- b. Aula de infantil
- c. Aulas de ed. física
- d. Comedor

- e. Aula de primaria y almacén
- f. Aula de religión y biblioteca
- g. Almacén

4.42



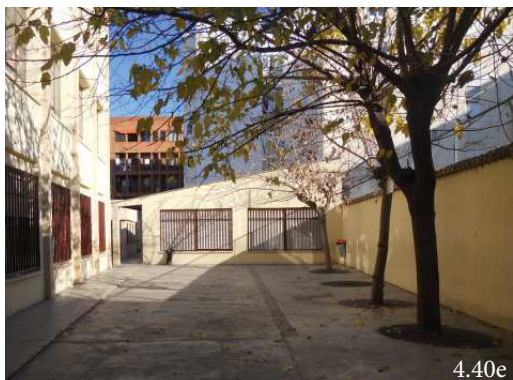
4.40b



4.40c



4.40d



4.40e



4.40f



4.40g



4.40h



4.40i



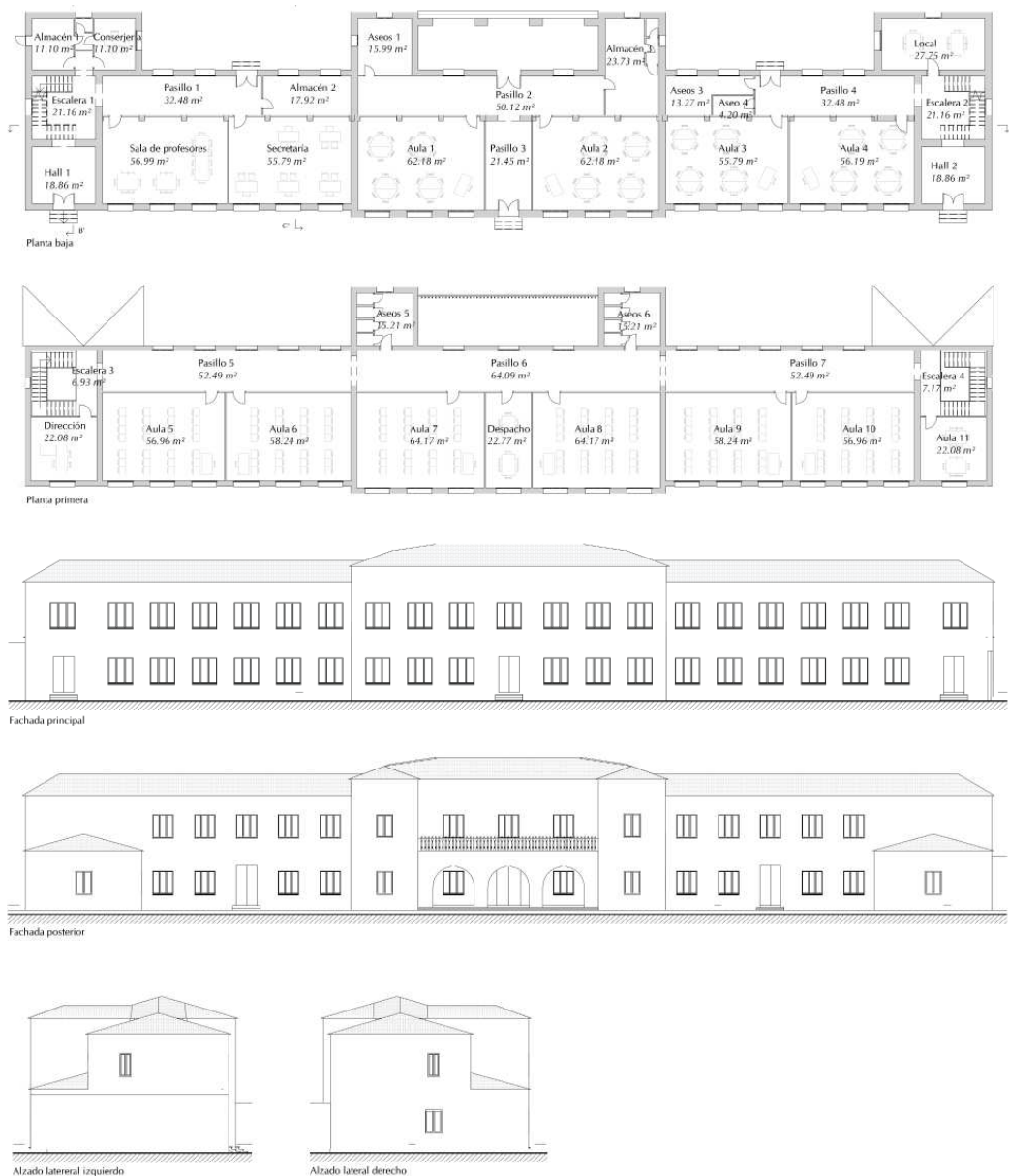


Figura 4.43. CEIP Salvador Tuset: exteriores e interior. Fuente: fotografías del autor.

Figura 4.44. CEIP Salvador Tuset: plano de planta baja, primera y fachadas. Fuente: elaboración propia.

4.4.3. Colegio tipo C1.III: Les Arenes

El colegio Les Arenes, se llamaba inicialmente Grupo Escolar Enrique Terrasa. Se trata de un edificio construido en un solar de 4.442 m², con una superficie construida de 4.854 m² y útil de 4.596 m² aproximadamente. La geometría de su planta tiene forma de L, ubicándose las aulas y las salas de profesores en el lado de mayor longitud, que da a la calle Virgen del Sufragio, y los despachos, aulas de apoyo, comedor, cocina, escaleras, etc, en el lado menor, que da a la calle Casas Lanuza. Al igual que otros colegios de este tipo, son edificios alargados, con estancias hacia un lado de las fachadas y pasillos al otro. En este caso, en el lado mayor, las aulas están hacia el interior, y en el lado menor, las aulas, y otras estancias, se sitúan hacia el exterior.

Según los datos aportados por el centro, el colegio se construyó en 1944 y empezó su actividad en 1945. Inicialmente disponía de dos plantas, salvo en los dos torreones que daban a la calle Casas Lanuza, posteriormente se construyó una planta más sobre la zona de las aulas.

Además de esta ampliación, en torno a los años sesenta se construyeron en el patio, tres volúmenes conectados al lado menor del edificio. Dos de ellos, de planta rectangular y tres alturas, albergaban aseos y un almacén, el otro, de solo una planta, albergaba una capilla, que estaba abierta a la gente del barrio barrio y que actualmente es el gimnasio. El patio del colegio también se llegó a utilizar como cine al aire libre.

En 2010 se cambiaron todas las ventanas del centro, sustituyendo las que había de metal o madera y vidrio simple, por otras de aluminio y vidrio tipo climalit. Debido al mal estado en que se encontraban los núcleos de aseos de los años sesenta, se procedió a su derribo y sustitución por otros nuevos con estructura de acero. La arquitecta encargada del proyecto fue Susana Iñarra Abad.

Figura 4.45.
CEIP Les Arenes: vista aérea. Fuente: imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/> (abril 2016))



Dispone de 5 accesos, uno en calle Virgen del Sufragio y tres en calle Casas de Lanuza y otro en Avda. del Mediterráneo, sin contar con los accesos desde el patio. En planta baja se sitúan las aulas de infantil, conserjería, gimnasio, AMPA, vestuarios,...; en planta primera, aulas de primaria, administración, cocina, comedor, aulas de otros usos como informática, educación especial,...; en la segunda planta se encuentra el resto de aulas de primaria, el salón de actos y un almacén. Los profesores disponen en cada planta de una sala con aseo y un pequeño almacén.

El centro cuenta con sistema de calefacción por radiadores eléctricos, aire acondicionado en algunas estancias, y agua caliente sanitaria en cocina, vestuarios y algunos aseos.



46a

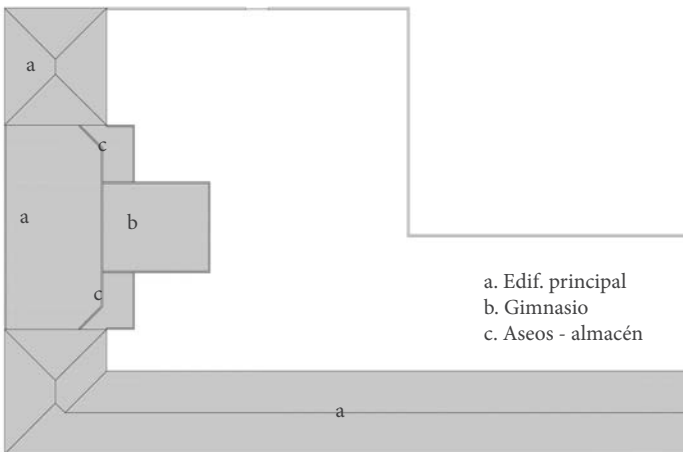


Colegio Enrique Terrasa en obras

4.46b



4.46c



e:1/1000 0 5 10 25 4.47

Figura 4.46.

CEIP Les Arenes (antiguo Enrique Terrasa): vista aérea del colegio (fotografía posterior a 1970), imagen durante la construcción y antiguas alumnas durante la ampliación de la tercera planta. Fuente: fotografías cedidas por el CEIP Les Arenes.

Figura 4.47.

CEIP Les Arenes: plano de emplazamiento. Fuente: elaboración propia.



4.49



4.50a



4.50b

Figura 4.49.
CEIP Les Arenes: vista aérea. Fuente: imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/> (abril 2017))

Figura 4.50.
CEIP Les Arenes: fachada principal y patio interior. Fuente: fotografías del autor.

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.



4.5. Colegios tipo C2.

Los colegios de este tipo datan de finales de la década de los 50 y principio de los 60 y fueron ejecutados en base a dos modelos o prototipos. Están enmarcados dentro de la Ley general de educación de 1953.

Se trata fundamentalmente de un grupo de centros educativos construidos con objeto de paliar la necesidad de puestos escolares que, al igual que en el resto de España, existía en la ciudad en los años 50 y que se agravó en 1957 por desbordamiento del río Turia. Esta riada provocó enormes daños en los inmuebles de la ciudad e hizo que 12.000 niños se quedaran sin escuela (Taberner Pastor et al., 2007). Ante esta situación, el Ministerio de Educación y el Ayuntamiento de Valencia aprobaron un ambicioso plan de construcciones escolares en enero de 1958 (Ayuntamiento de Valencia, 1967).

Algunos de los grupos escolares ejecutados bajo este plan fueron construidos en base a uno de los diseños premiados en el II Concurso Nacional de Construcciones Escolares, en concreto, el proyecto para climas cálidos de los arquitectos Rafael Fernández-Huidobro Pineda y Pablo Pintado y Riba. Este proyecto fue adaptado por los arquitectos municipales José Pedros y Juan José Estelles a las múltiples geometrías de los solares donde se iban a construir los nuevos centros (Martínez Marcos, 2010).

Estos colegios, conocidos como los colegios del Plan Riada, son Torreñel, Primer Marqués del Turia, Ausias March, Balleter Fandos, Gaspar Gil Polo y Rodríguez Fornos (sustituido por un nuevo colegio).

A lo largo de los años, sucesivas reformas y adaptaciones han ido modificando la configuración inicial de estos edificios. De este grupo, el colegio con el diseño más fiel al original es el Primer Marqués del Turia.

El segundo modelo o prototipo se corresponde con el diseño seguido para la construcción de los colegios Juan Manuel Montoya, Jaime I, Nuestra Señora del Carmen, Haro (actualmente instituto...). Las ampliaciones de los colegios Salvador Tuset (ampliación) y Torreñel siguen este modelo, pero fueron construidos posteriormente, aunque se desconoce la fecha exacta, esta estaría entre finales de los años sesenta y principios de los setenta.

Al igual que en el primer modelo, estaban divididos por secciones, niñas y niños tenían edificios y accesos diferentes. La posición de los edificios se adaptaba a la geometría del solar donde iban ubicados.

Figura 4.51.
CEIP Les Arenes: fachadas e interior.
Fuente: fotografías del autor.

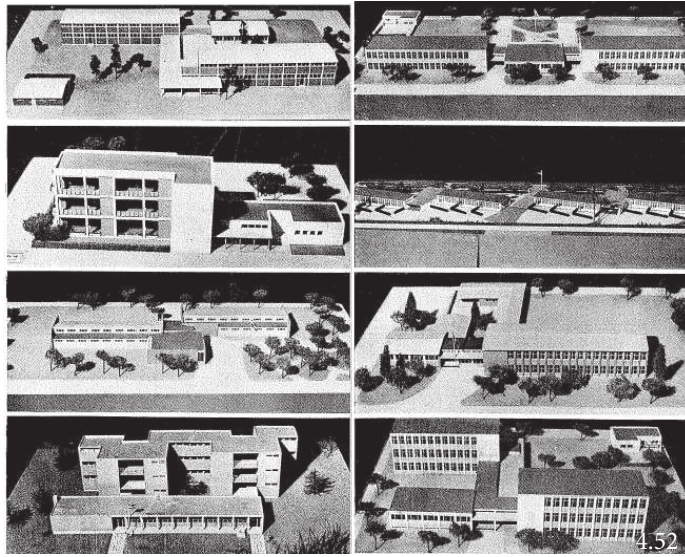
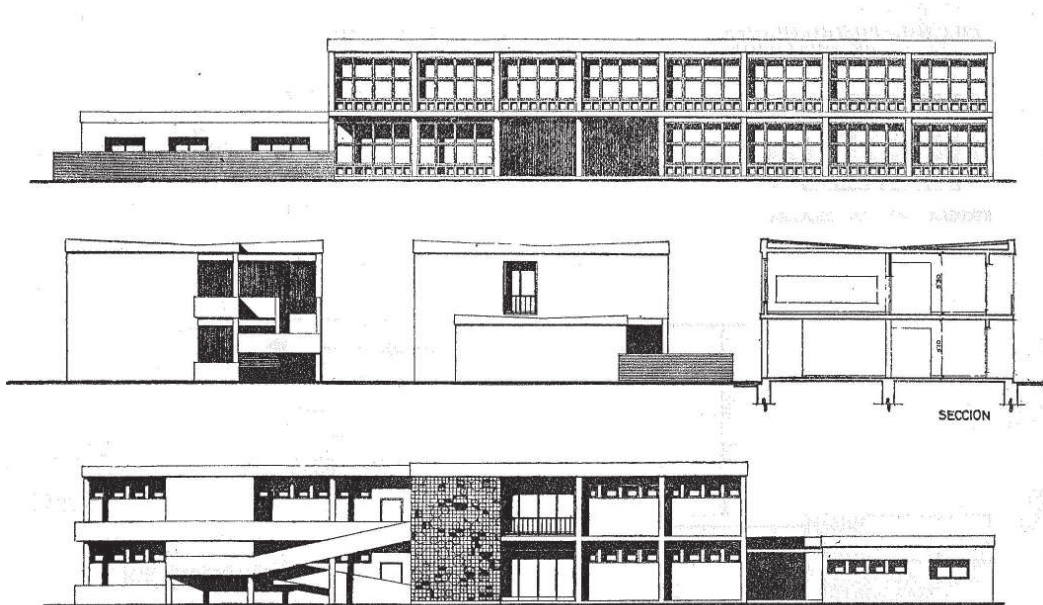
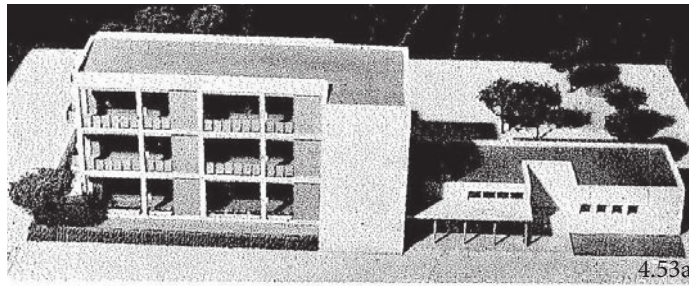
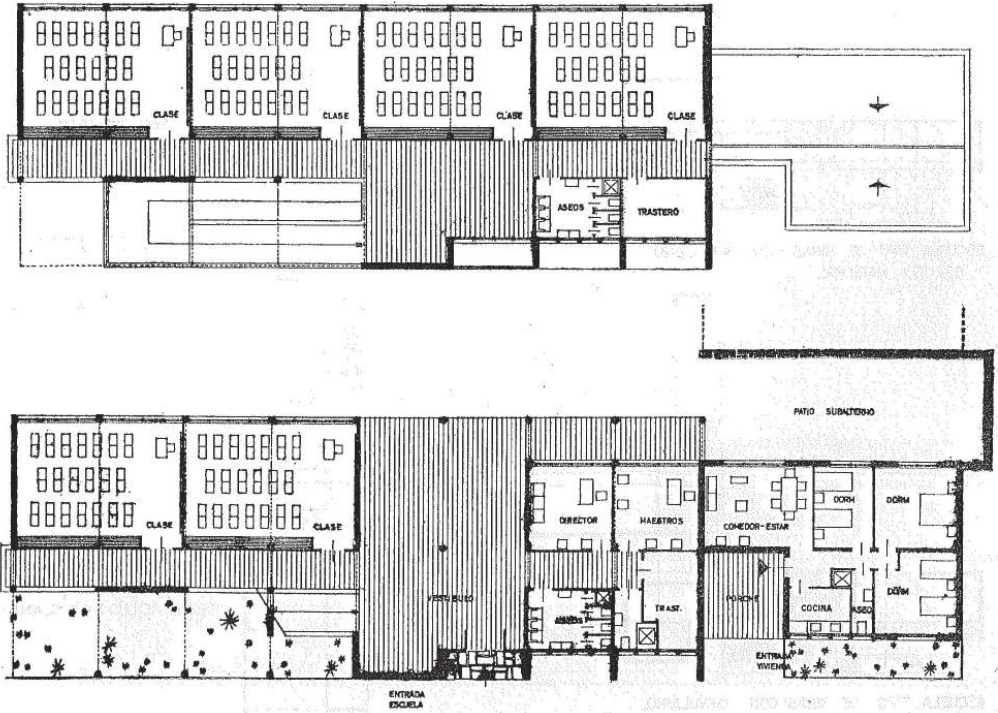


Figura 4.52.
II Concurso de Prototipos para Escuelas Graduadas: Maquetas de proyectos presentados. Fuente: ((Dirección General de Patrimonio, 1958).

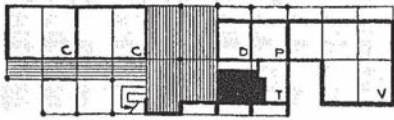
Figura 4.53.
II Concurso de Prototipos para Escuelas Graduadas. Propuesta de escuela para climas cálidos de los arquitectos Rafael Fernández-Huidobro Pineda y Pablo Pintado y Riba con Lema 3411_ Zonas Cálidas: Maqueta, planos de alzado y sección, planos de distribución y posibilidades de ampliación. Fuente: (Dirección General de Patrimonio, 1958).



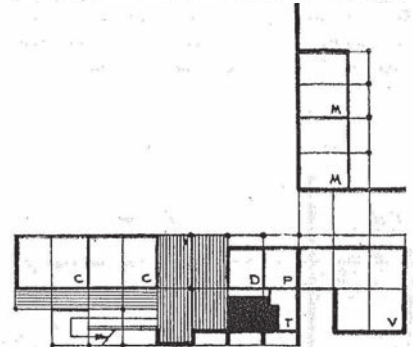
4.53b



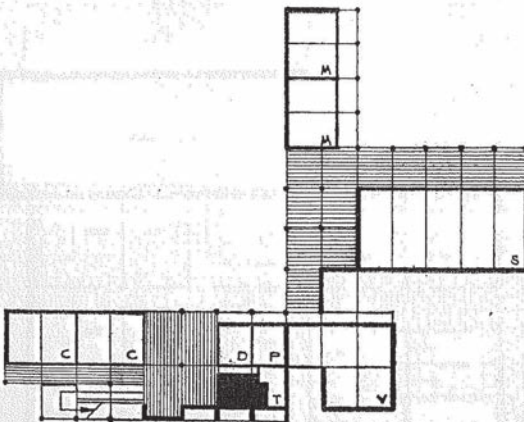
LEMA 3411.—POSIBILIDADES DE AMPLIACION.



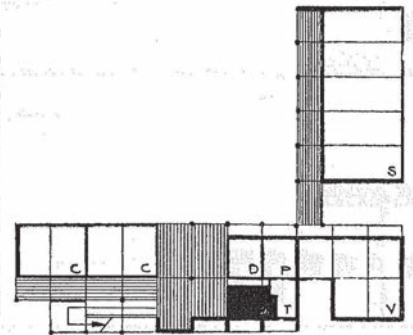
ESCUELA TIPO CON ESCALERA



ESCUELA TIPO DE NIÑAS CON PARVULARIO Y ESCUELA MATERNAL



ESCUELA TIPO DE NINAS CON PARVULARIO, ESCUELA MATERNAL Y SALON DE ACTOS, EXPOSICIONES, ETC.



ESCUELA TIPO CON SALON DE ACTOS, EXPOSICIONES, ETC.

4.53c



Figuras 4.54. a 4.56.
Grupos Escolares del Plan Riada: Gaspar Gil Polo, Primer Marqués del Turia y Torrefiel. Fuente: fotografías del autor.



Figuras 4.57. a 4.59.
Grupos Escolares del Plan Riada: Ausias March, Ballester Fandos, y antiguo colegio Rodríguez Fornos, este último ha sido sustituido por un nuevo edificio. Fuente: fotografías del autor. Fotografía del antiguo CEIP Rodríguez Fornos cedida por F. Rezusta.

Siguiendo las tendencias del Movimiento Moderno, en ambos modelos se combinan fachadas totalmente opacas y otras con amplios ventanales, generalmente en la fachada principal.

A las aulas se accedía desde las galerías ubicadas en la fachada posterior. Al tratarse de climas cálidos, Fernández Huidobro diseñó estas galerías por el exterior, un ejemplo lo tenemos en el colegio Marqués del Turia. En otros colegios del mismo modelo, han sido cerradas posteriormente, alejándose del diseño original.

Los edificios cuentan con una estructura de hormigón armado y forjado unidireccional, combinada con muros de fábrica de ladrillo en zonas como las escaleras y núcleos de aseo. En función del tipo de fachada, los cerramientos son de fábrica de ladrillo, o bloques, con una o dos hojas. Las ventanas, en los primeros años eran de madera y vidrio simple, sin persianas o sistemas de protección solar, más adelante, se fueron ejecutando metálicas y con vidrio simple. La mayoría de las puertas de planta baja son metálicas con vidrio simple.

Los edificios cuentan con cubierta plana, siendo en ocasiones ventilada y calefacción mediante radiadores eléctricos.

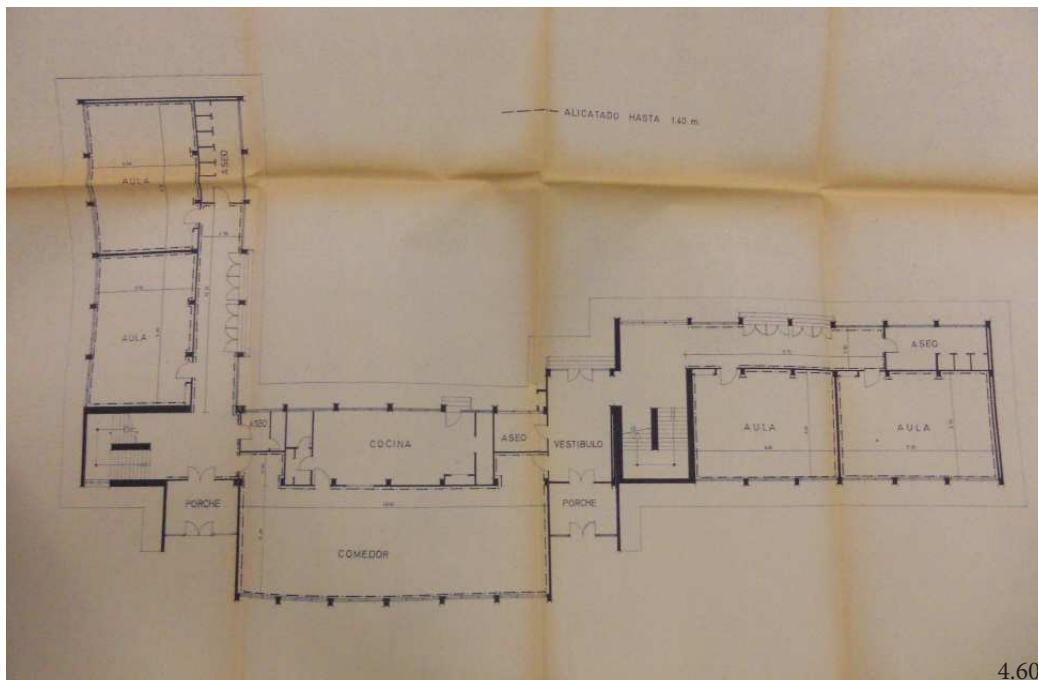
Entre las diferencias más significativas entre los dos modelos encontramos los núcleos de escalera, que en el caso del segundo modelo, se trata de muros de ladrillo visto en ambas caras, con peldaños formados por una losa de piedra empotrada en los muros laterales.

Figura 4.60.

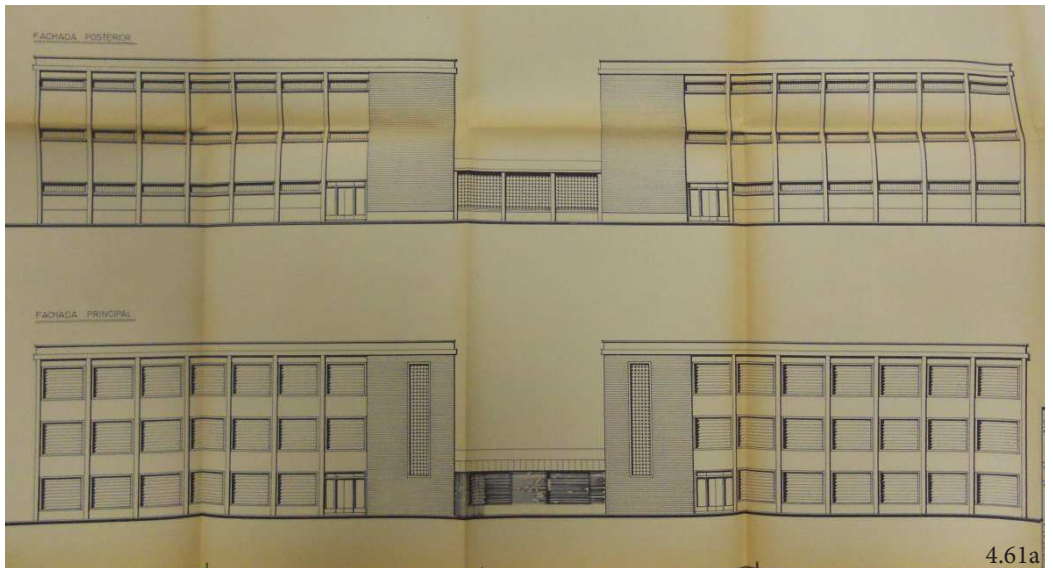
CEIP Nuestra Señora del Carmen: plano de planta baja del proyecto de reparaciones del arquitecto Juan Muro de Zaro y Gil Vargas (1981). Fuente: AHCV ref.-17 (ver bibliografía)

Figura 4.61.

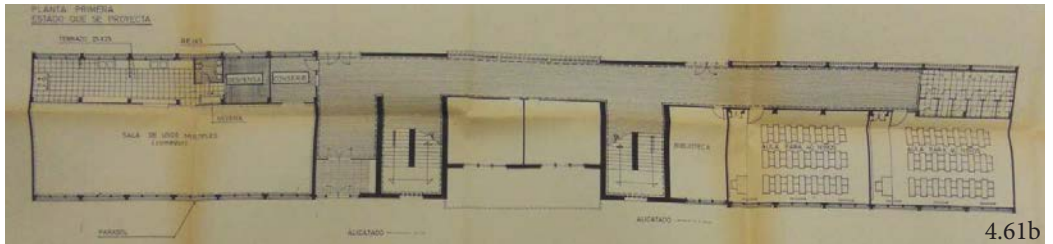
CEIP Juan Manuel Montoya (antiguo C.N. Vicente Hervás): proyecto de reformas de aseos y ventanas del arquitecto Juan Antonio Hoyos Viejobuena (1981): planos de fachada, planta baja, primera y tercera. Fuente: AHCV ref.-16 (ver bibliografía)



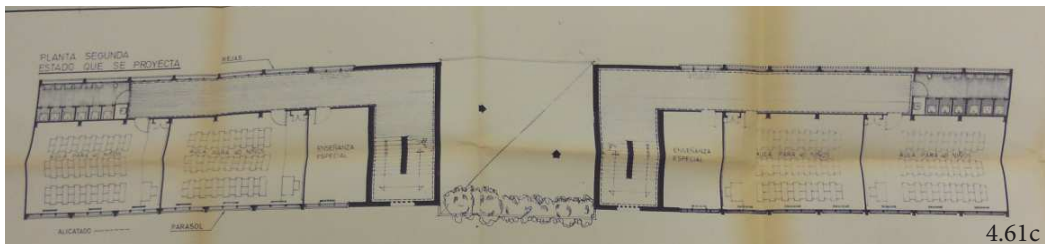
4.60



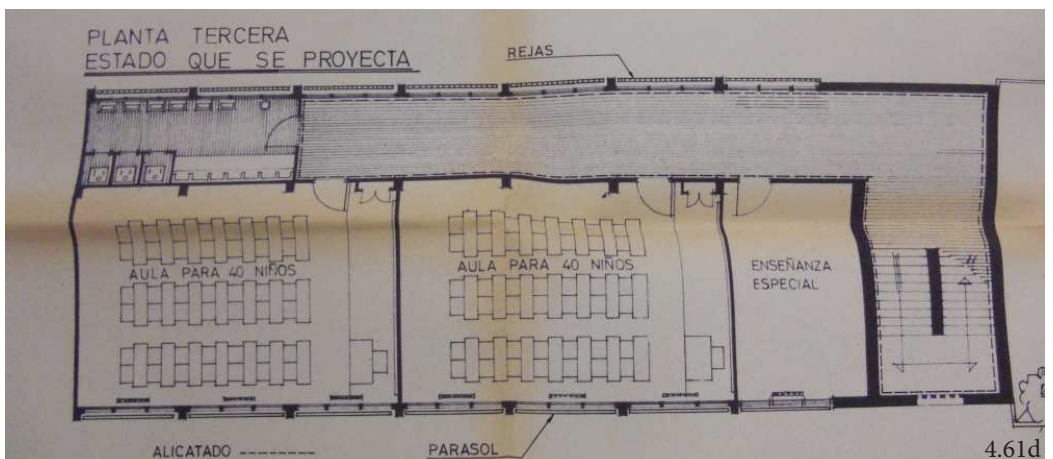
4.61a



4.61b



4.61c



4.61d



Figuras 4.62. a 4.64.
CEIP Jaime I, Ntra Señora del Carmen, Juan Manuel Montoya (Antiguo C.N. Vicente Hervás) Fuente: fotografías del autor.



Figuras 4.64. a 4.66.
Antiguo Colegio Jose María Haro (actualmente Instituto Barrio del Carmen, CEIP Torrefiel (ampliación) y Salvador Tuset (ampliación)). Fuente: fotografías del autor.

4.5.1. Colegio tipo C2.II: Primer Marqués del Turia

El Colegio Primer Marqués del Turia forma parte del conjunto conocido como Colegios del Plan Riada, mencionado anteriormente, y por tanto sigue el diseño del prototipo de escuelas graduadas de R. Fernández-Huidobro y P. Pintado y Riba. Es el único del conjunto que forma parte del catálogo de la Fundación DCOMOMO-IBÉRICO

El colegio está constituido por dos edificios de cuatro plantas prácticamente simétricos. En total cuenta con una superficie construida de unos 2.000 m² y una superficie útil de 1.660 m². Al igual que el resto de colegios de su época, el diseño original se dividía en dos secciones, niñas y niños, ubicadas cada una contaba en uno de los edificios, con plena separación de la otra sección, y con su propio acceso por calles opuestas.

Actualmente, en uno de los edificios se encuentran las aulas de educación infantil, y los primeros cursos de educación primaria, además de los despachos de dirección y secretaría, la cocina y el comedor. El otro edificio alberga el resto de las aulas de primaria, así como la sala de profesores, algún despacho, y las aulas de música, TIC, refuerzo, etc.

Una de las peculiaridades de este colegio es que el acceso a las clases se realiza desde una galería exterior. Sigue las características constructivas generales de los colegios de su tipo, descritas en el apartado anterior. Dispone de radiadores eléctricos y A.C.S. en cocina mediante termo eléctrico.

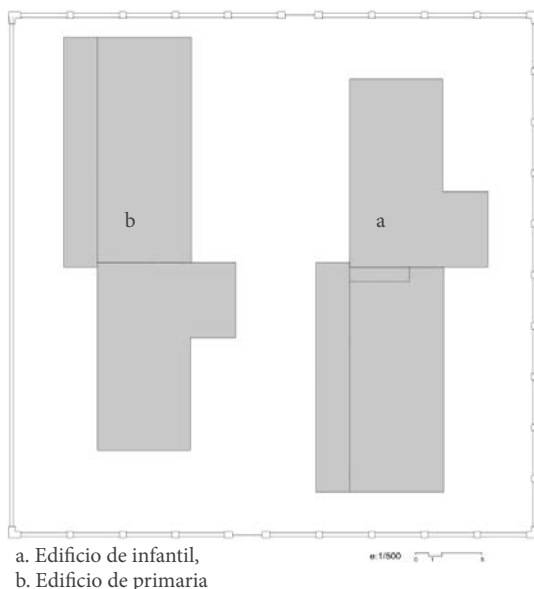


Figura 4.68.
CEIP Primer Marqués de Turia: plano de emplazamiento de los edificios.
Fuente: elaboración propia

a. Edificio de infantil,
b. Edificio de primaria



4.69b



4.69c

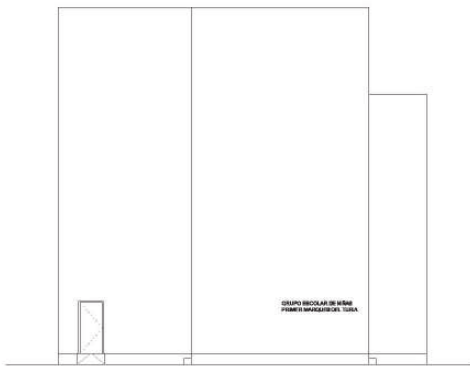


4.70

Figuras 4.69. y 4.70.
CEIP Primer Marqués de Turia: exteriores y vista aérea. Fuente: Fotografías del autor e imagen satélite obtenida en Google Maps ([https://www.google.es/maps/\(23/04/2014\)](https://www.google.es/maps/(23/04/2014)))



Fachada principal



Alzado lateral NO



Alzado lateral SE

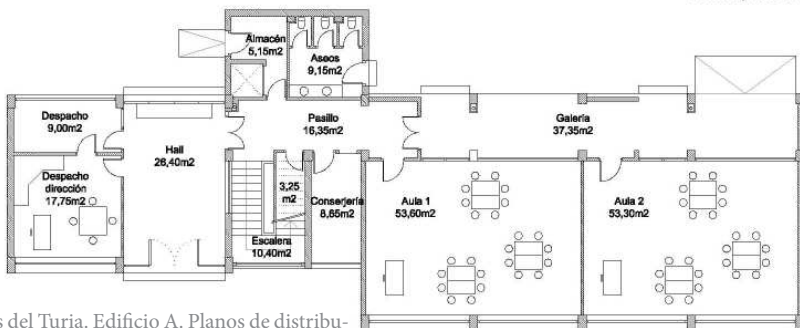
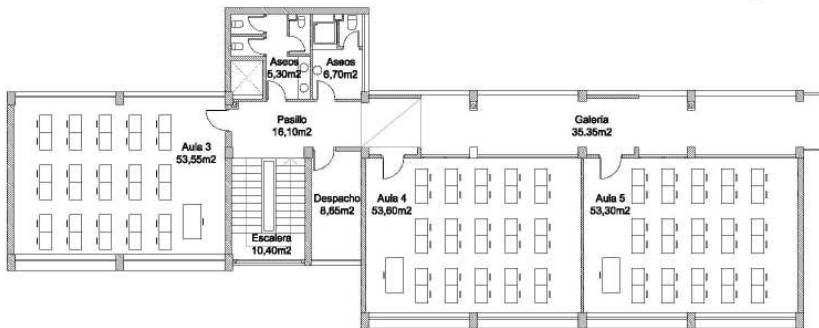


Figura 4.71. CEIP Primer Marqués del Turia. Edificio A. Planos de distribución, alzados y superficies útiles.. Fuente: Elaboración propia.

Planta baja 4.71

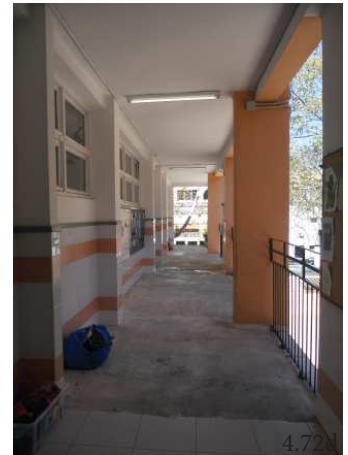


Figura 4.72. CEIP Primer Marqués del Turia, fotografías: letrero del edificio B-sección de niños, vallado perimetral, galería de acceso a aulas, aula y comedor. Fuente: fotografías del autor.

4.5.2. Colegio tipo C2.III: Torrefiel (Ampliación)

La ampliación del colegio Torrefiel es una mezcla del diseño los dos prototipos del tipo C2. Aunque data de la década de 1970, se ha incluido en este tipo por su diseño y la similitud en cuanto a características constructivas.

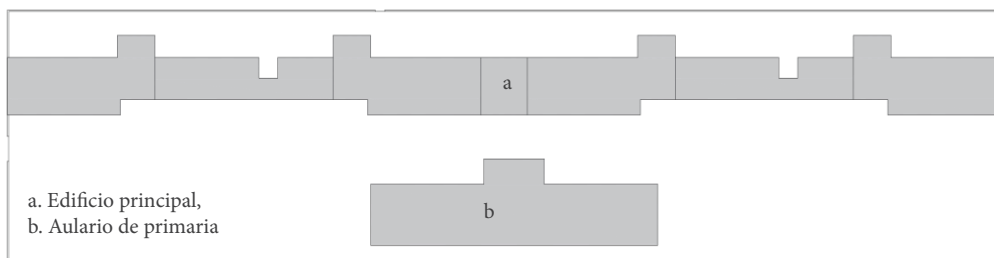
Se ubica en un solar de 6.321 m², cuyos edificios principales datan de 1960, y siguen el modelo de Fernández Huidobro y Pintado y Ribas.

Se trata de un edificio prácticamente simétrico, de cuatro plantas, que alberga únicamente aulas, algunos despachos, el salón de actos y el gimnasio. La fachada principal está orientada a sureste. Dispone de estructura de hormigón armado, cubierta plana, carpintería metálica con vidrio simple. Es sistema de calefacción es mediante radiadores eléctricos, y cuenta con aire acondicionado mediante splits, en las aulas de la cuarta planta.



Figura 4.73. y 4.74.
CEIP Torrefiel (aulario de primaria):
fotografía de fachada y vista aérea.
Fuente: foto del autor e imagen satélite
obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/>(agosto 2017))





e:1/1200 0 5 10 25

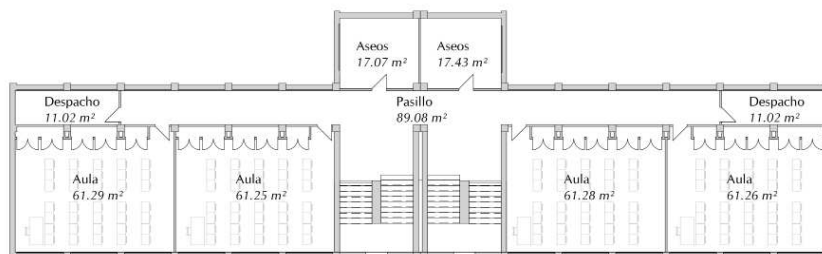
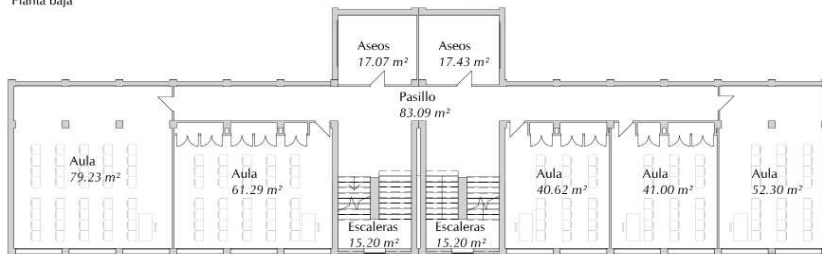
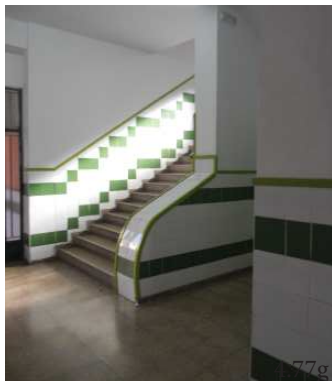


Figura 4.75. CEIP Torrefiel: planos del aulario de primaria. Fuente: elaboración propia



Figura 4.76.
CEIP Torrefiel: exteriores de los edificios originales, construidos según el modelo de Fernández Huidobro y Pintado y Pibas. Fuente: fotografías del autor.

Figura 4.77.
CEIP Torrefiel: exteriores e interior del aula de primaria. Fuente: fotografías del autor.



4.6. Colegios tipo D (1960-1979)

Los colegios diseñados entre 1971 y 1995, están enmarcados en la Ley General de Educación de 1971 (Ley Villar) y las órdenes ministeriales que concretaban los programas de necesidades.

Entre los cambios más significativos de esta ley, destaca la prolongación de la enseñanza primaria obligatoria hasta los 14 años, es decir, se pasa de 6 cursos de enseñanza primaria a 8 cursos de Enseñanza General Básica. Estos colegios no se estructuraban en diferentes secciones, sino que eran mixtos.

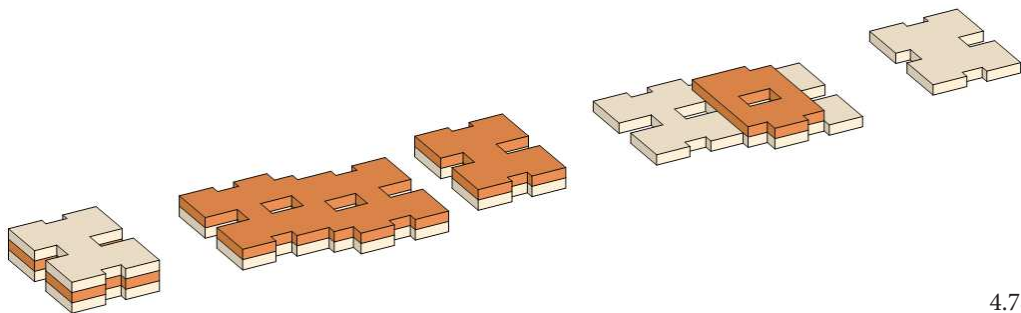
Las órdenes ministeriales que afectan a este periodo son las de 1971, 1973 y 1975, “Las tres órdenes incluían programas de necesidades para centros de 8, 16 y 22 unidades (24 en las órdenes de 1973 y 1975) de 40 alumnos por unidad. Los programas se estructuraban en tres zonas, cada una de las cuales incluía otras sub-zonas. Las zonas y sub-zonas eran: Primera etapa (con dos áreas educacionales: cursos 1º, 2º y 3º y cursos 4º y 5º); Segunda etapa (con un área educacional 6º, 7º y 8º) y zona común (biblioteca, expresión plástica y dinámica, actividades sociales, administración y régimen, servicios generales y circulaciones)” (Irles Parreño, 2015).

Las superficies correspondientes a cada espacio varían según la orden ministerial y el número de unidades escolares proyectadas.

Al igual que en las décadas anteriores se promovieron concursos de prototipos de colegios. Es el caso del Premio Nacional de Arquitectura de 1971, donde se buscaba un prototipo que cumpliera las exigencias de la ley y las órdenes ministeriales, cuyo proyecto ganador no se llegó a ejecutar (Irles Parreño, 2015) y (A.A.V.V., 1971). Y el concurso de 1977, que fue realizado por el gobierno a petición del Consejo Superior de Arquitectos de España (Irles Parreño, 2015) y (A.A.V.V., 1979).

No ha sido posible averiguar si los edificios del tipo D se corresponden con un modelo presentado a concurso, o si fue promovido directamente por el Ministerio. La singularidad de este tipo

Figura 4.78. Esquema en perspectiva de los distintos diseños del tipo D, según base y el número de plantas. Fuente: elaboración propia.



es su planta en X o XX y, al igual que los modelos promovidos por la ley y los concursos, existen colegios de 8 o 16 unidades escolares y ampliaciones de preescolar de 4 o 6 unidades, ya sea con planta en x de una, dos y tres plantas, o de doble planta en x de dos alturas.

En el plano de urbanización e instalaciones generales del proyecto de centro de E.G.B. de 8 unidades escolares situado en Viveros, es decir, el colegio Vivers (antiguo Villar Palasí) con (base en X y tres plantas), fechado en 1972, está firmado por los arquitectos José Moreno Vélez, Joaquín Esperón Dorrego y Antonio Ortiz Leyba. No se ha hallado otra documentación o material gráfico que corrobore esta información o que permita extrapolarla a otros colegios del tipo. La misma situación se repite en el colegio Fausto Martínez, cuyo plano de urbanización, fechado en agosto de 1972, está firmado por los arquitectos Camilo Grau García y Cristina Grau García. En este caso proyecto forma parte del concurso de proyectos para centros de EGB Plan de Urgencia.

Aunque estos modelos de edificios se diseñaron y empezaron a construir en los años 70, su uso se extendió hasta bien entrada la década de los 80, principalmente en las ampliaciones de preescolar como la del colegio Elias Tormo (actualmente llamado

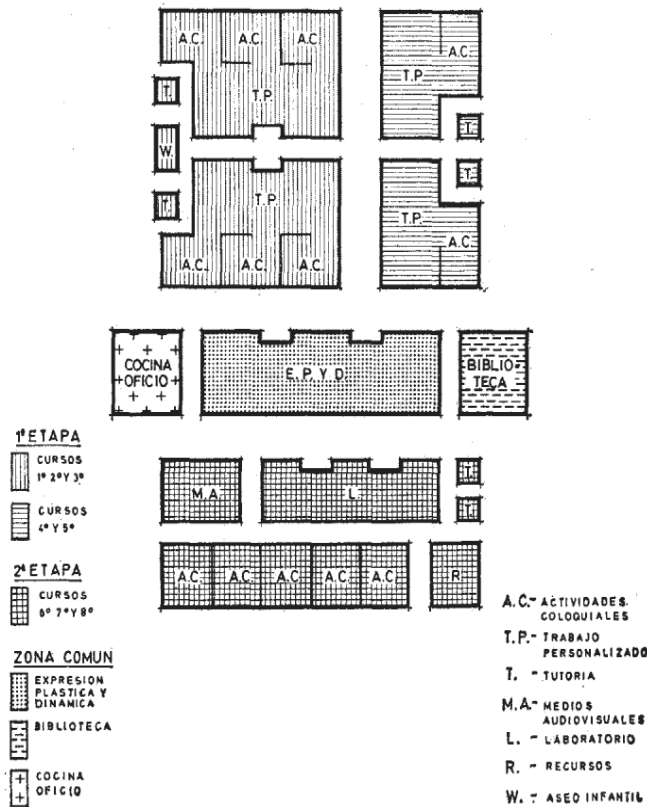
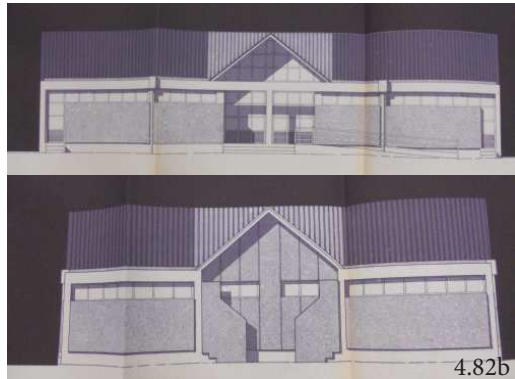
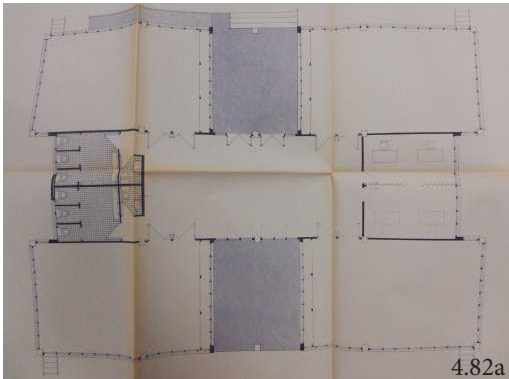
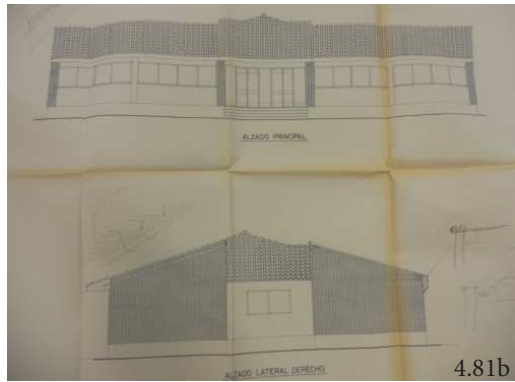
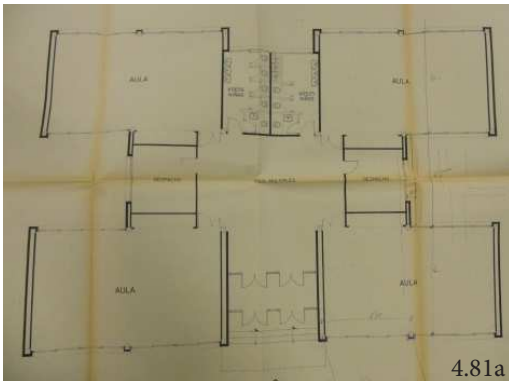
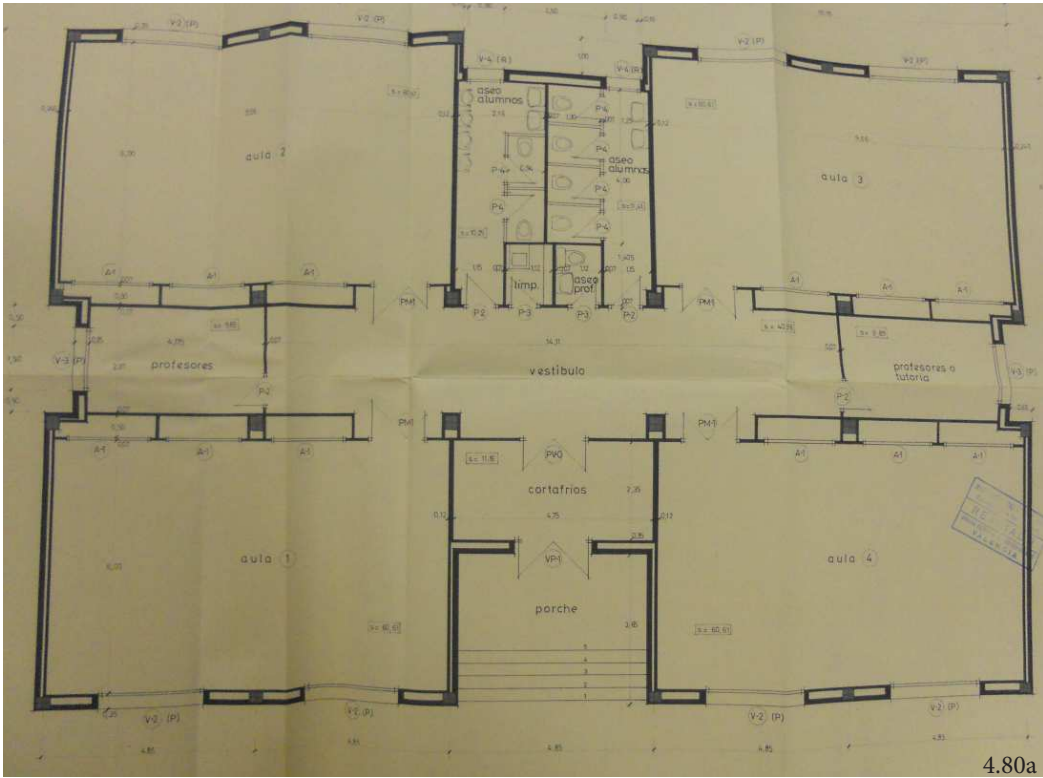


Figura 4.79. Esquema orgánico de las áreas docentes de un Centro de Educación General Básica de 16 unidades y 640 alumnos, 1971. Fuente: Programa de necesidades docentes para la redacción de proyectos de Centros de EGB y Bachillerato, del MEC publicada en el BOE del 20-02-1971.



CEIP Cami d'horta y, anteriormente, Arquitecto Santiago Calatrava), Catellar-Oliveral, Luis Guarner, La Fonteta, Pare Catalá (ampliación sustituida por un nuevo pabellón de educación infantil), Antonio Machado, San José de Calasanz y Eliseo Vidal (los dos últimos de dos plantas), o, en otras poblaciones, como la ampliación del arquitecto Juan Muro de Zaro y Gil Vargas en Rafelbuñol, de 1979.

Esto hace que a muchos de ellos les afectara la norma sobre condiciones térmicas de los edificios NTE CT-79 y tengan aislamiento en sus cerramientos. Aun así, algunos de los construidos antes de 1979 también disponen de aislamiento en su envolvente, por ejemplo, el colegio Magisterio Español.

A partir de los proyectos de 1978 que se conservan de algunas de estas ampliaciones, sabemos que varias de ellas fueron construidas (o simplemente proyectadas, pues actualmente no existen o han sido sustituidas, y no es posible asegurar su construcción) dentro de la aplicación presupuestaria del “Pacto de la Moncloa”, es el caso de los pabellones de 4 unidades de preescolar diseñados por Manuel Aznar Hernández, para los colegios Pare Catalá y Torrefiel.

Según la memoria de estos proyectos, estos edificios escolares forman parte de “un plan de ampliación de unidades escolares que se construyen como complemento de Centros ya en funcionamiento, que incluía ampliaciones de centros o nuevas construcciones para preescolar.

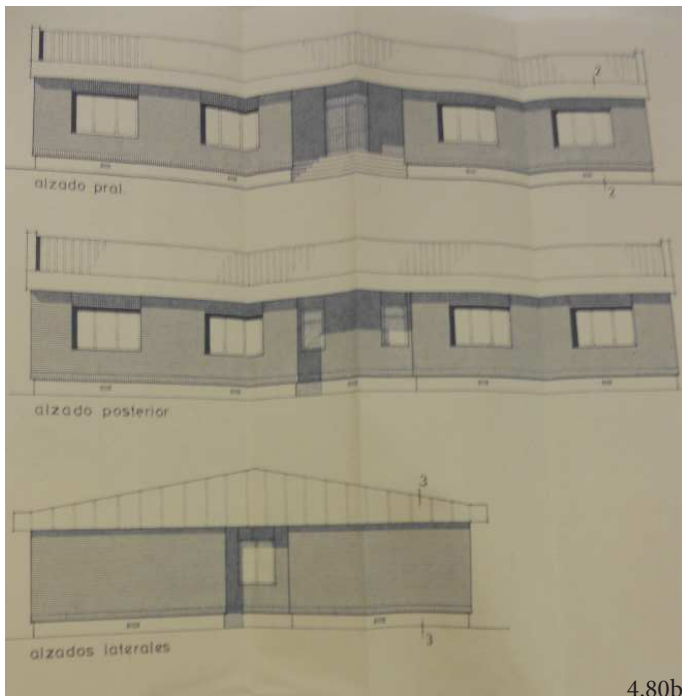


Figura 4.80.

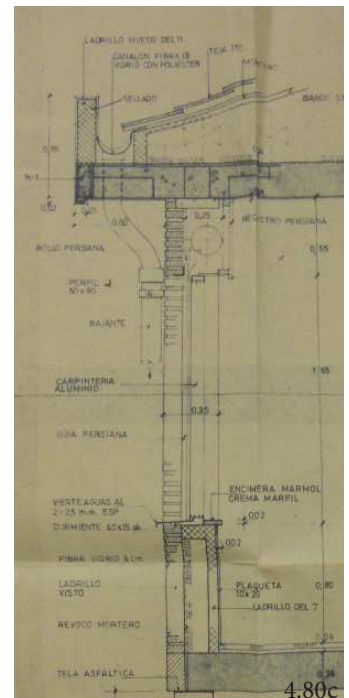
CEIP Cami de l'horta (antes Arquitecto Santiago Calatrava e, inicialmente, Elias Tormo): plano, alzados y detalle constructivo del proyecto de ampliación de 4 uds. de preescolar. Fuente: AHCV ref.-20 (ver bibliografía)

Figura 4.81.

CEIP Pare Catalá: plano y alzados del proyecto de ampliación de 4 uds. de preescolar. Fuente: AHCV ref.-6 (ver bibliografía)

Figura 4.82.

CEIP en Rafelbuñol: plano y alzados del proyecto de ampliación de 4 uds. de preescolar. Fuente: AHCV ref.-15 (ver bibliografía)





En la memoria de los proyectos de las ampliaciones de 4 unidades de preescolar para los colegios Elias Tormo (actual Cami de l'horta, y, anteriormente, CEIP Arquitecto Calatrava) y Pintor Vicente López en Castellar-Oliveral, firmados por el arquitecto Vicente Valls Abad, fechados en febrero del 83, se incluye un detalle constructivo del edificio, que permite ver la composición de los elementos constructivos, común en los edificios de esta época y por lo tanto del tipo.

Se trata de edificios con estructura de hormigón armado, cerramiento de doble fábrica de ladrillo con cámara de aire y, en muchos casos, con aislamiento de fibra de vidrio. Cubierta de inclinada en la mayoría de los casos, de teja o chapa metálica, y, en algunos, cubierta plana. Puertas y grandes ventanales metálicos con vidrio simple y persianas. Disponen de calefacción central con caldera de gasoil (algunas adaptadas a gas posteriormente). Habitualmente, todas las dependencias están calefactadas salvo cocina y baños.

Además de las ampliaciones de preescolar, como ejemplo de edificios principales con base en doble XX y segunda planta de menor superficie están Sara Fernández, Fausto Martínez, Raquel Paya. Entre los de doble planta en X encontramos Luis Santangel, José Soto Mico, 8 de Marzo (antiguo Doctor López Rosat), Magisterio Español, Benimamet, Camí de l'horta (antiguo Elias Tormo), Castellar Oliveral y Manuel González, así como el Instituto el Saler. Algunos de estos colegios fueron construidos con edificios auxiliares de administración y pabellón deportivo.

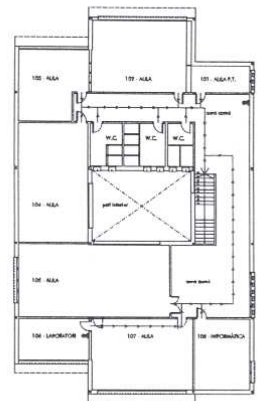
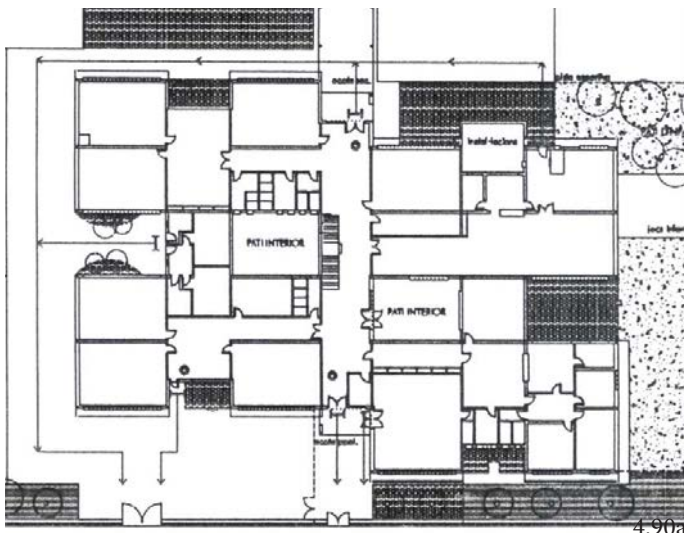
Los colegios con base en X y tres plantas son Vivers (antiguo Villar Palasí), Doctor Barcia Goyanes, Vicente Blasco Ibáñez y la ampliación del Colegio Nuestra Señora del Carmen.

Figuras 4.83. a 4.89.

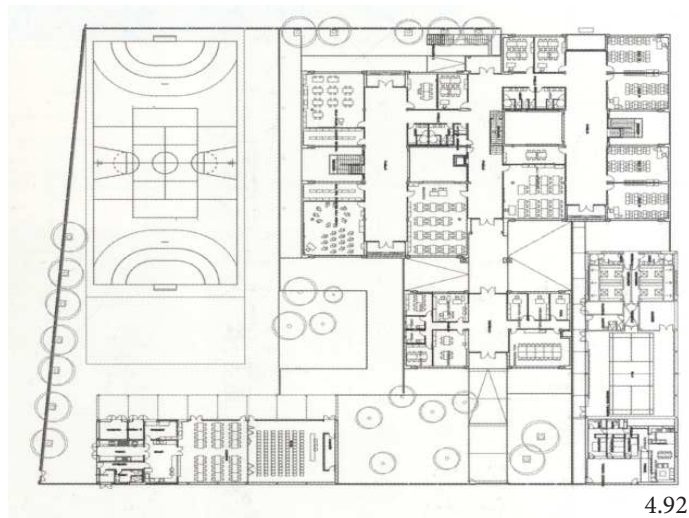
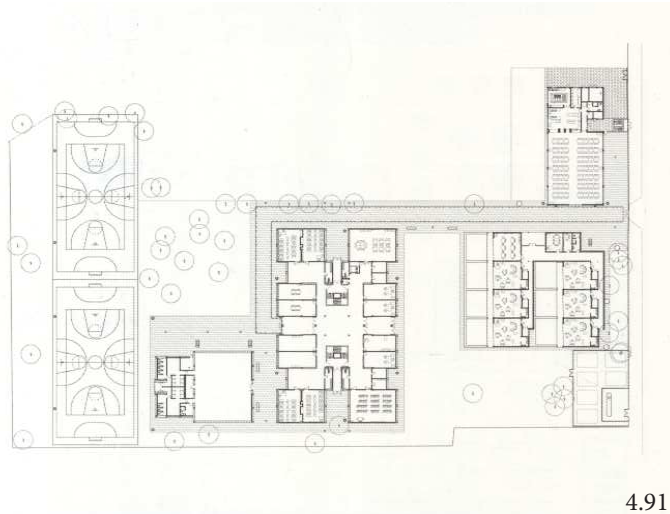
Ampliaciones de infantil de los CEIP Cami de l'horta (antigo Arquitecto Santiago Calatrava e, inicialmente, Elias Tormo), Antonio Machado, San José de Calasanz y Eliseo Vidal. y CEIP Fausto Martínez, Sara Fernández, y Raquel Paya. Fuente: fotografías del autor.

Figura 4.90.

CEIP Sara Fernández: plano de planta baja y primera. Fuente: Archivo del CEIP Sara Fernández.



4.90b

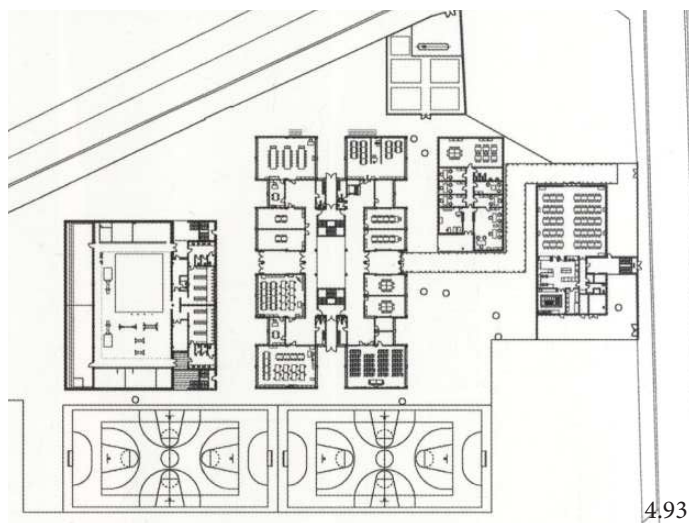


Figuras 4.91. a 4.93.
CEIP Luis Santangel, José Soto Mico, Instituto El Saler: planos de plata baja. Fuente: Generalitat Valenciana. Plan de Infraestructuras Escolares “Crea Escola”, 2006

Figuras 4.94.y 4.95.
CEIP 8 de marzo (antiguo Doctor Lopez Rosat), Magisterio Español. Fuente: fotografías del autor.

Figuras 4.96. y 4.97.
CEIP Luis Santangel y José Soto Mico. Fuente: Generalitat Valenciana. Plan de Infraestructuras Escolares “Crea Escola”, 2006

Figuras 4.98. a 4.101.
CEIP Benimamet, Cami de l’horta (antiguo arquitecto Santiago Calatrava), Castelar Oliveral y Manuel González. Fuente: imagenes satélite obtenidas de Google maps (<https://www.google.es/maps/>(mayo 2017))





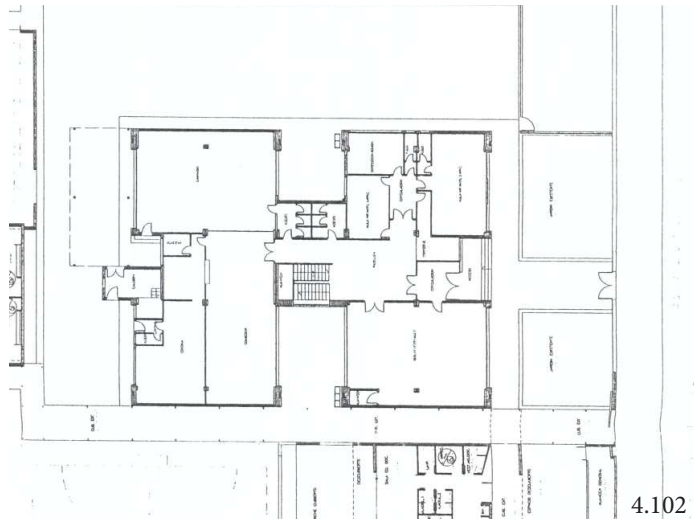


Figura 4.102.

CEIP Doctor Barcia Goyanes: plano de planta baja (2009). Fuente: Archivo del CEIP Doctor Barcia Goyanes. Proyecto de ampliación de 3 uds. de infantil y espacios complementarios de los arquitectos Francisco Jiménez Salmerrón y Alfonso Casares Avila, 2009.

Figura 4.103.

CEIP Doctor Barcia Goyanes: fotografías exteriores (fachada principal, lateral derecho, acceso, lateral izquierdo) e interiores. Fuente: fotografías del autor.

Figura 4.104.

CEIP Nuestra Señora del Carmen: exterior e interior. Fuente: fotografías del autor.

Figuras 4.105. y 4.106.

CEIP Vivers (antiguo Villar Palasí) y Vicente Blasco Ibáñez: exteriores. Fuente: fotografías del autor.





4.6.1. Colegio tipo D.I: Mag. Español, administración.

El tipo D.I se caracteriza fundamentalmente por ser edificios secundarios de oficinas, despachos, sala de profesores y/o comedor o ampliaciones de preescolar ejecutadas en los años 80 (este último con planta en X).

El edificio estudiado se corresponde con uno de los edificios anexos al colegio Magisterio Español donde se sitúa la administración del centro, es decir, dirección, secretaría, conserjería, archivo, etc.

La planta de este edificio es una U, o media X, y sus dimensiones coinciden con una parte del edificio principal, cuya planta es en doble X. La superficie construida es 274 m² y la superficie útil 244 m².

Al igual que el edificio principal, dispone de aislamiento térmico en sus cerramientos y la cubierta es una azotea plana con baldosa cerámica. El resto de características arquitectónicas coincide con las generales del tipo D.

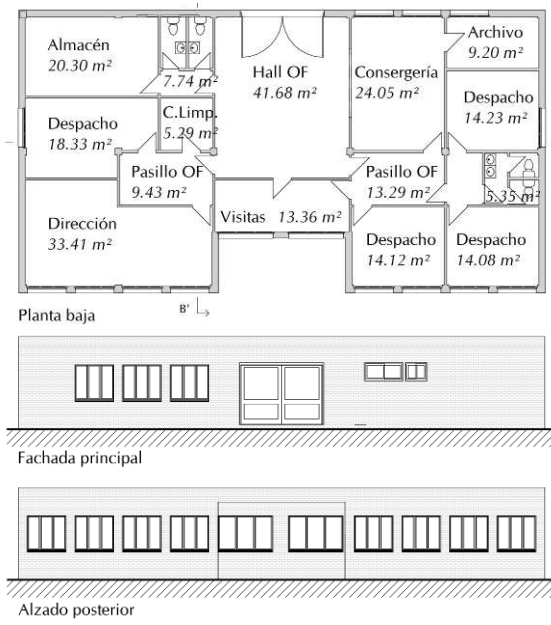


Figura 4.107.
CEIP Magisterio Español: vista aérea.
Fuente: imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/>(mayo de 2017))

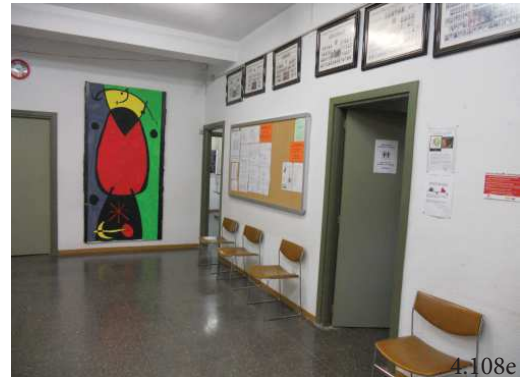
Figura 4.108.
CEIP Magisterio Español: exteriores e interior del edificio de oficinas. Fuente: Fotos del autor.

Figura 4.109.
CEIP Magisterio Español: plano de planta y alzados del edificio de oficinas (estado actual). Fuente: elaboración propia.





109



4.6.2. Colegio tipo D.II: Magisterio Español

También formaba parte del complejo un edificio de dos plantas con aulas, situado en el extremo noreste del centro, que ahora es independiente al colegio y cuenta con acceso propio desde el exterior y está separado mismo por una valla.

El edificio principal, con una superficie construida de 2.595 m² y útil de 2.164 m², tiene forma de dos x unidas por un pasillo central. Alberga en planta baja las aulas de infantil, cocina, comedor, biblioteca y sala de profesores, y, en planta segunda, las aulas de primaria, informática, música, laboratorio, usos múltiples y despachos. Los núcleos de aseos y pasillos se articulan en torno a los patios interiores, mientras que la mayoría de las aulas dan a las fachadas exteriores.

Como se ha indicado en el apartado anterior, sigue las características generales del tipo D, es decir, estructura de hormigón armado, cerramientos de capuchina compuesta de doble fábrica de ladrillo y cámara de aire intermedia, carpintería metálica con vidrio simple, cubierta plana con acabado de baldosa cerámica. Sistema de calefacción central con caldera de gasoil.

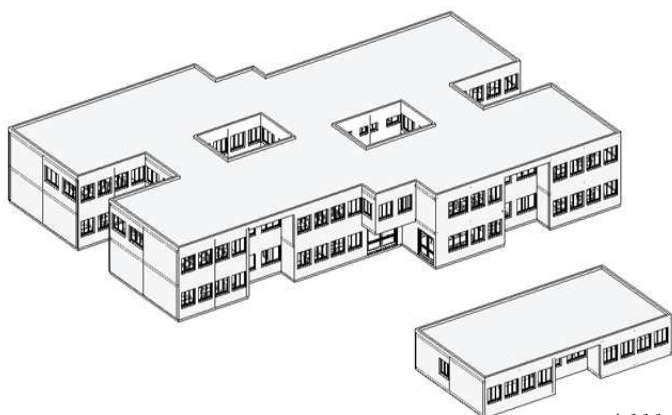
Aunque fue construido antes de la norma de Condiciones Térmicas de los edificios de 1979 (CT-79), dispone de aislamiento térmico en los cerramientos, y, es de suponer, que también haya en cubierta. Este factor no se tendrá en cuenta en el estudio energético, pues representa a un conjunto de edificios que, en su mayoría no disponen de aislamiento térmico.

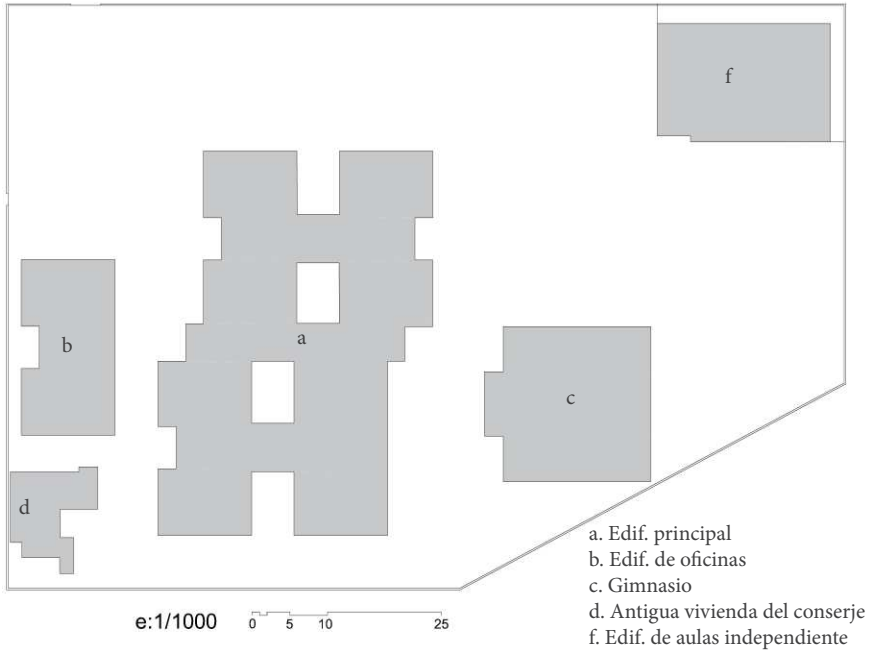
El centro ha sido objeto de algunas reformas, se ha modificado la distribución de los espacios, se han ejecutado clases aprovechando los espacios de distribución existentes en las zonas comunes, se ha reformado la zona de cocina sustituyendo las ventanas por unas nuevas de PVC y vidrio doble.

Figura 4.110.
CEIP Magisterio Español: vista aérea.
Fuente: Imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/>(abril/2016))

Figura 4.111.
CEIP Magisterio Español: volumetría en 3D del edificio principal y el edificio de oficinas y plano de emplazamiento. Fuente: elaboración propia.

Figura 4.112.
CEIP Magisterio Español: imágenes del pabellón deportivo, aulario independiente, vestuarios y antigua vivienda del conserje. Fuente: fotografías del autor.





4.111b





Figura 4.113.
CEIP Magisterio Español: exteriores (fachada posterior, lateral izquierdo y fachada principal). Fuente: fotografías del autor.

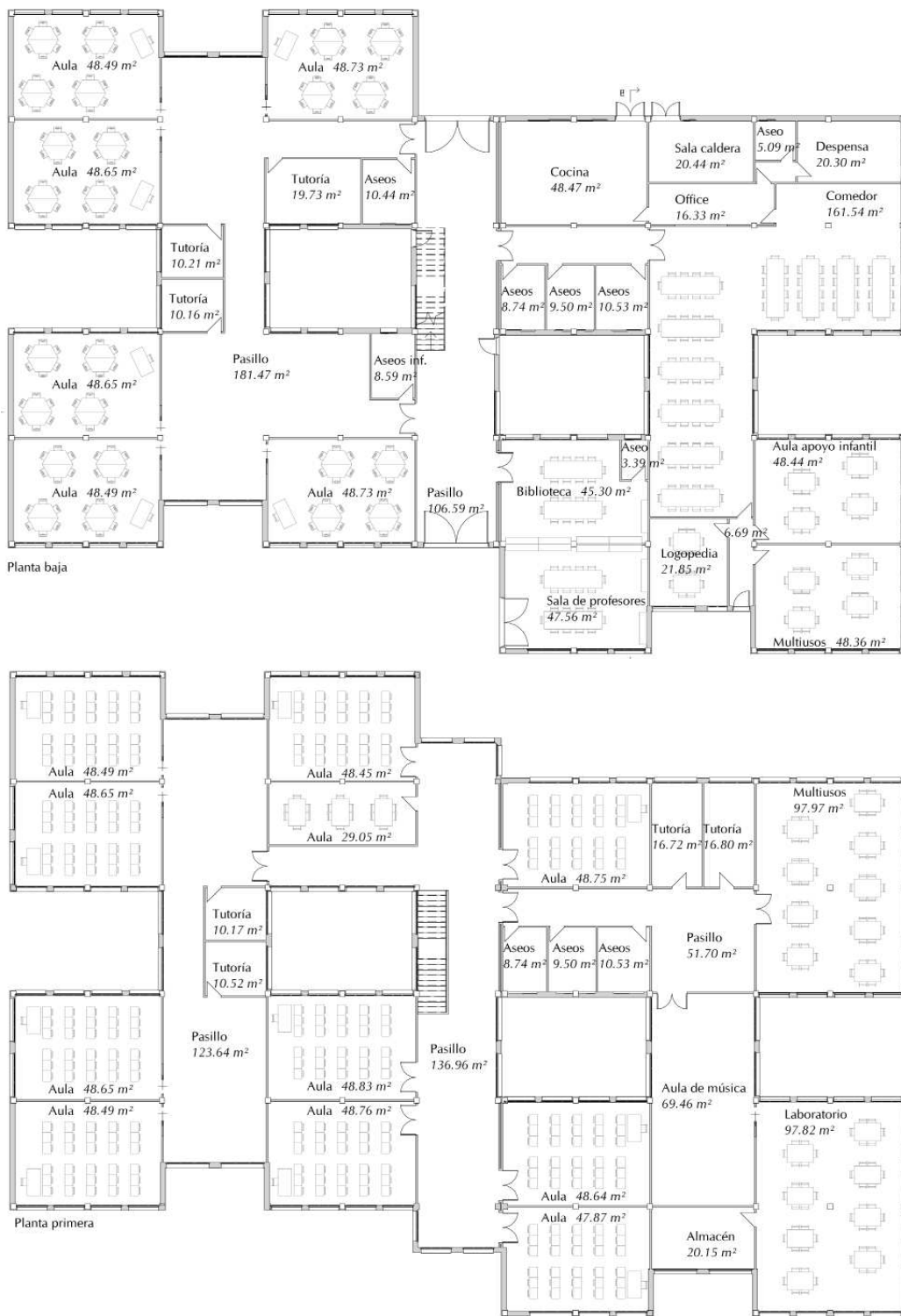


Figura 4.114. CEIP Magisterio Español: plano de planta baja y planta primera (estado actual). Fuente: elaboración propia.



4.6.3. Colegio tipo D.III: Vivers

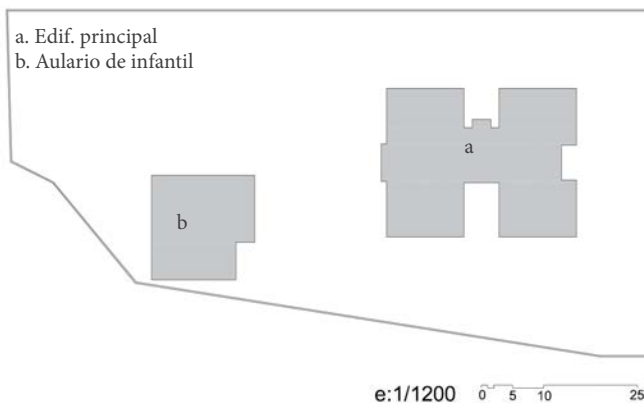
El colegio Vivers (antiguo Villar Palasí) se ubica en un solar de 4.793 m². El centro cuenta con un edificio principal con base en X y tres plantas, y un aulaio de base casi cuadrada.

El edificio principal tiene una superficie construida de 1.843 m² y útil de 1.558 m² y data de 1975, según catastro. Como se han indicado en el apartado general del tipo de colegio, en el plano de urbanización e instalaciones generales del proyecto, fechado en agosto de 1972, aparecen como arquitectos José Moreno Vélez, Joaquín Esperón Dorrego y Antonio Ortiz Leyba.

La ampliación de dos unidades de preescolar, fue proyectada por Juan A. Hoyos en mayo de 1976, y ha sido reformada recientemente. Este modelo de aulaio fue construido en otros centros escolares de la ciudad, como por ejemplo, los colegios Raquel Paya o Benimamet.

Respecto a la distribución del edificio principal, el centro cuenta, en planta baja, con secretaría, dirección, conserjería, sala de profesores, aula multiusos, salón de actos, cocina, comedor, aseos y gimnasio; en planta primera, con ocho aulas, dos despachos, aseos y un almacén; y, en planta tercera, con cinco aulas, un despacho, el laboratorio, aseos y varios almacenes.

Los cerramientos son de fábrica de ladrillo a cara vista en gran parte de la superficie exterior. La estructura es de hormigón armado, la cubierta es inclinada con cámara de aire entre el forjado y la misma, las carpinterías son metálicas con vidrio simple. Dispone de calefacción central con caldera de gasoil.



4.116

Figura 4.115.
CEIP Magisterio Español: imágenes del exterior e interior. Fuente: fotografías del autor

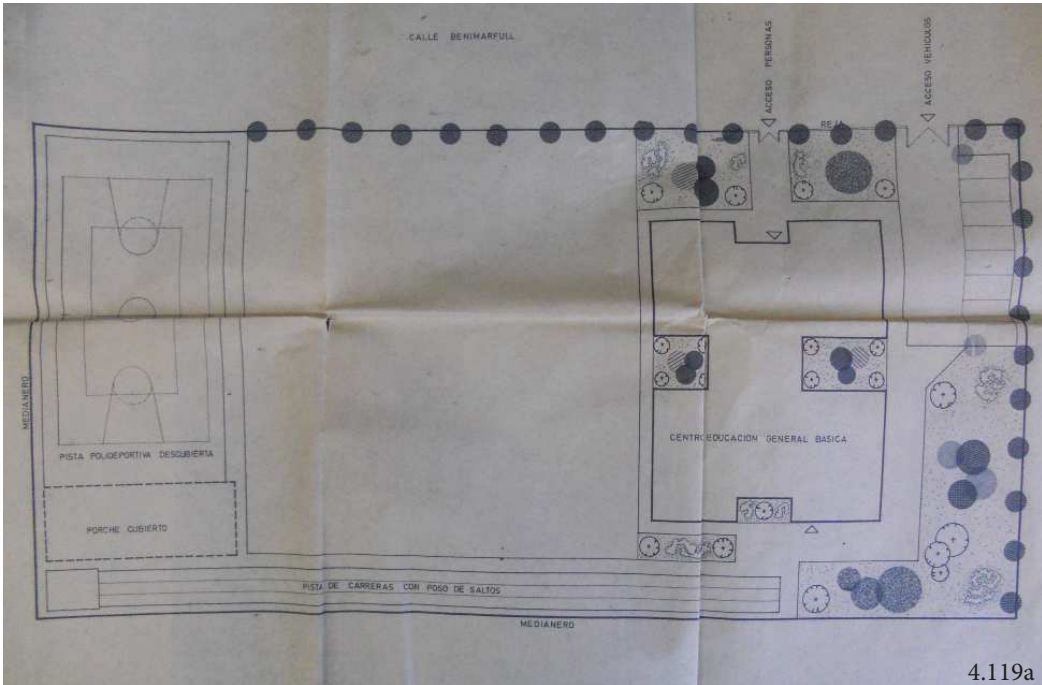
Figura 4.116.
CEIP Vivers (antiguo Villar Palasí): plano de emplazamiento. Fuente: elaboración propia.

Figuras 4.117. y 4.118.
CEIP Vivers (antiguo Villar Palasí): placa conmemorativa del 25 aniversario y vista aérea. Fuente: fotografía del autor e imagen satélite obtenida en Google Maps ([https://www.google.es/maps/\(12/04/2016\)](https://www.google.es/maps/(12/04/2016))).



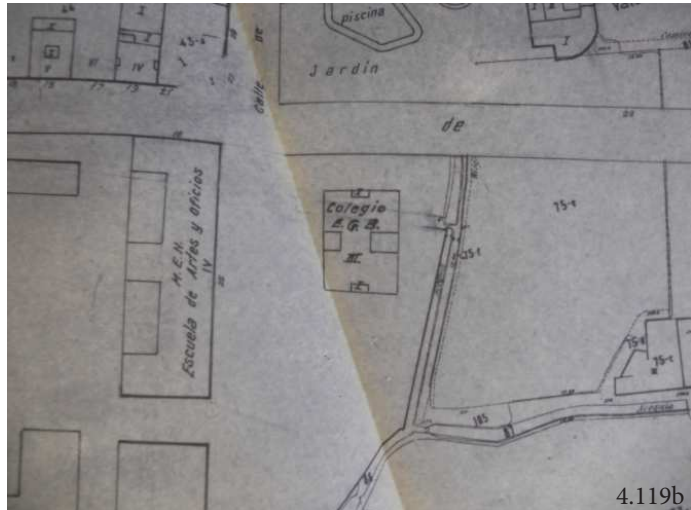
4.118

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

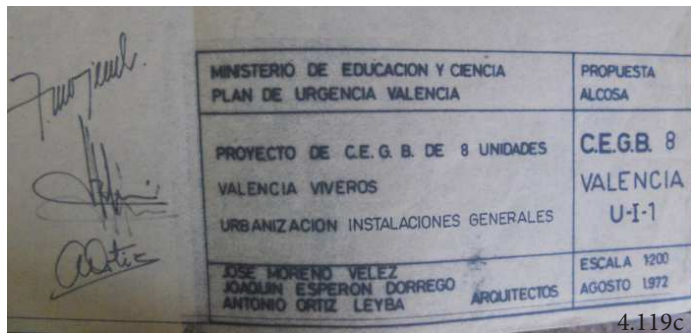


4.119a

Figura 4.119. CEIP Vivers (antiguo Villar Palasí): Proyecto de centro de E.G.B. 8 unidades de 1972, plano de instalaciones generales; y plano de situación. Fuente: Archivo del CEIP Vivers.



4.119b

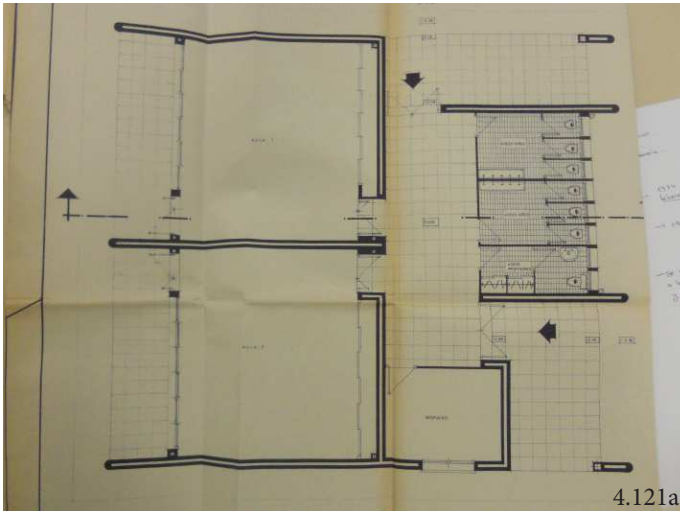


4.119c



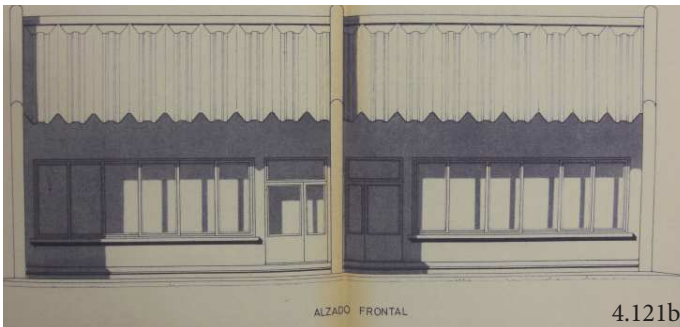
4.120

Figura 4.120.
CEIP Vivers (antiguo Villar Palasí)
fotografía exterior edificio principal y
aulario de infantil (ampliación). Fuen-
te: fotografía del autor



4.121a

Figura 4.121.
CEIP Vivers (antiguo Villar Palasí):
proyecto de ampliación de dos unida-
des de ed. infantil. Fuente: AHGV.



4.121b



4.121c



Figura 4.122.
CEIP Vivers (Villar Palasí): fachada principal, fachada posterior y lateral izquierdo. Fuente: fotografías del autor.

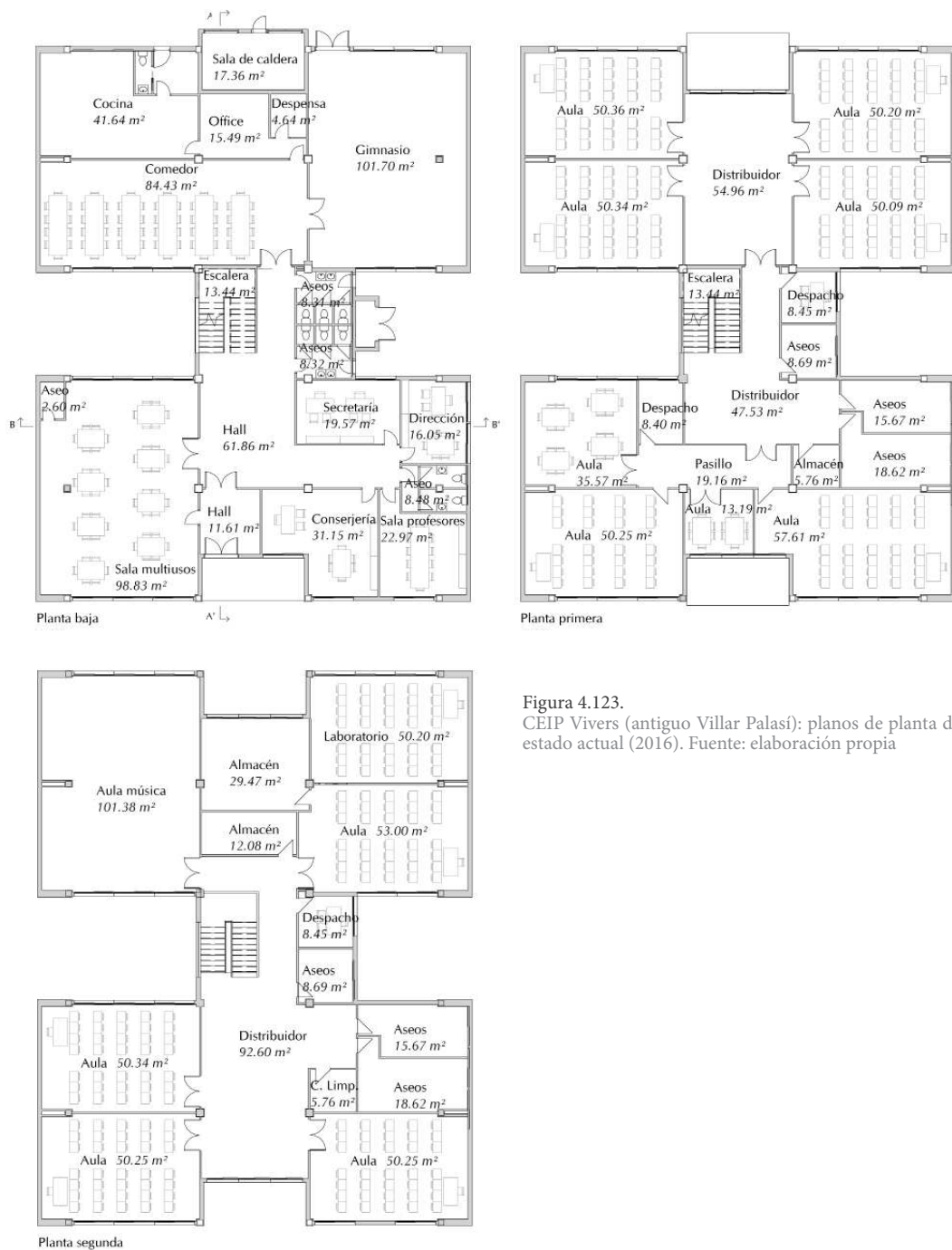


Figura 4.123. CEIP Vivers (antiguo Villar Palasí): planos de planta del estado actual (2016). Fuente: elaboración propia



Figura 4.124. CEIP Vivers (antiguo Villar Palasí): exteriores (fachada principal, lateral izquierdo y derecho) e interiores (distribuidores de acceso al edificio y a las aulas, aula de E.P. y aseos). Fuente: fotografías del autor.



4.7. Colegios tipo E1

Al igual que en los periodos anteriores, en la primera década de este periodo (1980-2006) se construyeron numerosos colegios e institutos a partir de prototipos y modelos promovidos por el Estado o las Comunidades Autónomas, no obstante, también se fueron introduciendo diseños de autor, cada vez más numerosos. Estos prototipos eran adaptados por los técnicos en función del solar, la zona y/o las necesidades concretas del centro.

Además de nuevos centros escolares, durante estos años, fueron construidas ampliaciones de colegios existentes, muchas de ellas, destinadas a aulas de infantil o primaria. La característica común de los colegios del tipo E1 es que se trata de edificios de planta rectangular, con aulas en ambas fachadas y pasillos centrales.

Como los colegios de los tipos C2 y D, disponen en su mayoría de estructura de hormigón armado, forjado unidireccional, cerramientos mediante doble fábrica de ladrillo con cámara de aire, carpintería metálica con vidrio simple, cubierta plana o de teja cerámica, según modelo.

Una de las diferencias fundamentales en la envolvente térmica de los edificios de este tipo con los edificios de épocas anteriores es el empleo de aislantes térmicos en los cerramientos, cubiertas y suelos. Esto es debido a la aparición de la NTE-CT 79 sobre condiciones térmicas del edificio.

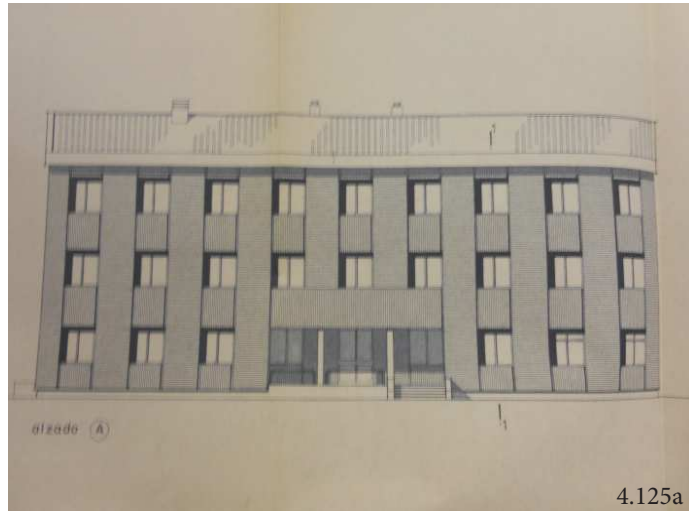
La instalación de calefacción de estos edificios suele ser mediante un sistema centralizado con caldera de gasoil (gas natural en colegios construidos a partir de los años 90, más o menos, o calderas adaptadas o sustituidas).

En el caso de las ampliaciones, la caldera suele ser la misma que la del edificio principal, salvo en aquellas construcciones en las que el sistema de calefacción existente fuera a través de radiadores eléctricos.

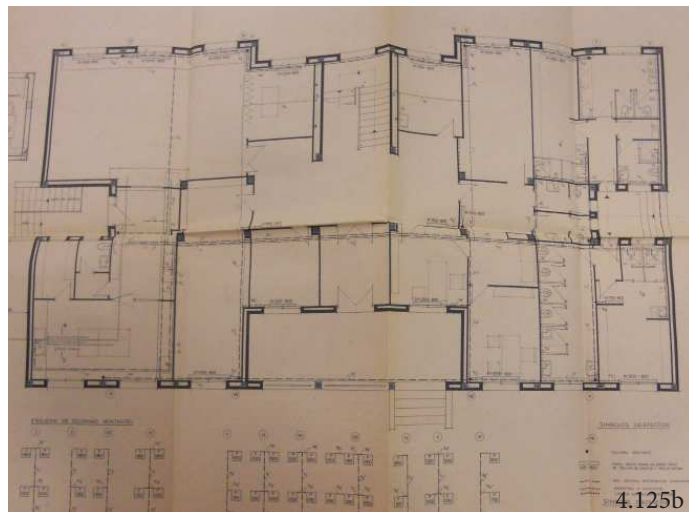
Dentro del estudio, los colegios de este tipo son los más numerosos, en total 46 edificios de 117. Entre los colegios que no siguen ningún modelo o su diseño es singular en la ciudad, están los centros educativos Rafael Mateo Cámara, Rafael Altamira y la ampliación del colegio Gil Polo que se realizó en dos fases, estos dos últimos del arquitecto Vicente Valls Abad.

Entre los prototipos de colegios de este tipo construidos en la ciudad se han escogido los tres más numerosos como objeto de este estudio, teniendo en cuenta su tamaño y compacidad.

El primer modelo de colegio corresponde al diseño ejecutado en



4.125a

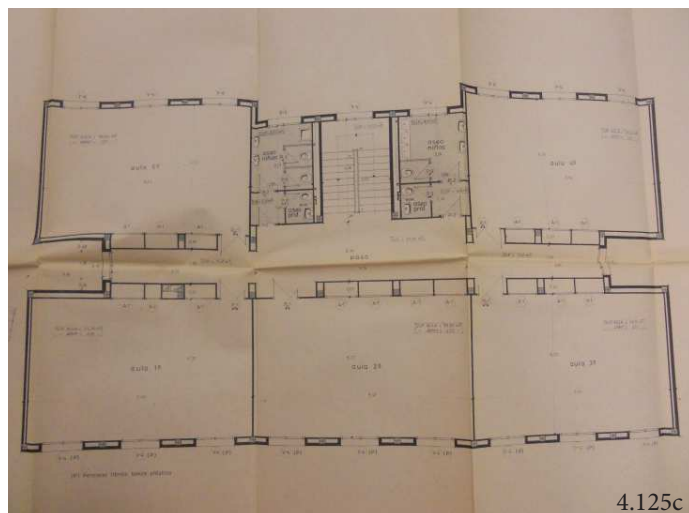


4.125b

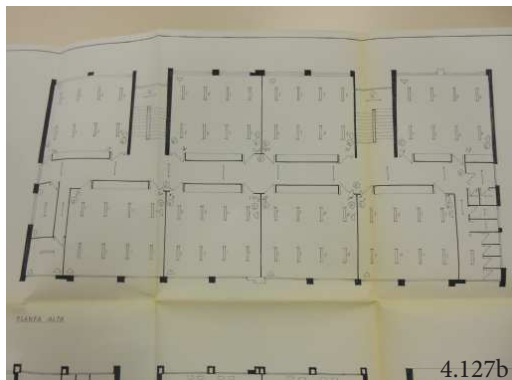
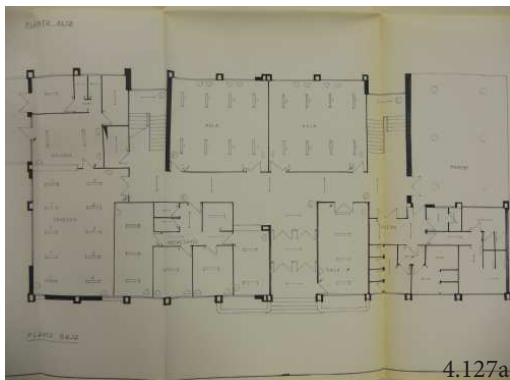
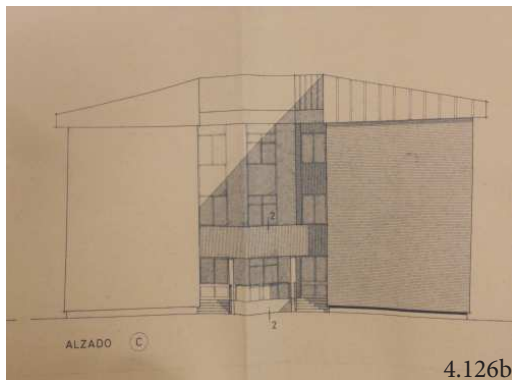
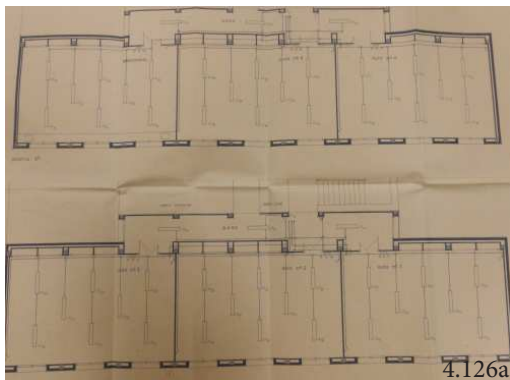
Figura 4.125.
CEIP Rafael Altamira: planos del alzado de principal y planta baja y primera del proyecto. Fuente: AHCV ref.-9 (ver bibliografía)

Figura 4.126.
CEIP Gil Polo: proyecto de ampliación de 1981, planos de planta y alzado. Fotografías de fachada y lateral. Fuente: fotografías del autor y AHCV ref.-7 (ver bibliografía)

Figura 4.127.
CEIP Rafael Mateu: planos del planta baja y primera del proyecto y fotografías de fachada posterior y lateral. Fuente: fotografías del autor y AHCV ref.-5 (ver bibliografía)



4.125c



los colegios Carles Salvator, La Fonteta (antiguo Julio Romero), Antonio Machado, Bartolomé Cossio, Profesor Sanchis Guarnier, Campanar, Ciudad de Bolonia, Vicente Gaos y el antiguo colegio Rafael Berenguer, actualmente Centro de Específico de Educación a Distancia (CEED) de la Comunidad Valenciana (ubicado en Plz. Dr. Berenguer Ferrer).

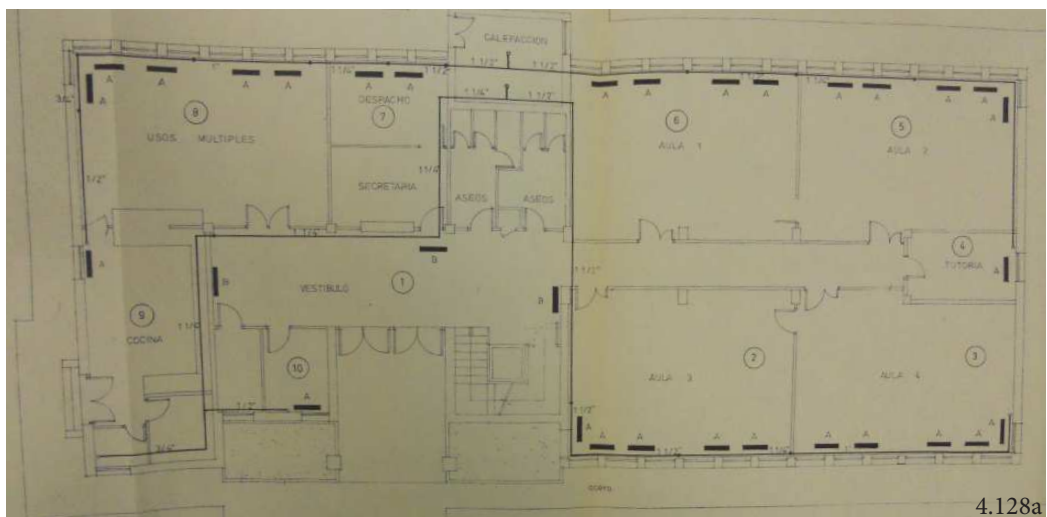
En los proyectos de instalaciones consultados aparece como promotor de los centros el Ministerio de Educación y Ciencia. No se conoce con exactitud el autor del proyecto, pues, aunque en uno de los planos del colegio La Fonteta aparece como arquitecto Ana Llopis Reyna, no se ha podido contrastar esta información en ningún otro documento o plano.

Este modelo de colegio fue proyectado para albergar ocho clases de Educación General Básica. El programa de necesidades incluía, en planta baja, cocina, comedor - usos múltiples, dirección, secretaría, conserjería y cuatro de las aulas; y en planta primera, las otras cuatro aulas, sala de profesores, biblioteca, laboratorio, aula taller y despacho de tutoría, y sus correspondientes aseos en ambas plantas. La sala de calderas estaba situada en la planta baja de la fachada posterior.

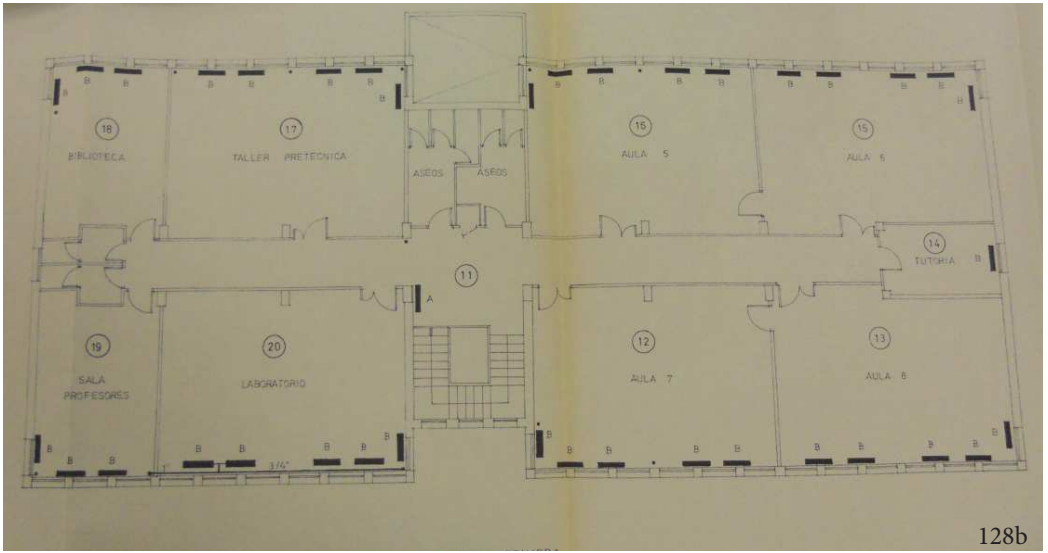
Aunque el modelo es el mismo, existen pequeñas diferencias entre los colegios, ya sea por modificaciones realizadas en el momento de su construcción, como despachos o adición de puertas externas, o reformas realizadas con posterioridad.

Figura 4.128. Plano de calefacción de planta baja y primera del proyecto de climatización del antiguo colegio Rafael Berenguer, 1983, ubicado en Plz. Dr. Berenguer Ferrer. Fuente: AHCV ref.-24 (ver bibliografía)

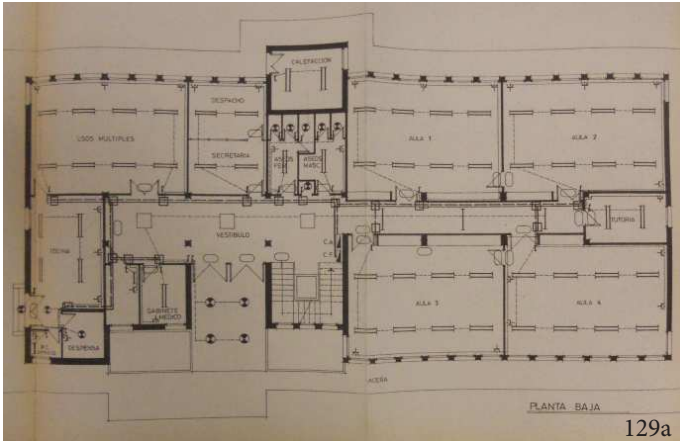
El segundo tipo de colegio se trata de las ampliaciones de 2 unidades de preescolar de los colegios Max Aub, Ciudad de Bolonia y Bartolomé Cossio. Aunque los edificios presentan diferencias y el diseño no es exactamente el mismo, estas construcciones de una planta y forma rectangular se caracterizan disponer de dos aulas en los extremos y acceso y aseos en la zona central.



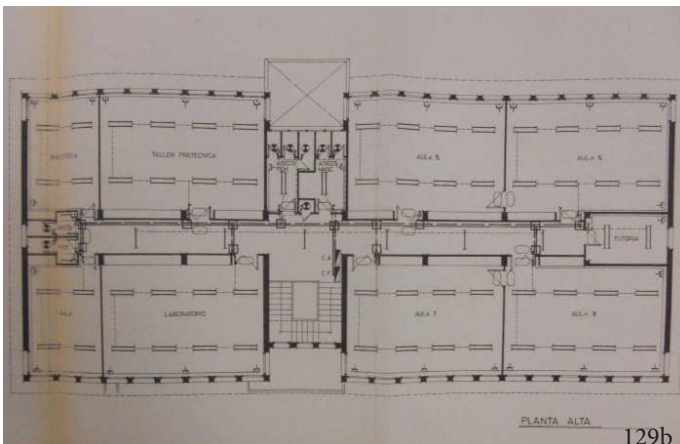
4.128a



128b



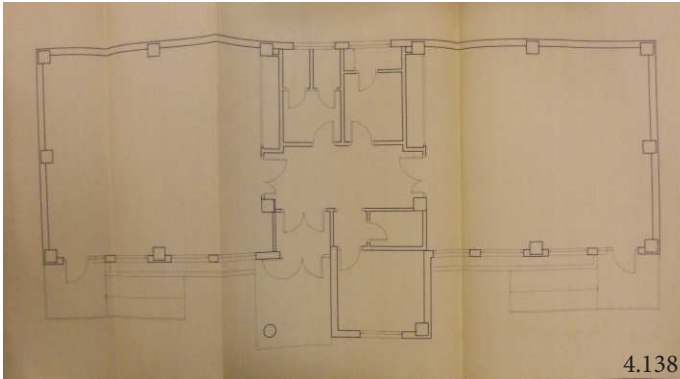
129a



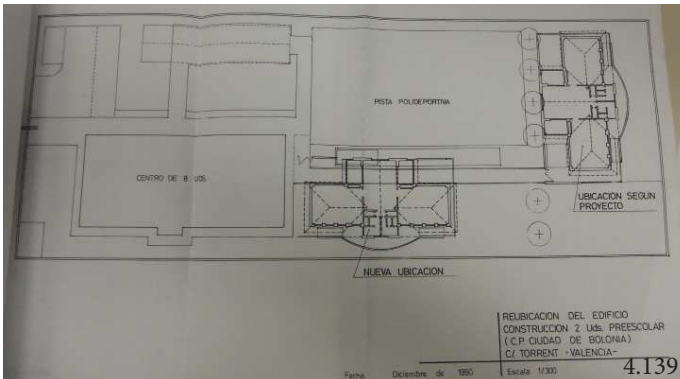
129b

Figura 4.129. CEIP La Fonteta (antiguo Julio Romero): planos de planta baja y primera del proyecto de electricidad, 1983. Fuente: AHCV ref.-22 (ver bibliografía)





4.138



4.139



4.140

Figuras 4.130. a 4.137.

CEIP Bartolomé Cossio, Carles Salvador, Antonio Machado, Prof. Sanchis Guarner, Campanar, Ciudad de Bolonia, vista aerea del CEIP La Fonteta y Vicente Gaos. Fuente: Fotografías del autor e imagen satélite obtenida en Google Maps ([https://www.google.es/maps/\(22/04/2017\)](https://www.google.es/maps/(22/04/2017)))

Figuras 4.138. a 4.140.

Ampliación de 2 uds. de preescolar: plano de la ampliación del CEIP Max Aub (1993), plano de situación de la ampliación del CEIP Ciudad de Bolonia (1990) y ampliación del CEIP Bartolomé Cossio. Fuente: fotografía del autor y proyectos en AHCV ref.-45 y 44 (ver bibliografía)

El tercer modelo es el ejecutado en los colegios Max Aub, Eliseo Vidal, Angelina Carnicer y Ginés de los Ríos. Como se ha visto en el apartado 4.2., este prototipo fue construido en distintos puntos de la geografía española, adaptando el diseño inicial según el solar u otras consideraciones de los técnicos municipales o regionales.

Se trata de un edificio para 16 unidades escolares, de base rectangular de tres plantas y dos núcleos de escalera, con un diseño prácticamente simétrico en planta primera y segunda. En estas plantas las aulas y despachos quedan situadas en los laterales de mayor longitud, los aseos en los de menor longitud y el acceso a se realiza por un hall con un gran hueco central que permite pasar la luz proveniente de un lucernario situado en cubierta.

En planta baja, se ubica en uno de los laterales la antigua vivienda del conserje, la cocina, el comedor, la sala de calderas y la biblioteca. En el otro lateral se encuentra conserjería, dirección, secretaría, sala de profesores y un gran porche cubierto y aseos de acceso único por el exterior del edificio.

En los planos instalaciones encontrados no se hace referencia al arquitecto autor del proyecto o si proviene, como en épocas anteriores, de concursos de prototipos de colegios.

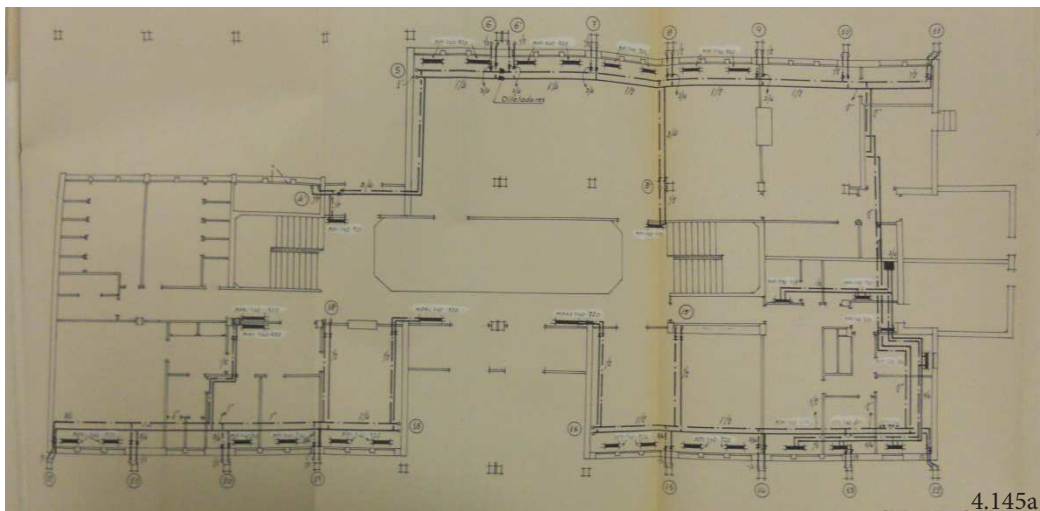
Figuras 4.141. a 4.144.

CEIP Max Aub, Eliseo Vidal, Angelina Carnicer y Gines de los Ríos. Fuente: fotografías del autor.

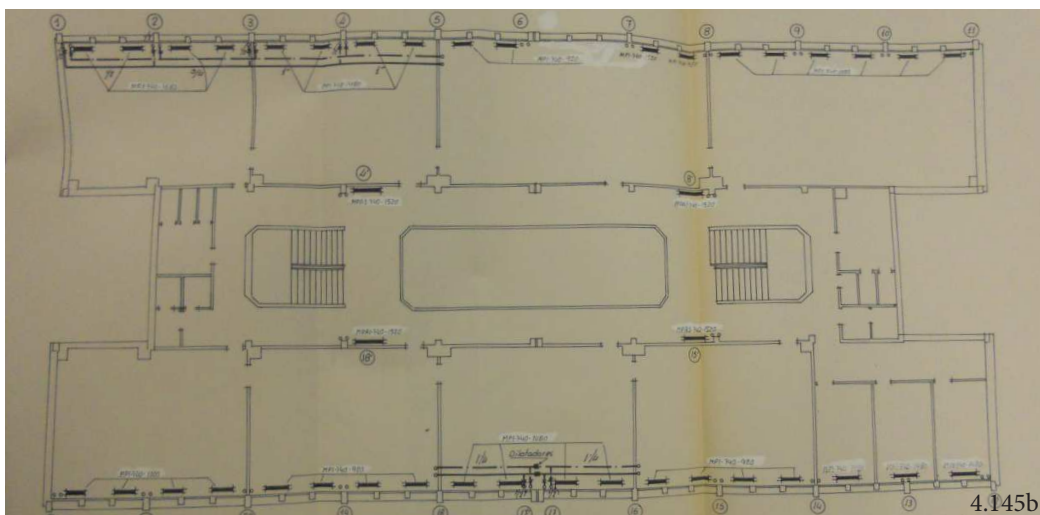
Figura 4.145.

CEIP Max Aub: proyecto de calefacción, planos de planta baja, primera y segunda, 1984. Fuente: AHCV ref.-26 (ver bibliografía)

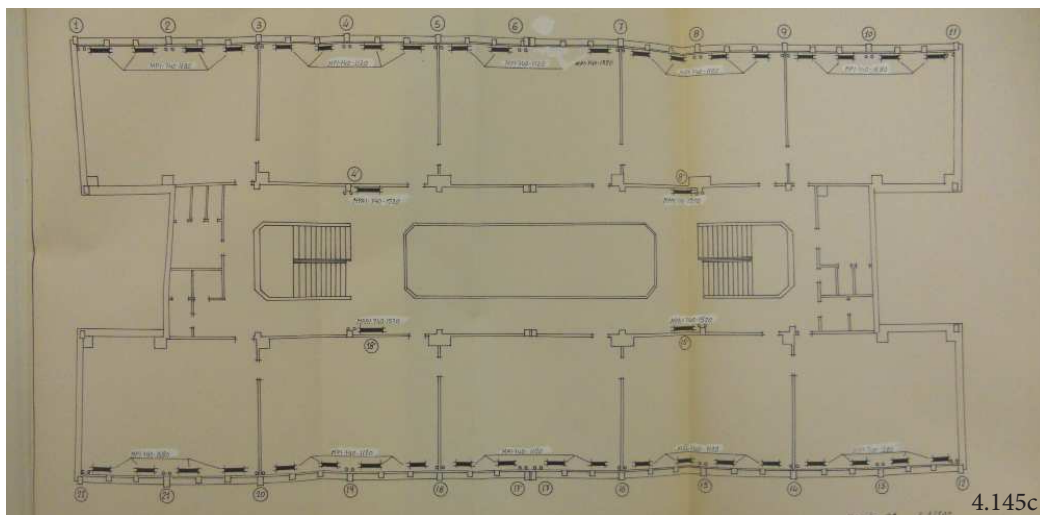




4.145a



4.145b



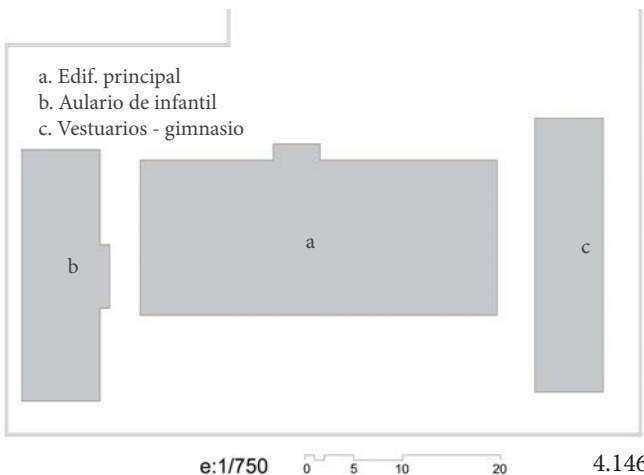
4.145c

4.7.1. Colegio tipo E1.I: Bartolomé Cossio, Infantil.

El colegio Bartolomé Cossio se ubica en un solar de 3.189 m², además del edificio principal, el centro cuenta con un aula de infantil de dos clases (ejemplo del tipo E1-I) y vestuarios. La ampliación, de base rectangular y una planta tiene una superficie construida de 174 m² y una superficie útil de 149 m².

Además de las características definidas en el apartado 4.7, para este tipo de ampliaciones, en el caso concreto, el aula dispone de ventanas a ambos lados de las aulas, los aseos se ubican entre ambas aulas con acceso desde las mismas o desde el vestíbulo de entrada. Toda la superficie está calefactada, los aseos han sido reformados y disponen de agua caliente sanitaria.

No dispone de caldera propia, sino que la instalación de calefacción es una ampliación del sistema del edificio central.



Figuras 4.146. a 4.148.

CEIP Bartolomé Cossio: plano de emplazamiento, fotografía de fachada principal del aula de infantil y vista aérea. Fuente: plano de elaboración propia, fotografía del autor e imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/> (abril-2016))



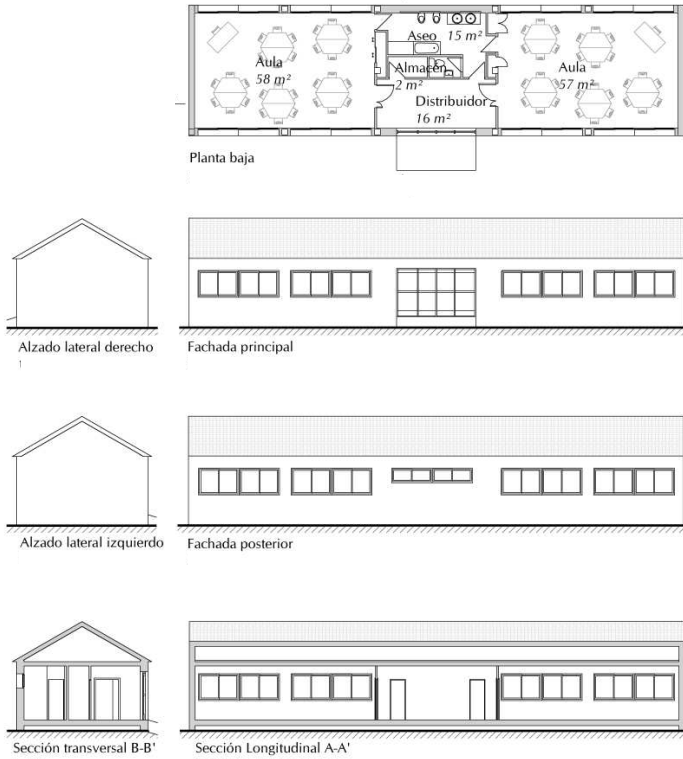


Figura 4.149. CEIP Bartolomé Cossio: aula de infantil: plano de planta y alzado principal. Fuente: elaboración propia.

Figura 4.150. CEIP Bartolomé Cossio; aula de infantil: exterior e interior. Fuente: fotos del autor.



4.7.2. Colegio tipo E1.II: Carles Salvator

El colegio Carles Salvator, ubicado en c/ Poeta Altet, se corresponde con el diseño del primer modelo de colegios explicados en la descripción general del tipo E1. El centro escolar se ubica en un solar de 3,832 m² y en total tiene una superficie construida de 1.594 m², según catastro.

Además del edificio principal, el centro cuenta una construcción destinada a vestuarios y una ampliación de dos aulas de infantil. Se desconoce la fecha de construcción del edificio principal, pues la fecha que aparece en catastro, 1986, coincide con la fecha de finalización y entrega del proyecto de la ampliación de infantil, según el expediente del proyecto. (AHCV ref.-27)

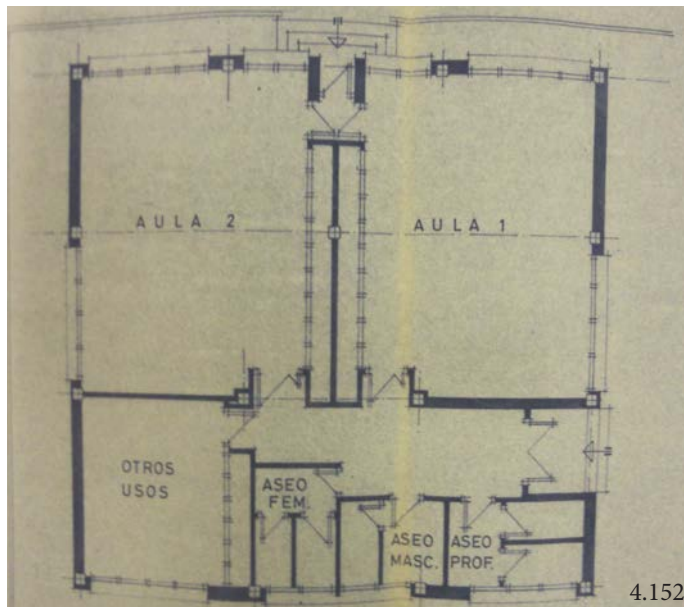
El edificio, de base rectangular, como todos los de este tipo, es de dos plantas, tiene una superficie construida de 1.092 m² y una superficie útil de 973 m² según los planos de proyecto. Las aulas se disponen en las fachadas y el acceso a las mismas se realiza por un pasillo central.

La distribución y las características de los elementos constructivos de este modelo de colegios coinciden con los recogidos anteriormente. Es decir, estructura de hormigón armado, forjado unidireccional, cerramientos de doble fábrica de ladrillo con cámara de aire, carpintería metálica con vidrio simple, cubierta de teja cerámica.

Cuenta con sistema de calefacción centralizada, con radiadores en todo el edificio, salvo en los aseos. Dispone de A.C.S. en cocina mediante termo-acumulador eléctrico.

Figura 4.151.
CEIP Carles Salvator: vista aérea.
Fuente: imagen satélite obtenida en Google Maps ([https://www.google.es/maps/\(abril/2014\)](https://www.google.es/maps/(abril/2014)))

Figura 4.152.
CEIP Carles Salvator: plano de planta del proyecto de dos aulas de preescolar, 1984. Fuente: AHCV ref.-27 (ver bibliografía)





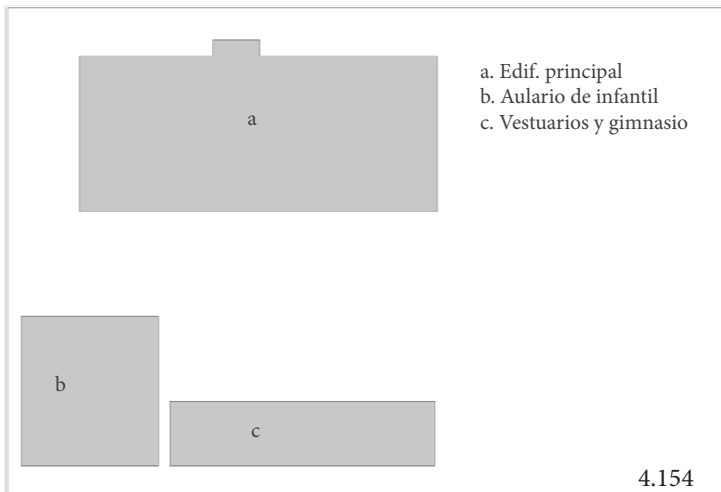
153a



4.153b



4.153c



4.154

e:1/750

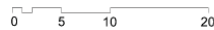
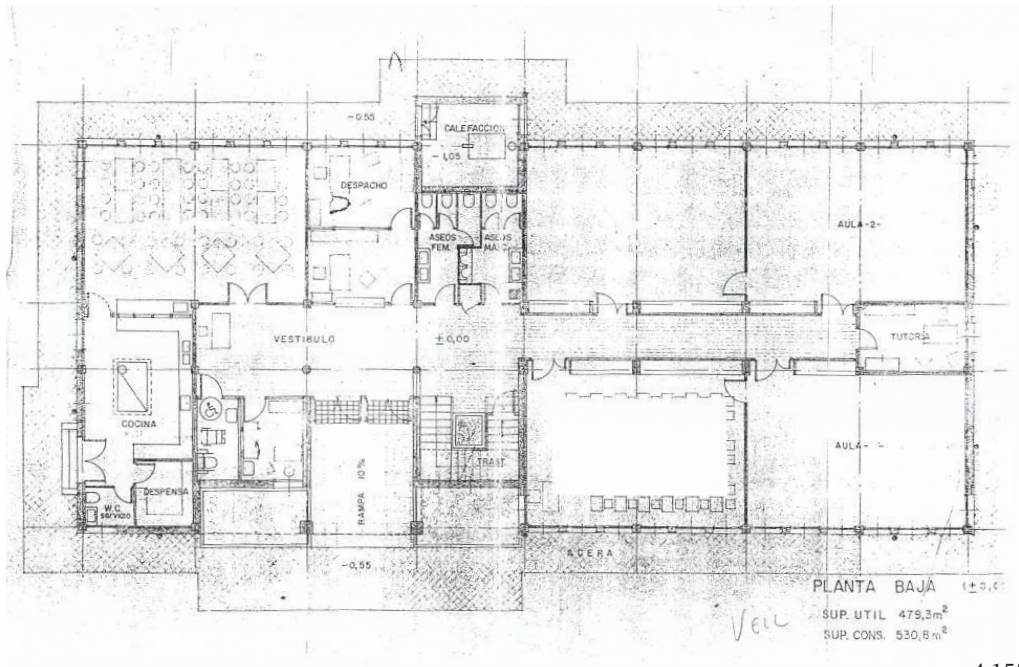
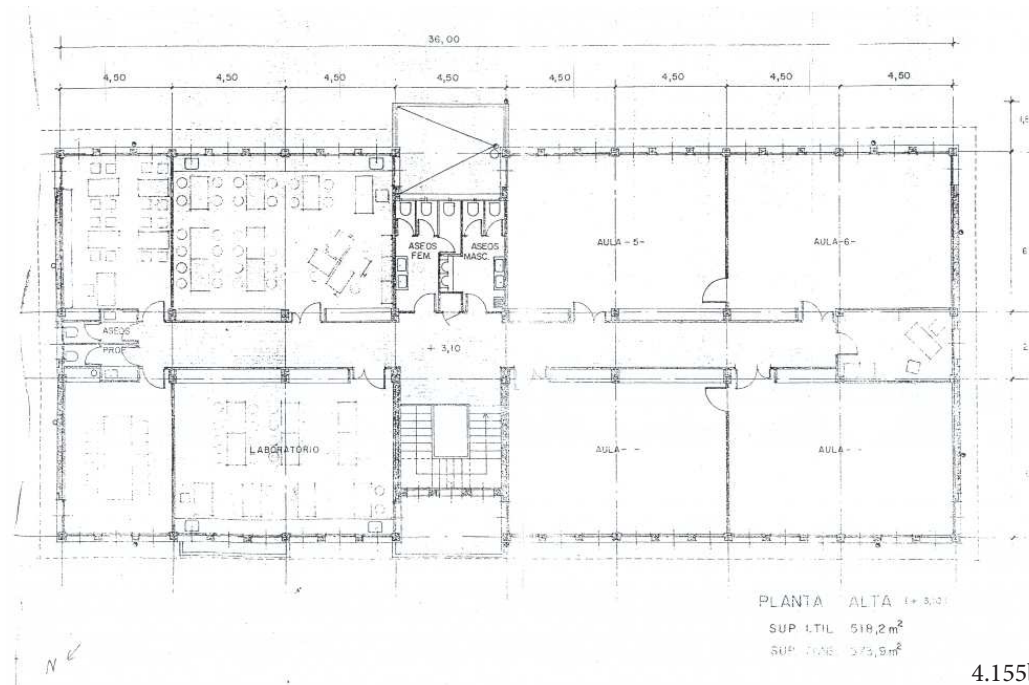


Figura 4.153.
CEIP Carles Salvator: fachada principal, aulario de infantil y vestuarios. Fuente: fotografías del autor.

Figura 4.154.
CEIP Carles Salvator: plano de emplazamiento. Fuente: elaboración propia.



4.155a



4.155b

Figura 4.155.
CEIP Carles Salvador: planos de planta baja y primera. Fuente: Archivo del CEIP Carles Salvador

Figura 4.156.
CEIP Carles Salvador:exteriores e interiores. Fuente: fotografías del autor.



4.156a



4.156b



4.156c



4.156d



4.156e



4.156f



4.156g



4.156h



4.156i

4.7.3. Colegio tipo E1.III: Eliseo Vidal

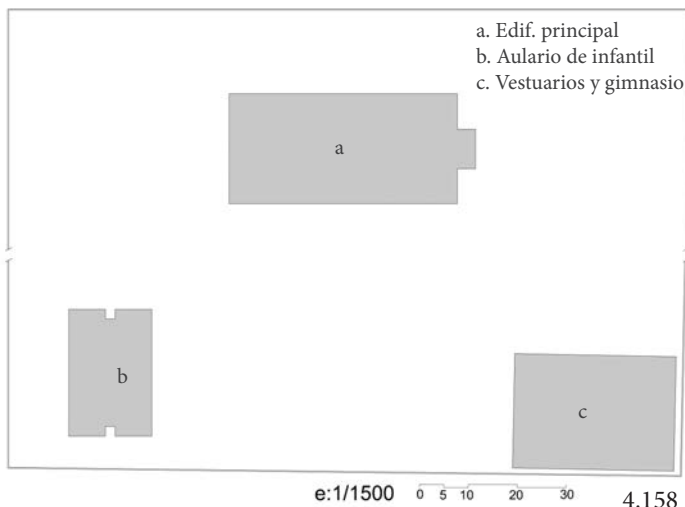
El colegio Eliseo Vidal sigue uno de los modelos de colegios de los años 80. El centro escolar se ubica en un solar de 14.871 m² y está constituido por el edificio principal, objeto de este estudio, un edificio de aulas de infantil y un gimnasio. El aulario de infantil, del arquitecto Juan de Otegui y Tellería, se trata de una ampliación de planta en X y dos alturas. La planta inferior, en semisótano, actualmente está inutilizada por motivos de salubridad.

El edificio principal tiene una superficie construida aproximada de 2.664 m² y una superficie útil de 2.470 m². La distribución interior es similar a la incluida en el apartado general para los colegios de este modelo. Originariamente contaba con seis accesos desde el exterior, tres principales, uno secundario por la biblioteca, y dos accesos de servicio, uno por cocina y otro por la antigua vivienda del conserje. Por motivos de seguridad, se ha abierto una puerta de emergencia desde el comedor al patio.

El proyecto de calefacción, del ingeniero Ricardo Segovia Andújar, está visado en julio de 1984. Toda la superficie está calefaccionada mediante una instalación centralizada con caldera de gas (inicialmente gasoil), salvo aseos, cuartos de limpieza, despensa y caldera y, la zona destinada a la antigua vivienda del conserje, que cuenta con radiadores eléctricos. Actualmente se usa como despachos y aula de apoyo.

En uno de los documentos encontrados junto al proyecto de calefacción del centro, se describen las características generales de los elementos constructivos: “pilares y vigas de hormigón armado, forjado de vigueta semirresistente de hormigón”. Una singularidad de este edificio es que fue construido con una distribución inversa a la que aparece en el proyecto.

Figura 4.157. y 4.158.
CEIP Eliseo Vidal: plano de emplazamiento y vista aérea. Fuente: elaboración propia e imagen satélite obtenida en Google Maps ([https://www.google.es/maps/\(22/04/2016\)](https://www.google.es/maps/(22/04/2016)))





Figuras 4.159, y 4.161.
CEIP Eliseo Vidal: fachada posterior, pabellón deportivo y aulario de infantil. Fuente: fotografías del autor.

Figura 4.162.
CEIP Eliseo Vidal: alzados del proyecto del aulario de infantil. Fuente: Archivo del CEIP Eliseo Vidal.

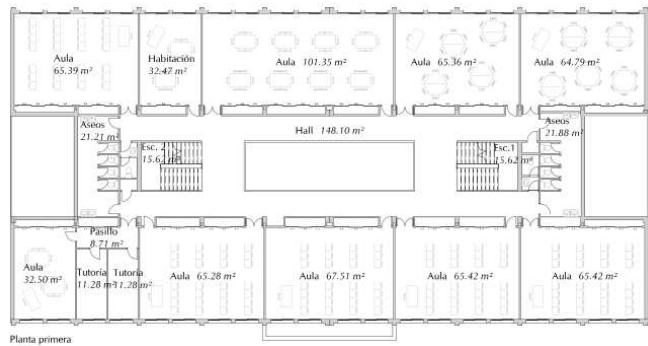
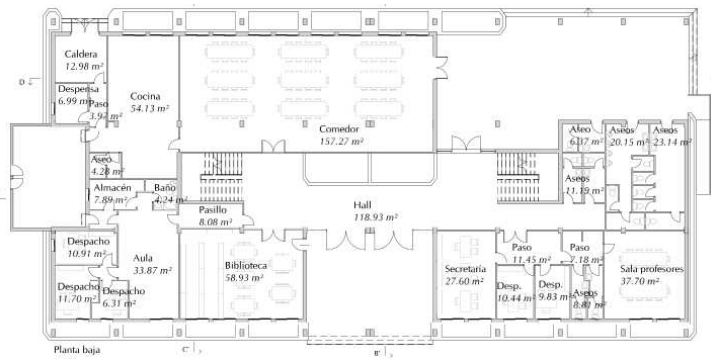
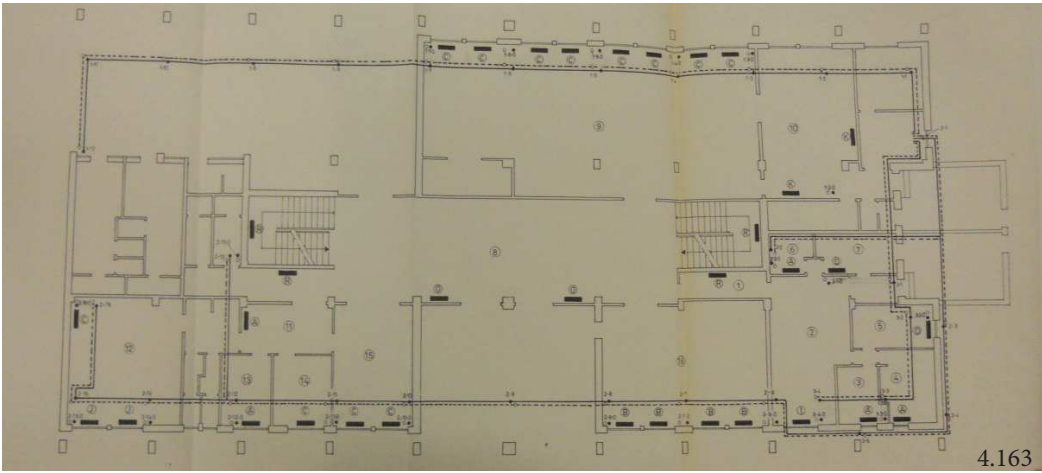
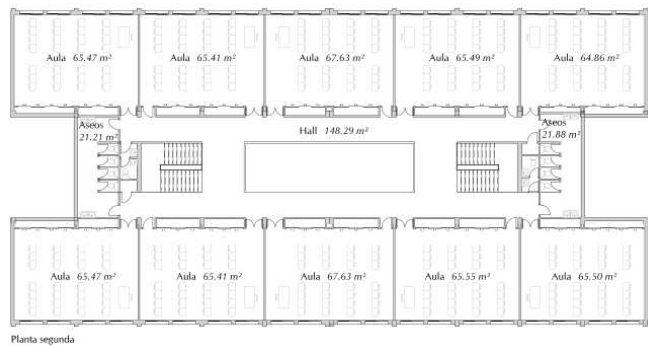


Figura 4.163.
CEIP Eliseo Vidal: plano de planta baja del proyecto de calefacción, 1983. Fuente: AHCV ref.-21 (ver bibliografía)

Figura 4.164.
CEIP Eliseo Vidal: Planos de planta baja, primera y segunda. Fuente: elaboración propia

Figura 4.165.
CEIP Eliseo Vidal: imágenes exteriores y del interior. Fuente: fotografías del autor.



4.164



4.165a



4.165b



4.165c



4.165d



4.165e



4.165f



4.165g



4.165h

4.8. Colegios tipo E2

Se trata de edificios de autor, es decir, no siguen un modelo o prototipo de colegio concreto promovido por la administración. Son edificios con diseños únicos. No obstante, se pueden agrupar, puesto que se trata de edificios que se caracterizan por reunir estas dos características.

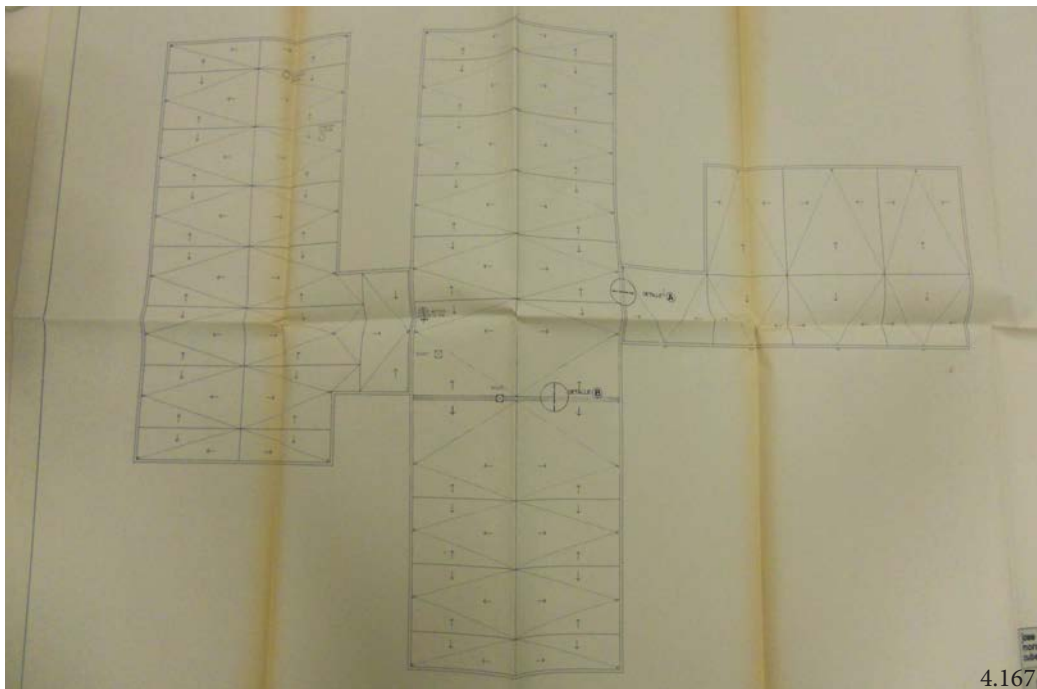
- Estar compuestos por uno o varios volúmenes de forma rectangular, conectados entre sí internamente, sea por intersección directa de los mismos, por pasillos o por otros volúmenes de menor tamaño.
- Los distintos volúmenes que los componen tienen diferentes alturas.
- Generalmente los distintos volúmenes albergan niveles educativos distintos o usos diversos, como comedor, gimnasio, o administración.

Figuras 4.166. y 4.167.

CEIP Horno de Alcedo: vista aérea y plano de cubiertas del proyecto de ejecución, 1983. Fuente: imagen satélite obtenida en Google Maps ([https://www.google.es/maps/\(abril 2016\)](https://www.google.es/maps/(abril%202016))) y AHCV ref.-43 (ver bibliografía)



Estos colegios fueron construidos a partir de 1980, el amplio espacio de tiempo hace que las características constructivas de los centros sean muy distintas entre sí. Entre los primeros que se construyeron están: Tomás de Villarroya, de los arquitectos F. Puente Roig y J.L. Farinós Alandete (1991-1994); el Grau, de J.L. Gisbert / F. J. Noguera / J. de Otegui (1986); Horno de Alcedo, de J. Morata Cubells (1990 -1992) y San Justo y Pastor, de C. Escura Brau y C. Martín González (ADI arquitectura).





Figuras 4.168. a 4.173.
CEIP Prof. Ramiro Jover, Explorador Andrés, El Grau, San Pedro, Mestalla y Humanista Mariner. Fuente: fotografías del autor

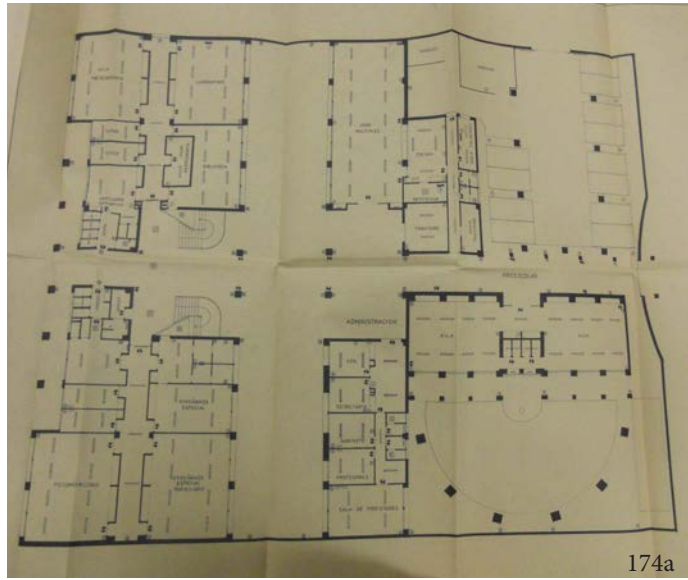


Figura 4.174.
CEIP El Grau: proyecto de ejecución, planos de planta baja y primera y fotografía aérea, 1988. Fuente: AHCV ref.-39 (ver bibliografía)

Figuras 4.175. y 4.176.
CEIP El Grau: vista aérea y fotografía de la fachada posterior. Fuente: fotografía del autor e imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/>(abril 2016))

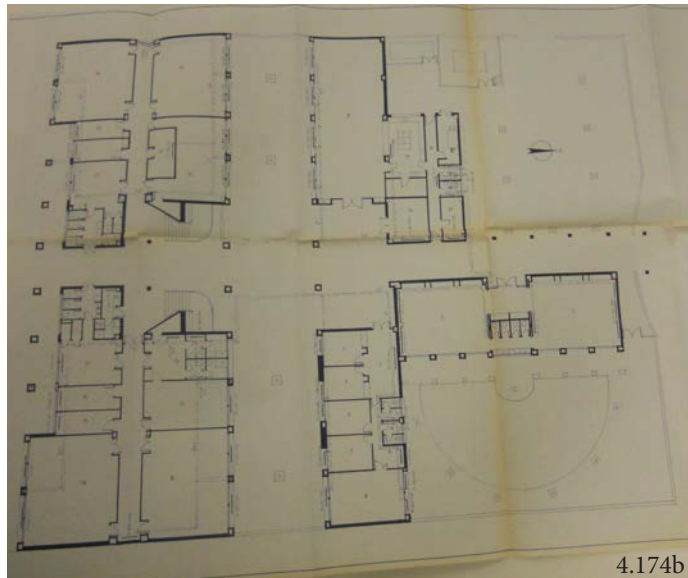
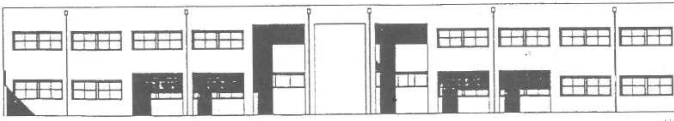


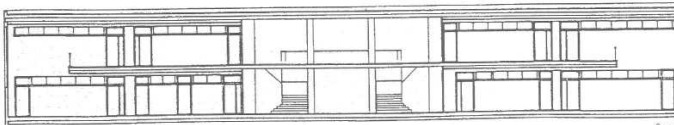


Figura 4.177
 CEIP El Grau, (Av. Balears 64, València). Projectado en 1986. Arquitectos: J.l. Gisbert, F.j. Noguera, J. de Otegui. Fuente: Insausti, P. & Llopis, A., 1995. Arquitectura escolar pública: obres i projectes 1985-1995. València: Generalitat Valenciana. pág. 293-294

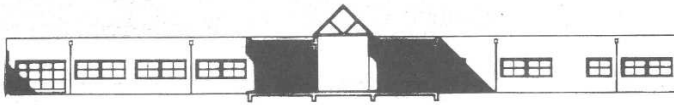
4.174c



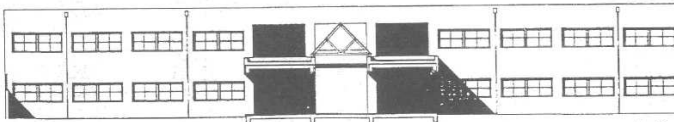
Alçat



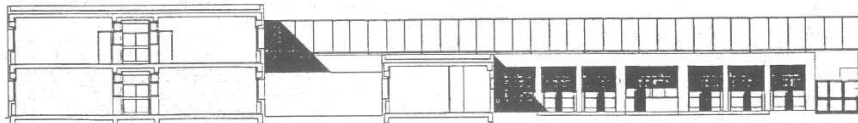
Secció



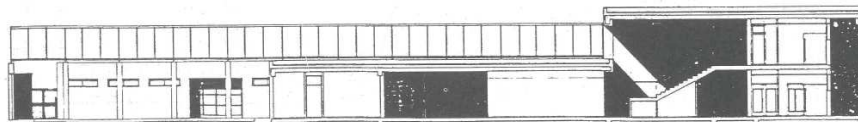
AlçatSecció



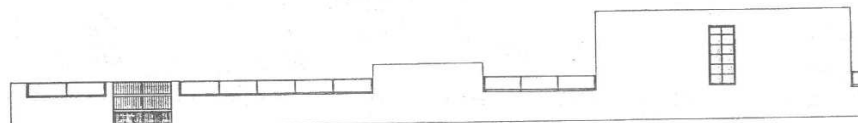
AlçatSecció



Secció



Secció



Alçat



4.8.1. Colegio tipo E2.II: Profesor Ramiro Jover

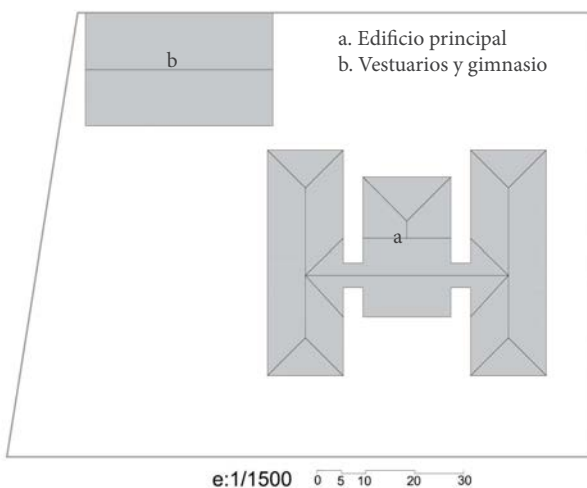
El colegio estudiado como modelo de este grupo es el CEIP Profesor Ramiro Jover. El centro está ubicado en la calle Pio IX, en un solar de 11.313m², según catastro. Además del edificio principal, el colegio cuenta con un gimnasio.

El edificio principal tiene una superficie construida de 3.465m² y una superficie útil de 3.089m². Se trata de un colegio de tres volúmenes de dos plantas cada uno, conectados entre sí. El volumen central dispone, en planta baja, del acceso principal del edificio y vestíbulo, conserjería, aseos, almacenes, las escaleras de comunicación interior y un ascensor; y, en planta primera, despachos y aseos.

Los otros dos volúmenes, de forma rectangular y alargada, albergan en planta baja las aulas de educación infantil y primaria, sala de profesores, dirección, varios despachos, secretaría, comedor, cocina, biblioteca, aseos, y varios almacenes. En planta segunda, se encuentran las aulas de primaria y desde cada uno de los volúmenes, se puede acceder al patio a través de unas de escaleras exteriores.

Las características de los elementos constructivos son similares a los de otros edificios del grupo E, es decir, estructura de hormigón armado, cerramientos de doble fabrica de ladrillo con cámara de aire y aislamiento, carpinterías metálicas con vidrio simple. En este caso, la cubierta es inclinada, con cámara de aire entre el forjado y la misma.

Cuenta con sistema de calefacción central con caldera de gasoil, aire acondicionado en sala de profesores y un aula (ubicada sobre la cocina) y A.C.S. mediante termo eléctrico acumulador (en cocina y baños de infantil).



4.186

Figuras 4.178. a 4.185.

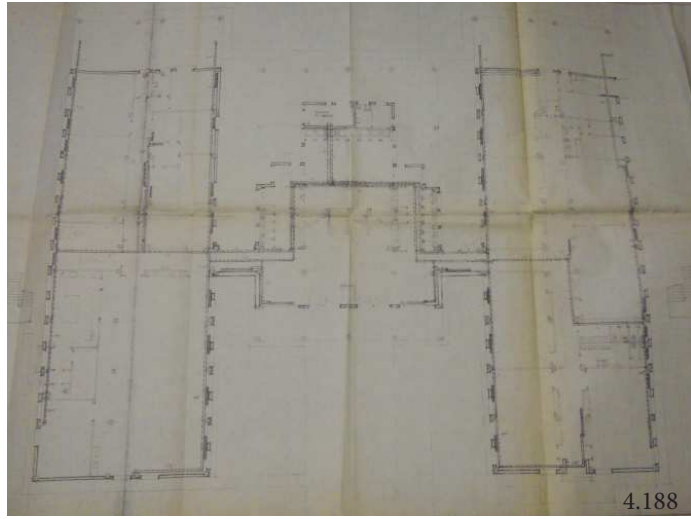
CEIP Sector Aéreo, San Pedro, Tomás de Montañana, Explorador Andrés, Humanista Mariner, Miguel Aldert y San Isidro (vista aérea). Fuente: fotografías del autor, excepto vista aérea obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps>). (junio 2017))

Figuras 4.186. y 4.187.

CEIP Prof. Ramiro Jover: plano de emplazamiento y vista aérea. Fuente: elaboración propia e imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/>(abril 2016))



4.187



Figuras 4.188. y 4.189.
CEIP Prof. Ramiro Jover: exteriores y plano de planta baja del proyecto de calefacción. Fuente: fotografías del autor y plano del archivo del CEIP Prof. Ramiro Jover.



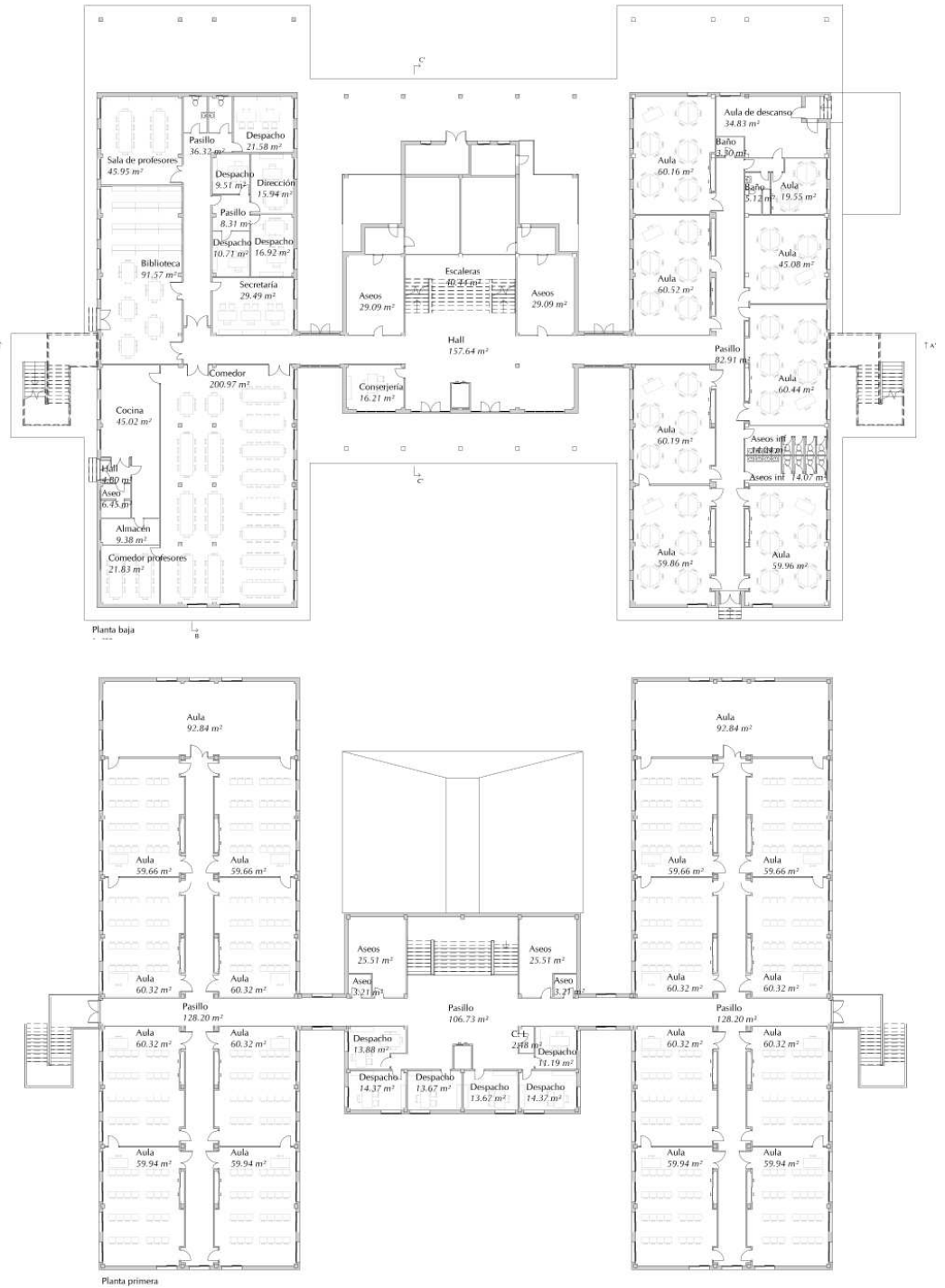


Figura 4.190.
CEIP Prof. Ramiro Jover: planos de planta baja y primera. Fuente: elaboración propia.



4.8.2. Colegio tipo E2.III: Mestalla

El colegio Mestalla está emplazado en la calle Ernesto Ferrer 4. Según catastro, se ubica en un solar de 4.019m² y data de 1997. El proyecto de calefacción data de 1989 (Fig. 4.195.)

El centro escolar está conformado por el edificio principal, un gimnasio con vestuarios y la vivienda del conserje (Fig. 4.193).

Al igual que el resto de edificios del tipo E2, se trata de una construcción de planta rectangular, con pasillo central, aulas ubicadas en los laterales y las superficies de sus plantas varían entre sí.

Consta de cuatro plantas, siendo la de mayor dimensión la planta baja, donde se ubican la zona de administración (dirección, secretaría, conserjería y varios despachos), la sala de profesores, las aulas de infantil, audiovisuales - psicomotricidad, comunicación y lenguaje, cocina, comedor, caldera y un almacén.

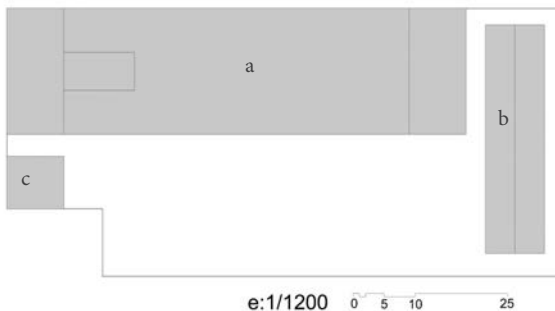
Al edificio se puede acceder por cuatro puntos: la entrada principal y la entrada desde la zona de infantil, ambas en la fachada principal, el comedor, y una puerta secundaria en la fachada posterior que da directamente a la calle.

Las plantas segunda y tercera, de superficie similar, albergan las aulas de primaria, despachos, el laboratorio, el aula de religión, la sala de audiovisuales, etc.

La tercera planta da acceso a una azotea transitable, en ella se encuentran la sala de máquinas del ascensor y se utiliza actualmente de almacén. Inicialmente en ella se ubicaban aseos y vestuarios.

La estructura es de hormigón armado, con cerramientos de fábrica de doble tabique de ladrillo, con cara vista en el exterior y carpintería metálica con persianas. Cuenta con sistema de calefacción central con caldera de gas y aire acondicionado, splits, en algunas de las aulas.

- a. Edificio principal
- b. Vestuarios y gimnasio
- c. Vivienda del conserje



4.193

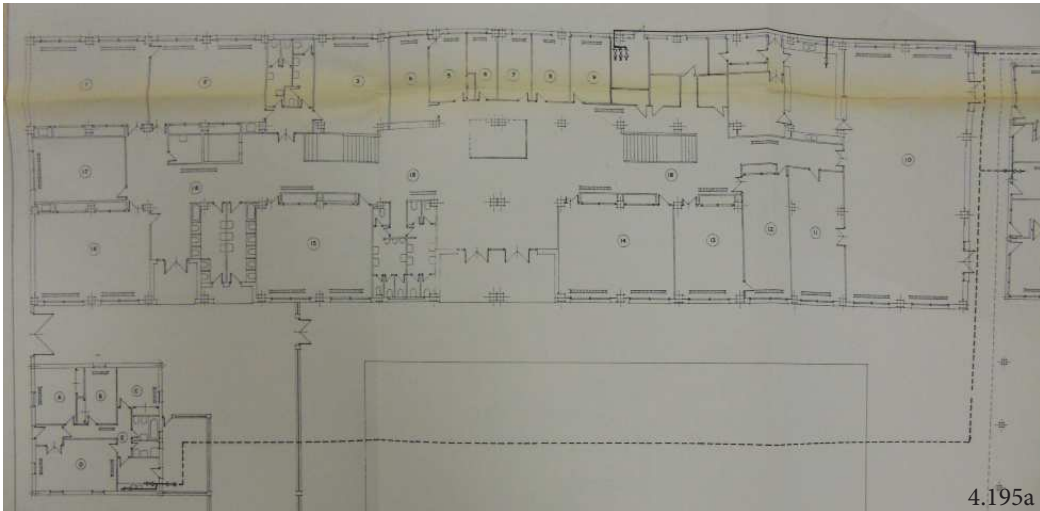
Figuras 4.191. y 4.192.

CÉIP Prof. Ramiro Jover: exteriores e interior y gimnasio. Fuente: fotografías del autor.

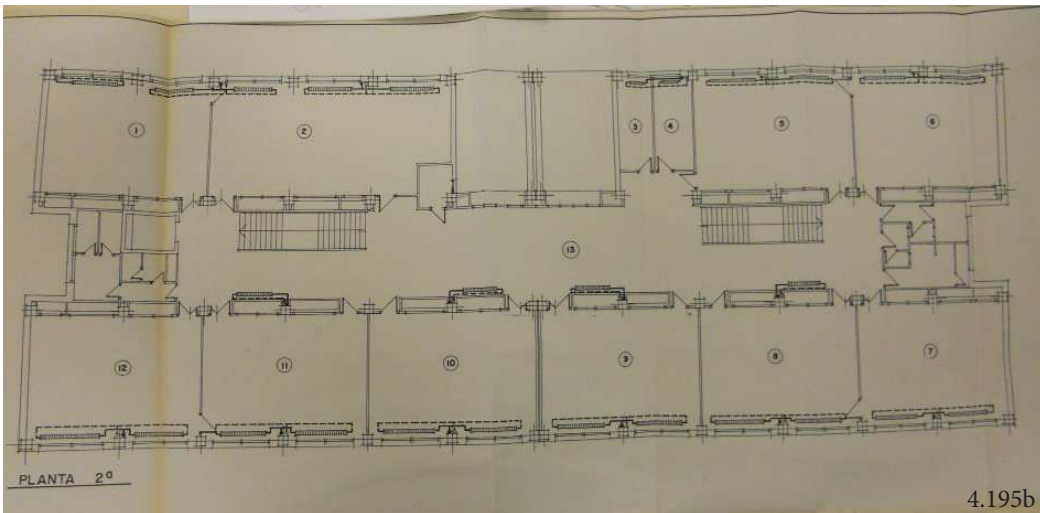
Figuras 4.193. y 4.194.

CÉIP Mestalla: plano de emplazamiento y vista aérea. Fuente: elaboración propia e imagen satélite obtenida en Google Maps (<https://www.google.es/maps/>(abril 2016))





4.195a



4.195b

Figura 4.195.
CEIP Mestalla: planos de planta baja y primera del proyecto de calefacción, 1989. Fuente: AHCV ref.-40 (ver bibliografía)

Figura 4.196.
CEIP Mestalla: exteriores. Fuente: fotografía del autor.



4.196



Figura 4.197, CEIP Mestalla: planos de planta y fachada. Fuente: elaboración propia.

Figura 4.198, CEIP Mestalla: exteriores e interior. Fuente: fotografías del autor.





5.

**ESTUDIO ENERGÉTICO: ESTADO INICIAL
Y PROPUESTAS DE MEJORA**



Portada 5
CEIP Gaspar Gil Polo. Fuente: fotografía del autor

Figura 5.1.
CEIP Profecsor Sanchis Guarner.
Fuente: fotografía del autor

5.1. Introducción.

Del análisis del parque de colegios de educación primaria de la ciudad de Valencia (capítulo tres), a través de la matriz de edificio, se han obtenido 14 edificios representativos que posteriormente han sido caracterizados (capítulo cuatro). En el presente capítulo se incluye el estudio energético dichos edificios, así como la definición de varios niveles de intervención con diversas propuestas de mejoras para reducir el consumo energético de los mismos.

5.2. Estudio energético de los colegios de la matriz: estado inicial

5.2.1. Consideraciones previas

Existe una serie de características y factores que influyen en el comportamiento energético de los edificios. Estos factores, incluidos en el capítulo tres, pueden agruparse en los dos grandes bloques que definen el consumo energético del edificio: demanda de energía y rendimiento de los sistemas. Siendo el consumo energético la demanda entre el rendimiento.

Un primer paso en el estudio energético de los edificios ha sido la recogida de datos concretos de cada colegio representativo sobre tres ámbitos:

- Datos generales: dirección, fecha de construcción, referencia catastral, régimen de uso, superficie habitable, altura libre, zona climática, etc.

- Datos sobre demanda, es decir, sobre la envolvente, transmisiones y superficies de los distintos elementos constructivos: cubiertas, fachadas, carpinterías, suelos en contacto con el terreno, etc.
- Datos sobre las instalaciones: tipos de sistema de calefacción y ACS, potencia, instalación de climatización, etc.

Entre los datos generales se encuentran la zona climática y la fecha de construcción. Todos los edificios se sitúan en la ciudad de Valencia, por lo que zona climática correspondiente es B3 según el código técnico de la edificación.

Para la fecha de construcción se ha tomado la fecha del proyecto y, en caso de que no se disponga de él, la fecha del catastro.

Respecto a la demanda energética, al no realizar catas, algunos datos se desconocen, como la composición real de fachada, suelo y cubiertas. Para estos elementos de la envolvente térmica, se han supuesto, entre los tipos constructivos establecidos en el Catálogo de soluciones constructivas de rehabilitación del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE, 2011), aquellos que más concordaban según la fecha de construcción, la inspección ocular, los datos tomados in situ o los proyectos de colegios de la misma época y tipología.

La orientación de los edificios y las sombras que se proyectan sobre ellos influyen considerablemente en los resultados de la evaluación energética. Respecto a las orientaciones, la opción más precisa sería determinar, para cada tipo de edificio, qué orientación sería la más desfavorable, es decir, aquella con mayores emisiones de CO₂ y mayores consumos. A continuación se realizaría el estudio energético y las propuestas de mejora sobre el edificio con orientaciones más desfavorables.

Un ejemplo de ello lo podemos encontrar en el estudio realizado por (De la Fuente Pérez, 2015), donde teniendo cinco tipos de edificios de viviendas, selecciona para cada tipo las orientaciones más desfavorables, y realiza la evaluación energética en función de estas orientaciones.

Desde el punto de vista de las sombras que proyectan los edificios de alrededor, cada colegio se ubica en un solar diferente sin un patrón concreto en la tipología y altura de los edificios que lo rodean. Las posibles alternativas en la evaluación energética sería estudiarlo con sombras, con la orientación original, o sin ellas, con la posibilidad de estudiar la orientación más desfavorable.

En el caso que nos ocupa, a pesar de que los colegios pertenecen a una tipología de edificios similar y que algunos de ellos han sido construidos en base a un prototipo o modelo, se hace pa-

tente la singularidad de cada colegio tanto en su diseño como en su emplazamiento.

Al contrario que en el estudio de (De la Fuente Pérez, 2015), donde para de cada tipología existen muchos edificios con cada una de las posibles orientaciones, en nuestro caso, es posible que del tipo de edificio con orientaciones más desfavorables energéticamente hablando no exista ningún colegio real. Pues hay tipologías que representan solamente uno o dos colegios reales.

Por ello, para el estudio energético se ha optado por evaluar cada colegio según su orientación real y las sombras que se proyectan en él, sin llegar a determinar la orientación más desfavorable para cada tipo.

Sobre los sistemas energéticos, en los colegios encontramos como norma general: instalación de calefacción (ya sea centralizada o por radiadores eléctricos), instalación eléctrica y sistema generación de agua caliente sanitaria (ACS) a través de termoacumuladores eléctricos para cocina y baños de infantil. Algunas aulas de los últimos pisos disponen de aire acondicionado, pero son casos aislados, que no se cumplen en todos.

No se poseen datos reales de consumo, ni del consiguiente gasto en energía, ya sea eléctrica u otros combustibles. Al contrario que en los institutos, que tienen una asignación económica y ellos mismos pagan las facturas, en el caso de los colegios, es el Ayuntamiento quien paga estos gastos directamente (agua, electricidad, gas...). Los colegios desconocen su consumo.

Al igual que en las características constructivas de la envolvente, en el caso de las instalaciones, aquellos datos que se desconocen, se han estimado, teniendo en cuenta fecha de construcción, la inspección ocular, la documentación encontrada y las instalaciones existentes en centros de la misma época y tipología.

Figura 5.2.
CEIP Salvador Tuset. Fuente: fotografía del autor.



En general, para la evaluación energética se ha considerado el estado inicial del edificio, es decir, como fue construido, obviando las modificaciones realizadas en carpinterías o sistemas de calefacción. Por ejemplo, con el tiempo se han sustituido las carpinterías de madera de muchos centros de los años 40 y 50 por otras metálicas o de pvc, sin embargo, en el estudio se han considerado las carpinterías iniciales de madera que tendrían los edificios.

Por todo lo anterior, el estudio energético que se va a realizar en este trabajo es de tipo teórico y de carácter orientativo, pues no se dispone de muchos de los datos que serían necesarios en el caso de realizar una evaluación energética con vistas a una intervención real en el edificio.

5.2.2. Evaluación energética del estado inicial

Una vez recabados los datos de cada edificio, se ha procedido a realizar su evaluación energética. Para ello se ha utilizado el programa de calificación energética Ce3X.

Un estudio energético conducente a una intervención real requeriría una auditoría energética profunda y mediciones reales. Habría que tener en cuenta, entre otros, todos los edificios que componen el centro educativo (incluyendo pabellones, vestuarios, aularios, etc.), todas aquellas instalaciones que consuman energía, sus horarios de funcionamiento, la utilización por usuarios externos de las instalaciones escolares y los consumos reales aportados a través de facturas.

El carácter teórico y orientativo de nuestro estudio y la escasez de datos y medios técnicos para realizar mediciones u otras pruebas, ha hecho que nos decantemos por emplear un programa de certificación energética de los edificios para realizar los cálculos.

En España existen varios programas de Certificación Energética de Edificios aprobados oficialmente como Documentos Reconocidos del CTE. En nuestro caso, la evaluación energética de los edificios se ha realizado el programa Ce3X, que incluye la posibilidad de estudiar edificios del sector terciario y no solo residencial.

De cada uno de los tipos representativos se ha elaborado una ficha que contiene la información general del mismo, datos sobre la envolvente y los sistemas, así como los resultados obtenidos en la evaluación energética inicial. Se incluye a continuación, a modo de ejemplo, la ficha de uno de los edificios (Fig. 5.3). El resto de las fichas se encuentran en el capítulo de resultados, mientras que la documentación gráfica de los edificios y otros datos necesarios para el estudio, se encuentran en los documentos anexos.

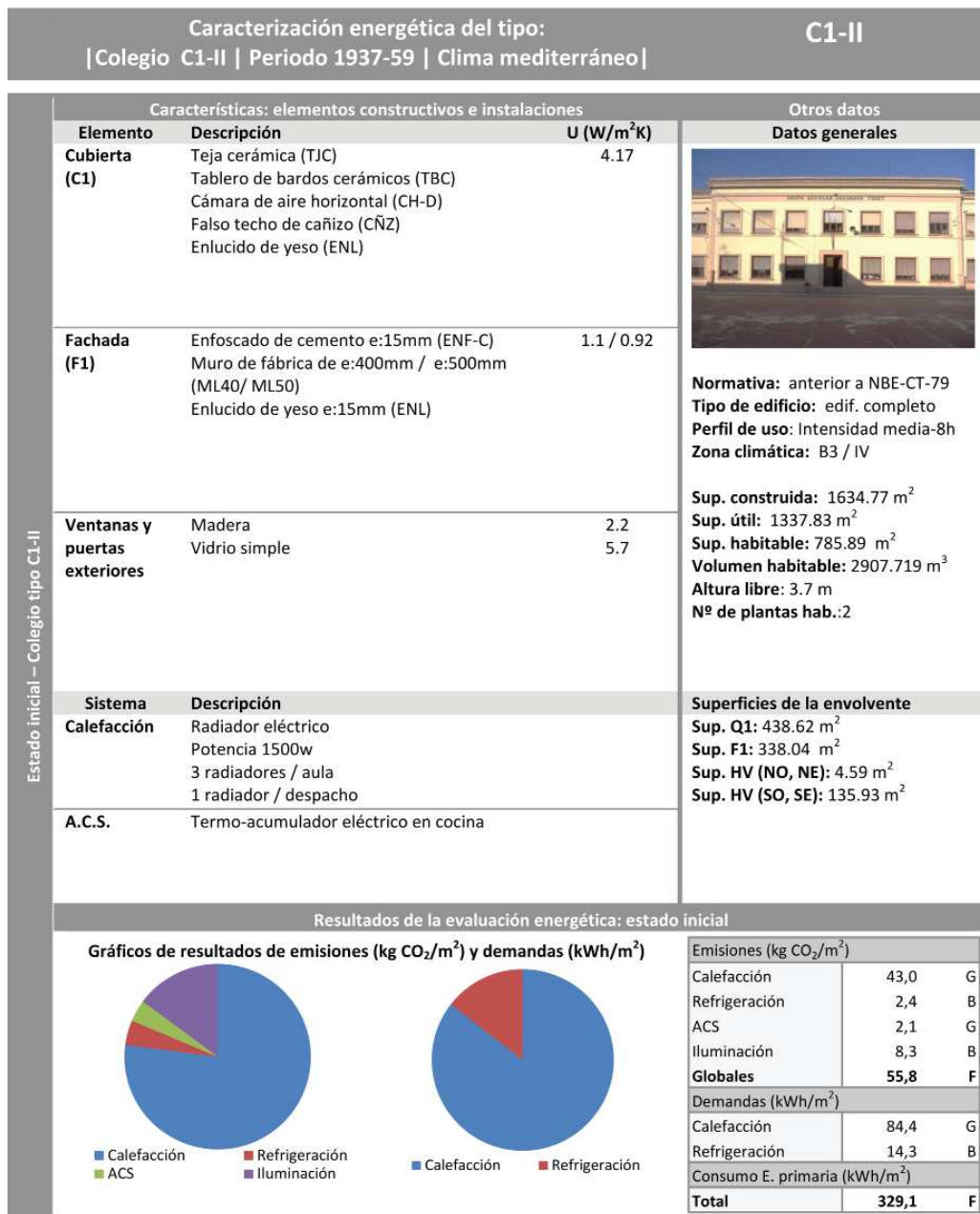


Figura 5.3. Ficha de caracterización energética del colegio tipo C1-II en su estado inicial. Fuente: elaboración propia.

5.3. Estudio energético de los colegios de la matriz: paquetes de mejoras.

Tras definir los distintos tipos de edificios y estudiarlos energéticamente en su estado inicial, se proponen a continuación una serie de mejoras a implementar en los mismos para reducir el consumo y las emisiones de CO₂.

Estas mejoras se han estructurado por paquetes, en función de los niveles de exigencia en cuanto a transmitancias de los elementos de la envolvente que se quieren alcanzar y los elementos que se quieren intervenir y la combinación de estos. De manera que, tras su estudio energético, sea posible identificar en cada tipo de colegio qué paquetes de medidas son más convenientes en función del coste y los niveles de ahorro que se quieren alcanzar.

Existen métodos para determinar cuál es el punto de equilibrio entre eficiencia energética y coste de la intervención. Uno de ellos es la metodología del coste óptimo. A través de este método es posible obtener el nivel de intervención en el edificio en el que, con el menor coste posible, se obtienen los mayores ahorros energéticos. Esta metodología se explicará y aplicará a los colegios en el siguiente capítulo (Cap. 6).

Para elegir las medidas o intervenciones a realizar se han tenido en cuenta las características de los edificios y otros factores como facilidad de ejecución, coste de las medidas o eficiencia energética de las mismas.

Para la propuesta de paquetes de medidas se promueve el criterio de intervenir primero en la envolvente, es decir, disminución previa de la demanda frente a la intervención en las instalaciones.

Inicialmente se planteó la posibilidad de combinar los paquetes de mejora de la envolvente con paquetes de mejoras que consistieran en la sustitución de las instalaciones o sistemas de calefacción, iluminación y ACS. Sin embargo, se descartó la idea por la gran casuística que existe. La mayoría de los centros escolares están constituidos por varios edificios y, en consecuencia, tienen necesidades muy variadas entre sí (gimnasio, vestuarios con duchas, ACS en cocina, ACS en baños de infantil, sistemas de refrigeración en aulas muy calurosas). Esto hace que las características de los sistemas sean muy distintas entre los colegios incluso siendo de un mismo tipo representativo.

Las medidas propuestas en el presente estudio se centran en la mejora de la envolvente. No obstante, se mencionan las mejoras activas, es decir, de los sistemas, en cuanto a las exigencias normativas y a algunos aspectos a tener en cuenta.

5.3.1. Paquetes de medidas

Los paquetes de medidas se establecen en función de los objetivos de ahorro energético que se desean obtener, el grado de actuación que se quiere llevar a cabo, las exigencias normativas, las características técnicas de las soluciones de intervención es-cogidas, etc.

Para cada ámbito o elemento arquitectónico se pueden fijar unas medidas de intervención, es decir, habrá diferentes medidas para fachada, suelos, cubiertas, cada tipo de sistema de instalaciones (iluminación, A.C.S., calefacción, refrigeración y ventilación) y fuentes de energía renovable.

Estas medidas vendrán definidas por la solución constructiva que se proponga, sus características técnicas y energéticas y su coste. Por ejemplo, en fachada, si se decide intervenir mediante un sistema SATE, las múltiples medidas posibles vendrán deter-minadas por el tipo de acabado, tipo de aislamiento, calidad de los materiales, la composición de las capas o su transmitancia.

Otro ejemplo bastante claro lo encontramos en el sistema de calefacción, puesto que tendremos tantas medidas como tipos de sistemas empleados (radiadores eléctricos, bomba de calor, bomba de calor con caudal variable, caldera de gasoil, gas o bio-masa, etc.), y, dentro de cada tipo de sistema, tantas medidas como potencias de los mismos o modelos.

En definitiva, cada paquete de medidas está formado por la combinación de múltiples medidas singulares de intervención.

Para nuestro estudio, dado que es necesario acotar el número de medidas o soluciones que se pueden proponer, se ha plantea-do, para cada tipo de edificio, una propuesta de intervención en cada elemento de la envolvente (fachada (F), huecos (H), suelos en contacto con el aire exterior (S) y cubierta (C)).

Estas medidas se pueden combinar entre sí, obteniendo paque-tes de medidas en los que intervenga solo en un elemento (por ejemplo, fachadas (F)), en varios elementos (por ejemplo, en huecos y fachadas (HF)), o en toda la envolvente (HFQ).

En aquellos colegios con suelos en contacto con aire exterior, la mejora de este elemento se ha incluido junto con el aislamien-to de fachadas. Para cada propuesta de intervención o solución constructiva, se han planteado a su vez varios niveles de exigen-cia en cuanto a transmitancias de los elementos de la envolvente (N1, N2, N3).

La tabla 5.1 recoge el conjunto de paquetes de medidas que se han planteado para el estudio. En total, para cada colegio se pro-ponen 21 paquetes de medidas pasivas, como resultado de juntar

Tabla 5.1. Niveles o paquetes de mejora propuestos: envoltente			
Elementos a mejorar	Nivel de exigencia		
	N1	N2	N3
Huecos (H)	N1 H	N2 H	N3 H
Fachada* (F)	N1 F	N2 F	N3 F
Cubierta (Q)	N1 Q	N2 Q	N3 Q
Huecos + Fachada*	N1 HF	N2 HF	N3 HF
Huecos + Cubierta	N1 HQ	N2 HQ	N3 HQ
Fachada* + Cubierta	N1 FQ	N2 FQ	N3 FQ
Huecos + Fachada* + Cubierta	N1 HFQ	N2 HFQ	N3 HFQ

*En fachada incluiríamos el aislamiento de suelos en contacto con el aire exterior

Tabla 5.1.

Tabla resumen de los paquetes de mejora de la envoltente aplicados en el estudio, en función los elementos constructivos en los que se interviene y los niveles de exigencia en cuanto a transmitancia térmica $U_{lim}(W/m^2K)$ de los elementos de la envoltente térmica. Fuente: elaboración propia.

las 7 combinaciones de elementos de la envoltente a intervenir y los tres niveles de exigencia en cuanto a transmitancias.

Una de las razones por las que se plantean varios niveles de exigencia es que, al tratarse de rehabilitación, ya sea por motivos técnicos o económicos, no siempre es posible alcanzar los niveles de exigencia marcados por la normativa vigente, más restrictiva (o idónea desde el punto de vista de la eficiencia energética). El proponer varios niveles permite valorar hasta que punto es viable intervenir.

Para fijar los valores de transmitancias asociados a cada uno de dichos niveles de exigencias tendremos en cuenta las exigencias contenidas sobre la envoltente térmica en la normativa española de ahorro energético: CTE DB-HE. Además de estos valores, la normativa incluye otras prestaciones que han de cumplir los edificios que se reformen, que veremos a continuación. Así como los casos en que no es obligatorio su cumplimiento.

Exigencias del DB-HE 2019 para reforma de edificios existentes

A nivel general y en relación a las exigencias contenidas en el DB-HE 2019, el propio documento establece en su introducción tres criterios de aplicación de las mismas en edificios existentes: no empeoramiento, flexibilidad y reparación de daños.

En concreto, el criterio de flexibilidad, señala que “en los casos en los que no sea posible alcanzar el nivel de prestación establecido con carácter general en este DB, podrán adoptarse soluciones que permitan el mayor grado de adecuación posible, determinándose el mismo, siempre que se dé alguno de los siguientes casos:

- En edificios con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando otras soluciones pudiesen alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.

- La aplicación de otras soluciones no suponga una mejora efectiva en las prestaciones relacionadas con el requisito básico de “Ahorro de energía”.
- Otras soluciones no sean técnica o económicamente viables.
- Otras soluciones impliquen cambios sustanciales en elementos de la envolvente térmica o en las instalaciones de generación térmica sobre los que no se fuera a actuar inicialmente.

En el proyecto debe justificarse el motivo de la aplicación de este criterio de flexibilidad. (...)” (CTE DB HE 2019)

Por otro lado, según el tipo de intervención, el DB HE 2019 establece dos niveles básicos: grandes y/o globales, y pequeñas y/o puntuales.

En intervenciones globales o grandes intervenciones, asimila el edificio a obra nueva, fijando unos niveles rebajados para reformas: tanto en consumo energético ($C_{ep,nren}$ y $C_{ep,tot}$), como en coeficiente global de transmisión de calor (K_{lim}) y control solar ($q_{sol;jul,lim}$).

En intervenciones menores o puntuales, las exigencias se limitan al elemento que se está interviniendo (Villar et al, 2020).

Para fijar los niveles de exigencia, vamos a señalar previamente las principales exigencias de los distintos DB-HE sobre la envolvente térmica que se deben cumplir en caso de reforma de edificios existentes y en qué medida son de aplicación en los edificios de estudio.

El DB-HE0 limita el consumo energético de los edificios en función de la zona climática de invierno en su localidad de ubicación, el uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención.

En concreto limita el consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nrem}$) y el consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot}$). (Fig. 5.4 y 5.5)

Uno de los casos de aplicación del DB-HE0 en edificios existentes es en reformas en las que se renueven de forma conjunta las instalaciones de generación térmica y más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica del edificio.

No obstante, se excluirían los edificios protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, en la medida en que el cumplimiento de determinadas exigencias básicas de eficiencia energética pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, siendo la autoridad que dicta la protección oficial quien determine los elementos inalterables.

Tabla 3.1.b - HE0						
Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [kW·h/m ² ·año] para uso distinto del residencial privado						
Zona climática de invierno						
α	A	B	C	D	E	
$70 + 8 \cdot C_{Fi}$	$55 + 8 \cdot C_{Fi}$	$50 + 8 \cdot C_{Fi}$	$35 + 8 \cdot C_{Fi}$	$20 + 8 \cdot C_{Fi}$	$10 + 8 \cdot C_{Fi}$	
C_{Fi} : Carga interna media[W/m ²] En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores resultantes por 1,40						
						5.4

Figura 5.4.
Tabla 3.1b. -HE0 de Valor límite de Consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren}$) para uso distinto del residencial privado. Fuente: CTE-HE 2019

Tabla 3.2.b - HE0						
Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m ² ·año] para uso distinto del residencial privado						
Zona climática de invierno						
α	A	B	C	D	E	
$165 + 9 \cdot C_{Fi}$	$155 + 9 \cdot C_{Fi}$	$150 + 9 \cdot C_{Fi}$	$140 + 9 \cdot C_{Fi}$	$130 + 9 \cdot C_{Fi}$	$120 + 9 \cdot C_{Fi}$	
C_{Fi} : Carga interna media[W/m ²] En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores resultantes por 1,40						
						5.5

Figura 5.5.
Tabla 3.2b. -HE0 de Valor límite de Consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot}$) para uso distinto del residencial privado. Fuente: CTE-HE 2019

El DB-HE1 “Condiciones para el control de la demanda energética”, se aplica a las reformas, estando también excluidos los edificios protegidos o de valor histórico y arquitectónico.

En relación a la transmitancia, el DB-HE1 fija unos valores límite (U_{lim}) para los elementos de la envolvente térmica (tabla 3.1.1.a-HE1) y para las particiones interiores en función del uso (tabla 3.2.-HE1).

Asimismo, fija unos valores límites para el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio (K_{lim}). Para usos distintos a residencial privado, estos valores vienen señalados en la tabla 3.1.1. c-HE1.

En el caso de reformas, el valor U_{lim} , tanto de la envolvente térmica como de las particiones interiores, se aplica únicamente a aquellos elementos de la envolvente térmica que se sustituyan, incorporen, o modifiquen substancialmente, y/o que vean modificadas sus condiciones interiores o exteriores como resultado de la intervención, cuando estas supongan un incremento de las necesidades energéticas del edificio.

También se podrán superar los valores de la tabla 3.1.1.a-HE1 cuando el coeficiente global de transmisión de calor (K) obtenido considerando la transmitancia térmica final de los elementos afectados no supere el obtenido aplicando los valores de la tabla.

Para reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica del edificio, el parámetro de control solar no podrá superar el límite establecido en la tabla 3.1.2-HE1.

Según el DB-HE2 “Condiciones de las instalaciones térmicas”, esta exigencia se desarrolla según el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

El DB-HE3 “Condiciones de las instalaciones de iluminación” establece que, para edificios existentes, será de aplicación en la renovación o ampliación de una parte de la instalación. También se aplicará este documento en intervenciones en edificios existentes en los siguientes casos:

- En las instalaciones de iluminación interior de todo el edificio cuando haya cambios de uso característico y/o en intervenciones en edificios existentes con una superficie útil total final (incluidas las partes ampliadas, en su caso) superior a 1000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
- Cuando se renueve o amplíe una parte de la instalación, se adecuará la parte de la instalación renovada o ampliada para que se cumplan los valores de eficiencia energética límite en función de la actividad.
- Cuando la renovación afecte a zonas del edificio para las cuales se establezca la obligatoriedad de sistemas de control o regulación, se dispondrá de estos sistemas.
- En cambios de actividad en una zona del edificio que impliquen un valor más bajo del Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) límite respecto al de la actividad inicial, se adecuará la instalación de dicha zona.

Las condiciones establecidas en el DB-HE4 “Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria”, son de aplicación a:

- Edificios existentes con una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 100 l/d, calculada de acuerdo al Anejo F del DB-HE, en los que se reforme íntegramente, bien el edificio en sí, o bien la instalación de generación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo.
- Ampliaciones o intervenciones, no cubiertas en el punto anterior, en edificios existentes con una demanda inicial de ACS superior a 5.000 l/día, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial.

El DB-HE5 “Generación mínima de energía” es de aplicación a edificios existentes que se reformen íntegramente, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo, cuando se superen los 3.000 m² de superficie construida.

Niveles de exigencia en las transmitancias de la envolvente del edificio aplicados en el estudio.

Como se ha señalado anteriormente, el DB-HE1 fija en la tabla 3.1.1.a-HE1 (Fig. 5.6.) unos valores límite de transmitancia (U_{lim}) para los elementos de la envolvente térmica. Por otro lado, en la tabla a-Anejo E (Fig. 5.7), para uso residencial privado aporta unos valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente para facilitar el cumplimiento de la transmitancia y de las condiciones para el coeficiente global de trasmisión de calor a través de la envolvente.

En el caso que nos ocupa, y teniendo en cuenta el criterio de flexibilidad del DB-HE anteriormente señalado, a la hora de reducir la transmitancia de los elementos constructivos de la envolvente térmica de los edificios se han establecido tres niveles de exigencia: inferior a la mínima (no cumple la normativa actual), mínima y por encima de la mínima (más restrictivos).

Las condiciones o exigencias mínimas (Nivel de exigencia N2) se corresponden con los valores de la tabla 3.1.1a-HE1 para zona climática B. Para las condiciones o exigencias de nivel medio (Nivel de exigencia N3), se han tomado los valores de la tabla a-Anejo e HE para zona climática B.

Por ultimo, para fijar unos valores de exigencia inferiores a la limitación establecida en la normativa actual (Nivel de exigencia N1) se han tomado como referencia las transmitancias de la ta-

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m^2K]						
Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T)	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})						
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%				5,7		
*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_s en un 50%.						5,6

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento, U [W/m^2K]						
	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U_M, U_S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U_c	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19
Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, U_T	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U_H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5
Los valores anteriores presuponen un correcto tratamiento de los puentes térmicos.						5,7

Figura 5.6
Tabla 3.1.1.a. HE1 valores límite de transmitancia U_{lim} (W/m^2K). Fuente: CTE-HE 2019

Figura 5.7
Tabla a- Anejo E. Transmitancia térmica del elemento. U (W/m^2K). Fuente: CTE-HE 2019

Figura 5.8.

Valores límite de los parámetros característicos medios para la zona climática B3. Fuente: CTE-HE 2006 (Ministerio de Fomento, 2006)

ZONA CLIMÁTICA B3									
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno					$U_{\text{Mlim}}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$				
Transmitancia límite de suelos					$U_{\text{Slim}}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$				
Transmitancia límite de cubiertas					$U_{\text{Clim}}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$				
Factor solar modificado límite de lucernarios					$F_{\text{Llim}}: 0,30$				

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} $\text{W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

5.8

Tabla 5.2

Porcentaje global de huecos en fachadas de la envolvente de los distintos tipos de colegios y exigencia de transmitancia según la tabla 2.2. del CTE HE1 de 2006, según orientación y % de huecos. Fuente: elaboración propia.

Tipo de colegio	% Huecos	U ($\text{W/m}^2\text{K}$)		
		N	E/O	S, SE/SO
B	13,49	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7
C1-I	22,25	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7
C1-II	29,36	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7
C1-III	19,31	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7
C2-II	39,24	3 (3,3)	4 (4,2)	5,6 (5,7)
C2-III	27,44	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7
D-I	33,52	3 (3,3)	4 (4,2)	5,6 (5,7)
D-II	32,69	3 (3,3)	4 (4,2)	5,6 (5,7)
E1-I	31,78	3 (3,3)	4 (4,2)	5,6 (5,7)
E1-II	32,73	3 (3,3)	4 (4,2)	5,6 (5,7)
E1-III	23,09	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7
E2-II	19,47	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7
E2-III	23,21	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7

bla 2.2. del CTE DB-HE1 de 2006 (para zona climática B3) (Fig 5.8). Se han descartado las exigencias del CTE DB-HE 2013, por ser casi similares a las del anexo E del CTE DB-HE 2019

El CTE DB-HE 2006, a diferencia de sus actualizaciones, establece distintos límites de transmitancias para los vidrios en función de su orientación. No obstante, para el estudio se ha escogido un único valor común para todos los tipos, el más restrictivo. Corresponde a las orientaciones N, captación solar baja.

Se ha elaborado una tabla (Tabla 5.2.) con el porcentaje total de huecos en fachada de cada edificio y la exigencia de transmitancia según la tabla 2.2. del CTE HE1 de 2006. A la vista de la tabla, se ha escogido como valor común para los vidrios $U=3,3$.

Como se ha indicado al inicio del punto 5.3.1., las mejoras en la envolvente incluyen mejoras en cubierta (Q), en fachadas (F), en huecos (H) y en suelos en contacto con el aire exterior (S).

A modo de resumen, los valores de transmitancia a aplicar en nuestro estudio para cada uno de los niveles de exigencia vienen recogidos en la tabla 5.3.

Según el CTE DB-HE 2019, el coeficiente global de transmisión de calor (K_{lim}) obtenido considerando la transmitancia térmica final de los elementos afectados no deberá superar los valores establecidos en la tabla 3.3.1.c. HE1 (Fig. 5.9).

Este valor depende de la compacidad del edificio (m^3/m^2). Para una zona climática B, el valor K_{lim} será 0,76 para compacidades menores o iguales a 1, y 0,92 para compacidades mayores a 4. Los valores límites de las compacidades intermedias se obtienen por interpolación.

En los colegios en los que la superficie de huecos represente mas del 25% de la superficie total de la envolvente térmica del edificio, el parámetro de control solar $q_{sol:jul}$, no podrá superar el límite establecido en la tabla 3.1.2-HE1. Según la tabla para usos distintos a residencial privado el valor límite $q_{sol:jul,lim}$ es igual a 4.

Tabla 5.3. Resumen de los valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} (W/m^2K) aplicados en el proyecto

Elemento de la envolvente	Nivel de exigencia		
	N1 ⁽¹⁾	N2 ⁽²⁾	N3 ⁽³⁾
Muros en contacto con el aire exterior (U_M)	0,82	0,56	0,38
Suelos en contacto con el aire exterior (U_S)	0,52	0,56	0,38
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_C)	0,45	0,44	0,33
Muros, suelos y cubiertas con espacios no habitables o con el terreno (U_T)	-	0,75	0,69
Medianeras o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})	-	0,75	0,69
Huecos (vidrios, marcos y persiana) ($U_{H,i}$)	3,30	2,30	2,00

- (1) Valores según CTE DB-HE 2006 tabla 2.2.- HE1 para zona climática B3
- (2) Valores según CTE DB-HE 2019 tabla 3.1.1a-HE1 para zona climática B
- (3) Valores según CTE DB-HE 2019 tabla a-Anejo e HE para zona climática B

Tabla 5.3. Tabla resumen de los valores límite de transmitancia térmica, $U_{lim}(W/m^2K)$ aplicados en el proyecto. Fuente: elaboración propia.

Figura 5.9. Tabla 3.1.1.c HE1. valores límite de Coeficiente global de transmisión de calor K_{lim} (W/m^2K). Fuente: CTE-HE 2019

Tabla 3.1.1.c - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m^2K] para uso distinto del residencial privado

	Compacidad V/A [m^3/m^2]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos. Ampliaciones. Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	$V/A \leq 1$	0,96	0,81	0,76	0,65	0,54	0,43
	$V/A \geq 4$	1,12	0,98	0,92	0,82	0,70	0,59

5.3.2. Soluciones constructivas propuestas

Una vez definidos los paquetes de medidas de renovación según las exigencias normativas de eficiencia energética pasamos a definir las soluciones constructivas a llevar a cabo para alcanzarlas. Es decir, las medidas concretas que incluirá cada uno de esos paquetes.

Para ello, en primer lugar hay que identificar los sistemas constructivos que conforman los colegios estudiados y los tipos de sistemas de los que disponen. En segundo lugar, se hay que elegir las medidas más adecuadas para cada tipo de colegio en función de sus características arquitectónicas, la facilidad de ejecución, el ahorro energético que se busca o el coste.

Composición de los elementos constructivos y tipos de sistemas: estado inicial.

Como se ha indicado en el apartado 5.2.1., sobre consideraciones previas en la evaluación del estado inicial, al no realizar catas, se desconocen algunos datos sobre la composición real de fachada, suelo y cubiertas de varios colegios.

Para estos elementos, se ha identificado del Catálogo de soluciones constructivas de rehabilitación del IVE, aquellos tipos constructivos que más concordaban según la fecha de construcción, la inspección ocular, los datos tomados in situ o los proyectos de colegios de la misma época y tipología. También se ha localizado, en los casos en los que se conocía la composición de los elementos, a qué tipo se corresponde según el Catálogo (IVE, 2011)

En total, se han identificado seis tipos constructivos de cubiertas (Q), siete tipos de fachadas (F) y uno de suelos en contacto con el aire exterior (S). Dos tipos principales de ventanas (V), dos de puertas (P) y tres sistemas de calefacción (C). La figura 5.10. recoge un esquema de cada tipo de colegio y el tipo de cubiertas, fachadas, suelo, etc., que lo componen. Esto permite hacernos una idea de las características constructivas de cada época y unificar las mejoras energéticas a implementar.

Las tablas 5.4 a 5.7 incluyen la descripción de los distintos tipos constructivos y su referencia con el catálogo si la tiene. Un mismo tipo constructivo puede tener distinta transmitancia térmica, en función del espesor y material de las capas que lo componen. Para facilitar la comprensión del texto, en las tablas se indica, de modo general la composición de los distintos tipos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior. La composición específica de cada colegio, y su correspondiente transmitancia, está detallada en las fichas individuales, tanto del estado inicial como de las propuestas de mejoras (Capítulo 7).

5.10. Esquema de tipos de elementos constructivos y sistemas de calefacción presentes en los modelos representativos de colegios

Tipos de cubiertas

B	C1-I	C1-II	C1-III	C2-II	C2-III	D-I	D-II	D-III	E1-I	E1-II	E1-III	E2-II	E2-III
Q1				Q3	Q2			Q4	Q5				Q6

Tipos de fachadas

B	C1-I	C1-II	C1-III	C2-II	C2-III	D-I	D-II	D-III	E1-I	E1-II	E1-III	E2-II	E2-III
F1				F2	F4	F2		F5	F7				
				F3	F4			F6					

Tipos de suelos en contacto con el aire exterior

B	C1-I	C1-II	C1-III	C2-II	C2-III	D-I	D-II	D-III	E1-I	E1-II	E1-III	E2-II	E2-III
										S1			

Tipos de carpinterías

B	C1-I	C1-II	C1-III	C2-II	C2-III	D-I	D-II	D-III	E1-I	E1-II	E1-III	E2-II	E2-III
VMD						VME							
PMD-ME				PME									

Tipos de sistemas de calefacción

B	C1-I	C1-II	C1-III	C2-II	C2-III	D-I	D-II	D-III	E1-I	E1-II	E1-III	E2-II	E2-III
C1						C2						C3	
											C1		

Figura 5.10.

Esquema de tipos de elementos constructivos de la envolvente (cubiertas(Q), fachadas (F), suelos en contacto con el aire exterior (S) y carpinterías (V y P) y sistemas de calefacción presentes en los tipos representativos de colegios (C). Leyenda de las distintas abreviaturas en las tablas 5.5. a 5.8. Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.4. Tipos de cubiertas presentes en los tipos de colegios representativos			
	Elemento	Composición	Identificación
Q1	Cubierta inclinada con ventilación bajo el elemento estructural	Teja cerámica (TJC) Tablero de bardos cerámicos (TBC) Cámara de aire horizontal (CH-D) Falso techo de cañizo (CÑZ) Enlucido de yeso (ENL)	ID_QB14_d02
Q2	Cubierta plana no ventilada transitable	Baldosa cerámica de 20mm (BCE20) Mortero de agarre (MOA) Capa de Impermeabilización (I) Hormigón áridos ligeros (HL) Forjado unidireccional con entrevigado de hormigón 250mm (FUH25) Enlucido de yeso (ENL)	ID_QB04a04
Q3	Cubierta plana ventilada transitable	Baldosa cerámica de 20mm (BCE20) Mortero de agarre (MOA) Capa de arena (ARE) Capa de impermeabilización (I) Mortero de regulación (MOR) Tablero de bardos cerámicos (TBC) Cámara de aire horizontal de 200 mm (CH) F.U. entrevigado hormigón 250mm (FUH25) Enlucido de yeso (ENL)	ID_QB01a04
Q4	Cubierta inclinada sin aislamiento	Tejado de chapa sobre tabiques en avispero (TJCH) Cámara de aire horizontal (CH-D) Forjado unidireccional con entrevigado de hormigón 250mm (FUH25) Enlucido de yeso (ENL)	ID_QB15a04
Q5	Cubierta inclinada con aislamiento	Tejado de teja cerámica (TJC) Cámara de aire horizontal (CH-D) Aislamiento térmico $\lambda=0,037$ e= 40mm (AT) Forjado unidireccional con bovedillas cerámicas 250mm (FUC25) Enlucido de yeso (ENL)	ID_QB19a08
Q6	Cubierta plana transitable con aislamiento	Baldosa cerámica de 20mm (BCE20) Mortero de agarre (MOA) Capa de Impermeabilización (I) Aislante térmico $\lambda=0,037$ e=40mm (AT) Hormigón áridos ligeros (HL) F.U. c/ bovedillas cerámicas 250mm (FUC25) Enlucido de yeso (ENL)	ID_QB09a04

Tabla 5.4. Tipos de cubiertas presentes en los tipos representativos de colegios: composición y código de identificación según el Catálogo de soluciones constructivas de rehabilitación del IVE. Fuente: elaboración propia

Tabla 5.5. Tipos de fachadas y suelos presentes en los colegios representativos			
	Elemento	Composición	Identificación
F1	Muro de carga de una hoja con revestimiento en ambas caras	Enfoscado de cemento (ENF-C) Muro de fábrica (MF) Enlucido de yeso (ENL)	ID_FC02b*
F2	Capuchina c.ext. revestida, sin aislamiento	Enfoscado de mortero de cemento (ENF-C) Ladrillo cerámico h. doble de 115 mm (LH11) Cámara de aire (CV-A) Ladrillo cerámico h (LH) Enlucido de yeso (ENL)	ID-FC05*
F3	Muro de una hoja sin aislamiento	Enfoscado de mortero de cemento (ENF-C) Ladrillo macizo de 115 mm (LM11) Enlucido de yeso (ENL)	ID_FC02c02
F4	Capuchina c.ext. vista, sin aislamiento	Ladrillo visto perforado de 115 mm (LP11) Cámara de aire (CV-A) Ladrillo cerámico hueco 70 mm (LH7) Enlucido de yeso (ENL)	ID_FC04
F5	Capuchina c. ext. revestida, con aislamiento	Enfoscado de mortero de cemento (ENF-C) Ladrillo cerámico hueco 110 mm (LH11) Cámara de aire (CV-A) Aislamiento térmico (AT) Ladrillo cerámico hueco 70 mm (LH7) Enlucido de yeso (ENL)	ID_FC17*
F6	Capuchina c. ext. revestida, con aislamiento, sin c. aire	Enfoscado de mortero de cemento (ENF-C) Ladrillo cerámico hueco 110 mm (LH11) Aislamiento térmico (AT) Ladrillo cerámico hueco 70 mm (LH7) Enlucido de yeso (ENL)	ID_FC13*
F7	Capuchina c. ext. vista, con aislamiento	Ladrillo perforado visto 110 mm (LP11) Cámara de aire (CV-A) Aislamiento térmico (AT) Ladrillo cerámico hueco 70 mm (LH7) Enlucido de yeso (ENL)	ID_FC16*
S1	Forjado unidireccional con aislamiento y baldosa de terrazo	Baldosa de terrazo (BTE) Mortero de agarre (MOA) F.U. c/ bovedillas cerámicas 250mm (FUC25) Aislamiento (AT) Capa de protección (CP)	

* Elementos no incluidos en el Catálogo de soluciones constructivas de rehabilitación del IVE

Tabla 5.5.

Tipos de fachadas y suelos en contacto con el aire exterior de la envolvente, presentes en los tipos representativos de colegios: composición y código de identificación según el Catálogo de soluciones constructivas de rehabilitación del IVE. Fuente: elaboración propia

Tabla 5.6. Tipos de sistemas de calefacción presentes en los col

C1	Calefacción por radiadores eléctricos
C2	Caldera centralizada de Gasoleo-C
C3	Caldera centralizada de Gas

Tabla 5.7. Tipos de carpinterías de la envolvente presentes en l

VMD	Ventanas de madera y vidrio simple
VME	Ventanas metálicas y vidrio simple
PMD	Puertas de madera y vidrio simple
PME	Puertas metálicas y vidrio simple

Tabla 5.6. y 5.7.

Tipos de sistemas de calefacción y carpinterías presentes en los tipos representativos de colegios. Fuente: elaboración propia

Factores que pueden influir en la elección de las medidas de intervención energética

Al tratarse de edificios de distintas épocas y diseños, no todas las medidas son adecuadas o aplicables a todos los tipos. Existe una serie de factores que influirán a la hora de definir las propuestas de mejora y llevar a cabo la intervención en cada tipo. Los principales factores influyentes son:

- Nivel de protección. Algunos colegios forman parte del catálogo de bienes protegidos o se ven afectados por otros niveles de protección. Por ello, no todas las medidas les son aplicables. Por ejemplo, algunos no pueden alterar su fachada, de modo que, las medidas de aislamiento se han de aplicar por el interior y las carpinterías han de ser similares a las existentes.
- Diseño singular. Algunos modelos han destacado a lo largo de su historia por su singular diseño, ganando concursos o quedando recogidos en revistas de arquitectura. En estos casos, la intervención estará condicionada a respetar y mantener ese diseño singular.
- Eficiencia energética. Algunas propuestas de mejora suponen un mayor ahorro energético o una mayor disminución de la demanda energética del edificio. En función de los objetivos que se quieran alcanzar en la rehabilitación habrá que escoger unas u otras medidas. El código técnico de la edificación fija en su documento HE (Ahorro de energía) una serie de exigencias básicas que han de servir como objetivos para las intervenciones.
- Coste de ejecución y mantenimiento. La consecución de los objetivos de ahorro energético está unida al presupuesto del que se disponga para la rehabilitación, así como a los costes

posteriores de mantenimiento. En la mayoría de ocasiones el capital disponible es limitado, por lo que la inclusión de sistemas muy innovadores no es posible, o no es sostenible económicamente alcanzar los objetivos establecidos, pues el coste de la intervención es muy superior en comparación con los ahorros conseguidos.

- **Facilidad de ejecución.** Para plantear un escenario de intervención real es necesario tener muy en cuenta el tipo de edificios a rehabilitar, su uso, sus características constructivas, el tiempo y el dinero del que se dispone para realizar la obra. En muchas ocasiones, la facilidad de ejecución de solución determinada es la que reduce el coste económico o el tiempo de ejecución de las obras, convirtiéndose en la opción más adecuada. Al tratarse de centros educativos en muchos casos las obras solo se pueden realizar en verano.

Para escoger las medidas a llevar a cabo en los distintos centros se han analizado las medidas compatibles con cada tipo representativo, según su sistema constructivo inicial y si la intervención se realiza por el exterior o el interior, su nivel de adecuación en función del coste, facilidad de ejecución y la eficiencia energética (Tablas 5.8 y 5.9).

Elección de medidas de intervención sobre la envolvente térmica

Atendiendo a la necesidad de conservación del diseño arquitectónico de la envolvente, es decir, en aquellos casos en los que los edificios estén catalogados o protegidos y no se pueda modificar la fachada, o en los que se quiera mantener el aspecto o diseño original, se aplicarían las medidas ejecutadas por el interior. Es el caso de los tipos B y C1.

Los colegios del tipo C2 estudiados, aunque solo se encuentra protegido uno de los centros, el conjunto destaca por su diseño singular, propio del movimiento moderno, por lo que de cara a la presente investigación se aplicaría el criterio seguido para los grupos B y C1.

Desde el punto de vista energético, la intervención por el interior no permite reducir o eliminar todos los puentes térmicos existentes, como pueden ser los frentes de forjado. También limita la incorporación de elementos de control solar en los huecos. En este caso se han de plantear soluciones a ejecutar por el interior, como contraventanas, estores o persianas de lamas.

En los edificios representativos del tipo D y E, las posibilidades de intervención son mayores, pudiéndose realizar tanto por el exterior como por el interior. En el caso de que se quisiera conservar el aspecto o diseño inicial, las propuestas a escoger serían

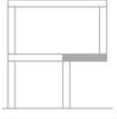





Tabla 5.8. Tipos de cubiertas y fachadas y propuestas de mejoras			Elemento constructivo			Descripción		
Cubiertas	Estado inicial	A	B	C	A	C. inclinada ventilada bajo el elemento estructural		
					B	Cubierta inclinada		
		Q1	Q4 y Q5	Q2, Q3 y Q6	C	Cubierta plana		
	M. Exterior				MQ_E	Aislamiento térmico en cámara de aire entre forjado y cubierta Aislamiento por el exterior en cubierta plana		
		-						
	M. Interior				MQ-I	Aislamiento en falso techo o con trasdosado bajo el forjado plano		
Fachadas	Estado inicial	A	B	C	A	Muros de una hoja		
					B	Capuchina sin aislamiento		
		F1 y F3	F2 y F4	F5, F6 y F7	C	Capuchina con aislamiento		
	M. Exterior				MF_E	Aislamiento en fachada mediante recubrimiento con sistema tipo SATE.		
	M. Interior				MF_I	Trasdosado de placas de cartón-yeso con aislamiento		

Leyenda







- Eficiencia energética: ●●● alta ●● media ● baja
 Viabilidad económica: ▲▲▲ alta ▲▲ media ▲ baja
 Facilidad de ejecución: ■■■ alta ■■ media ■ baja

* Abreviaturas: mejoras en cubiertas (MQ), mejoras en fachadas (MF), por el interior (I), por el exterior (E), tipos de cubiertas según tabla 5.7. (Q1 a Q6) y tipos de fachadas según tabla 5.8. (F1 a F7).

Tabla 5.8. Tipos de cubiertas y fachadas y propuestas de mejoras. Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.9. Tipos de suelos y huecos y propuestas de mejoras		
	Elemento constructivo	Descripción
Suelos en contacto con el aire exterior	Estado inicial	A  A Forjado unidireccional con aislamiento y baldosa de terrazo.
	M. Exterior	MS_E  MS_E Trasdoso exterior con aislamiento.
	M. Interior	MS-I  MS-I Incorporación de aislamiento entre el elemento estructural y la solería.
Carpinterías	Estado inicial	A  A Carpintería de madera o metal con vidrio simple.
	M. Exterior	MH_E  MH_E Doble ventana, la nueva con rotura de puente térmico y vidrio tipo climalit, con o sin persianas.
	M. Interior	MH_I  MH_I Sustitución de ventanas por otras con rotura de puente térmico y vidrio tipo climalit, con o sin persianas.

Leyenda

Eficiencia energética:  alta  media  bajaViabilidad económica:  alta  media  bajaFacilidad de ejecución:  alta  media  baja

* Abreviaturas: mejoras en suelos (MS), mejoras en huecos (MH), por el interior (I), por el exterior (E), suelo tipo 1 (S1) según tabla 5.8

Tabla 5.9. Tipos de suelos y huecos y propuestas de mejoras. Fuente: elaboración propia.

aquellas en las que el aislamiento se coloca por el interior. En este caso se sustituirían las ventanas por unas con mejores prestaciones energéticas y se podrían colocar elementos de protección solar el plano exterior de los huecos de fachada.

En esta solución (aislamiento por el interior) la dificultad de ejecución es mayor, debido a que la ejecución del trasdosado con aislamiento se realizaría por aulas y no de corrido. Requeriría intervenir en la instalación de calefacción actual, pues de otro modo los radiadores y conductos quedarían tapados. A esto hay que añadir lo señalado anteriormente sobre la imposibilidad de reducir o eliminar todos los puentes térmicos.

Según el criterio de facilidad de ejecución, la solución más sencilla sería aislar el edificio por el exterior con un sistema SATE, así como aislar las cubiertas planas por el exterior. Esto permitiría reducir los puentes térmicos.

Pon todo ello, la opción escogida para este tipo de edificios, que sigue el criterio de facilidad de ejecución y eficiencia energética, es el aislamiento por el exterior en fachadas, aislamiento por el exterior en cubiertas planas y por el interior en cubiertas inclinadas e incorporación de elementos de protección solar por el exterior.

La tabla 5.10 incluye, a modo de resumen, las propuestas de medidas en la envolvente escogidas para cada tipo de edificios representativos.

Tabla 5.10. Propuestas de mejoras escogidas para los tipos representativos		
Elemento	Tipos B, C1 y C2	Tipos D, E1 y E2
Cubiertas	MQ_I: Aislamiento en falso techo	MQ_I: Aislamiento en falso techo bajo forjado plano MQ_E: Aislamiento por el exterior en cubierta.
Fachadas	MF_I: Trasdoso de placas de cartón-yeso con aislamiento	MF_E: Aislamiento en fachada mediante recubrimiento con sistema tipo SATE.
Suelos		MQ_I: Aislamiento en falso techo bajo forjado plano
Huecos	MH_I: Sustitución de ventanas por otras con rotura de puente térmico y vidrio tipo climalit, con o sin persianas.	MH_I: Sustitución de ventanas por otras con rotura de puente térmico y vidrio tipo climalit, con persianas.

*Abreviaturas: mejoras en cubiertas (MQ), mejoras en fachadas (MF), mejoras en suelos en contacto con el aire exterior (MS), mejoras en huecos (MH), mejoras por el interior (I), mejoras por el exterior (E).

Tabla 5.10
Propuestas de mejoras escogidas para los tipos representativos. Fuente: elaboración propia.

5.3.3. Evaluación energética en los estados mejorados

Una vez escogidas las medidas a llevar a cabo en los edificios para reducir su demanda energética y sus emisiones, y definidos niveles de exigencia y los paquetes de mejora, se ha llevado a cabo su evaluación energética con el programa Ce3X.

Del mismo modo que en la evaluación del estado inicial, se ha elaborado para cada tipo de edificio una ficha que incluye una descripción de las medidas a ejecutar y los valores de transmitancia alcanzados en cada elemento y nivel de exigencia.

En las fichas, se ha incluido también una tabla y unas gráficas (Fig. 5.11 y 5.12) con los valores de demandas energéticas de calefacción y refrigeración y las emisiones de CO₂ obtenidos en la evaluación de los distintos paquetes de mejora. Esta tabla incluye los porcentajes de ahorro correspondientes respecto al nivel inicial y la letra de calificación energética obtenida.

Una segunda tabla incluye los consumos de energía, en el estado inicial y en los estados mejorados, y los porcentajes de reducción respecto al estado inicial (N0).

A modo de ejemplo se incluye a ficha de propuestas de mejoras de uno de los colegios (Fig. 5.13). El resto de fichas y el análisis de los resultados están incluidos en el capítulo 7.

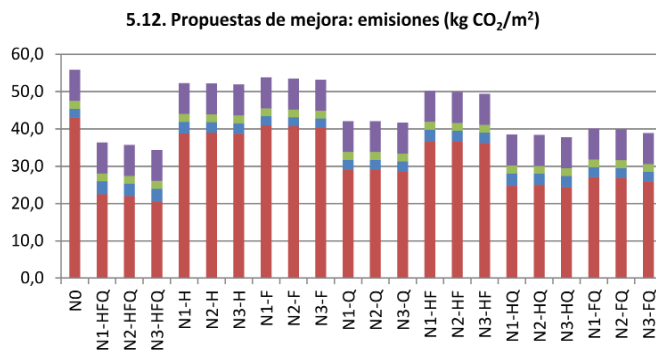
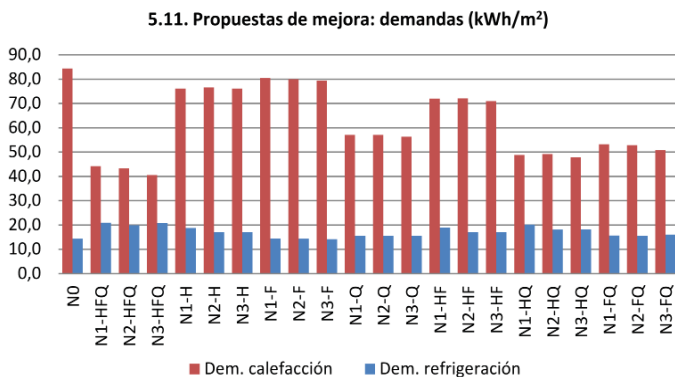


Figura 5.11. Colegio tipo C1-II. Gráfica de demandas de calefacción y refrigeración de los distintos paquetes de mejora. Fuente: elaboración propia.

Figura 5.12. Colegio tipo C1-II. Gráfica de emisiones de calefacción, refrigeración, iluminación y ACS de los distintos paquetes de mejora. Fuente: elaboración propia.

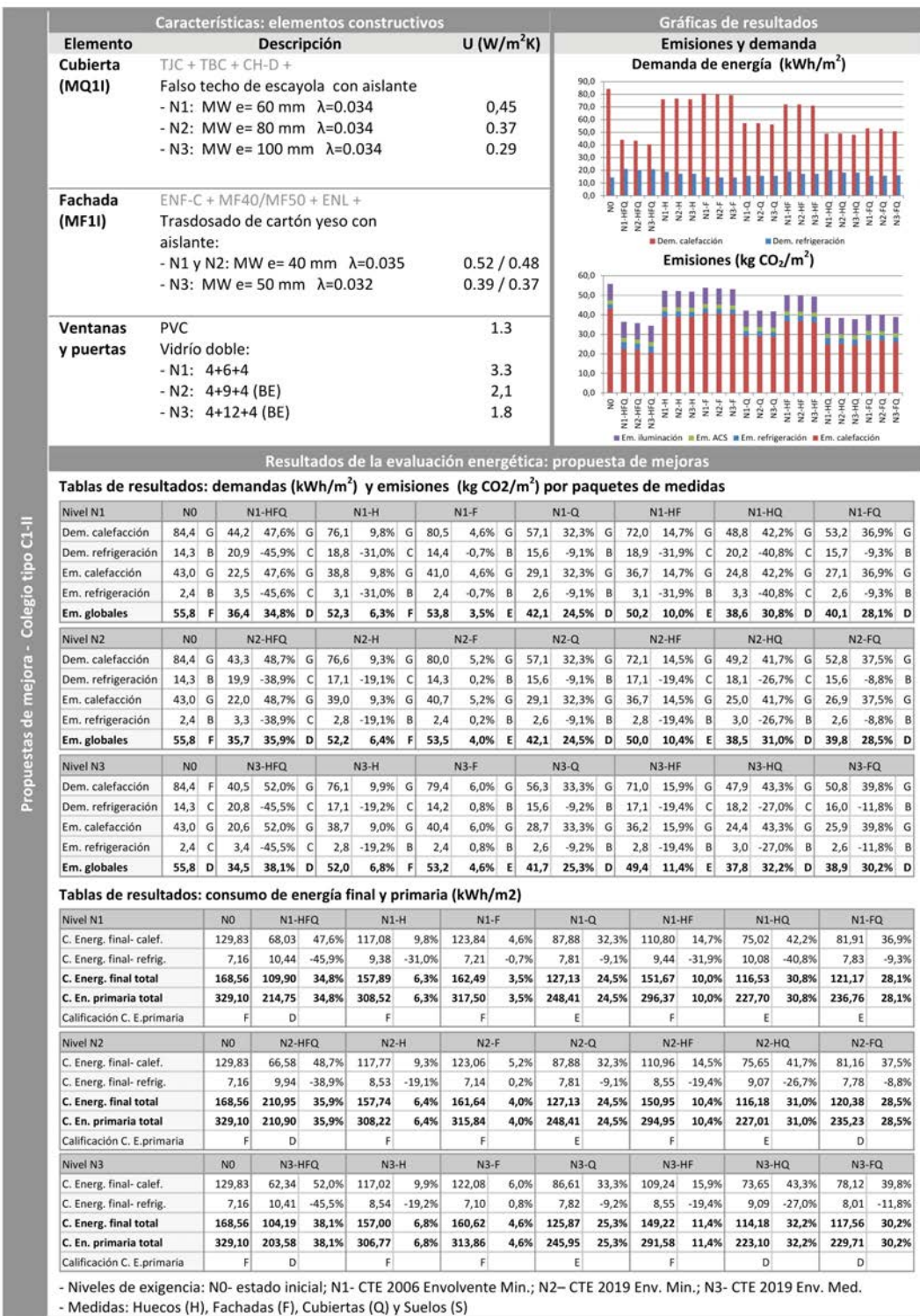


Figura 5.13. Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo C1-II. Fuente: elaboración propia.



6.

ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS MEJORAS:
METODOLOGÍA DEL COSTE ÓPTIMO

6.1. Introducción.

La UE señala que es competencia de los Estados miembros establecer para los edificios y sus elementos unos requisitos mínimos de eficiencia energética. Tales requisitos deben fijarse con vistas a la consecución de unos niveles óptimos de rentabilidad desde el punto de vista de los costes (UE, 2012).

Para ello establece en su directiva una metodología por la cual se consideran además de los costes de intervención todos los costes relativos al edificio y su consumo energético. Estos costes globales se calculan en un periodo de tiempo determinado tanto en el estado actual del edificio como para cada uno de los estados mejorados propuestos.

En concreto, y de acuerdo con el Reglamento Delegado 244/2012/UE y la norma EN15459, el coste global de los edificios y de sus elementos se calcula sumando los diferentes tipos de costes, aplicándoles una tasa de actualización, para expresarlos en términos de valor en el año inicial. Al resultado obtenido se añade el valor residual actualizado de la forma siguiente:

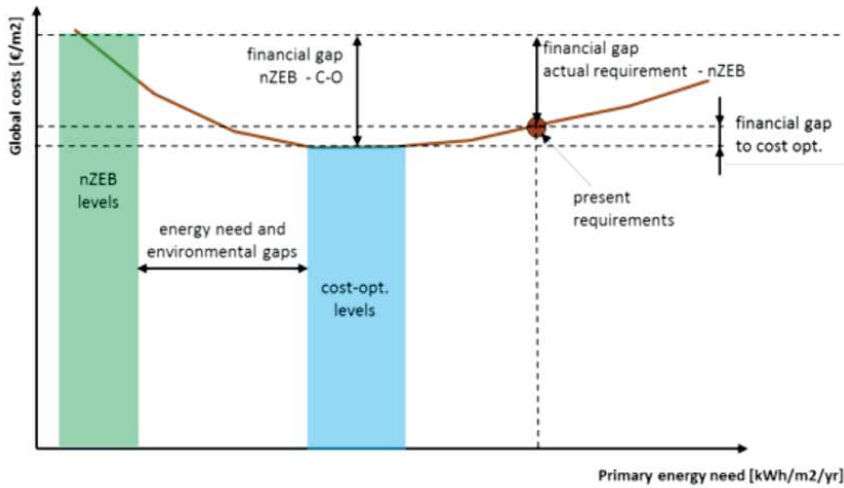
$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

donde: τ es el período de cálculo; $C_g(\tau)$ es el coste global (referido al año inicial τ_0 a lo largo del período de cálculo); C_I son los costes de inversión iniciales de la medida o conjunto de medidas j ; $C_{a,i}(j)$ es el coste anual durante el año i de la medida o conjunto de medidas j ; $V_{f,\tau}(j)$ es el valor residual de la medida o conjunto de medidas j al final del período de cálculo (actualizado al año inicial τ_0) y $R_d(i)$ es el factor de actualización aplicable

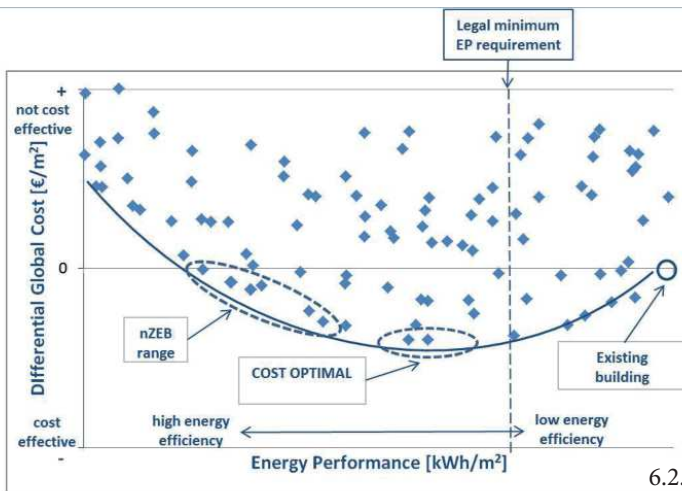
Como resultado se obtiene una gráfica que nos permite determinar el paquete de medidas de renovación del edificio en el que, con el menor coste global, se obtienen los mayores ahorros energéticos o qué combinaciones de medidas nos permiten alcanzar un nZEB, sin superar los costes globales del edificio inicial (Fig. 6.1).

En la gráfica se relaciona el consumo de energía primaria con los costes globales tanto en el estado inicial como en los estados mejorados posibles. Como se puede apreciar en la figura 6.2., se pueden plantear múltiples paquetes de medidas de mejora. Para cada uno se ha de calcular los costes globales del edificio.

El estado mejorado con coste óptimo de intervención será aquel que alcance mayores reducciones de consumo a menor coste



6.1.



6.2.

Figura 6.1. Esquema explicativo de la grafica para determinar de niveles de intervención de coste óptimo y de NZEB, metodología del coste óptimo. Fuente: (BPIE, 2012)

Figura 6.2. Ejemplo de gráfica para determinar de niveles de intervención de coste óptimo y de NZEB, proyecto RePublicZEB. Metodología del coste óptimo. Fuente: "Informe sobre de resultados del proyecto RePublicZEB D1.2" Obtenido en: <http://www.republiczeb.org/>

global. La gráfica nos permite identificar los estados de mejora con los que se pueden alcanzar mejores resultados energéticos, tendiendo hacia un nZEB.

Como hemos visto en el capítulo anterior, los paquetes de medidas vendrán definidos tanto por el elemento o sistema que se mejora (por ejemplo, si solo se interviene en las fachadas, en el sistema de calefacción o en la iluminación), por la combinación de dichas intervenciones individuales y por las distintas propuestas de intervención en un mismo elemento o sistema (por ejemplo, si para ventilación se emplea recuperación de calor o no).

En este capítulo, aplicando la metodología del coste óptimo, se han calculado los costes globales para cada tipo de colegio y paquete de medidas propuesto. En segundo lugar, se han estimado los periodos de amortización según los costes globales y los consumos. En tercer lugar, se han elaborado las gráficas del

coste óptimo (gráfica de coste global- consumo energético) para determinar el paquete de medidas en el que a menor coste global, se alcanzan mayores ahorros en energía primaria, es decir, el nivel óptimo de intervención.

6.2. Valoración económica de las medidas propuestas según el método del coste óptimo

6.2.1. Aspectos generales

Como se ha visto en el capítulo 2, estado de la cuestión, la metodología del coste óptimo se puede aplicar de diversas maneras. En nuestro estudio emplearemos la herramienta por el Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) y empleada en otros estudios energéticos, principalmente en viviendas, como (De la Fuente, 2015).

Los pasos en la aplicación del método serían:

- Caracterización del edificio a estudiar y determinación de las medidas de rehabilitación energética a implementar por niveles o paquetes.
- Estimación de los consumos de energía primaria, demandas y emisiones a considerar en los distintos niveles.
- Cálculo de los costes globales de los paquetes de mejora establecidos (en nuestro caso 21 paquetes por tipo representativo de colegio) y el coste global de mantener el edificio en su estado inicial
- Aplicación de la fórmula financiera, obtención de resultados y elaboración de las gráficas del coste óptimo. Obtención de resultados de carácter financiero.

Los dos primeros pasos (caracterización del edificio, definición de medidas y estimación de demandas y emisiones) se han realizado en los capítulos anteriores de este documento (capítulos 3, 4 y 5).

El coste global incluye todos los costes relacionados con la intervención, el consumo y el mantenimiento del edificio durante el periodo de cálculo. Estos costes son:

- Coste de la inversión inicial (CI), tanto en la envolvente térmica del edificio como en equipos y sistemas
- Coste de sustitución
- Coste de eliminación
- Coste anual de la energía
- Incremento anual del precio de la energía
- Coste de mantenimiento anual
- Valor residual de los elementos y sistemas existentes.

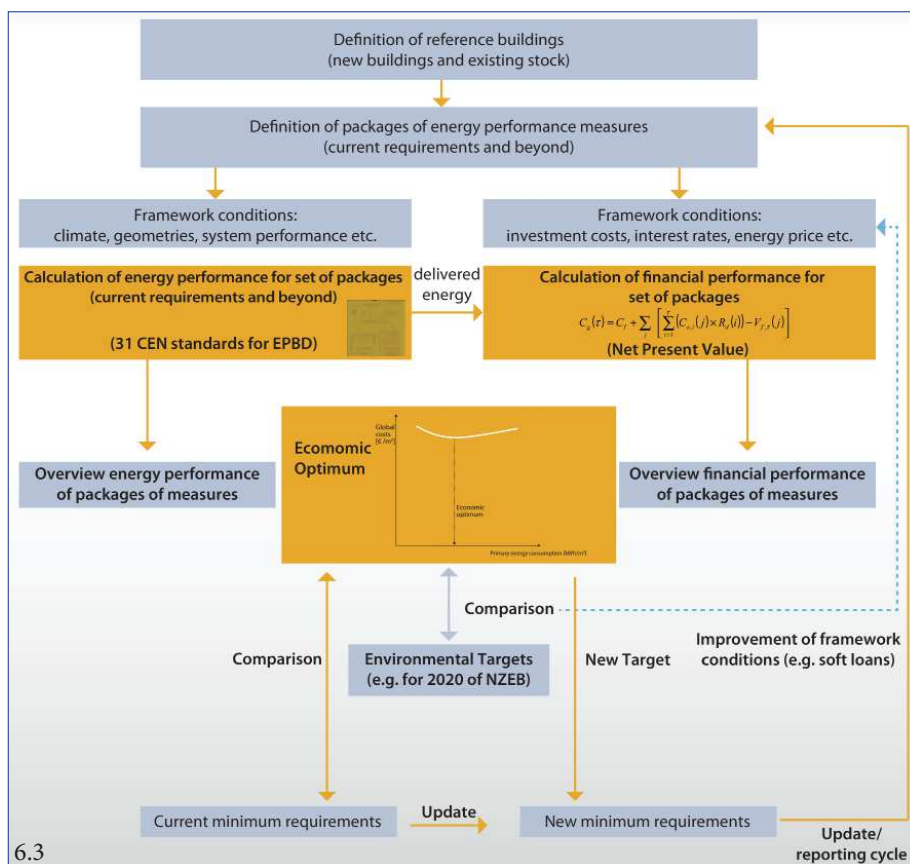


Figura 6.3. Esquema del proceso definición de niveles de intervención de coste óptimo, metodología comparativa. Fuente: (BPIE, 2010)

El periodo de cálculo (T) viene fijado en el Reglamento Delegado nº 244/2012 de la Unión Europea, que para edificios públicos y residenciales es de 30 años, mientras que para edificios de uso comercial y no residenciales es de al menos 20 años.

El coste de la inversión inicial, se ha calculado para cada uno de los niveles de mejora. Equivale al Presupuesto de Contrata, es decir, el presupuesto de ejecución material (PEM) más los gastos generales (6%) y el beneficio industrial (13%). También incluye los honorarios de los técnicos (10%) y los impuestos. Para su cálculo se han empleado la Base de Datos de Construcción IVE 2020 y el generador de precios CYPE.

El PEM incluye el coste de eliminación, es decir, el coste de la eliminación o demolición de determinados elementos constructivos necesarios para ejecutar las medidas de mejora propuestas.

El coste de sustitución, se tendría en cuenta en aquellos sistemas o equipos cuya vida útil es menor que el periodo de cálculo (30 años), que habrá que reemplazarlos al finalizar la misma. El cos-

te de sustitución es un 25% menos del coste inicial del equipo o sistema, como consecuencia de la evolución de la tecnología y de tener en cuenta la tasa de actualización del dinero.

La vida útil de las distintas medida incluidas en nuestro estudio son: aislamiento exterior (SATE), 30 años; aislamiento interior, 40 años; ventanas y puertas, 35 años. Las instalaciones serían 20 años.

Para el cálculo del coste global del estado inicial no se ha tenido en cuenta ningún coste de inversión inicial dado que no se aplica ninguna medida.

El coste de la energía es el coste medio anual considerando un periodo de cálculo de 30 años. Para su obtención se tienen en cuenta unos porcentajes de aumento del precio de los distintos combustibles. El factor de actualización podría ser bajo, 1%; medio, 2% y/o alto, 3%. Para el estudio se ha considerado el valor medio, 2%.

El coste de mantenimiento es el coste del mantenimiento medio anual considerando un periodo de 30 años. Se calcula aplicando unos porcentajes sobre el presupuesto de contrata. Los porcentajes aplicados en nuestro estudio han sido 0% en el estado inicial, 0.5% cuando se renueva la envolvente. En el caso de plantear una renovación de sistemas, se utilizaría 2%.

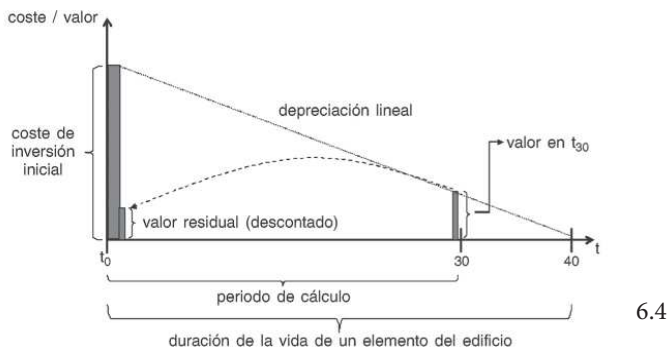


Figura 6.4. Cálculo del valor residual de un elemento de un edificio con un ciclo de vida superior al periodo de cálculo. Fuente: Directrices que acompañan al Reglamento Delegado (UE) n o 244/2012 de la Comisión

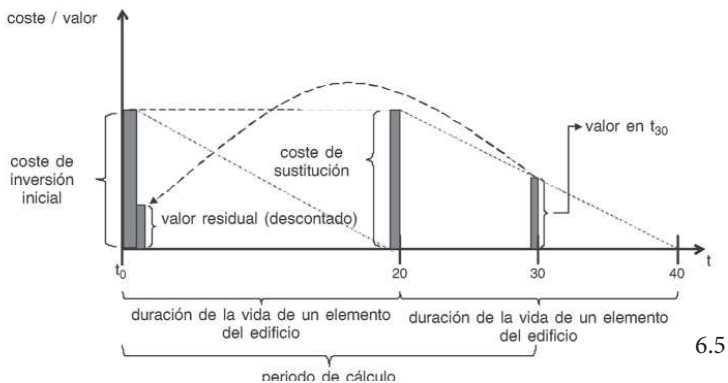


Figura 6.5. Cálculo del valor residual de un elemento de un edificio con un ciclo de vida inferior al periodo de cálculo. Fuente: Directrices que acompañan al Reglamento Delegado (UE) n o 244/2012 de la Comisión

En el cálculo del valor residual (V_r) se tiene en cuenta la vida útil de los distintos elementos o medidas. El valor residual de un elemento dependerá de si dicho elemento tiene un ciclo de vida superior o inferior al periodo de cálculo (Fig. 6.4 y 6.5)

6.2.2. Cálculo de los costes globales y ahorros para cada tipo de edificio representativo

En primer lugar, se ha calculado el PEM de los paquetes de mejoras para cada tipo de edificio. La descripción y el precio de las distintas medidas y los cálculos del PEM están recogidos en el anexo D. Aplicando los porcentajes de gastos generales y beneficio industrial se han obtenido los presupuestos de contrata.

En segundo lugar, se ha procedido a calcular el coste global de dichas mejoras, teniendo en cuenta las consideraciones y porcentajes recogidos en el apartado anterior. Para ello se ha empleado una serie de hojas de cálculo desarrolladas por el IVE y adaptadas a los distintos edificios de estudio.

Con ellas se ha calculado el coste medio anual de la energía y el coste de mantenimiento anual para cada tipo de edificio y paquete de medidas.

Para cada colegio tipo se ha elaborado una tabla de cálculo del coste global de los distintos paquetes de medidas, que incluye todos los costes parciales que lo componen. A modo de ejemplo se incluye parte de una de estas tablas (Tabla 6.1.), el resto se encuentran recogidas en el anexo D.

En esta tabla, dentro del coste anual solo se ha tenido en cuenta

Tabla 6.1.

Tabla de cálculo de costes globales a 30 años del estado inicial (N0) y los paquetes de medidas N1-HFQ, N2-HFQ Y N3- HFQ. Fuente: formato de tabla elaborada por el IVE, datos propios.

C1-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS			Costes N0	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF
Inversión inicial	Honorarios profesionales			12.097,63 €	12.423,67 €	12.759,80 €
	Presupuesto contrata			120.976,34 €	124.236,69 €	127.597,96 €
	Impuestos			10.645,92 €	10.932,83 €	11.228,62 €
	Otros			- €	- €	- €
	TOTAL INVERSIÓN			- €	143.719,89 €	147.593,19 €
Coste anual	Coste energía	Consumo	24.255,09 €	15.827,30 €	15.546,47 €	15.003,53 €
		Coste de mantenimnt.		379,47 €	389,70 €	400,24 €
	TOTAL COSTE ANUAL			24.255,09 €	16.206,78 €	15.936,17 €
Valor residual de las medidas	SATE			0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Aisl. Cubierta			4.946,98 €	5.313,22 €	5.678,37 €
	Aisl int			2.417,83 €	2.417,83 €	2.728,83 €
	Ventanas			10.108,22 €	10.286,69 €	10.303,49 €
	TOTAL VALOR RESIDUAL			- €	17.473,03 €	18.017,75 €
Coste global a 30 años			727.652,70 €	612.450,17 €	607.660,65 €	594.989,04 €
Coste global a 30 años/m2			925,92 €	779,33 €	773,23 €	757,11 €
Superficie útil (m2)			785,87			

el consumo de energía y el coste de mantenimiento. En caso de instalar en algún momento de fuentes de producción de energía renovable, dentro de los costes habría que incluir los ingresos por la venta de excedentes de producción y los costes asociados a dicho sistema.

Una vez obtenidos los resultados de los costes globales por niveles, se ha elaborado para cada colegio tipo una tabla con la inversión inicial que supone cada paquete de medidas, su coste global a 30 años, la reducción de emisiones al año, el ahorro en energía primaria al año y el ahorro económico y el tiempo de amortización de la inversión inicial (Tabla 6.2.).

El tiempo de amortización se ha obtenido calculado en qué año la suma acumulada del ahorro en energía primaria generado cada año (una vez descontados los costes en energía y mantenimiento generados hasta esa fecha) es igual a la inversión inicial.

Tabla 6.2. Resultados por niveles de intervención: reducciones, ahorros y amortización

Nivel	Inversión inicial		Coste global en 30 años		Reducción de emisiones al año (kg CO ₂)		Ahorro en energía primaria al año (kWh)		Ahorro en energía (€)		Amort. (años)*
	por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total	al año	en 30 años	
N0	-	-	925,92 €	727.652,70 €	-	-	-	-	-	-	-
N1-HFQ	182,88 €	143.719,89 €	779,33 €	612.450,17 €	19,40	15.245,88	114,35	89.864,23	8.427,79 €	252.833,61 €	16
N2-HFQ	187,81 €	147.593,19 €	773,23 €	607.660,65 €	20,10	15.795,99	118,20	92.889,83	8.708,62 €	261.258,51 €	16
N3-HFQ	192,89 €	151.586,38 €	757,11 €	594.989,04 €	21,30	16.739,03	125,52	98.642,40	9.251,56 €	277.546,67 €	15
N1-H	129,89 €	102.072,80 €	995,34 €	782.208,08 €	3,60	2.829,13	20,58	16.173,20	1.516,48 €	45.494,50 €	>30
N1-F	17,40 €	13.672,54 €	908,96 €	714.326,87 €	2,30	1.807,50	11,60	9.116,09	855,45 €	25.663,56 €	15
N1-Q	35,60 €	27.974,55 €	730,99 €	574.460,97 €	13,70	10.766,42	80,69	63.411,85	5.947,84 €	178.435,20 €	4
N1-HF	147,28 €	115.745,34 €	976,84 €	767.672,52 €	5,80	4.558,05	32,73	25.721,53	2.412,26 €	72.367,79 €	>30
N1-HQ	165,48 €	130.047,35 €	800,08 €	628.757,12 €	17,30	13.595,55	101,40	79.687,22	7.472,96 €	224.188,93 €	16
N1-FQ	52,99 €	41.647,10 €	713,98 €	561.091,94 €	16,00	12.573,92	92,34	72.567,24	6.804,73 €	204.141,97 €	6
N2-H	132,18 €	103.875,00 €	996,71 €	783.283,30 €	3,50	2.750,55	20,88	16.408,97	1.539,53 €	46.185,77 €	>30
N2-F	17,40 €	13.672,54 €	904,29 €	710.654,48 €	2,00	1.571,74	13,26	10.420,64	977,87 €	29.335,96 €	13
N2-Q	38,23 €	30.045,64 €	733,37 €	576.329,87 €	13,70	10.766,42	80,69	63.411,85	5.947,84 €	178.435,20 €	5
N2-HF	149,58 €	117.547,55 €	975,08 €	766.285,07 €	5,60	4.400,87	34,15	26.837,46	2.517,39 €	75.521,73 €	>30
N2-HQ	170,41 €	133.920,64 €	802,61 €	630.750,73 €	17,20	13.516,96	102,09	80.229,47	7.527,69 €	225.830,70 €	16
N2-FQ	55,63 €	43.718,19 €	711,96 €	559.504,46 €	15,70	12.338,16	93,87	73.769,62	6.919,94 €	207.598,34 €	6
N3-H	132,39 €	104.044,66 €	992,85 €	780.252,44 €	3,80	2.986,31	22,33	17.548,48	1.646,10 €	49.382,91 €	>30
N3-F	19,64 €	15.431,19 €	900,70 €	707.834,56 €	2,60	2.043,26	15,24	11.976,66	1.124,76 €	33.742,83 €	12
N3-Q	40,86 €	32.110,53 €	728,81 €	572.749,38 €	14,10	11.080,77	83,15	65.345,09	6.129,30 €	183.878,99 €	5
N3-HF	152,03 €	119.475,85 €	967,85 €	760.607,12 €	6,40	5.029,57	37,52	29.485,84	2.765,10 €	82.952,93 €	>30
N3-HQ	173,25 €	136.155,18 €	794,31 €	624.225,79 €	18,00	14.145,66	106,00	83.302,22	7.812,84 €	234.385,22 €	16
N3-FQ	60,50 €	47.541,72 €	700,90 €	550.814,21 €	16,90	13.281,20	99,39	78.107,62	7.324,63 €	219.738,85 €	6

*Plazo de amortización de la inversión inicial gracias a los ahorros generados

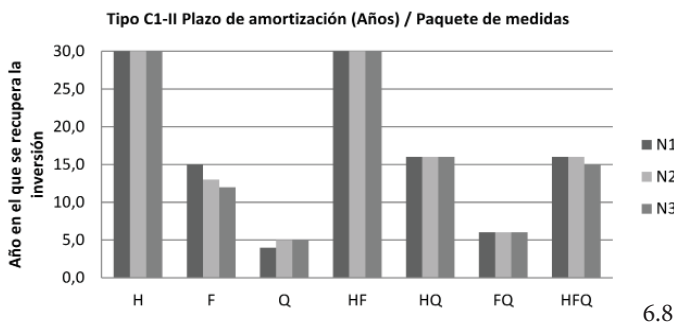
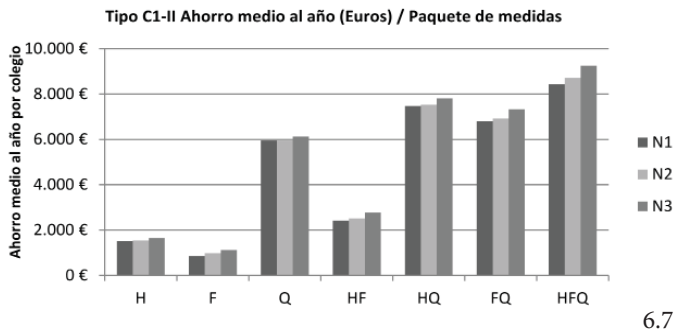
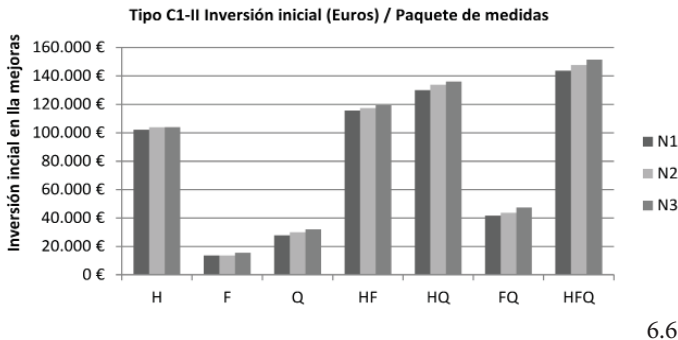
Tabla 6.2

Resultados, para cada paquete de medidas, de la inversión inicial, coste global a 30 años, la reducción de emisiones al año, el ahorro en energía primaria al año y el ahorro económico y el tiempo de amortización de la inversión inicial. Colegio tipo C1-II. Fuente: elaboración propia

Para facilitar la comparación de los resultados entre los distintos paquetes de medidas, se han elaborado varias gráficas. Una primera gráfica contiene la inversión inicial necesaria para cada paquete de medidas (Fig.6.6.).

Una segunda gráfica incluye el ahorro medio al año que el colegio genera con la incorporación de los distintos paquetes de medidas. Este ahorro en energía es el que permite recuperar la inversión (Fig. 6.7.).

Por último, una tercera gráfica muestra el plazo de amortización en años, es decir, el año en que se recuperaría la inversión inicial (Fig. 6.8.).



Figuras 6.6. a 6.8.

Gráfica de inversión inicial, ahorro medio al año por colegio y plazo de amortización según cada paquete de medidas. Colegio Tipo C1-II. Fuente: Elaboración propia.

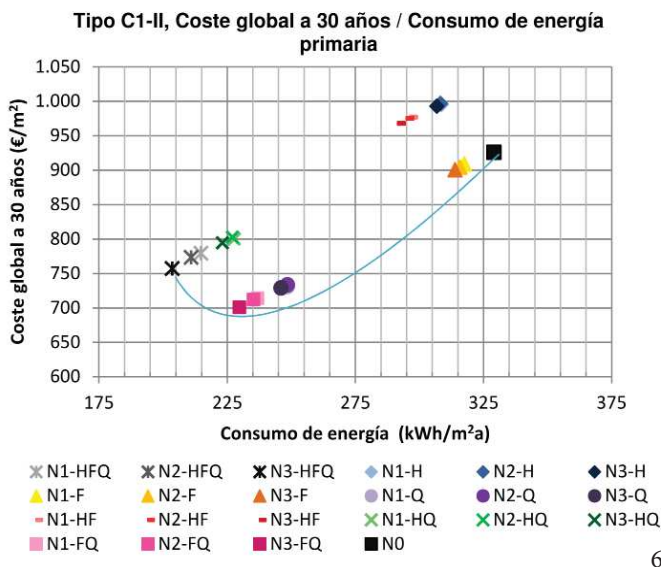
Figura 6.9.

Gráfica de relación entre el coste global a 30 años por m^2 y el consumo en energía primaria por m^2 al año resultante tras la intervención, según cada paquete de medidas. Colegio Tipo C1-II. Fuente: elaboración propia.

6.2.3. Determinación de los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención.

Con los resultados de los costes globales y los consumos en energía es posible determinar qué paquetes de medidas tienen un coste óptimo de intervención. También es posible conocer los paquetes de medidas con los que se alcanza el mayor ahorro energético, que no siempre tienen que coincidir con los de coste óptimo, tal y como se mencionó en el apartado 6.2.1. y se reflejaba en las gráficas 6.1 y 6.2.

Para cada colegio, se ha elaborado la gráfica de coste óptimo que relaciona para cada uno de los paquetes de medidas sus costes globales a 30 años por m^2 y los consumos en energía primaria por m^2 al año.



En el caso del tipo C1-II, el coste óptimo de intervención estaría en los paquetes de medidas que mejoran el aislamiento en fachada y cubierta (FQ) y, aunque con mayor consumo en energía primaria, en aquellos que solo mejoran el aislamiento en cubierta (Q).

Los paquetes en los que se interviene en todos los elementos de la envolvente (HFQ) serían los paquetes de mejoras con los que se alcanzarían los menores consumos en energía primaria.

Estas gráficas junto con los datos generados sobre el coste global de las medidas y los ahorros obtenidos para cada colegio se han recogido en una tercera ficha. A modo de ejemplo, se incluye en este capítulo la del colegio Tipo C1-II (Fig. 6.10). Las del resto de colegios están recogidas en el capítulo 7, "Resultados".

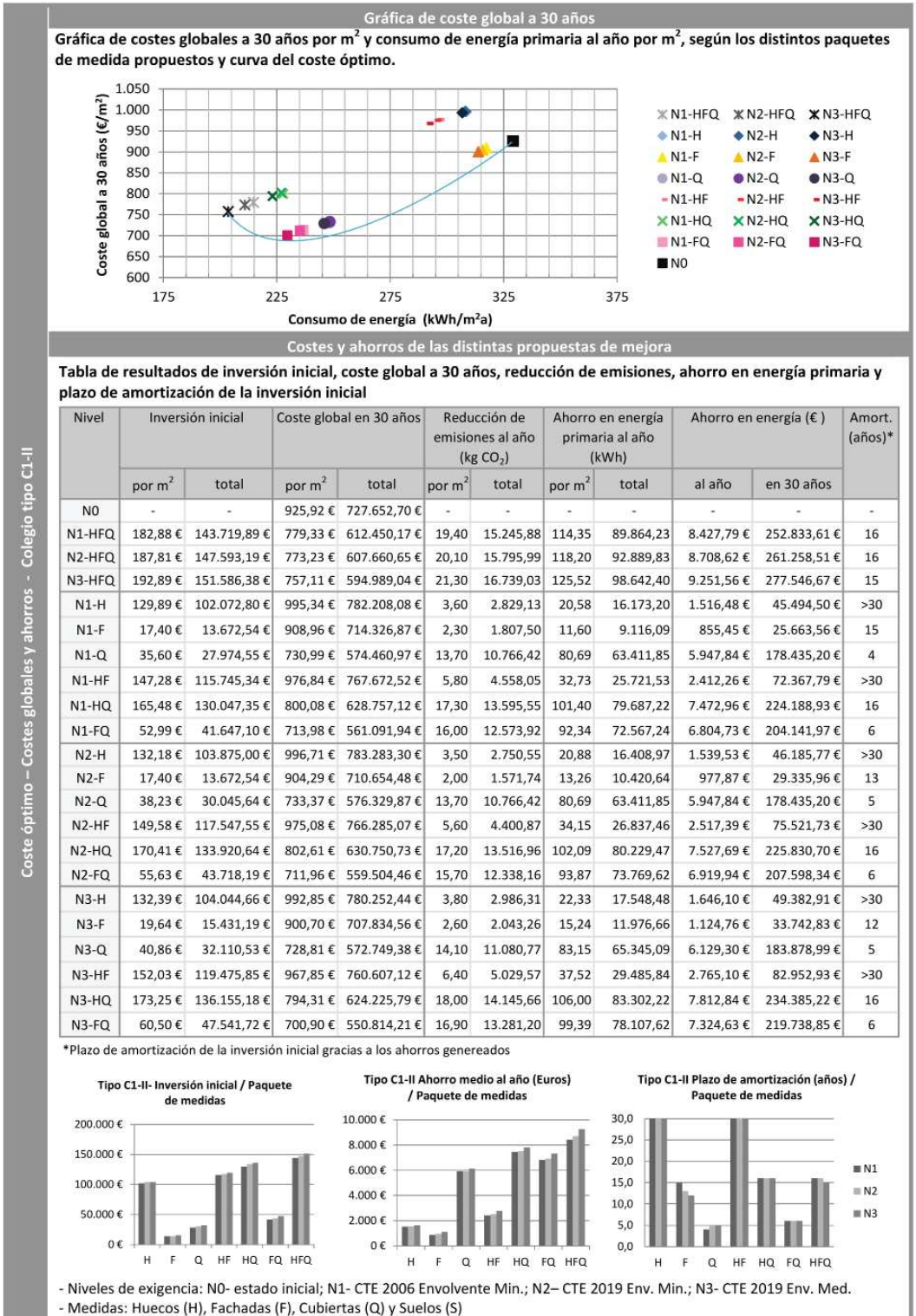


Figura 6.10.

Ficha de costes globales y ahorros generados a través de las medidas propuestas para el colegio tipo C1-II. Estimación del coste óptimo de intervención. Fuente: elaboración propia.

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.



7.

RESULTADOS



7.1. Introducción.

En la presente investigación se ha estudiado de manera teórica el potencial de ahorro energético en una serie de centros de educación primaria. Una intervención energética real en estos edificios, requeriría un estudio más profundo, mediante la realización de una auditoría energética y el análisis de consumos reales, facturas, usos, etc.

Su estudio en grupo ha permitido la identificación de los tipos representativos del parque de edificios educativos y orientar, con una visión de conjunto, en torno a los posibles niveles de mejora, cuáles serían los más adecuados para llevar a cabo, así como los ahorros y costes alcanzados o plazos de amortización de la inversión.

Parte de los resultados de este estudio se han ido incluyendo en los capítulos anteriores. Sin embargo, a continuación se presentan de forma conjunta los resultados de cada uno de los tipos representativos, de manera que se puedan consultar de forma rápida y sirvan de orientación para rehabilitar energéticamente colegios del mismo tipo. Por otro lado, la aplicación de dichos resultados al resto de colegios de la ciudad, obteniendo una visión global de los costes energéticos del conjunto y el posible ahorro energético.

7.2. Potencial de ahorro energético de los tipos representativos de colegios.

7.2.1. Resultados de la clasificación por tipos

El parque educativo de Valencia contaba en el curso escolar 2019-2020 con 90 centros de educación primaria compuestos por alrededor de 215 edificaciones. Tal y como se ha visto en el

Portada 7
CEIP Mare Nostrum. Fuente: fotografía del autor

Figura 7.1.
CEIP Mare Nostrum. Fuente: fotografía del autor



capítulo 3, muchas de estas edificaciones son construcciones que albergan vestuarios, almacenes, aseos o gimnasios.

Si bien es necesario tener en cuenta el consumo energético de estas edificaciones a la hora de rehabilitar energéticamente en un centro educativo, nuestro estudio se ha centrado en edificios de aulas y otros usos como biblioteca, administración y oficinas, comedor o cocina.

Para realizar la clasificación inicial, se ha contado con 135 edificaciones correspondientes a 79 centros educativos.

Siguiendo la metodología del proyecto europeo TABULA, a partir de tres factores que influyen en el consumo energético de un edificio (la fecha de construcción, la compacidad y la forma), se ha obtenido un modelo de matriz de tipos representativos de colegios.

El 86,67%, de los edificios estudiados, es decir 117 de los 135, se pueden agrupar en 14 tipos representativos de la matriz. El resto de edificios tienen un diseño singular que no es posible incluir en ningún grupo.

A lo largo de la investigación uno de los colegios, San Juan de Ribera, ha cambiado de uso. Por lo que el número final de edificios incluidos en la matriz de tipos representativos de colegios es de 117.

Se ha escogido un colegio de cada tipo representativo de la matriz para evaluarlo energéticamente en su estado inicial y, posteriormente se han propuesto distintos niveles de mejora energética y se ha calculado el potencial de ahorro energético tanto económico, como en emisiones de CO₂ y consumos.

Figura 7.2.
CEIP Luis Guarnier. Fuente: fotografía del autor.

7.2.2. Fichas de evaluación energética de los colegios representativos

Los resultados del estudio del potencial de ahorro energético de cada uno de los colegios de la matriz de tipos representativos se han resumido en las tres fichas mencionadas y elaboradas en los capítulos anteriores. Estas fichas se estructuran de la siguiente manera:

- Ficha del estado inicial: datos generales y superficies, características de los elementos de la envolvente y las instalaciones, y evaluación energética del estado inicial.
- Ficha de propuestas de mejora: características de los elementos de la envolvente e instalaciones en los estados mejorados, evaluación energética del edificio en los distintos niveles de mejora (demandas, emisiones y consumos).
- Ficha de costes y ahorros: tablas de costes y ahorros energéticos y económicos obtenidos con las distintas propuestas de mejora, gráficas de costes globales y curva del coste óptimo.

Se incluyen a continuación, las fichas correspondientes a cada colegio, así como la matriz de tipos representativos resultante de su clasificación en el capítulo tres.














	Región	Año de construcción	Compacidad (A/V)			
			I. 1 a 0.76	II. 0.75 a 0.51	III. 0.50 a 0.26	IV. < 0.25
A	Clima Mediterráneo	...1900	A.I	A.II	A.III	A.IV
			B.I	 B.II	B.III	B.IV
C1	Clima Mediterráneo	1937 ... 1959	 C1.I	 C1.II	 C1.III	C1.IV
			C2.I	 C2.II	 C2.III	C2.IV
D	Clima Mediterráneo	1960 ... 1979	 D.I	 D.II	 D.III	D.IV
			E1.I	 E1.II	 E1.III	E1.IV
E2	Clima Mediterráneo	1980 ... 2006	E2.I	 E2.II	 E2.III	E2.IV
			F.I	F.II	F.III	F.IV
F	Clima Mediterráneo	2007...	F.I	F.II	F.III	F.IV

Figura 7.2.
Matriz de tipos representativos de colegios. Fuente: elaboración propia.

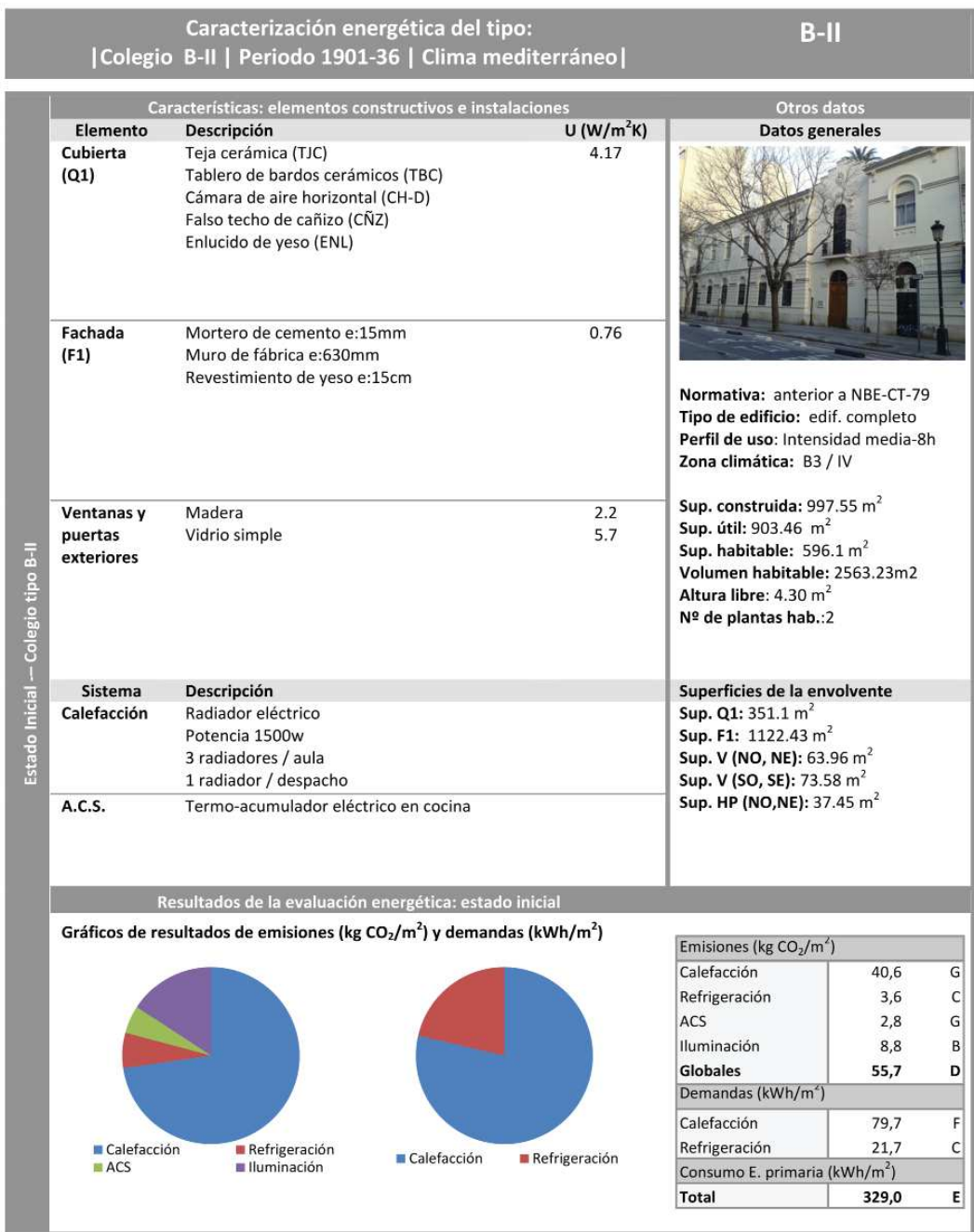


Figura 7.3. Ficha del estado inicial del colegio tipo B-II. Fuente: elaboración propia.

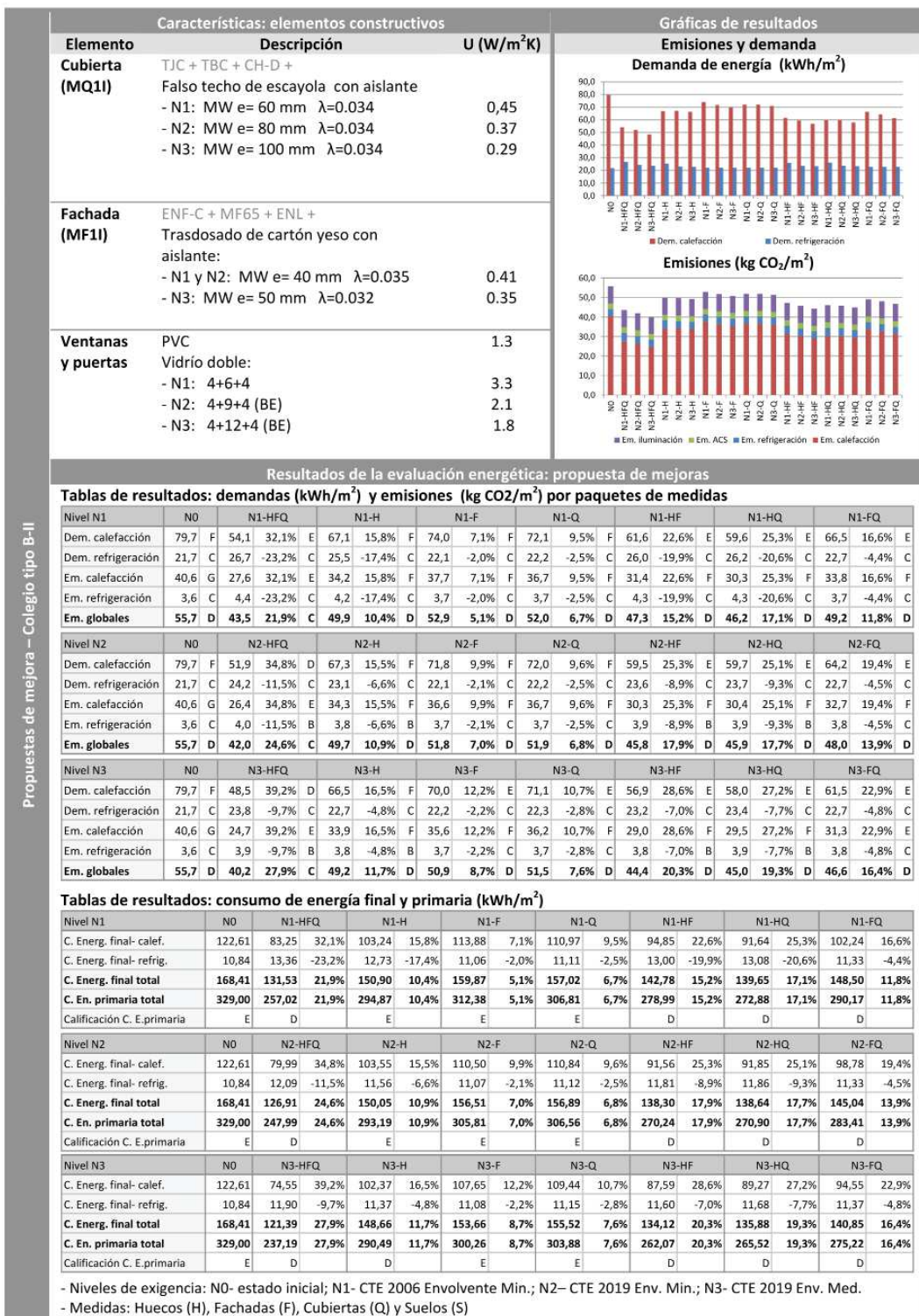
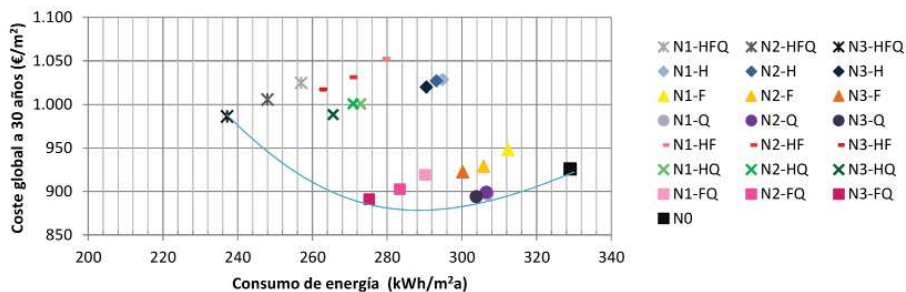


Figura 7.4.

Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo B-II. Fuente: elaboración propia.

Gráfica de coste global a 30 años

Gráfica de costes globales a 30 años por m² y consumo de energía primaria al año por m², según los distintos paquetes de medida propuestos y curva del coste óptimo.



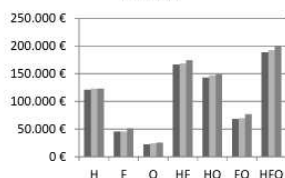
Costes y ahorros de las distintas propuestas de mejora

Tabla de resultados de inversión inicial, coste global a 30 años, reducción de emisiones, ahorro en energía primaria y plazo de amortización de la inversión inicial

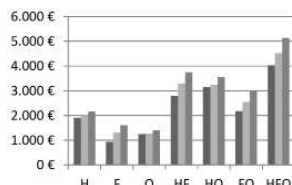
Nivel	Inversión inicial		Coste global en 30 años		Reducción de emisiones al año (kg CO ₂)		Ahorro en energía primaria al año (kWh)		Ahorro en energía (€)		Amort. (años)*
	por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total	al año	en 30 años	
N0	-	-	925,70 €	551.809,79 €	-	-	-	-	-	-	-
N1-HFQ	316,56 €	188.699,79 €	1.024,60 €	610.764,59 €	12,20	7.272,42	71,98	42.907,28	4.024,36 €	120.730,92 €	>30
N2-HFQ	322,70 €	192.361,77 €	1.005,50 €	599.379,41 €	13,70	8.166,57	81,01	48.290,06	4.519,22 €	135.576,50 €	>30
N3-HFQ	335,58 €	200.042,05 €	986,20 €	587.874,11 €	15,50	9.239,55	91,81	54.727,94	5.134,23 €	154.026,96 €	>30
N1-H	202,84 €	120.914,00 €	1.028,42 €	613.042,54 €	6,00	3.576,60	34,13	20.344,89	1.909,50 €	57.284,92 €	>30
N1-F	76,15 €	45.393,14 €	947,63 €	564.882,61 €	3,90	2.324,79	16,62	9.907,18	929,62 €	27.888,71 €	>30
N1-Q	37,57 €	22.392,65 €	897,09 €	534.754,89 €	3,80	2.265,18	22,19	13.227,46	1.242,05 €	37.261,42 €	17
N1-HF	278,99 €	166.307,14 €	1.052,50 €	627.393,45 €	9,90	5.901,39	50,01	29.810,96	2.796,52 €	83.895,54 €	>30
N1-HQ	240,41 €	143.306,65 €	1.000,47 €	596.380,90 €	9,80	5.841,78	56,12	33.453,13	3.138,44 €	94.153,08 €	>30
N1-FQ	113,72 €	67.785,79 €	919,02 €	547.827,71 €	7,70	4.589,97	38,83	23.146,56	2.171,67 €	65.150,13 €	>30
N2-H	206,20 €	122.918,14 €	1.026,99 €	612.188,60 €	5,80	3.457,38	35,81	21.346,34	2.003,44 €	60.103,29 €	>30
N2-F	76,15 €	45.393,14 €	929,10 €	553.838,55 €	2,80	1.669,08	23,19	13.823,56	1.297,76 €	38.932,77 €	>30
N2-Q	40,35 €	24.050,49 €	898,94 €	535.857,61 €	3,70	2.205,57	22,44	13.376,48	1.255,16 €	37.654,68 €	18
N2-HF	282,35 €	168.311,28 €	1.031,16 €	614.676,16 €	8,40	5.007,24	58,76	35.026,84	3.285,91 €	98.577,26 €	>30
N2-HQ	246,55 €	146.968,63 €	1.000,72 €	596.531,37 €	9,50	5.662,95	58,10	34.633,41	3.248,77 €	97.463,02 €	>30
N2-FQ	116,50 €	69.443,63 €	902,51 €	537.984,68 €	6,50	3.874,65	45,59	27.176,20	2.549,64 €	76.489,13 €	27
N3-H	206,52 €	123.106,80 €	1.019,77 €	607.883,80 €	6,50	3.874,65	38,51	22.955,81	2.153,10 €	64.593,01 €	>30
N3-F	85,95 €	51.231,89 €	922,33 €	549.800,12 €	4,80	2.861,28	28,74	17.131,91	1.608,00 €	48.239,93 €	>30
N3-Q	43,12 €	25.703,36 €	893,91 €	532.859,40 €	4,20	2.503,62	25,12	14.974,03	1.404,81 €	42.144,40 €	17
N3-HF	292,47 €	174.338,69 €	1.017,33 €	606.431,24 €	11,30	6.735,93	66,93	39.896,97	3.742,53 €	112.275,82 €	>30
N3-HQ	249,64 €	148.810,16 €	988,36 €	589.162,81 €	10,70	6.378,27	63,48	37.840,43	3.550,27 €	106.508,01 €	>30
N3-FQ	129,06 €	76.935,25 €	890,81 €	531.013,58 €	9,10	5.424,51	53,78	32.058,26	3.007,35 €	90.220,47 €	25

*Plazo de amortización de la inversión inicial gracias a los ahorros generados

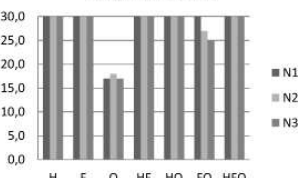
Tipo B-II- Inversión inicial / Paquete de medidas



Tipo B-II Ahorro medio al año (Euros) / Paquete de medidas



Tipo B-II Plazo de amortización (años) / Paquete de medidas



- Niveles de exigencia: N0- estado inicial; N1- CTE 2006 Envolvente Min.; N2- CTE 2019 Env. Min.; N3- CTE 2019 Env. Med.
- Medidas: Huecos (H), Fachadas (F), Cubiertas (Q) y Suelos (S)

Figura 7.5.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo B-II. Fuente: elaboración propia.

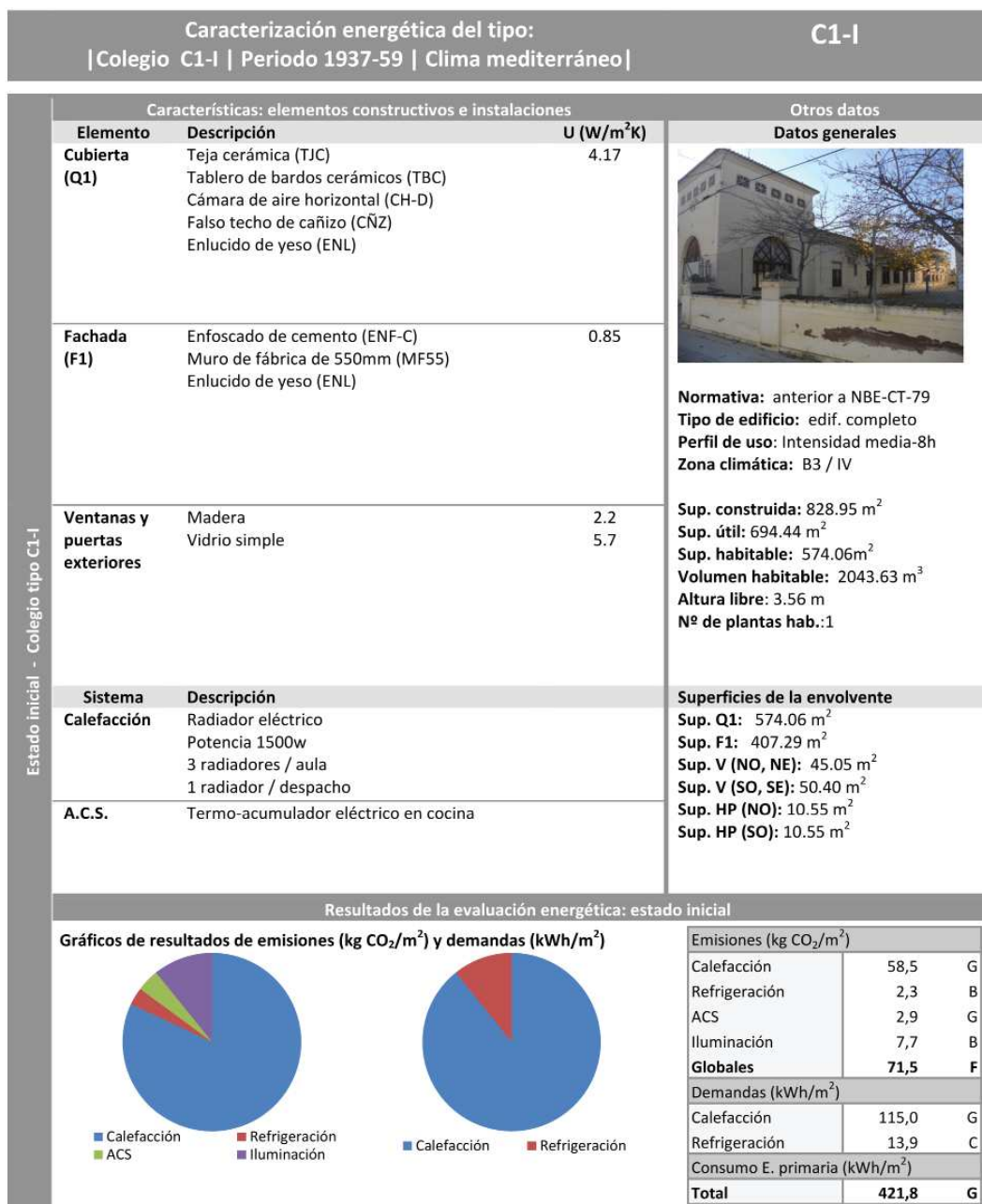


Figura 7.6.

Ficha del estado inicial del colegio tipo C1-I. Fuente: elaboración propia.

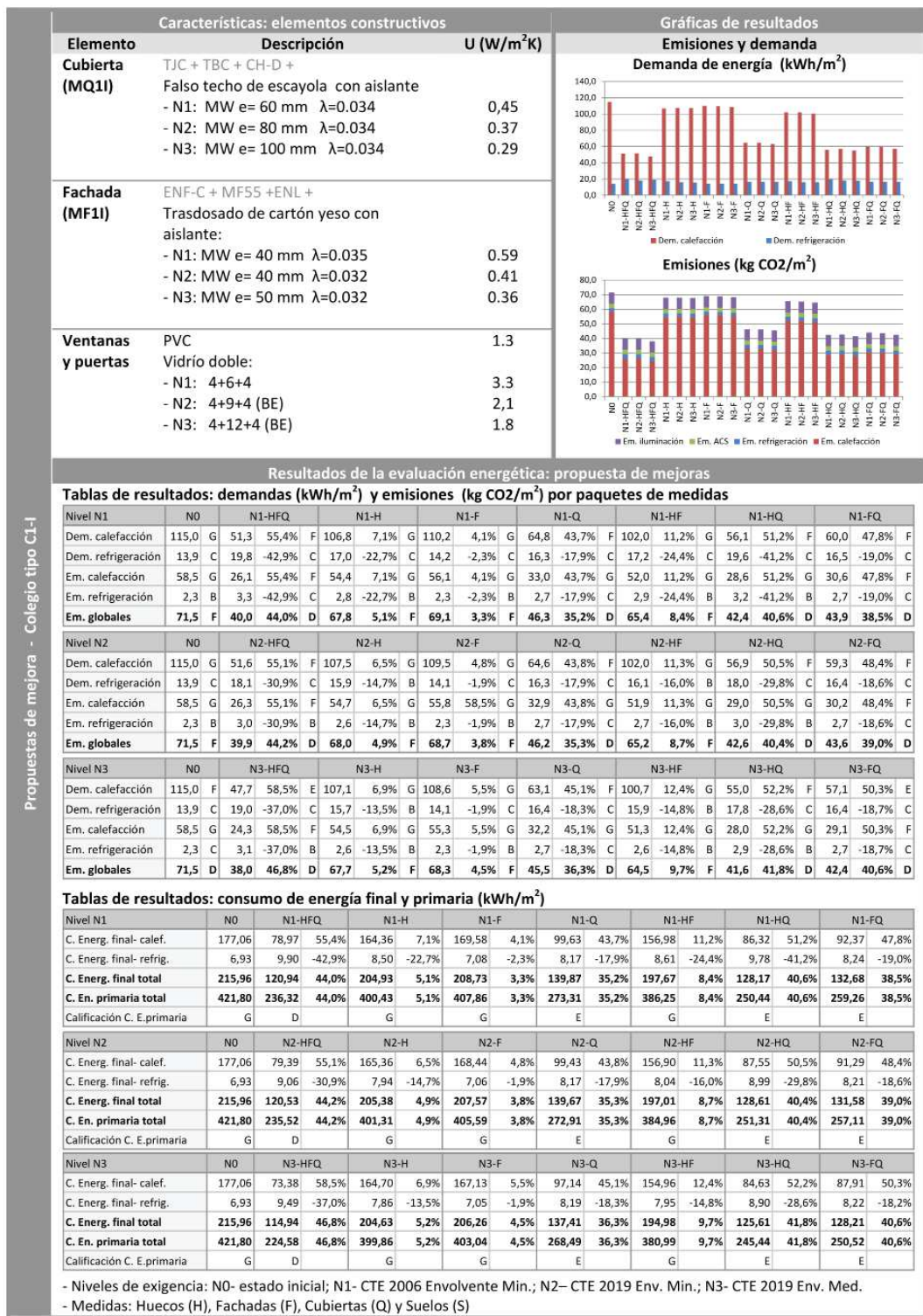
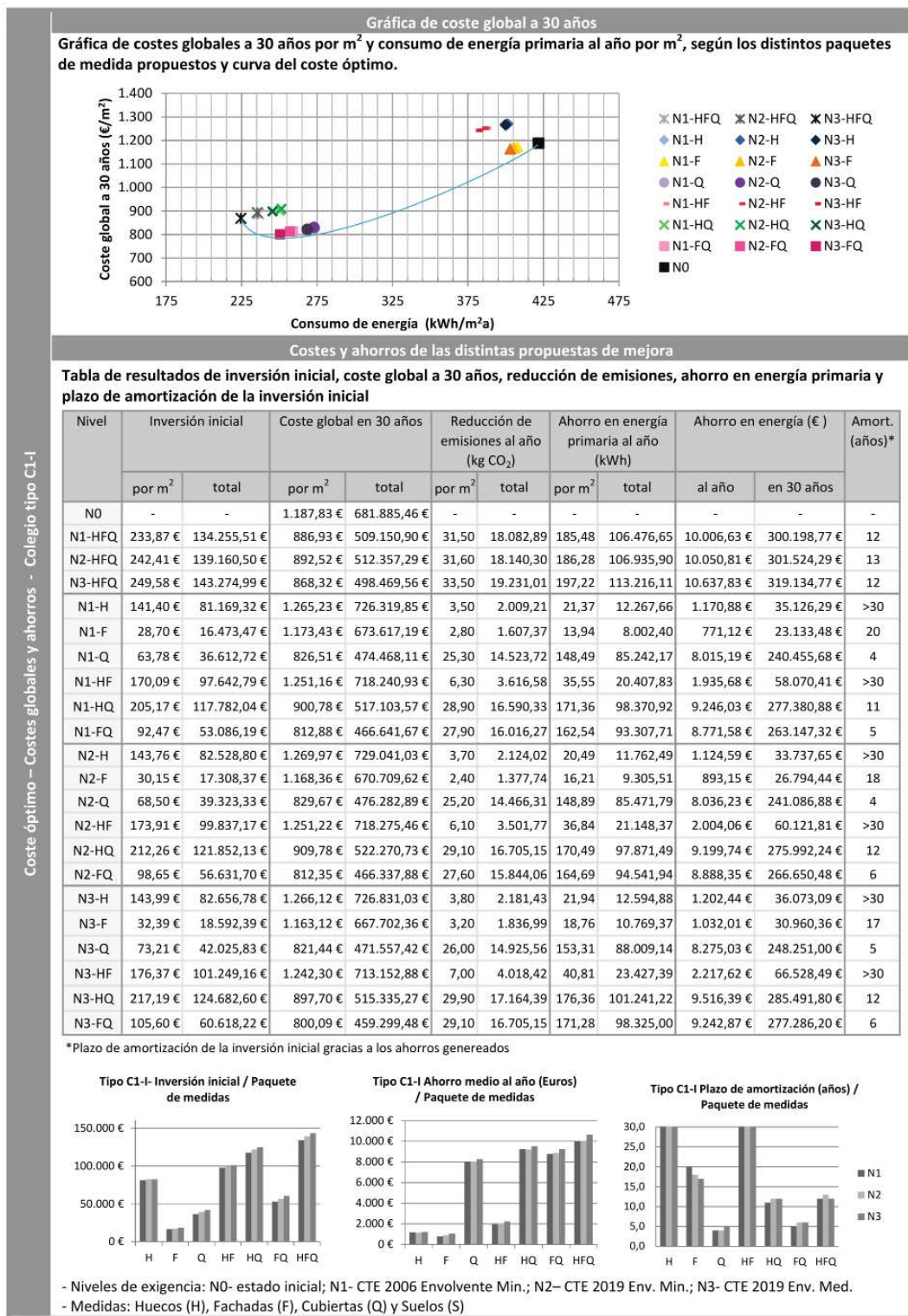


Figura 7.7.

Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo C1-I. Fuente: elaboración propia.



Coste óptimo – Costes globales y ahorros – Colegio tipo C1-I

Figura 7.8.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo C1-I. Fuente: elaboración propia.


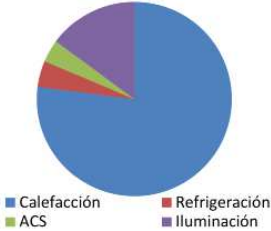

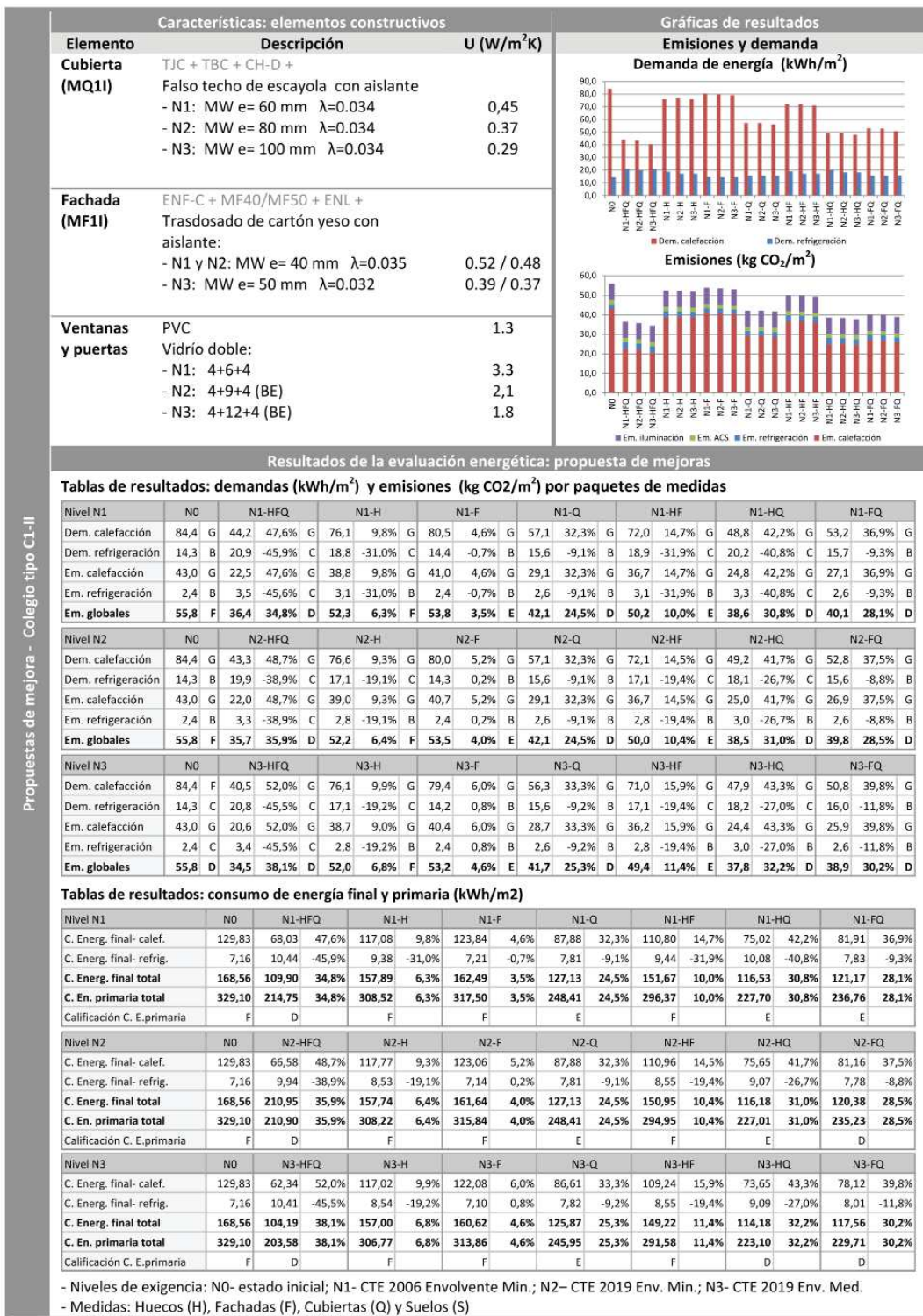
Caracterización energética del tipo:			C1-II																		
Colegio C1-II Periodo 1937-59 Clima mediterráneo																					
Características: elementos constructivos e instalaciones			Otros datos																		
Elemento	Descripción	U (W/m²K)	Datos generales																		
Cubierta (C1)	Teja cerámica (TJC)	4.17																			
	Tablero de bardos cerámicos (TBC)																				
	Cámara de aire horizontal (CH-D)																				
	Falso techo de cañizo (CÑZ)																				
	Enlucido de yeso (ENL)																				
Fachada (F1)	Enfoscado de cemento e:15mm (ENF-C)	1.1 / 0.92	Normativa: anterior a NBE-CT-79 Tipo de edificio: edif. completo Perfil de uso: Intensidad media-8h Zona climática: B3 / IV																		
	Muro de fábrica de e:400mm / e:500mm (ML40/ ML50)																				
	Enlucido de yeso e:15mm (ENL)																				
Ventanas y puertas exteriores	Madera	2.2	Sup. construida: 1634.77 m ² Sup. útil: 1337.83 m ² Sup. habitable: 785.89 m ² Volumen habitable: 2907.719 m ³ Altura libre: 3.7 m Nº de plantas hab.: 2																		
	Vidrio simple	5.7																			
Sistema	Descripción		Superficies de la envolvente																		
Calefacción	Radiador eléctrico		Sup. Q1: 438.62 m ²																		
	Potencia 1500w		Sup. F1: 338.04 m ²																		
	3 radiadores / aula 1 radiador / despacho		Sup. HV (NO, NE): 4.59 m ² Sup. HV (SO, SE): 135.93 m ²																		
A.C.S.	Termo-acumulador eléctrico en cocina																				
Resultados de la evaluación energética: estado inicial																					
Gráficos de resultados de emisiones (kg CO₂/m²) y demandas (kWh/m²)																					
																					
<p>■ Calefacción ■ Refrigeración ■ ACS ■ Iluminación</p>		<p>■ Calefacción ■ Refrigeración</p>																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Emisiones (kg CO₂/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calefacción</td> <td>43,0</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Refrigeración</td> <td>2,4</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>ACS</td> <td>2,1</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Iluminación</td> <td>8,3</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>Globales</td> <td>55,8</td> <td>F</td> </tr> </tbody> </table>		Emisiones (kg CO ₂ /m ²)			Calefacción	43,0	G	Refrigeración	2,4	B	ACS	2,1	G	Iluminación	8,3	B	Globales	55,8	F
Emisiones (kg CO ₂ /m ²)																					
Calefacción	43,0	G																			
Refrigeración	2,4	B																			
ACS	2,1	G																			
Iluminación	8,3	B																			
Globales	55,8	F																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Demandas (kWh/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calefacción</td> <td>84,4</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Refrigeración</td> <td>14,3</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table>		Demandas (kWh/m ²)			Calefacción	84,4	G	Refrigeración	14,3	B									
Demandas (kWh/m ²)																					
Calefacción	84,4	G																			
Refrigeración	14,3	B																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Consumo E. primaria (kWh/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>329,1</td> <td>F</td> </tr> </tbody> </table>		Consumo E. primaria (kWh/m ²)			Total	329,1	F												
Consumo E. primaria (kWh/m ²)																					
Total	329,1	F																			

Figura 7.9. Ficha del estado inicial del colegio tipo C1-II. Fuente: elaboración propia.



- Niveles de exigencia: N0- estado inicial; N1- CTE 2006 Envoltente Min.; N2- CTE 2019 Env. Min.; N3- CTE 2019 Env. Med.
 - Medidas: Huecos (H), Fachadas (F), Cubiertas (Q) y Suelos (S)

Figura 7.10.

Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo C1-II. Fuente: elaboración propia.

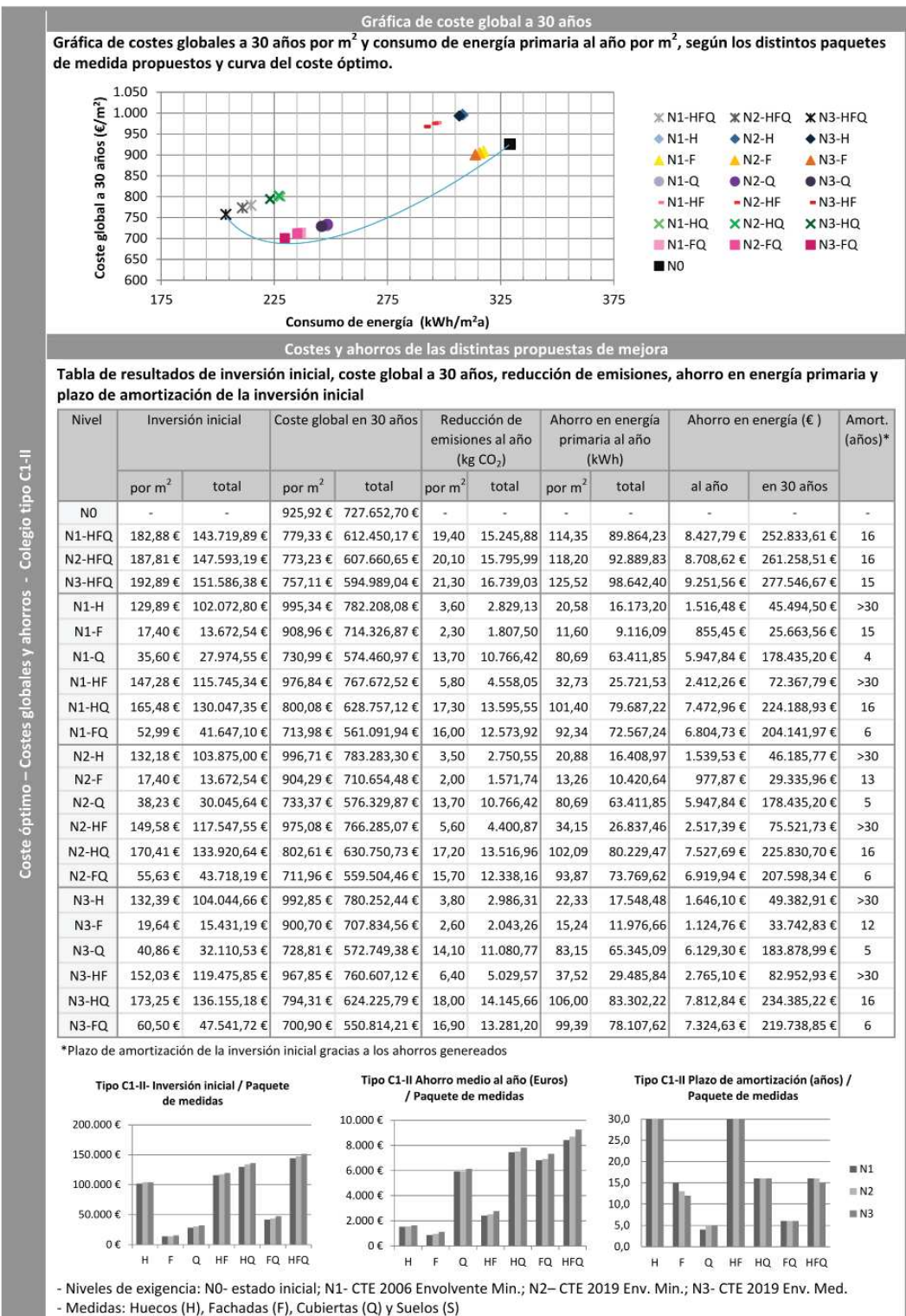


Figura 7.11.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo C1-II. Fuente: elaboración propia.

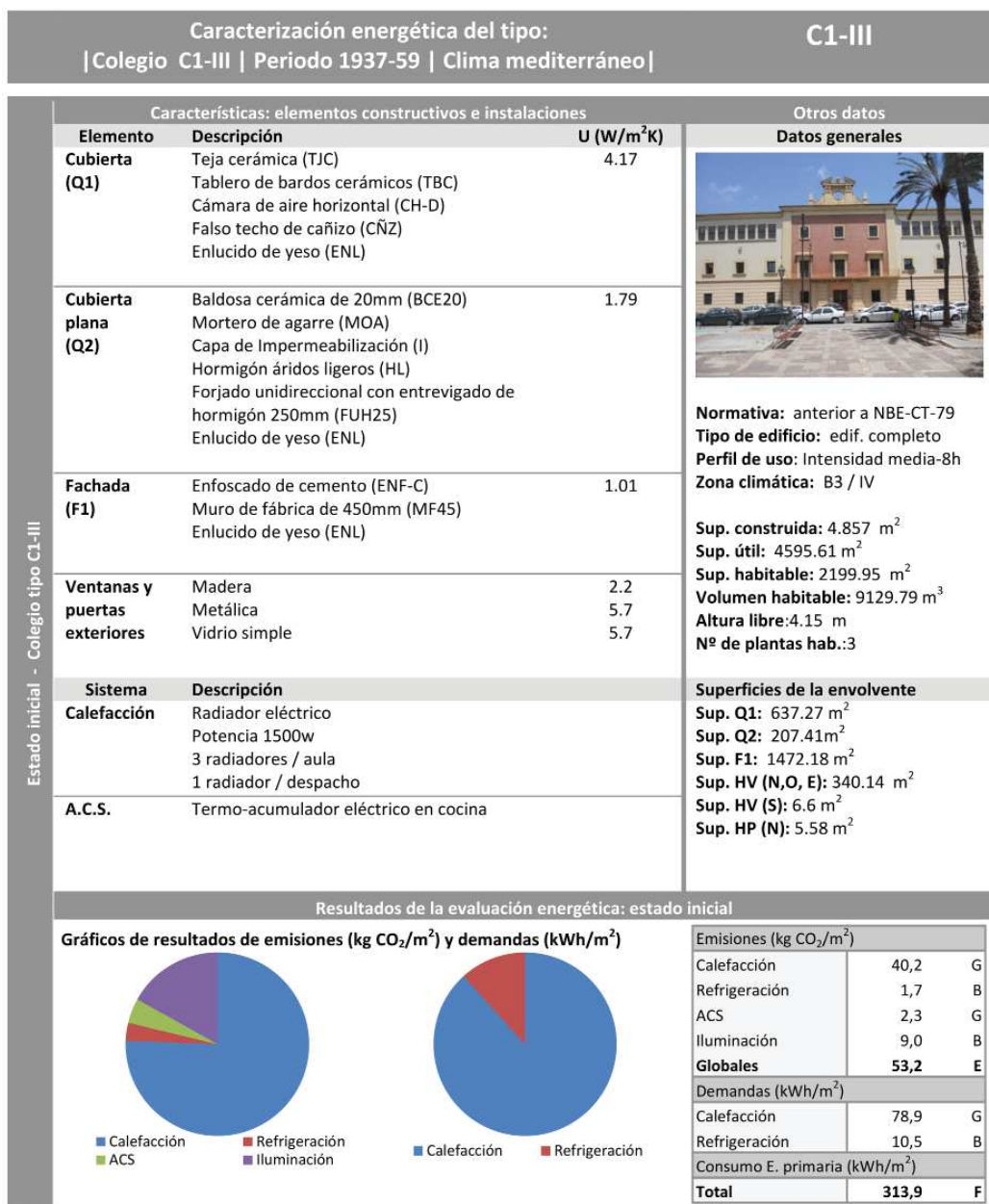


Figura 7.12.

Ficha del estado inicial del colegio tipo C1-III. Fuente: elaboración propia.

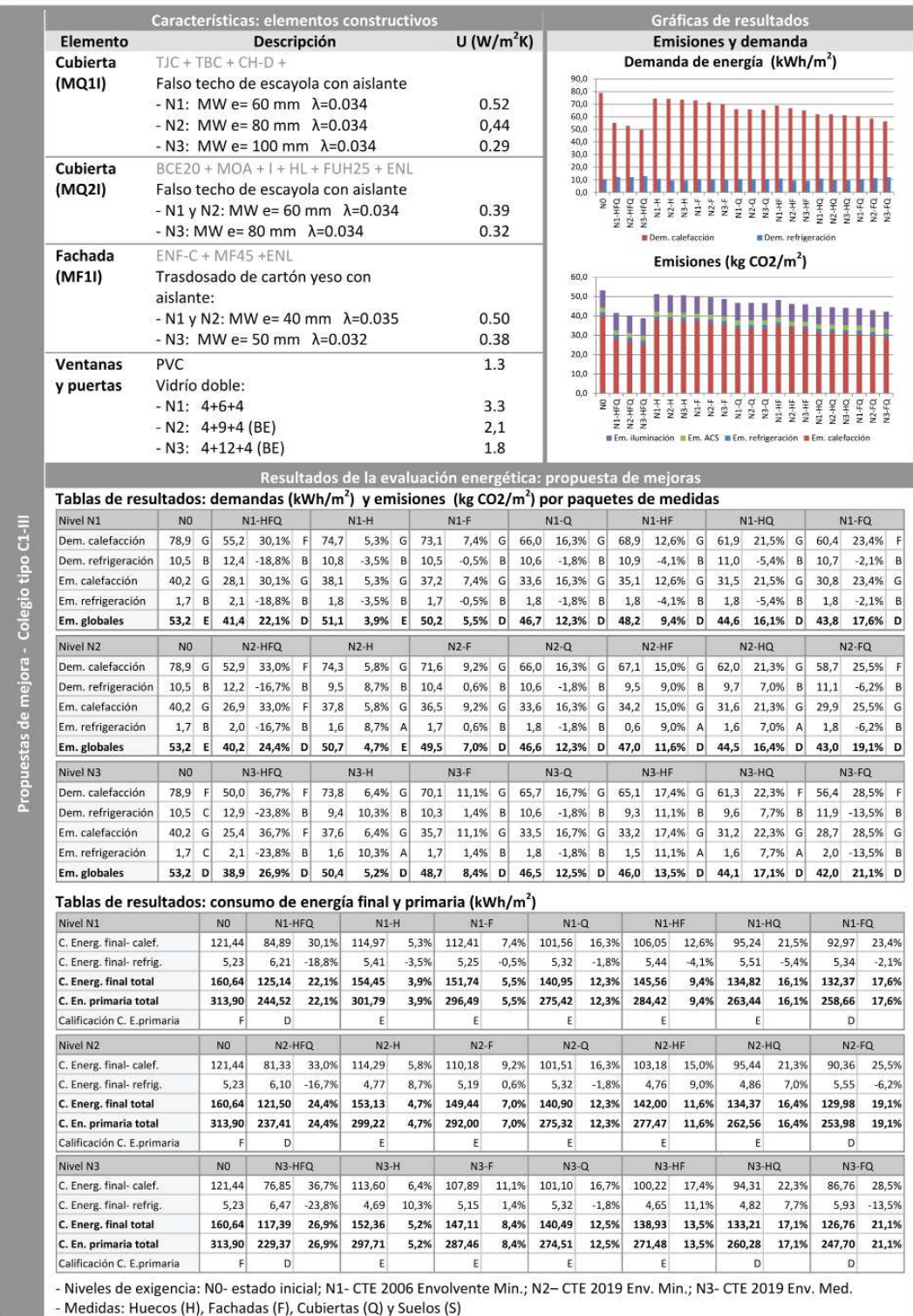


Figura 7.13.

Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo C1-III. Fuente: elaboración propia.

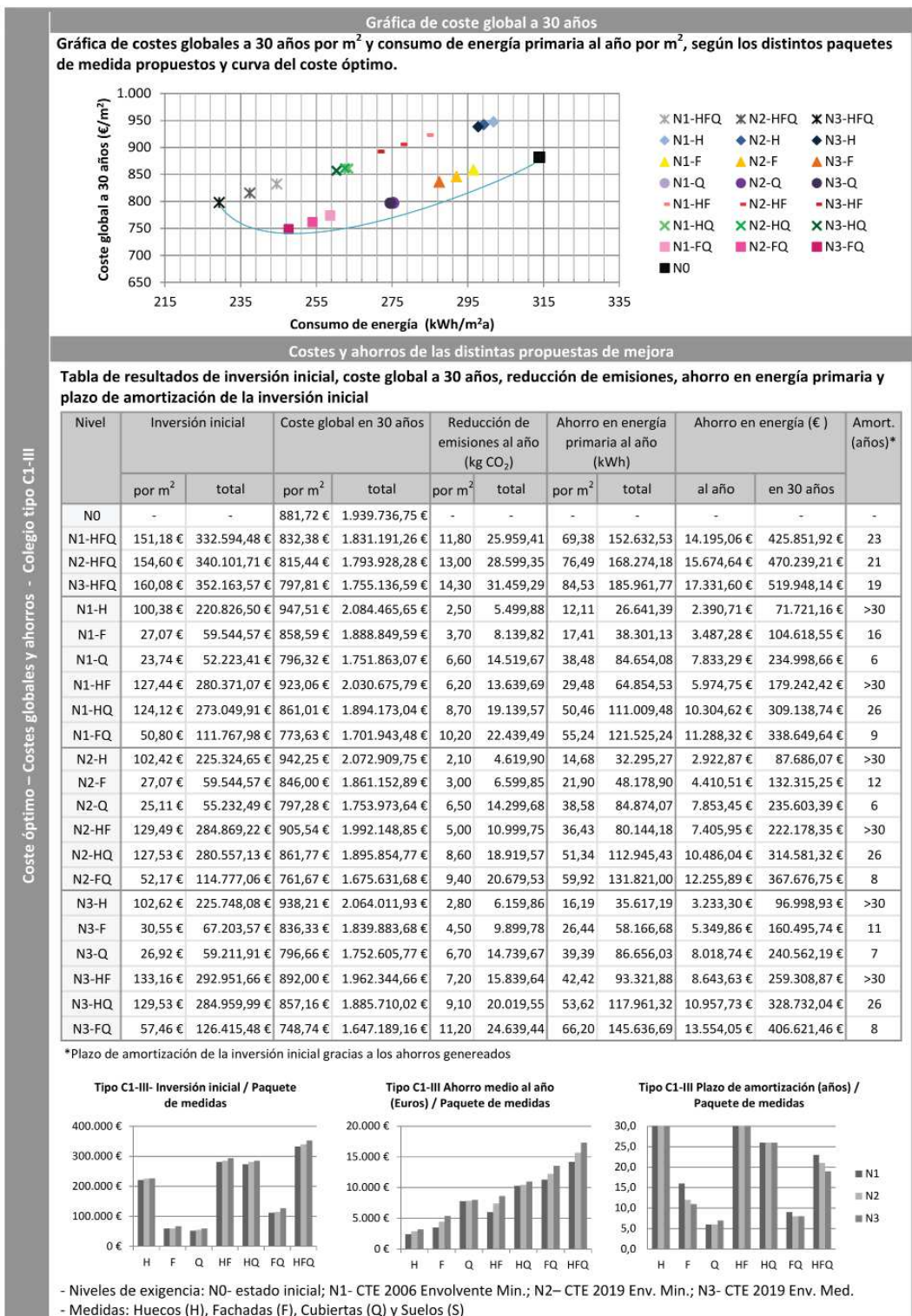

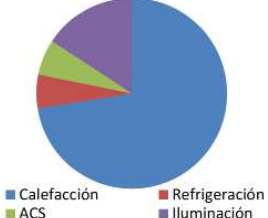



Figura 7.14.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo C1-III. Fuente: elaboración propia.

Caracterización energética del tipo: Colegio C2-II Periodo 1937-59* Clima mediterráneo			C2-II																		
Características: elementos constructivos e instalaciones			Otros datos																		
Elemento	Descripción	U (W/m ² K)	Datos generales																		
Cubierta plana (Q2)	Baldosa cerámica de 20mm (BCE20)	1.79																			
	Mortero de agarre (MOA)																				
	Capa de Impermeabilización (I)																				
	Hormigón áridos ligeros (HL)																				
	Forjado unidireccional con entrevigado de hormigón 250mm (FUH25)																				
Enlucido de yeso (ENL)																					
Cubierta plana (Q3)	Baldosa cerámica de 20mm (BCE20)	2.33	Normativa: anterior a NBE-CT-79 Tipo de edificio: edif. completo Perfil de uso: Intensidad media-8h Zona climática: B3 / IV Sup. construida: 1002.70 m ² Sup. útil: 827.70 m ² Sup. habitable: 525.42 m ² Volumen habitable: 1681.344 m ³ Altura libre: 3.2 m Nº de plantas hab.: 4																		
	Mortero de agarre (MOA)																				
	Capa de arena (ARE)																				
	Capa de impermeabilización (I)																				
	Mortero de regulación (MOR)																				
	Tablero de bardos cerámicos (TBC)																				
	Cámara de aire horizontal de 200 mm (CH)																				
F.U. entrevigado hormigón 250mm (FUH25)																					
Enlucido de yeso (ENL)																					
Fachada (F2)	Enfoscado de mortero de cemento (ENF-C)	1.33																			
	Ladrillo cerámico h. doble de 115 mm (LH11)																				
	Cámara de aire 50mm (CV-A/5)																				
	Ladrillo cerámico h s 40 mm (LH4)																				
Enlucido de yeso (ENL)																					
Fachada (F3)	Enfoscado de mortero de cemento (ENF-C)	2.94																			
	Ladrillo macizo de 115 mm (LM11)																				
Enlucido de yeso (ENL)																					
Ventanas exteriores	Madera	2.2																			
	Vidrio simple	5.7																			
Sistema	Descripción		Superficies de la envolvente																		
Calefacción	Radiador eléctrico		Sup. Q2: 32.71 m ²																		
	Potencia 1500w		Sup. Q3: 123.15 m ²																		
	3 radiadores / aula		Sup. F2: 257.44 m ²																		
	1 radiador / despacho		Sup. F3: 65.64 m ²																		
A.C.S.	Termo-acumulador eléctrico en cocina		Sup. HV (NE): 31.19 m ²																		
			Sup. HV (SO, SE): 177.44 m ²																		
Resultados de la evaluación energética: estado inicial																					
Gráficos de resultados de emisiones (kg CO₂/m²) y demandas (kWh/m²)																					
																					
<p>■ Calefacción ■ Refrigeración</p> <p>■ ACS ■ Iluminación</p>		<p>■ Calefacción ■ Refrigeración</p>																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Emisiones (kg CO₂/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calefacción</td> <td>38,2</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Refrigeración</td> <td>3,0</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>ACS</td> <td>3,2</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Iluminación</td> <td>8,3</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>Globales</td> <td>52,6</td> <td>D</td> </tr> </tbody> </table>		Emisiones (kg CO ₂ /m ²)			Calefacción	38,2	G	Refrigeración	3,0	B	ACS	3,2	G	Iluminación	8,3	B	Globales	52,6	D
Emisiones (kg CO ₂ /m ²)																					
Calefacción	38,2	G																			
Refrigeración	3,0	B																			
ACS	3,2	G																			
Iluminación	8,3	B																			
Globales	52,6	D																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Demandas (kWh/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calefacción</td> <td>75,0</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Refrigeración</td> <td>17,9</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>Consumo E. primaria (kWh/m²)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>310,3</td> <td>E</td> </tr> </tbody> </table>		Demandas (kWh/m ²)			Calefacción	75,0	G	Refrigeración	17,9	C	Consumo E. primaria (kWh/m²)			Total	310,3	E			
Demandas (kWh/m ²)																					
Calefacción	75,0	G																			
Refrigeración	17,9	C																			
Consumo E. primaria (kWh/m²)																					
Total	310,3	E																			

*Estos colegios se construyeron fundamentalmente entre finales de la década de los 50 y los años 60

Figura 7.15. Ficha del estado inicial del colegio tipo C2-II. Fuente: elaboración propia.

Propuestas de mejora - Colegio tipo C2-II

Características: elementos constructivos			Gráficas de resultados	
Elemento	Descripción	U (W/m ² K)	Emisiones y demanda	
Cubierta plana (MQ2I)	BCE20 + MOA + I + HL + FUH25 + ENL			
	- N1 y N2: MW e= 60 mm λ=0.034	0.39		
	- N3: MW e= 80 mm λ=0.034	0.32		
Cubierta plana (MQ3I)	BCE20+ MOA+ARE+ I +MOR+TBC+CH-D+ FUH25 + ENL			
	- N1 y N2: MW e= 60 mm λ=0.034	0.41		
	- N3: MW e= 80 mm λ=0.034	0.33		
Fachada (MF2I)	ENF-C + LH11+ CV.-A/5 +LH4 + ENL			
	Cámara de aire de 1cm			
	Trasdosado cartón yeso con aislante: - N1 y N2: MW e= 40 mm / λ=0.035 - N3: MW e= 60 mm / λ=0.032	0.56 0.37		
Fachada (MF3I)	ENF-C + LH11+ CV.-A/5 +LH4 + ENL			
	Cámara de aire de 1cm			
	Trasdosado cartón yeso con aislante: - N1: MW e= 40 mm λ=0.035 - N2: MW e= 40 mm λ=0.032 - N3: MW e= 80 mm λ=0.032	0.62 0.56 0.34		
Ventanas y puertas	PVC	1.3		
	Vidrio doble: - N1: 4+6+4 / - N2: 4+9+4 (BE)	3.3 /2.1		
	- N3: 4+12+4 (BE)	1.8		

Resultados de la evaluación energética: propuesta de mejoras

Tablas de resultados: demandas (kWh/m²) y emisiones (kg CO₂/m²) por paquetes de medidas

Nivel N1	N0	N1-HFQ	N1-H	N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ
Dem. calefacción	75,0 G	46,7 37,7% E	64,9 13,5% G	58,5 22,0% E	74,0 1,2% F	48,2 35,7% E	63,3 15,6% G	57,8 23,0% E
Dem. refrigeración	17,9 C	26,8 -49,5% D	25,8 -44,0% D	18,4 -2,7% C	17,8 0,9% C	27,0 -50,8% D	25,7 -43,5% D	18,2 -1,5% C
Em. calefacción	38,2 G	23,8 37,7% F	3,0 13,5% G	29,8 22,0% F	37,7 1,2% G	24,5 35,7% F	32,2 15,6% G	29,4 23,0% F
Em. refrigeración	3,0 B	4,4 -49,5% C	4,3 -44,0% C	3,0 -2,7% B	2,9 0,9% B	4,5 -50,8% C	4,3 -43,5% C	3,0 -1,5% B
Em. globales	52,6 D	39,6 24,6% D	48,7 7,3% D	44,2 15,8% D	52,1 0,9% D	40,4 23,1% D	47,9 8,9% D	43,8 16,6% D

Nivel N2	N0	N2-HFQ	N2-H	N2-F	N2-Q	N2-HF	N2-HQ	N2-FQ
Dem. calefacción	75,0 G	43,0 42,7% E	63,2 15,7% G	57,1 23,8% E	74,0 1,2% F	45,4 39,5% E	62,0 17,3% F	56,5 24,6% E
Dem. refrigeración	17,9 C	25,5 -42,3% D	22,1 -23,5% C	18,3 -2,3% C	17,8 0,9% C	23,0 -28,3% C	22,1 -23,3% C	18,1 -1,0% C
Em. calefacción	38,2 G	21,9 42,7% E	32,2 15,7% G	29,1 23,8% F	37,7 1,2% G	23,1 39,5% F	31,6 17,3% G	28,8 24,6% F
Em. refrigeración	3,0 B	4,2 -42,3% C	3,7 -23,5% C	3,0 -2,3% B	2,9 0,9% B	3,8 -28,3% C	3,7 -23,3% C	3,0 -1,0% B
Em. globales	52,6 D	37,5 28,6% C	47,3 10,0% D	43,5 17,1% D	52,1 0,9% D	38,3 27,1% D	46,7 11,2% D	43,2 17,8% D

Nivel N3	N0	N3-HFQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ
Dem. calefacción	75,0 F	39,0 47,9% D	62,0 17,3% F	55,7 25,7% E	74,0 1,2% F	42,5 43,3% E	60,8 18,9% F	55,1 26,5% E
Dem. refrigeración	17,9 C	27,5 -53,2% D	22,0 -22,6% C	18,3 -2,2% C	17,8 0,9% C	23,2 -29,2% C	21,9 -22,3% C	18,0 -0,7% C
Em. calefacción	38,2 G	19,9 47,9% E	31,6 17,3% G	28,4 25,7% F	37,7 1,2% G	21,7 43,3% E	31,0 18,9% G	28,1 26,5% F
Em. refrigeración	3,0 C	4,5 -53,2% C	3,6 -22,6% C	3,0 -2,2% B	2,9 0,9% B	3,8 -29,2% C	3,6 -22,3% C	3,0 -0,7% B
Em. globales	52,6 D	35,8 31,8% C	46,6 11,3% D	42,8 18,6% D	52,1 1,0% D	36,9 29,8% C	46,0 12,4% D	42,5 19,2% D

Tablas de resultados: consumo de energía final y primaria (kWh/m²)

Nivel N1	N0	N1-HFQ	N1-H	N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ
C. Energ. final- calef.	115,39	71,89 37,7%	99,81 13,5%	89,97 22,0%	113,92 1,2%	74,14 35,7%	97,39 15,6%	88,85 23,0%
C. Energ. final- refrig.	8,96	13,40 -49,5%	12,90 -44,0%	9,20 -2,7%	8,88 0,9%	13,51 -50,8%	12,85 -43,5%	9,09 -1,5%
C. Energ. final total	158,85	119,77 24,6%	147,19 7,3%	133,66 15,8%	157,28 0,9%	122,13 23,1%	144,73 8,9%	132,42 16,6%
C. En. primaria total	310,30	234,03 24,6%	287,61 7,3%	261,16 15,8%	307,33 0,9%	236,64 23,1%	282,80 8,9%	258,75 16,6%
Calificación C. E.primaria	E	D	E	D	E	D	E	D

Nivel N2	N0	N2-HFQ	N2-H	N2-F	N2-Q	N2-HF	N2-HQ	N2-FQ
C. Energ. final- calef.	115,39	66,15 42,7%	97,29 15,7%	87,91 23,8%	113,92 1,2%	69,82 39,5%	95,45 17,3%	86,94 24,6%
C. Energ. final- refrig.	8,96	12,75 -42,3%	11,06 -23,5%	9,17 -2,3%	8,88 1,2%	11,50 -28,3%	11,05 -23,3%	9,05 -1,0%
C. Energ. final total	158,85	113,38 28,6%	142,83 10,0%	131,56 17,1%	157,28 0,9%	117,80 27,1%	140,97 11,2%	130,47 17,8%
C. En. primaria total	310,30	221,55 28,6%	279,09 10,0%	257,07 17,1%	307,33 0,9%	226,28 27,1%	275,46 11,2%	254,94 17,8%
Calificación C. E.primaria	E	D	E	D	E	D	E	D

Nivel N3	N0	N3-HFQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ
C. Energ. final- calef.	115,39	60,04 47,9%	95,45 17,3%	85,66 25,7%	113,91 1,2%	65,41 43,3%	93,59 18,9%	84,76 26,5%
C. Energ. final- refrig.	8,96	13,73 -53,2%	10,99 -22,6%	9,15 -2,2%	8,88 0,9%	11,58 -29,2%	10,96 -22,3%	9,02 -0,7%
C. Energ. final total	158,85	108,25 31,8%	140,91 11,3%	129,30 18,6%	157,27 1,0%	111,47 29,8%	139,03 12,4%	128,26 19,2%
C. En. primaria total	310,30	211,52 31,8%	275,34 11,3%	252,64 18,6%	307,30 1,0%	217,81 29,8%	271,66 12,4%	250,62 19,2%
Calificación C. E.primaria	E	D	E	D	E	D	E	D

- Niveles de exigencia: N0- estado inicial; N1- CTE 2006 Envlovente Min.; N2- CTE 2019 Env. Min.; N3- CTE 2019 Env. Med.
 - Medidas: Huecos (H), Fachadas (F), Cubiertas (Q) y Suelos (S)

Figura 7.16. Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo C2-II. Fuente: elaboración propia.

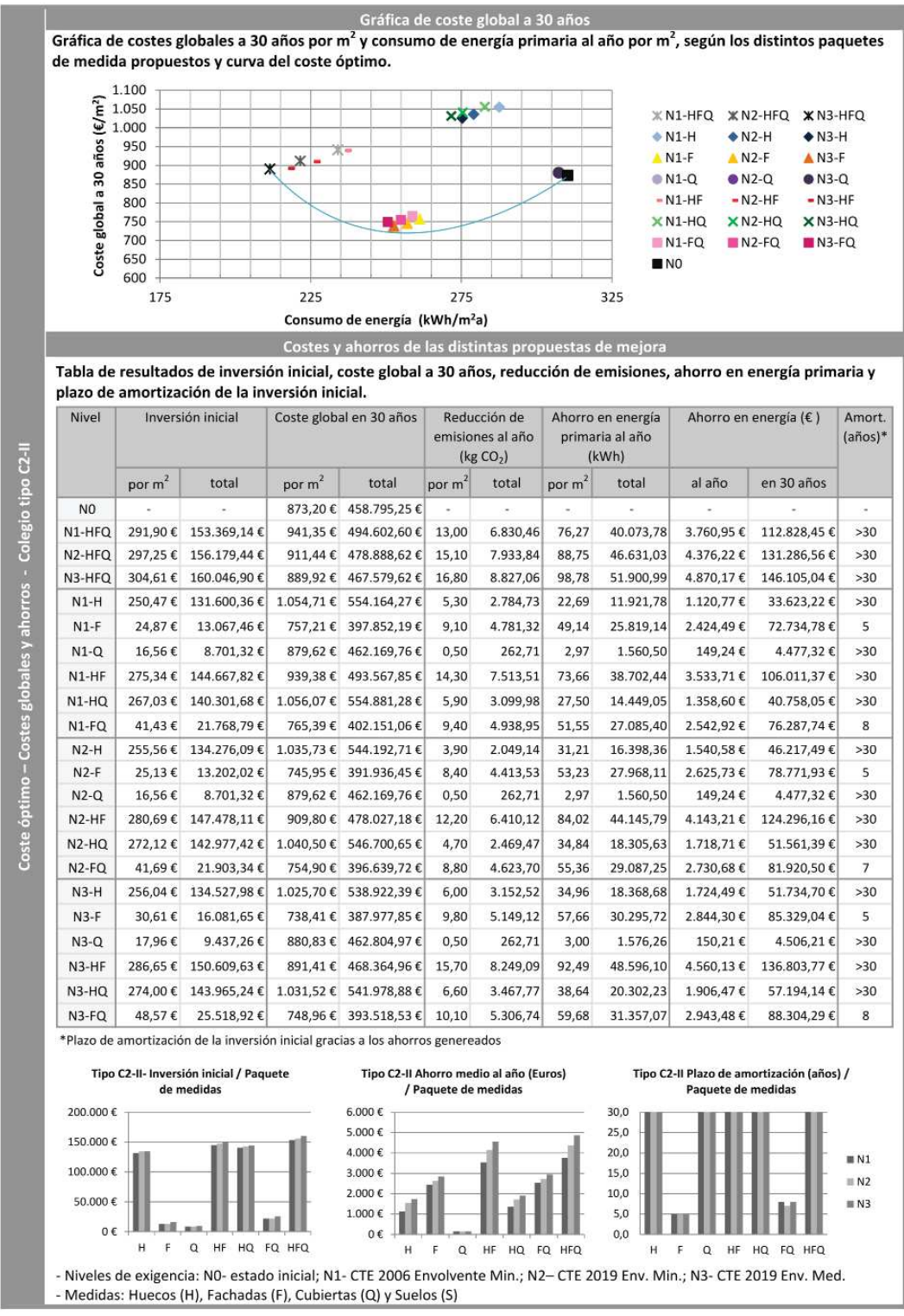


Figura 7.17.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo C2-II. Fuente: elaboración propia.


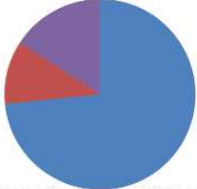
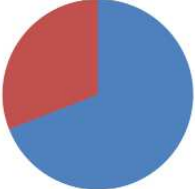
Caracterización energética del tipo: Colegio C2-III Periodo 1937-59* Clima mediterráneo			C2-III	
Estado Inicial - Colegio tipo C2-III	Características: elementos constructivos e instalaciones		Otros datos	
	Elemento	Descripción	U (W/m ² K)	Datos generales
	Cubierta plana (Q2)	Baldosa cerámica de 20mm (BCE20)	1.79	
		Mortero de agarre (MOA)		
		Capa de Impermeabilización (I)		
		Hormigón áridos ligeros (HL)		
	Forjado unidireccional con entrevigado de hormigón 250mm (FUH25)			
	Enlucido de yeso (ENL)			
	Fachada (F2)	Enfoscado de mortero de cemento (ENF-C)	1.33	
		Ladrillo cerámico h. doble de 115 mm (LH11)		
Cámara de aire 50mm (CV-A/5)				
Ladrillo cerámico h s 40 mm (LH4)				
Enlucido de yeso (ENL)				
Fachada (F3)	Enfoscado de mortero de cemento (ENF-C)	2.94		
	Ladrillo macizo de 115 mm (LM11)			
Enlucido de yeso (ENL)				
Ventanas y puertas exteriores	Madera	2.2		
	Metálica	5.7		
	Vidrio simple	5.7		
Sistema	Descripción	Superficies de la envolvente		
Calefacción	Radiador eléctrico	2.2	Sup. construida: 1904.88 m ²	
	Potencia 1500w		Sup. útil: 1603.01m ²	
	3 radiadores / aula		Sup. habitable: 954.92m ²	
	1 radiador / despacho		Volumen habitable: 3055.744 m ³	
A.C.S.	Termo-acumulador eléctrico en cocina	2.2	Altura libre: 3.2 m	
		5.7	Nº de plantas hab.:4	
Resultados de la evaluación energética: estado inicial				
Gráficos de resultados de emisiones (kg CO₂/m²) y demandas (kWh/m²)		Emisiones (kg CO ₂ /m ²)		
		Calefacción	38,9	G
		Refrigeración	5,7	D
		ACS	0,0	-
		Iluminación	8,4	D
		Globales	53,0	E
		Demandas (kWh/m ²)		
		Calefacción	76,4	G
		Refrigeración	34,2	E
		Consumo E. primaria (kWh/m ²)		
		Total	312,7	E

Figura 7.18.

Ficha del estado inicial del colegio tipo C2-III. Fuente: elaboración propia.

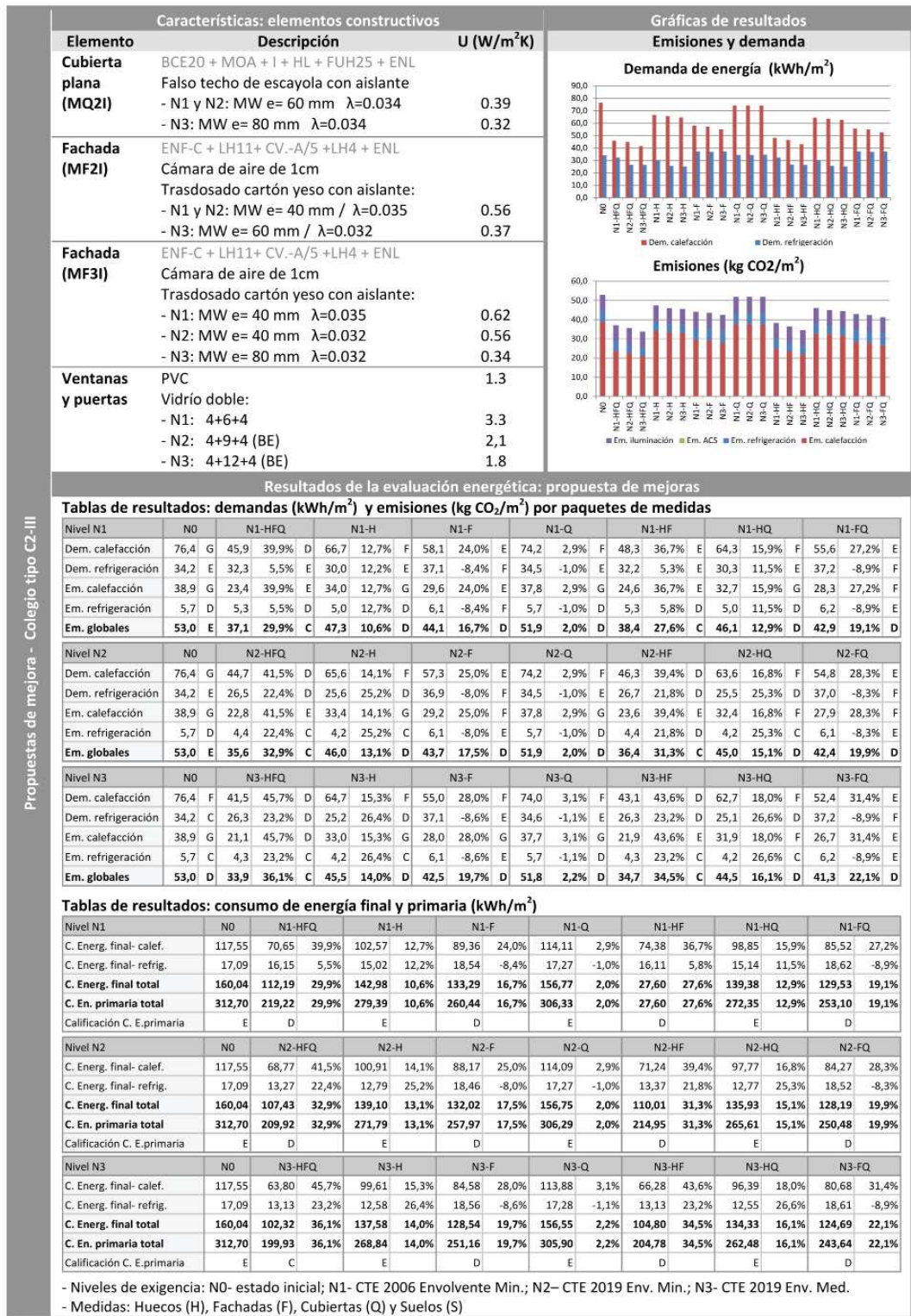
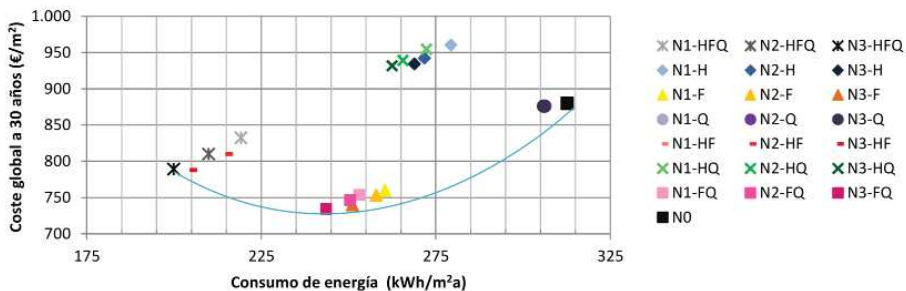


Figura 7.19.

Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo C2-III. Fuente: elaboración propia.

Gráfica de coste global a 30 años
 Gráfica de costes globales a 30 años por m² y consumo de energía primaria al año por m², según los distintos paquetes de medida propuestos y curva del coste óptimo.

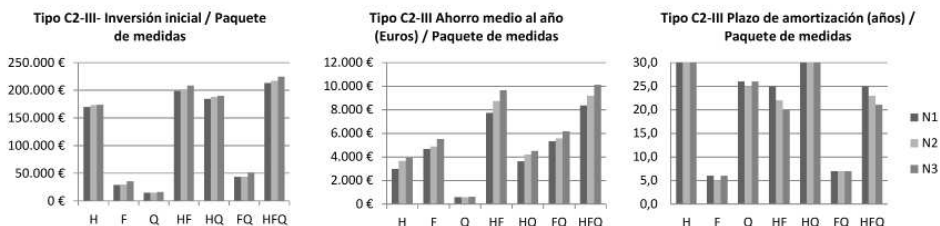


Costes y ahorros de las distintas propuestas de mejora

Tabla de resultados de inversión inicial, coste global a 30 años, reducción de emisiones, ahorro en energía primaria y plazo de amortización de la inversión inicial.

Nivel	Inversión inicial		Coste global en 30 años		Reducción de emisiones al año (kg CO ₂)		Ahorro en energía primaria al año (kWh)		Ahorro en energía (€)		Amort. (años)*
	por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total	al año	en 30 años	
N0	-	-	879,79 €	840.133,24 €	-	-	-	-	-	-	-
N1-HFQ	223,50 €	213.423,29 €	832,29 €	794.767,41 €	15,90	15.183,23	93,48	89.265,92	8.371,76 €	251.152,75 €	25
N2-HFQ	227,37 €	217.117,80 €	809,89 €	773.378,68 €	17,40	16.615,61	102,78	98.146,68	9.204,73 €	276.142,03 €	23
N3-HFQ	235,53 €	224.912,05 €	789,19 €	753.610,38 €	19,10	18.238,97	112,77	107.686,33	10.098,96 €	302.968,75 €	21
N1-H	177,65 €	169.640,90 €	960,19 €	916.902,21 €	7,00	6.684,44	33,31	31.808,39	2.983,66 €	89.509,92 €	>30
N1-F	30,23 €	28.869,11 €	760,07 €	725.802,99 €	9,30	8.880,76	52,26	49.904,12	4.679,36 €	140.380,95 €	6
N1-Q	15,62 €	14.913,28 €	875,96 €	836.476,07 €	1,10	1.050,41	6,37	6.082,84	570,48 €	17.114,51 €	26
N1-HF	207,88 €	198.510,01 €	838,48 €	800.682,02 €	16,60	15.851,67	285,10	272.247,69	7.726,03 €	231.780,81 €	25
N1-HQ	193,27 €	184.554,18 €	954,49 €	911.460,09 €	8,00	7.639,36	40,35	38.531,02	3.613,65 €	108.409,37 €	>30
N1-FQ	45,85 €	43.782,40 €	753,49 €	719.520,90 €	10,60	10.122,15	59,60	56.913,23	5.337,35 €	160.120,38 €	7
N2-H	181,24 €	173.068,84 €	942,32 €	899.840,30 €	5,70	5.443,04	40,91	39.065,78	3.664,39 €	109.931,83 €	>30
N2-F	30,51 €	29.135,68 €	753,34 €	719.376,23 €	8,90	8.498,79	54,73	52.262,77	4.901,61 €	147.048,25 €	5
N2-Q	15,62 €	14.913,28 €	875,85 €	836.371,08 €	1,10	1.050,41	6,41	6.121,04	573,98 €	17.219,50 €	25
N2-HF	211,75 €	202.204,52 €	809,92 €	773.413,45 €	14,60	13.941,83	97,75	93.343,43	8.755,00 €	262.649,92 €	22
N2-HQ	196,86 €	187.982,12 €	939,04 €	896.708,11 €	6,90	6.588,95	47,09	44.967,18	4.217,38 €	126.521,35 €	>30
N2-FQ	46,13 €	44.048,96 €	746,32 €	712.674,15 €	10,10	9.644,69	62,22	59.415,12	5.573,59 €	167.207,67 €	7
N3-H	181,58 €	173.391,53 €	934,35 €	892.229,32 €	7,50	7.161,90	43,86	41.882,79	3.928,64 €	117.859,10 €	>30
N3-F	37,01 €	35.345,90 €	740,02 €	706.658,19 €	10,50	10.026,66	61,54	58.765,78	5.512,34 €	165.370,22 €	6
N3-Q	16,94 €	16.174,62 €	875,95 €	836.459,31 €	1,20	1.145,90	6,80	6.493,46	608,98 €	18.269,47 €	26
N3-HF	218,59 €	208.737,43 €	787,54 €	752.034,47 €	18,30	17.475,04	107,92	103.054,97	9.664,97 €	289.949,13 €	20
N3-HQ	198,52 €	189.566,15 €	931,77 €	889.762,85 €	8,50	8.116,82	50,22	47.956,08	4.497,37 €	134.921,10 €	>30
N3-FQ	53,95 €	51.520,53 €	734,14 €	701.041,81 €	11,70	11.172,56	69,06	65.946,78	6.186,07 €	185.582,14 €	7

*Plazo de amortización de la inversión inicial gracias a los ahorros generados



- Niveles de exigencia: N0- estado inicial; N1- CTE 2006 Envoltante Min.; N2- CTE 2019 Env. Min.; N3- CTE 2019 Env. Med.
 - Medidas: Huecos (H), Fachadas (F), Cubiertas (Q) y Suelos (S)

Figura 7.20.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo C2-III. Fuente: elaboración propia.


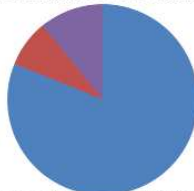
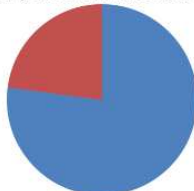
Caracterización energética del tipo: [Colegio D-I Periodo 1960-79 Clima mediterráneo]			D-I	
Estado inicial - Colegio tipo D-I	Características: elementos constructivos e instalaciones		Otros datos	
	Elemento	Descripción	U (W/m ² K)	
	Cubierta plana (Q2)	Baldosa cerámica de 20mm (BCE20)	1.79	 <p>Normativa: anterior a NBE-CT-79 Tipo de edificio: edif. completo Perfil de uso: Intensidad media-8h Zona climática: B3 / IV</p> <p>Sup. construida: 274 m² Sup. útil: 243.87m² Sup. habitable: 201.28 m² Volumen habitable: 644.10 m³ Altura libre: 3.2 m Nº de plantas hab.:1</p>
		Mortero de agarre (MOA)		
		Capa de Impermeabilización (I)		
		Hormigón áridos ligeros (HL)		
	Forjado unidireccional con entrevigado de hormigón 250mm (FUH25)			
	Enlucido de yeso (ENL)			
Fachada (F4)	Ladrillo visto perforado de 115 mm (LP11)	1.41		
	Cámara de aire 70mm (CV-A/7)			
	Ladrillo cerámico hueco 70 mm (LH7)			
	Enlucido de yeso (ENL)			
Ventanas y puertas exteriores	Metálica	5.7		
	Vidrio simple	5.7		
Sistema	Descripción	Superficies de la envolvente		
Calefacción	Caldera de gasoil	Sup. Q2: 201.28 m ²	Sup. F4: 113.15m ²	
		Sup. HV (NO, NE): 7.9 m ²	Sup. HV (SO, SE): 31.15 m ²	
A.C.S.	Termo-acumulador eléctrico en cocina	Sup. HP (NE): 18 m ²		
Resultados de la evaluación energética: estado inicial				
Gráficos de resultados de emisiones (kg CO ₂ /m ²) y demandas (kWh/m ²)		Emisiones (kg CO ₂ /m ²)		
		Calefacción	42,6 G	
		Refrigeración	4,2 C	
		ACS	0,0 -	
		Iluminación	5,7 B	
		Globales	52,5 F	
		Demandas (kWh/m ²)		
		Calefacción	84,7 G	
		Refrigeración	25,2 D	
		Consumo E. primaria (kWh/m ²)		
		Total	219,7 55,8	

Figura 7.21. Ficha del estado inicial del colegio tipo D-I. Fuente: elaboración propia.

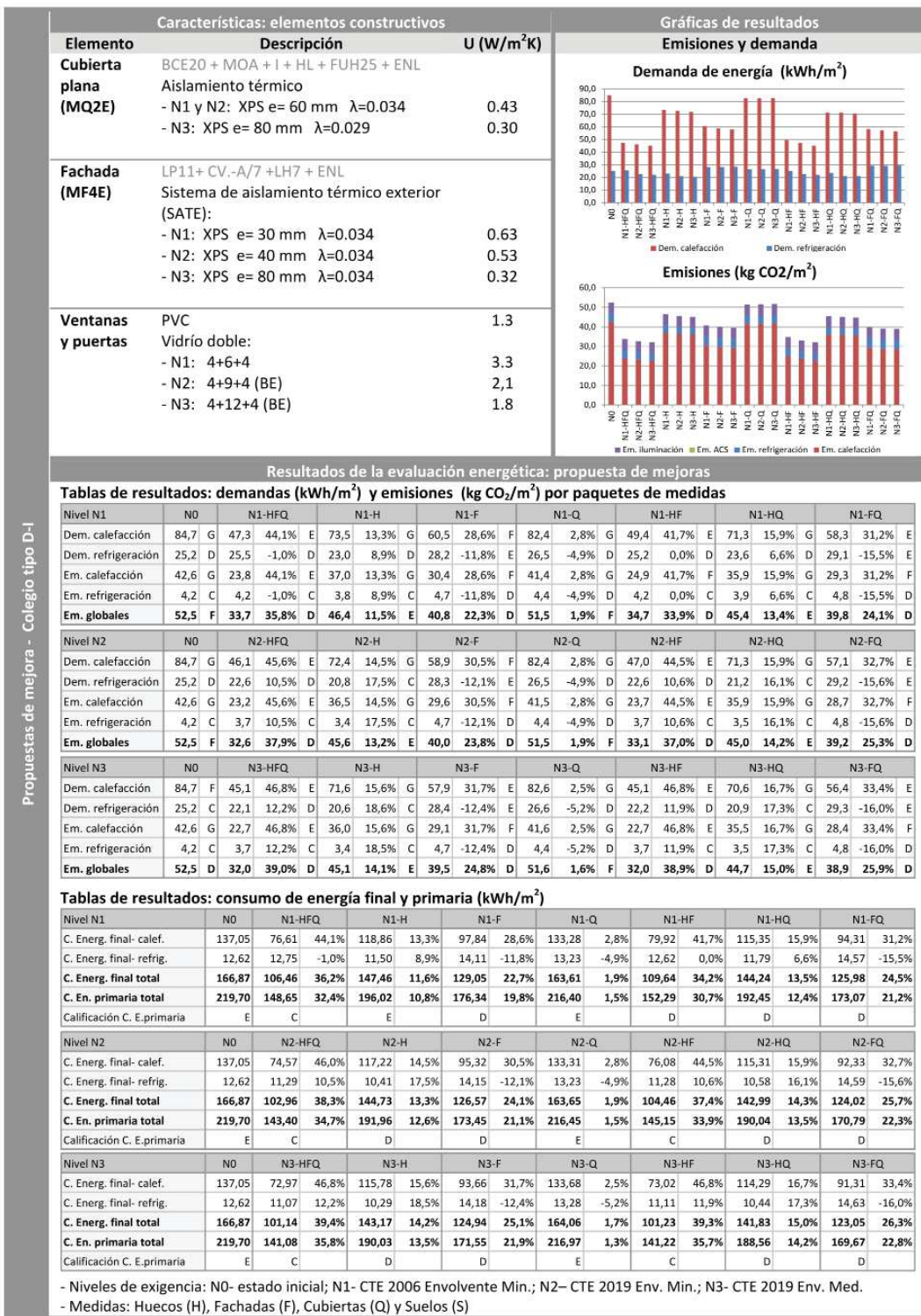


Figura 7.22. Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo D-I. Fuente: elaboración propia.

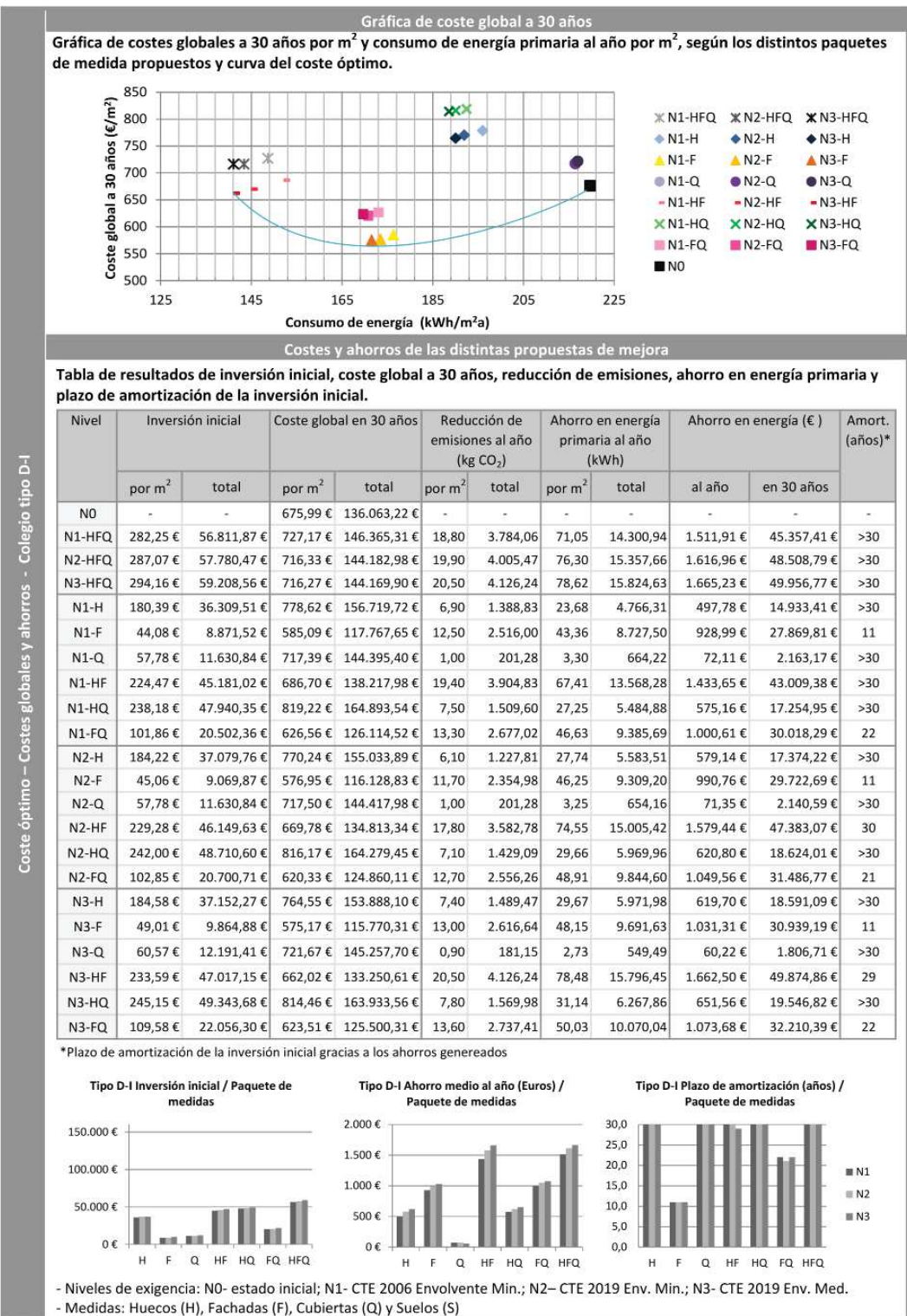


Figura 7.23.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo D-I. Fuente: elaboración propia.

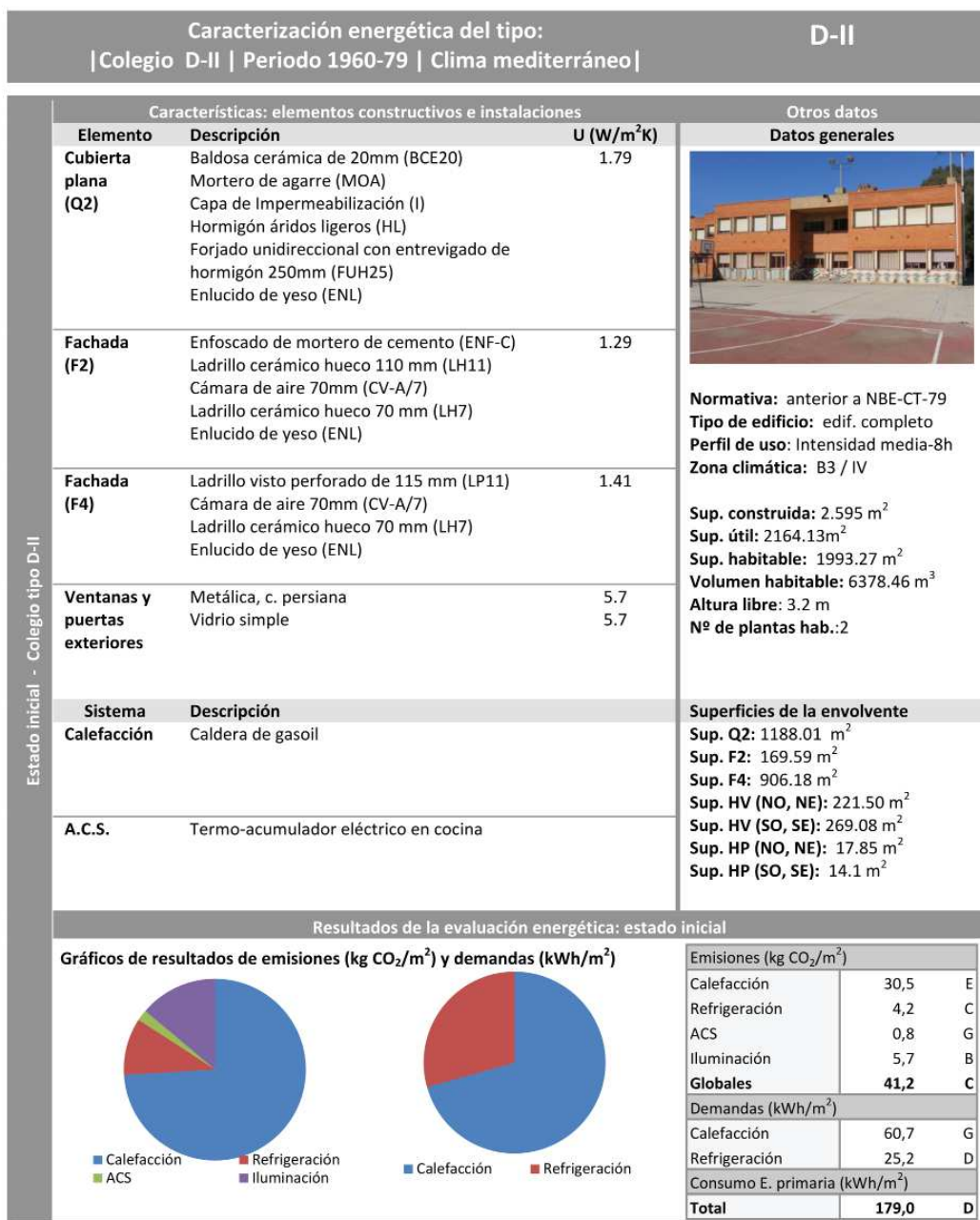


Figura 7.24.

Ficha del estado inicial del colegio tipo D-II. Fuente: elaboración propia.

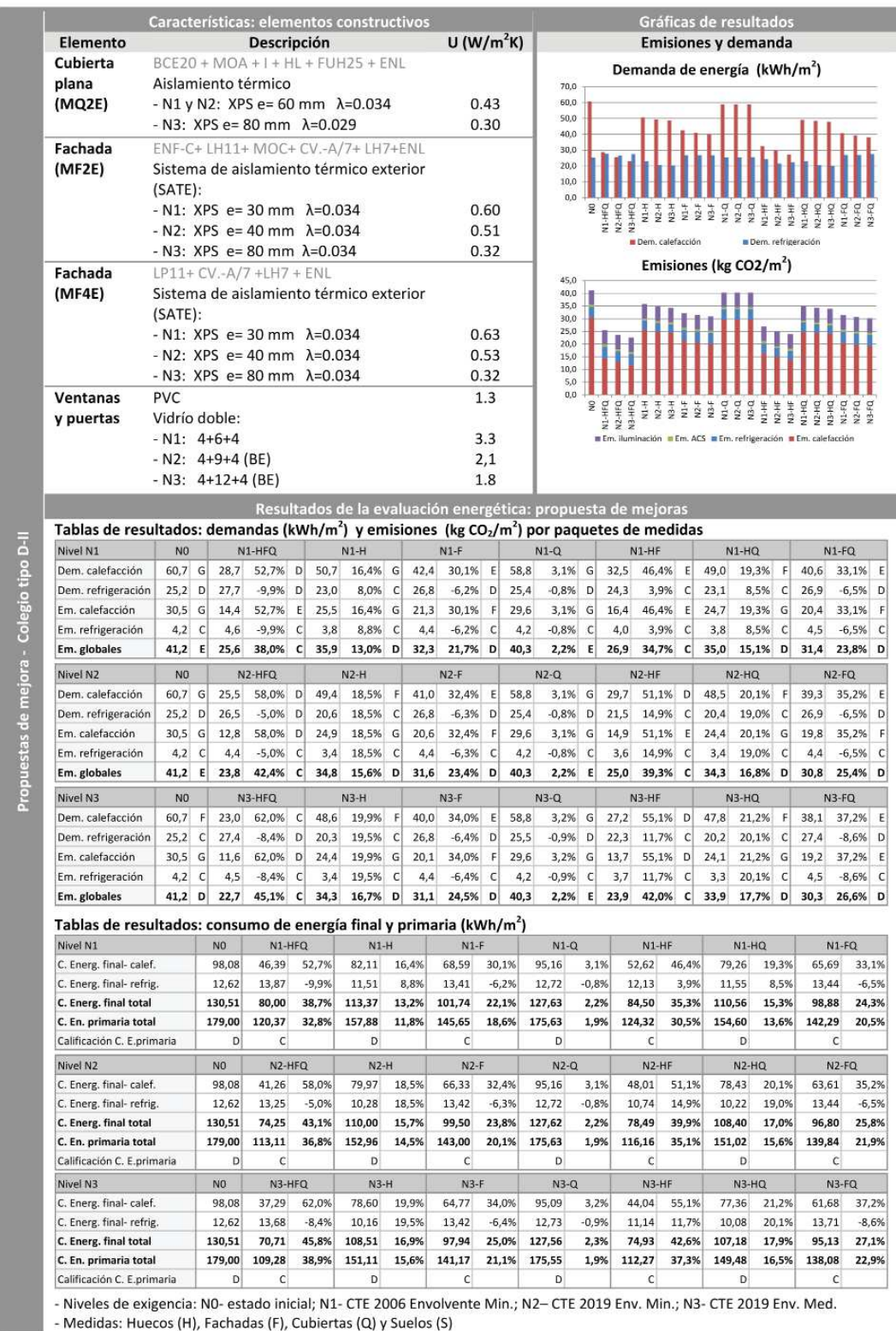


Figura 7.25. Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo D-II. Fuente: elaboración propia.

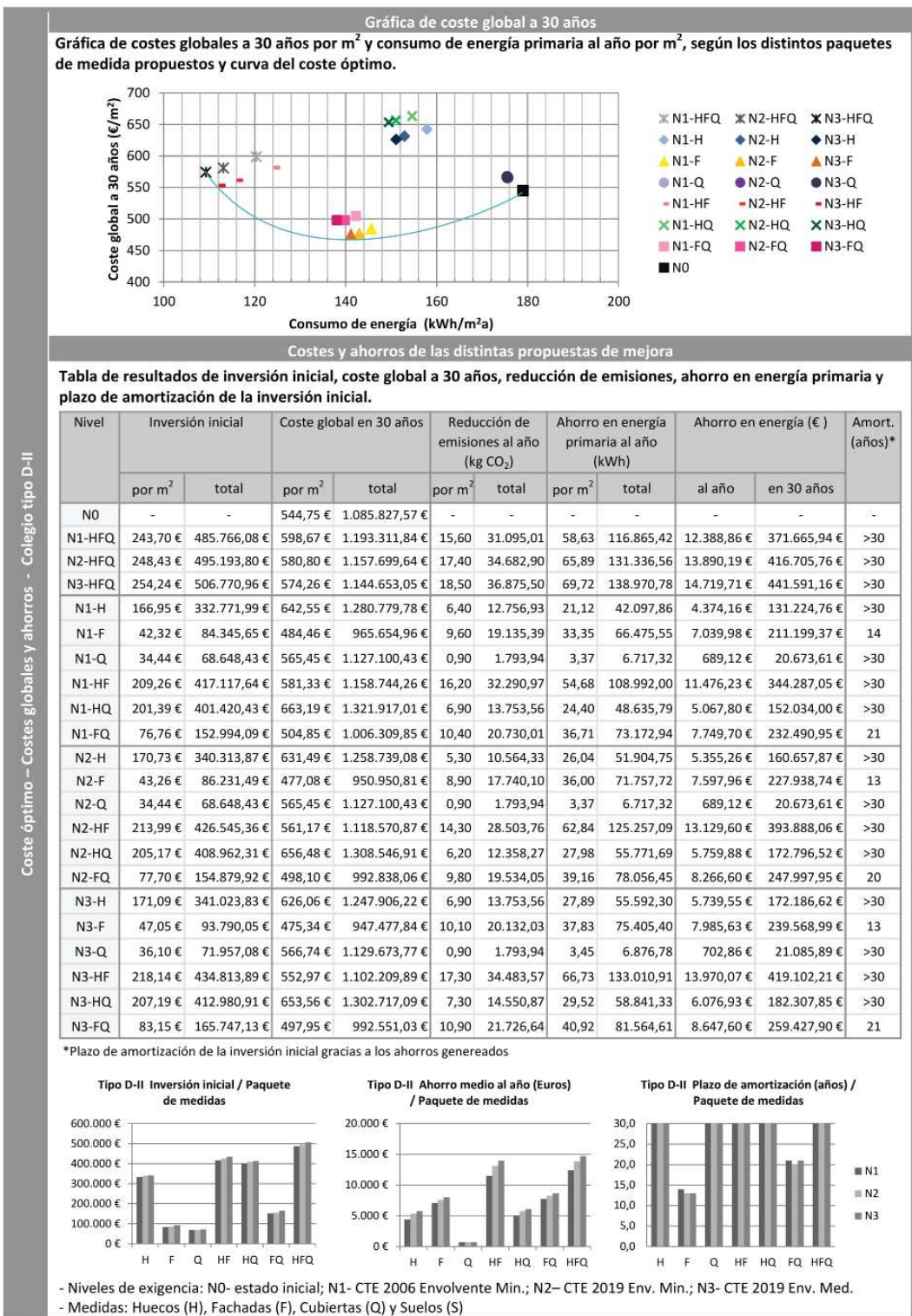


Figura 7.26.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo D-II. Fuente: elaboración propia.


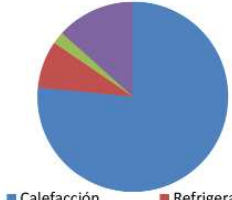
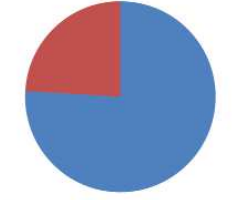
Caracterización energética del tipo:			D-III																		
Colegio D-III Periodo 1960-79 Clima mediterráneo																					
Características: elementos constructivos e instalaciones			Otros datos																		
Elemento	Descripción	U (W/m ² K)	Datos generales																		
Cubierta inclinada (Q4)	Tejado de chapa sobre tabiques en avispero (TJCH)	2.33	 <p>Normativa: anterior a NBE-CT-79 Tipo de edificio: edif. completo Perfil de uso: Intensidad media-8h Zona climática: B3 / IV</p> <p>Sup. construida: 1843 m² Sup. útil: 1557.70 m² Sup. habitable: 1435.93 m² Volumen habitable: 4594.98 m³ Altura libre: 3.2 m Nº de plantas hab.: 3</p> <p>Superficies de la envolvente</p> <p>Sup. Q4: 538.06 m² Sup. F2: 320.24 m² Sup. F4: 599.11 m² Sup. HV (NO, NE): 158.54 m² Sup. HV (SO, SE): 123.91 m² Sup. HP (SO): 4.62 m²</p>																		
	Cámara de aire horizontal (CH-D)																				
	Forjado unidireccional con entrevigado de hormigón 250mm (FUH25) Enlucido de yeso (ENL)																				
Fachada (F2)	Enfoscado de mortero de cemento (ENF-C)	1.20																			
	Ladrillo cerámico hueco 110 mm (LH11) Cámara de aire 20mm (CV-A/2) Ladrillo cerámico hueco 70 mm (LH7) Enlucido de yeso (ENL)																				
Fachada (F4)	Ladrillo visto perforado de 115 mm (LP11)	1.28/1.29																			
	Cámara de aire 100 o 50 mm (CV-A/10 o5) Ladrillo cerámico hueco 70 mm (LH7) Enlucido de yeso (ENL)																				
Ventanas y puertas exteriores	Metálica, c. persiana	5.7																			
	Vidrio simple	5.7																			
Sistema Calefacción	Descripción Caldera de gasoil																				
A.C.S.	Termo-acumulador eléctrico en cocina																				
Resultados de la evaluación energética: estado inicial																					
Gráficos de resultados de emisiones (kg CO₂/m²) y demandas (kWh/m²)																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Emisiones (kg CO₂/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calefacción</td> <td>33,3</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Refrigeración</td> <td>3,5</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>ACS</td> <td>0,9</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Iluminación</td> <td>5,8</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>Globales</td> <td>43,5</td> <td>E</td> </tr> </tbody> </table>		Emisiones (kg CO ₂ /m ²)			Calefacción	33,3	G	Refrigeración	3,5	C	ACS	0,9	G	Iluminación	5,8	B	Globales	43,5	E
Emisiones (kg CO ₂ /m ²)																					
Calefacción	33,3	G																			
Refrigeración	3,5	C																			
ACS	0,9	G																			
Iluminación	5,8	B																			
Globales	43,5	E																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Demandas (kWh/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calefacción</td> <td>66,2</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Refrigeración</td> <td>21,0</td> <td>D</td> </tr> </tbody> </table>		Demandas (kWh/m ²)			Calefacción	66,2	G	Refrigeración	21,0	D									
Demandas (kWh/m ²)																					
Calefacción	66,2	G																			
Refrigeración	21,0	D																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Consumo E. primaria (kWh/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>185,1</td> <td>D</td> </tr> </tbody> </table>			Consumo E. primaria (kWh/m ²)			Total	185,1	D													
Consumo E. primaria (kWh/m ²)																					
Total	185,1	D																			

Figura 7.27. Ficha del estado inicial del colegio tipo D-III. Fuente: elaboración propia.

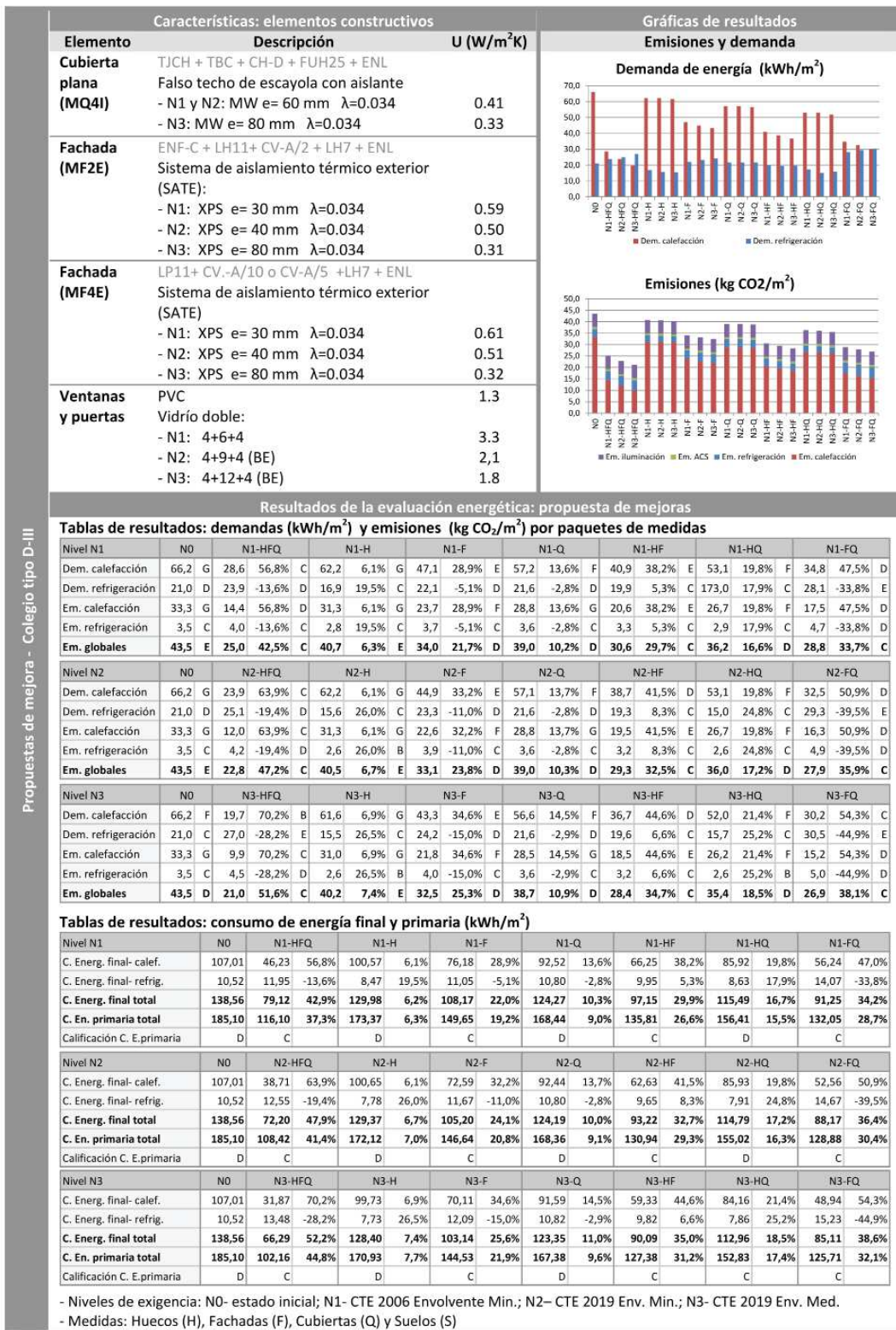


Figura 7.28. Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo D-III. Fuente: elaboración propia.

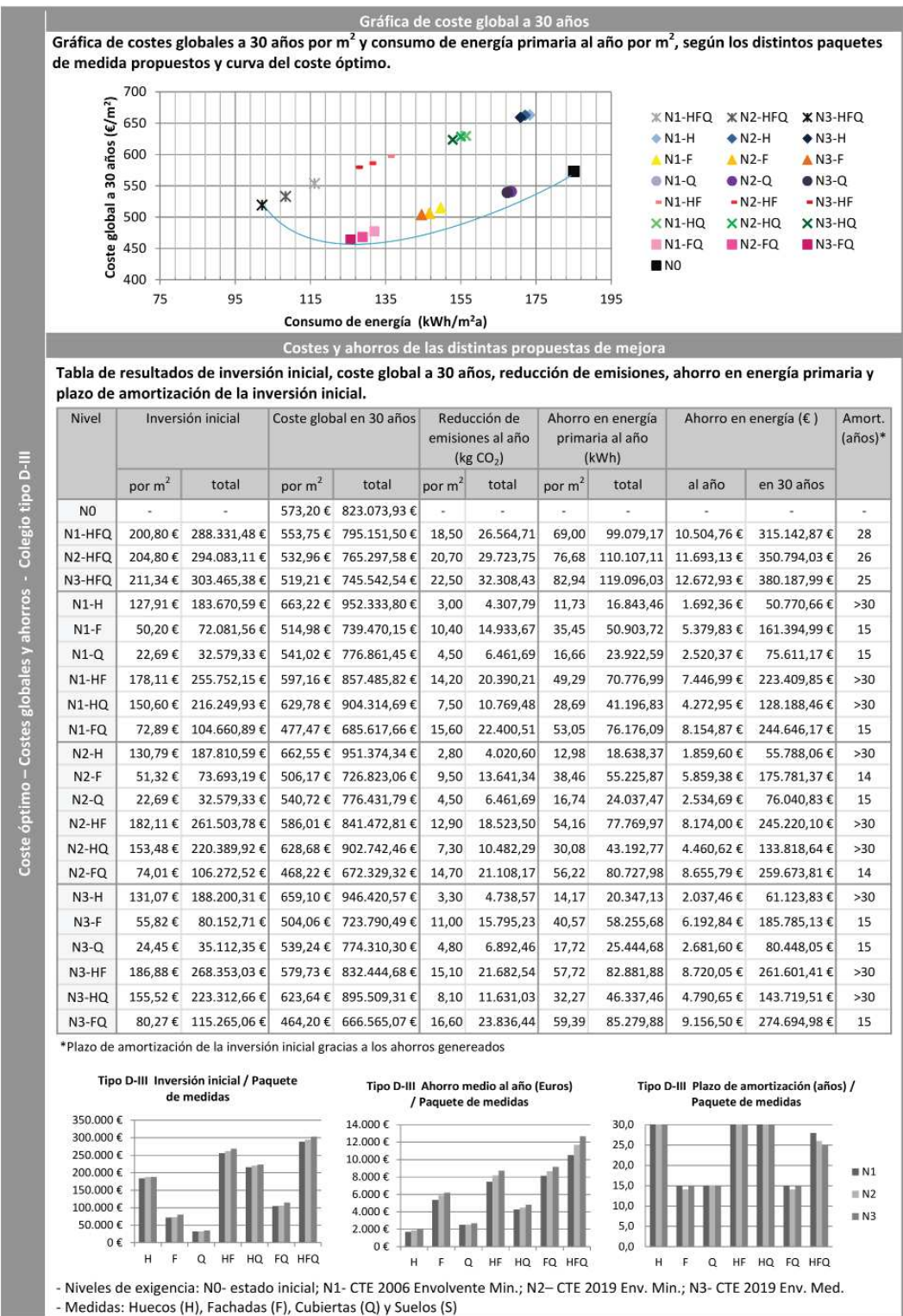


Figura 7.29.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo D-III. Fuente: elaboración propia.

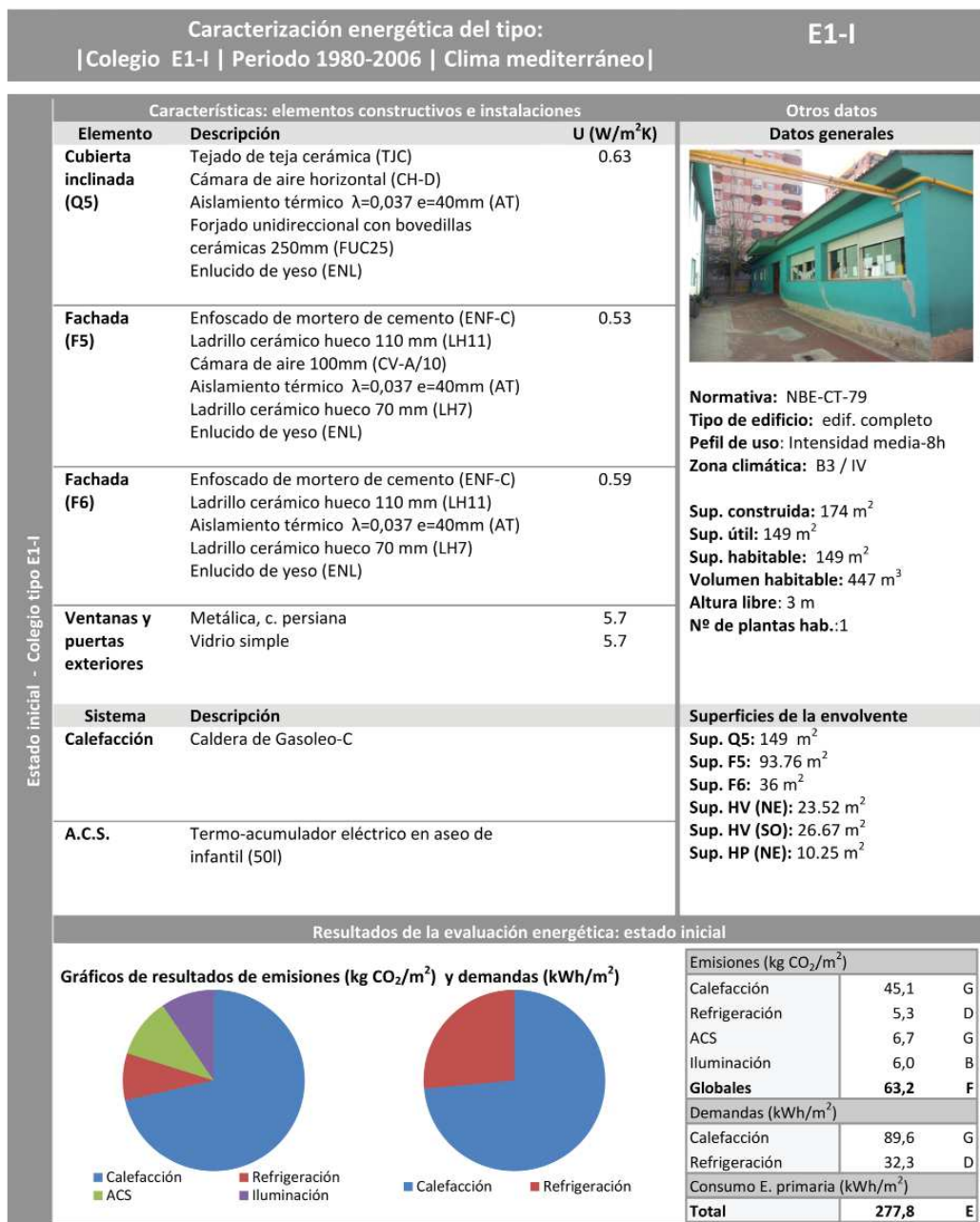


Figura 7.30.

Ficha del estado inicial del colegio tipo E1-I. Fuente: elaboración propia.

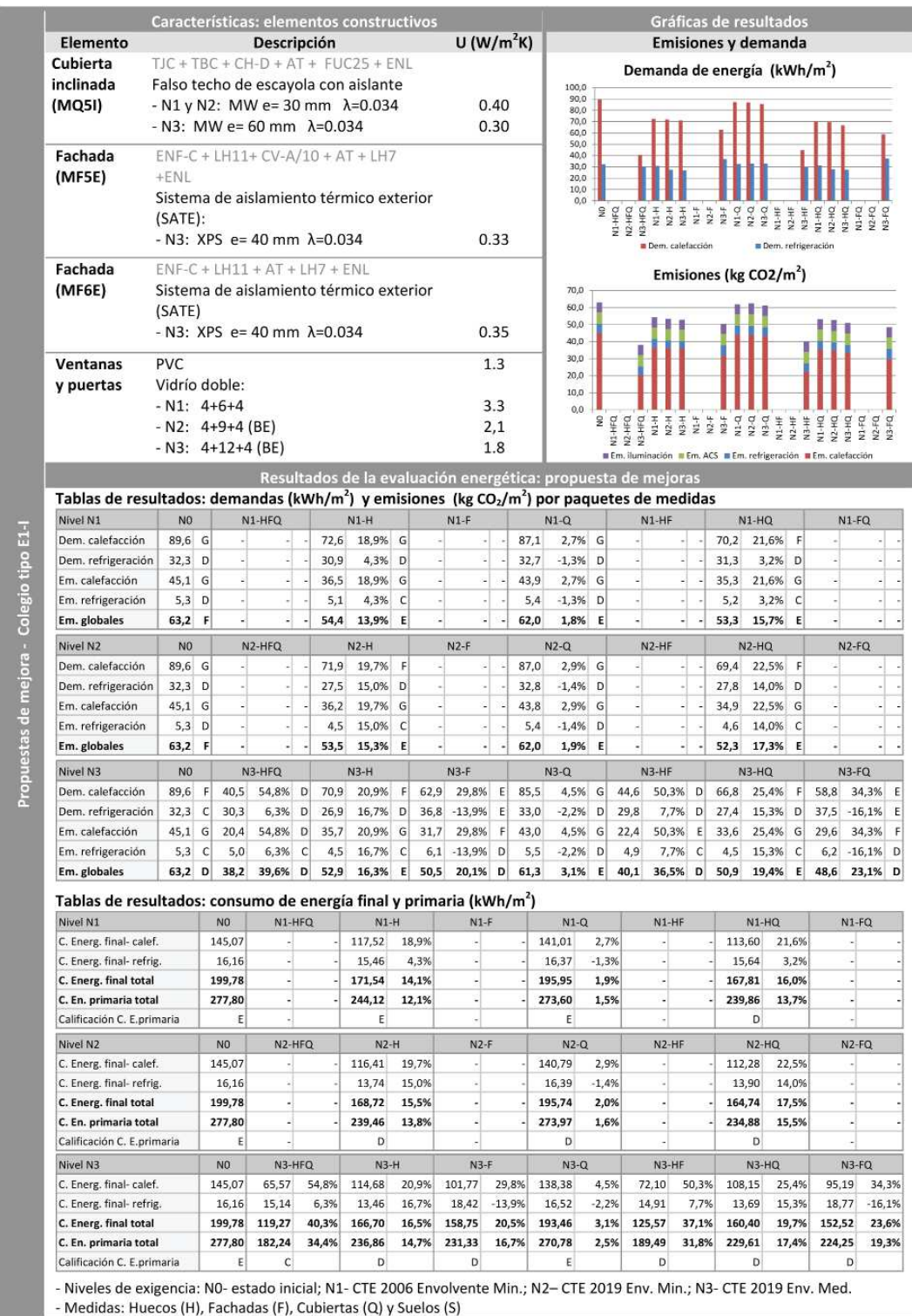


Figura 7.31. Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo E1-I. Fuente: elaboración propia.

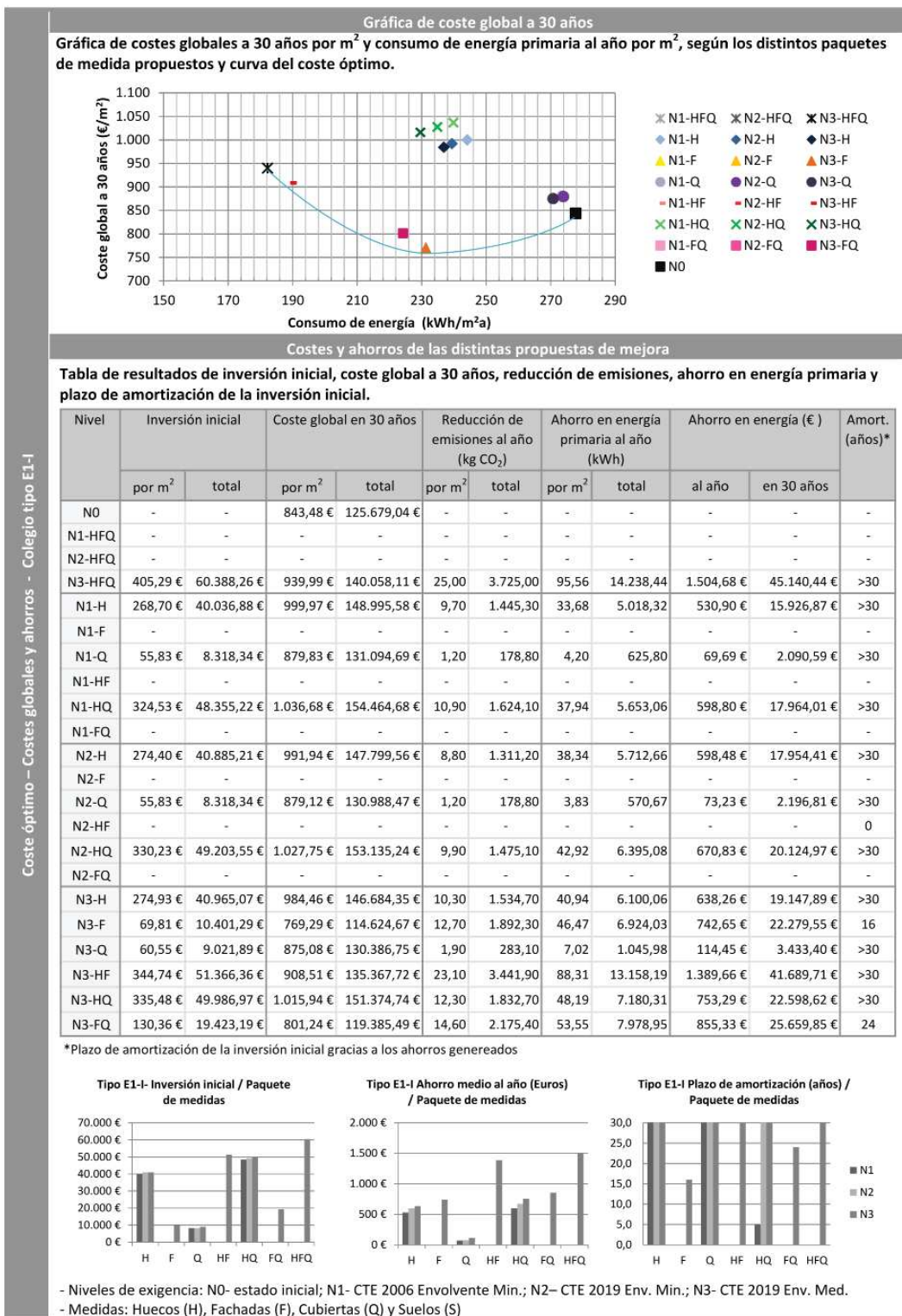


Figura 7.32.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo E1-I. Fuente: elaboración propia.




Caracterización energética del tipo: Colegio E1-II Periodo 1980-2006 Clima mediterráneo			E1-II	
Estado Inicial - Colegio tipo E1-II	Características: elementos constructivos e instalaciones		Otros datos	
	Elemento	Descripción	U (W/m ² K)	
	Cubierta inclinada (Q5)	Tejado de teja cerámica (TJC)	0.63	 <p>Normativa: NBE-CT-79 Tipo de edificio: edif. completo Pefil de uso: Intensidad media-8h Zona climática: B3 / IV</p> <p>Sup. construida: 1092 m² Sup. útil: 973 m² Sup. habitable: 922 m² Volumen habitable: 2526.28 m³ Altura libre: 2.74 m Nº de plantas hab.: 2</p>
		Cámara de aire horizontal (CH-D)		
	Aislamiento térmico $\lambda=0,037$ e=40mm (AT)			
	Forjado unidireccional con bovedillas cerámicas 250mm (FUC25)			
	Enlucido de yeso (ENL)			
	Fachada (F5)	Enfoscado de mortero de cemento (ENF-C)	0.53	
		Ladrillo cerámico hueco 110 mm (LH11)		
	Cámara de aire 50mm (CV-A/5)			
Aislamiento térmico $\lambda=0,037$ e=40mm (AT)				
Ladrillo cerámico hueco 70 mm (LH7)				
Enlucido de yeso (ENL)				
Suelo en contacto con aire ext. (S1)	Baldosa de terrazo 40mm (BTE)	0.62		
	Mortero de agarre 25mm (MOA)			
F.U.c/ bovedillas cerámicas 250mm (FUC25)				
Aislamiento $\lambda=0,037$ e=40mm (AT)				
Capa de protección (CP)				
Ventanas y puertas exteriores	Metálica, c. persiana	5.7		
	Vidrio simple	5.7		
Sistema	Descripción		Superficies de la envolvente	
Calefacción	Caldera de Gasoleo-C		Sup. Q5: 473 m ² Sup. F5: 293.56 m ² Sup. S1: 19.05 m ² Sup. HV (NO, NE): 60.6 m ² Sup. HV (SO, SE): 63.33 m ² Sup. HP (NO-NE): 14.59 m ² Sup. HP (SO): 4.29 m ²	
A.C.S.	Termo-acumulador eléctrico en cocina			
Resultados de la evaluación energética: estado inicial				
Gráficos de resultados de emisiones (Kg CO ₂ /m ²) y demandas (kWh/m ²)		Emisiones (kg CO ₂ /m ²)		
 <p>■ Calefacción ■ Refrigeración ■ ACS ■ Iluminación</p>	 <p>■ Calefacción ■ Refrigeración</p>	Calefacción	26,1	G
		Refrigeración	2,7	C
		ACS	1,8	G
		Iluminación	6,5	B
		Globales	37,1	E
		Demandas (kWh/m ²)		
		Calefacción	51,9	G
		Refrigeración	16,3	C
		Consumo E. primaria (kWh/m ²)		
		Total	163,8	D

Figura 7.33. Ficha del estado inicial del colegio tipo E1-II. Fuente: elaboración propia.

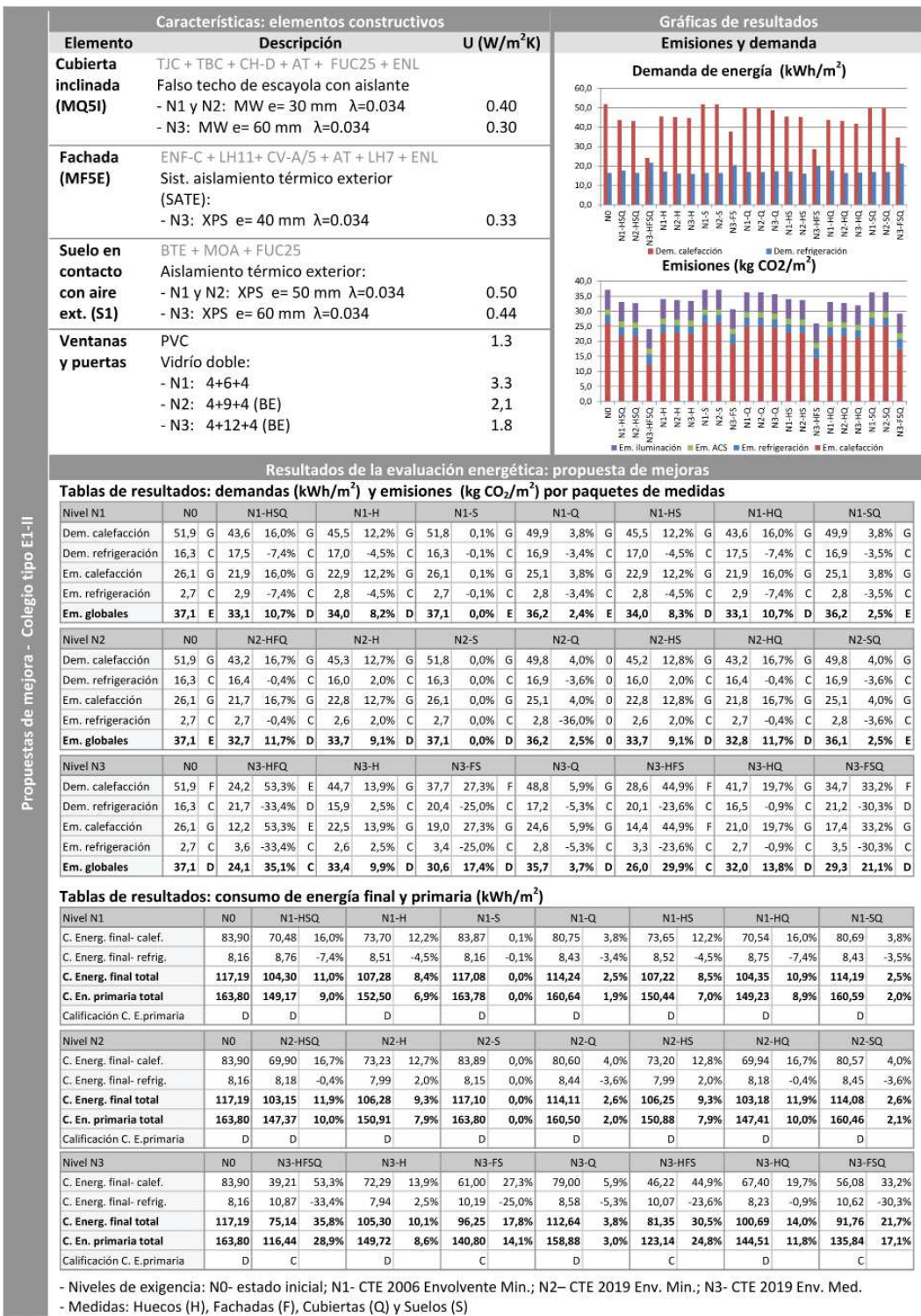
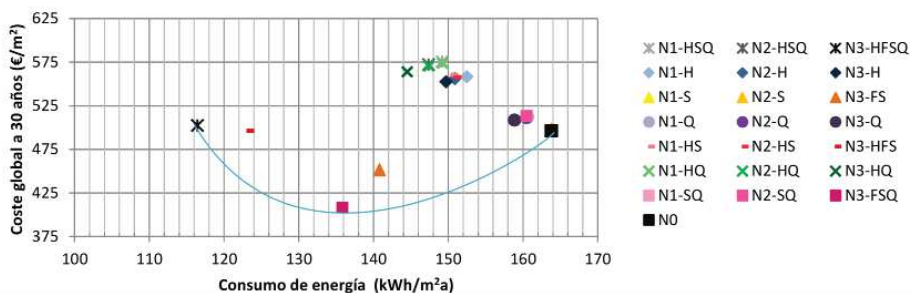


Figura 7.34. Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo E1-II. Fuente: elaboración propia.

Gráfica de coste global a 30 años

Gráfica de costes globales a 30 años por m² y consumo de energía primaria al año por m², según los distintos paquetes de medida propuestos y curva del coste óptimo.



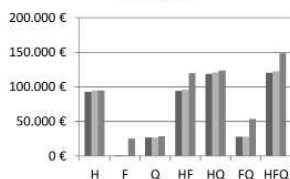
Costes y ahorros de las distintas propuestas de mejora

Tabla de resultados de inversión inicial, coste global a 30 años, reducción de emisiones, ahorro en energía primaria y plazo de amortización de la inversión inicial.

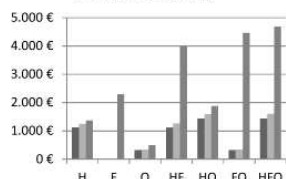
Nivel	Inversión inicial		Coste global en 30 años		Reducción de emisiones al año (kg CO ₂)		Ahorro en energía primaria al año (kWh)		Ahorro en energía (€)		Amort. (años)*
	por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total	al año	en 30 años	
NO	-	-	496,44	457.716,20 €	-	-	-	-	-	-	-
N1-HSQ	130,77 €	120.571,70 €	575,66	530.760,16 €	4,00	3.688,00	14,63	13.488,86	1.441,25 €	43.237,45 €	>30
N2-HSQ	132,91 €	122.547,60 €	572,40	527.756,83 €	4,40	4.056,80	16,43	15.148,46	1.605,92 €	48.177,52 €	>30
N3-HFSQ	161,11 €	148.539,66 €	502,38	463.195,39 €	13,00	11.986,00	47,36	43.665,92	4.679,22 €	140.376,51 €	>30
N1-H	100,45 €	92.610,94 €	558,12	514.584,33 €	3,40	3.134,80	11,30	10.418,60	1.130,25 €	33.907,41 €	>30
N1-S	1,69 €	1.554,21 €	498,15	459.290,07 €	0,00	0,00	0,02	18,44	3,45 €	103,45 €	>30
N1-Q	28,64 €	26.406,55 €	511,99	472.050,59 €	0,90	829,80	3,16	2.913,52	316,47 €	9.494,16 €	>30
N1-HS	102,13 €	94.165,15 €	560,35	516.646,81 €	3,40	3.134,80	13,36	12.317,92	1.117,41 €	33.522,26 €	>30
N1-HQ	129,09 €	119.017,49 €	574,01	529.239,06 €	4,30	3.964,60	14,57	13.433,54	1.436,04 €	43.081,23 €	>30
N1-SQ	30,33 €	27.960,76 €	513,58	473.521,00 €	1,00	922,00	3,21	2.959,62	323,37 €	9.701,07 €	>30
N2-H	102,59 €	94.586,84 €	556,15	512.771,36 €	3,10	2.858,20	12,89	11.884,58	1.255,24 €	37.657,12 €	>30
N2-S	1,69 €	1.554,21 €	498,17	459.308,35 €	0,00	0,00	0,00	0,00	2,84 €	85,17 €	>30
N2-Q	28,64 €	26.406,55 €	511,48	471.584,01 €	0,90	829,80	3,30	3.042,60	332,02 €	9.960,74 €	>30
N2-HS	104,27 €	96.141,05 €	557,86	514.345,22 €	3,10	2.858,20	12,92	11.912,24	1.258,69 €	37.760,58 €	>30
N2-HQ	131,23 €	120.993,39 €	570,73	526.217,45 €	4,00	3.688,00	16,39	15.111,58	1.601,32 €	48.039,58 €	>30
N2-SQ	30,33 €	27.960,76 €	513,24	473.208,56 €	0,90	829,80	3,34	3.079,48	333,78 €	10.013,51 €	>30
N3-H	102,79 €	94.772,84 €	552,56	509.458,65 €	3,70	3.411,40	14,08	12.981,76	1.371,74 €	41.152,15 €	>30
N3-FS	27,25 €	25.126,84 €	451,36	416.152,69 €	6,50	5.993,00	23,00	21.206,00	2.289,36 €	68.680,68 €	13
N3-Q	31,06 €	28.639,97 €	508,45	468.791,44 €	1,40	1.290,80	4,92	4.536,24	492,29 €	14.768,69 €	>30
N3-HFS	130,04 €	119.899,69 €	496,17	457.470,30 €	11,10	10.234,20	40,66	37.488,52	4.008,59 €	120.257,67 €	30
N3-HQ	133,85 €	123.412,82 €	563,89	519.909,42 €	5,10	4.702,20	19,29	17.785,38	1.884,84 €	56.545,31 €	>30
N3-FSQ	58,32 €	53.766,82 €	408,37	376.521,00 €	7,80	7.191,60	27,96	25.779,12	4.471,88 €	134.156,30 €	13

*Plazo de amortización de la inversión inicial gracias a los ahorros generados

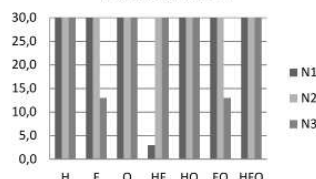
Tipo E1-II Inversión inicial / Paquete de medidas



Tipo E1-II Ahorro medio al año (Euros) / Paquete de medidas



Tipo E1-II Plazo de amortización (años) / Paquete de medidas



- Niveles de exigencia: N0- estado inicial; N1- CTE 2006 Envoltante Min.; N2- CTE 2019 Env. Min.; N3- CTE 2019 Env. Med.
 - Medidas: Huecos (H), Fachadas (F), Cubiertas (Q) y Suelos (S)

Figura 7.35.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo E1-II. Fuente: elaboración propia.

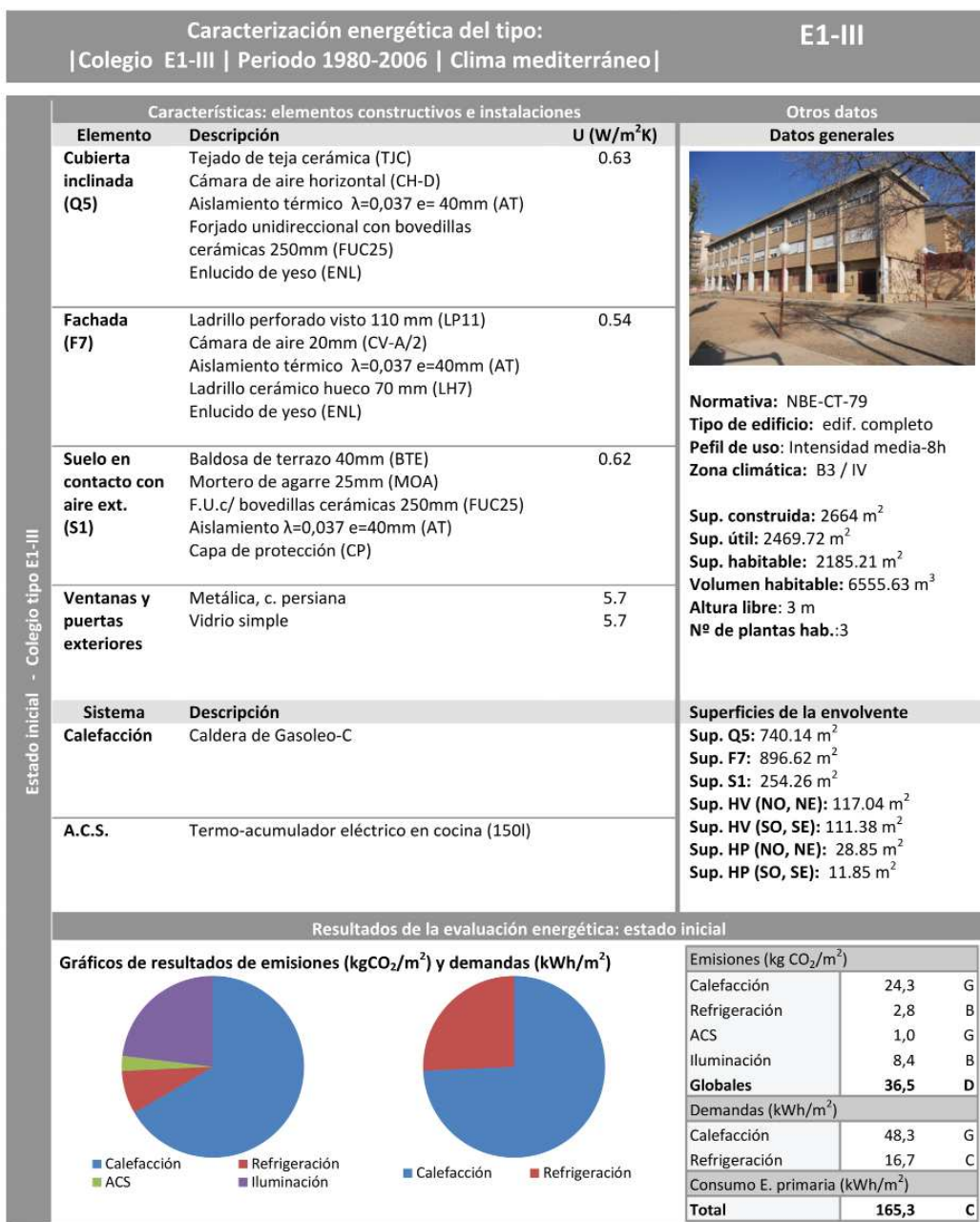


Figura 7.36.

Ficha del estado inicial del colegio tipo E1-III. Fuente: elaboración propia.

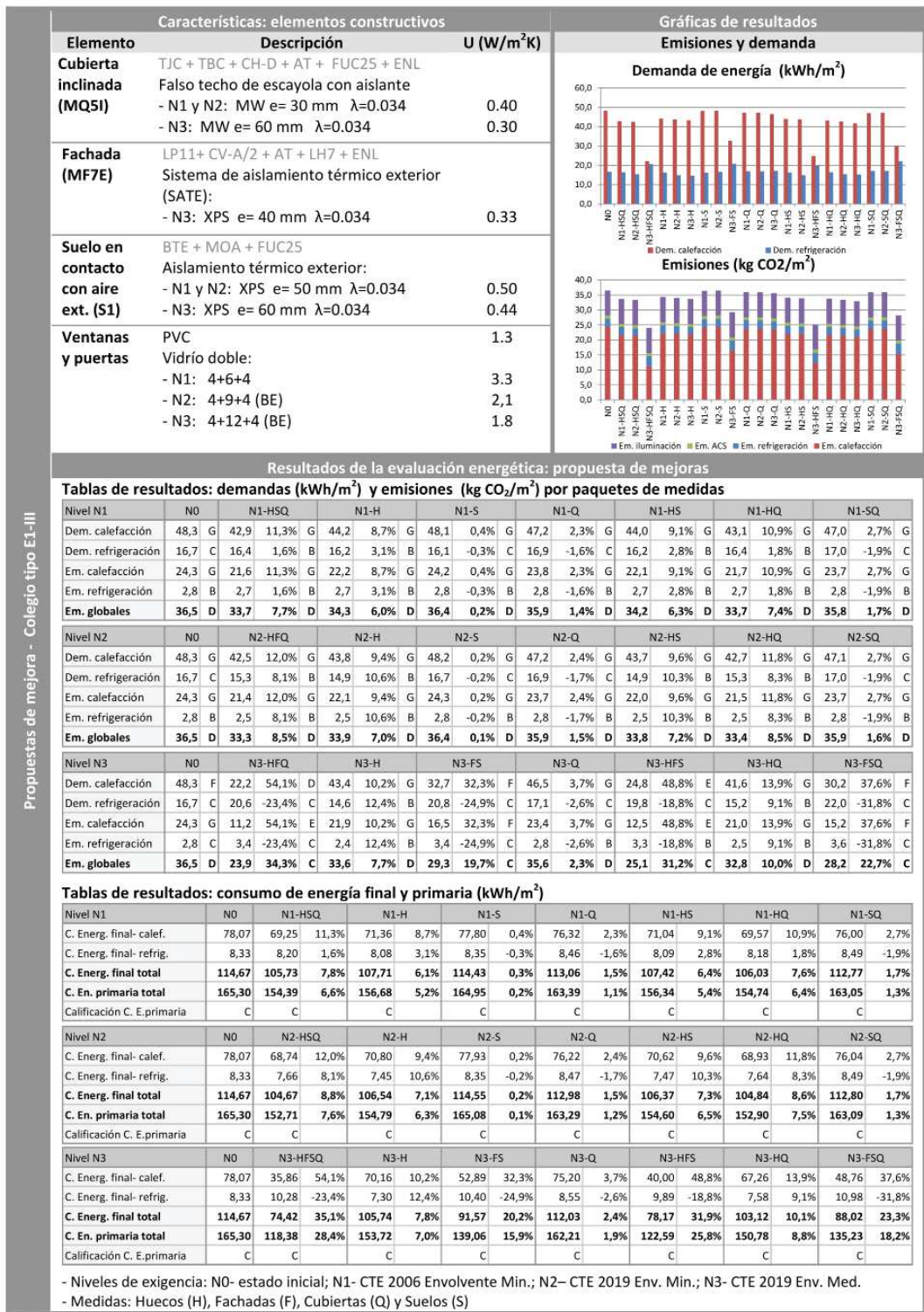


Figura 7.37. Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo E1-III. Fuente: elaboración propia.

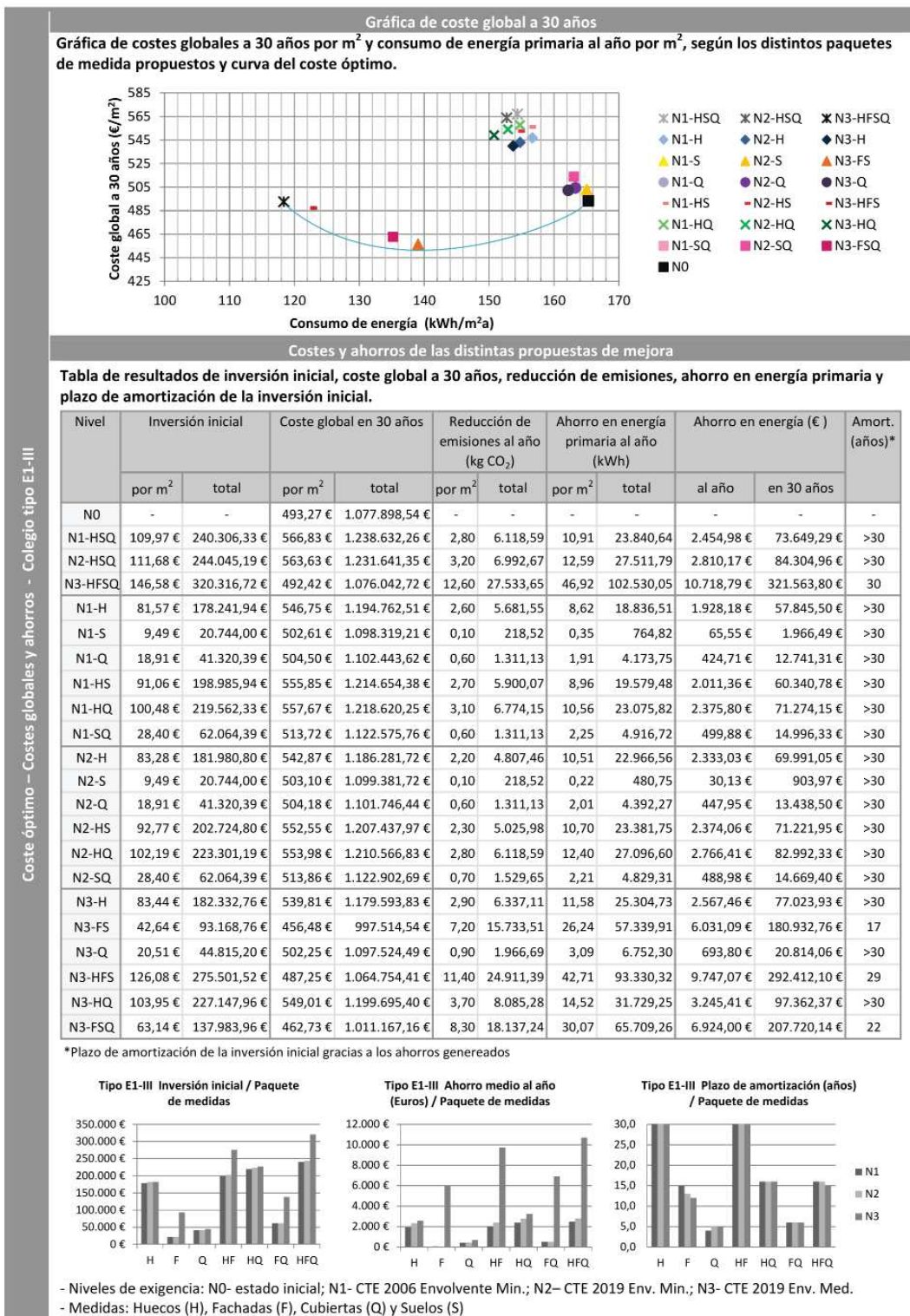


Figura 7.38.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo E1-III. Fuente: elaboración propia.


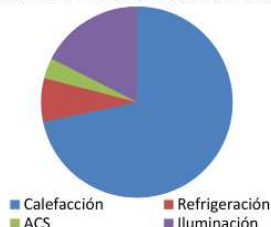
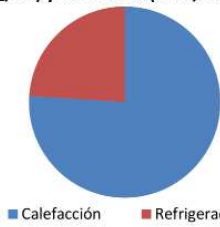
Caracterización energética del tipo: Colegio E2-II Periodo 1980-2006 Clima mediterráneo			E2-II																																		
Características: elementos constructivos e instalaciones			Otros datos																																		
Elemento	Descripción	U (W/m ² K)	Datos generales																																		
Cubierta inclinada (Q5)	Tejado de teja cerámica (TJC)	0.63	 <p>Normativa: NBE-CT-79 Tipo de edificio: edif. completo Perfil de uso: Intensidad media-8h Zona climática: B3 / IV</p> <p>Sup. construida: 3465 m² Sup. útil: 3089.13 m² Sup. habitable: 2864.18 m² Volumen habitable: 8592.54 m³ Altura libre: 3 m Nº de plantas hab.: 2</p>																																		
	Cámara de aire horizontal (CH-D)																																				
	Aislamiento térmico $\lambda=0,037$ e= 40mm (AT)																																				
	Forjado unidireccional con bovedillas cerámicas 250mm (FUC25)																																				
Enlucido de yeso (ENL)																																					
Fachada (F7)	Ladrillo macizo visto 110 mm (LP11)	0.54																																			
	Cámara de aire 50mm (CV-A/5)																																				
	Aislamiento térmico $\lambda=0,037$ e=40mm (AT)																																				
	Ladrillo cerámico hueco 70 mm (LH7)																																				
Enlucido de yeso (ENL)																																					
Suelo en contacto con aire ext. (S1)	Baldosa de terrazo 40mm (BTE)	0.62																																			
	Mortero de agarre 25mm (MOA)																																				
	F.U.c/ bovedillas cerámicas 250mm (FUC25)																																				
	Aislamiento $\lambda=0,037$ e=40mm (AT)																																				
Capa de protección (CP)																																					
Ventanas y puertas exteriores	Metálica, c. persiana	5.7																																			
	Vidrio simple	5.7																																			
Sistema	Descripción																																				
Calefacción	Caldera de Gasoleo-C		Superficies de la envolvente Sup. Q5: 1631.49 m ² Sup. F7: 1323.78 m ² Sup. S1: 253.48 m ² Sup. HV (NO, NE): 124.52 m ² Sup. HV (SO, SE): 154.68 m ² Sup. HP (NO, NE): 16.92 m ² Sup. HP (SO, SE): 23.95 m ²																																		
A.C.S.	Termo-acumulador eléctrico en cocina																																				
Resultados de la evaluación energética: estado inicial																																					
Gráficos de resultados de emisiones (kg CO₂/m²) y demandas (kWh/m²)																																					
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Emisiones (kg CO₂/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calefacción</td> <td>25,0</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Refrigeración</td> <td>2,6</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>ACS</td> <td>1,2</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Iluminación</td> <td>6,1</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>Globales</td> <td>34,8</td> <td>E</td> </tr> <tr> <th colspan="3">Demandas (kWh/m²)</th> </tr> <tr> <td>Calefacción</td> <td>49,6</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>Refrigeración</td> <td>15,6</td> <td>C</td> </tr> <tr> <th colspan="3">Consumo E. primaria (kWh/m²)</th> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>152,9</td> <td>D</td> </tr> </tbody> </table>	Emisiones (kg CO ₂ /m ²)			Calefacción	25,0	G	Refrigeración	2,6	B	ACS	1,2	G	Iluminación	6,1	B	Globales	34,8	E	Demandas (kWh/m ²)			Calefacción	49,6	G	Refrigeración	15,6	C	Consumo E. primaria (kWh/m ²)			Total	152,9	D
Emisiones (kg CO ₂ /m ²)																																					
Calefacción	25,0	G																																			
Refrigeración	2,6	B																																			
ACS	1,2	G																																			
Iluminación	6,1	B																																			
Globales	34,8	E																																			
Demandas (kWh/m ²)																																					
Calefacción	49,6	G																																			
Refrigeración	15,6	C																																			
Consumo E. primaria (kWh/m ²)																																					
Total	152,9	D																																			

Figura 7.39. Ficha del estado inicial del colegio tipo E2-II. Fuente: elaboración propia.

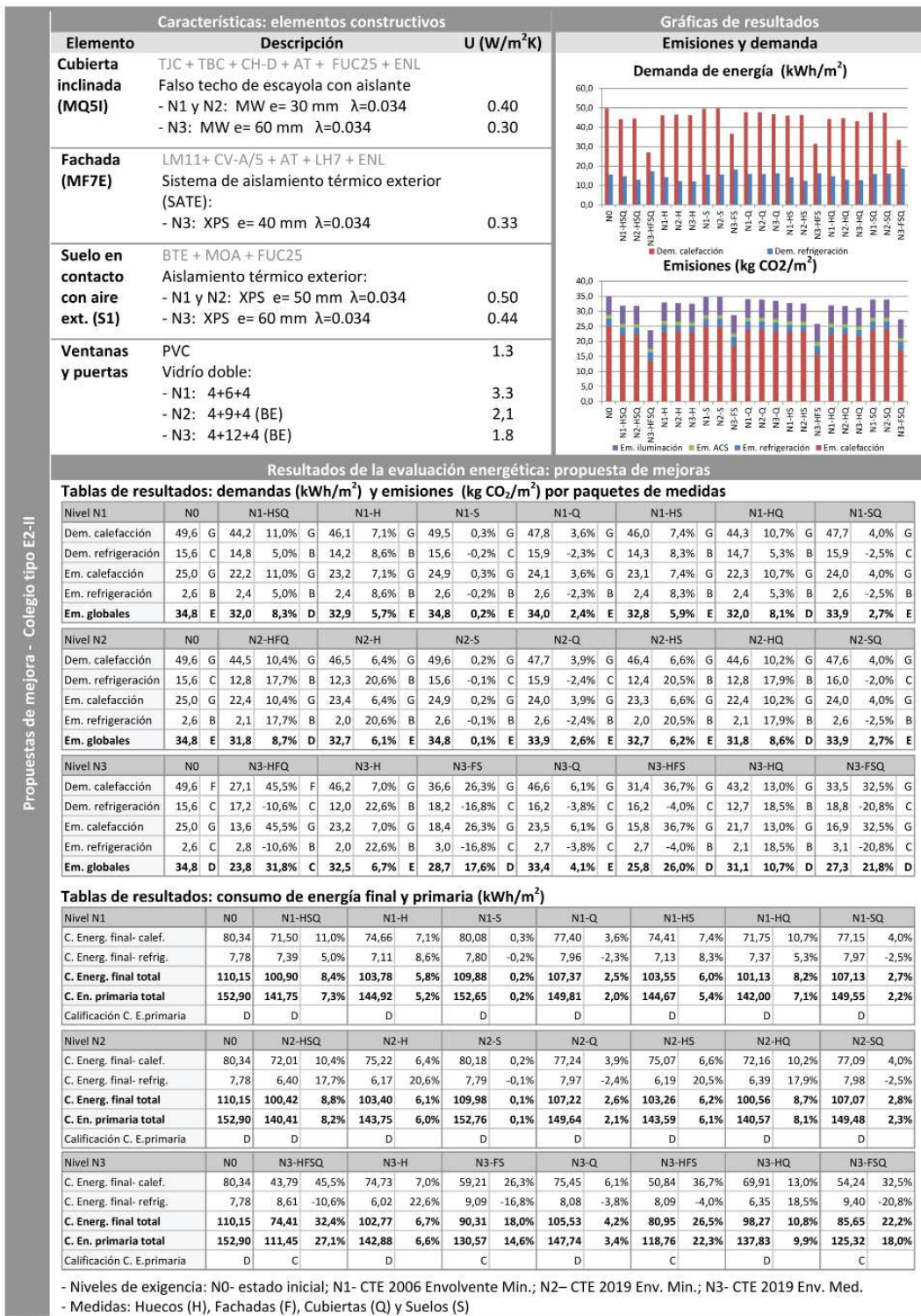


Figura 7.40.

Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo E2-II. Fuente: elaboración propia.

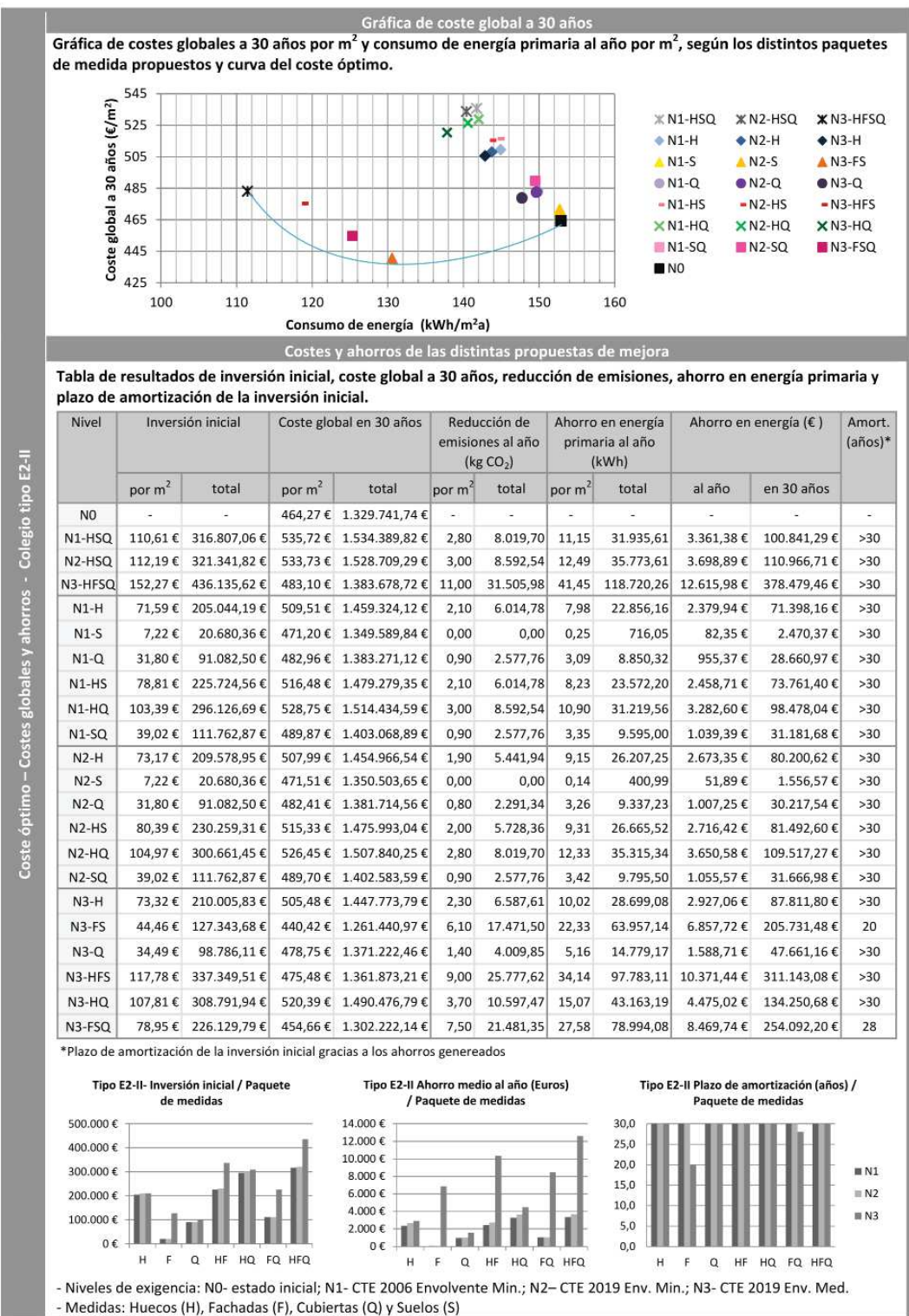


Figura 7.41.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo E2-II. Fuente: elaboración propia.


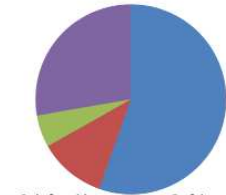

Caracterización energética del tipo: Colegio E2-III Período 1980-2006 Clima mediterráneo			E2-III		
Características: elementos constructivos e instalaciones			Otros datos		
Elemento	Descripción	U (W/m ² K)	Datos generales		
Cubierta plana (Q6)	Baldosa cerámica de 20mm (BCE20)	0.58			
	Mortero de agarre (MOA)				
	Capa de Impermeabilización (I)				
	Aislante térmico λ=0,037 e=40mm (AT)				
	Hormigón áridos ligeros (HL)				
F.U. c/ bovedillas cerámicas 250mm (FUC25)					
Enlucido de yeso (ENL)					
Fachada (F7)	Ladrillo macizo visto 110 mm (LP11)	0.54	Normativa: NBE-CT-79 Tipo de edificio: edif. completo Perfil de uso: Intensidad media-8h Zona climática: B3 / IV Sup. construida: 3713,93 m ² Sup. útil: 3330.30 m ² Sup. habitable: 3074.39 m ² Volumen habitable: 9223.17 m ³ Altura libre: 3 m Nº de plantas hab.: 3		
	Cámara de aire 50mm (CV-A/5)				
	Aislamiento térmico λ=0,037 e=40mm (AT)				
	Ladrillo cerámico hueco 70 mm (LH7)				
Enlucido de yeso (ENL)					
Suelo en contacto con aire ext. (S1)	Baldosa de terrazo 40mm (BTE)	0.62	Superficies de la envolvente Sup. Q6: 1336.05 m ² Sup. F7: 1189.18 m ² Sup. S1: 44.92 m ² Sup. HV (NO, NE): 165.08 m ² Sup. HV (SO, SE): 169.06 m ² Sup. HP (NO, NE): 20.16 m ² Sup. HP (SO, SE): 23.05 m ²		
	Mortero de agarre 25mm (MOA)				
	F.U.c/ bovedillas cerámicas 250mm (FUC25)				
	Aislamiento λ=0,037 e=40mm (AT)				
Capa de protección (CP)					
Ventanas y puertas exteriores	Metálica, c. persiana	5.7			
	Vidrio simple	5.7			
Sistema	Descripción				
Calefacción	Caldera de gas-natural				
A.C.S.	Termo-acumulador eléctrico en cocina				
Resultados de la evaluación energética: estado inicial					
Gráficos de resultados de emisiones (kgCO₂/m²) y demandas (kWh/m²)			Emisiones (kg CO₂/m²)		
			Calefacción	13,2	F
			Refrigeración	2,7	C
			ACS	1,3	G
			Iluminación	6,6	B
			Globales	23,9	C
			Demandas (kWh/m²)		
			Calefacción	34,6	G
			Refrigeración	16,6	C
			Consumo E. primaria (kWh/m²)		
			Total	125,3	C

Figura 7.42.

Ficha del estado inicial del colegio tipo E2-III. Fuente: elaboración propia.

Características: elementos constructivos				Gráficas de resultados	
Elemento	Descripción	U (W/m ² K)		Emisiones y demanda	
Cubierta plana (MQ6E)	BCE20+ MOA + I + AT + FUH25 + ENL				
	Aislamiento térmico por el exterior - N1 y N2: XPS e= 30 mm λ=0.034 - N3: XPS e= 50 mm λ=0.034	0.39	0.31		
Fachada (MF7E)	LM11+ CV-A/5 + AT + LH7 + ENL Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE): - N3: XPS e= 40 mm λ=0.034	0.33			
Suelo en contacto con aire ext. (S1)	BTE + MOA + FUC25 Aislamiento térmico exterior: - N1 y N2: XPS e= 50 mm λ=0.034 - N3: XPS e= 60 mm λ=0.034	0.50	0.44		
Ventanas y puertas	PVC	1.3			
	Vidrio doble:				
	- N1: 4+6+4	3.3			
	- N2: 4+9+4 (BE)	2,1			
	- N3: 4+12+4 (BE)	1.8			

Resultados de la evaluación energética: propuesta de mejoras																										
Tablas de resultados: demandas (kWh/m ²) y emisiones (kg CO ₂ /m ²) por paquetes de medidas																										
Nivel N1	NO	N1-HSQ		N1-H		N1-S		N1-Q		N1-HS		N1-HQ		N1-SQ												
Dem. calefacción	34,6	G	30,7	11,3%	G	30,8	11,0%	G	34,6	0,1%	G	34,8	-0,6%	G	30,8	11,1%	G	30,7	11,2%	G	34,8	-0,5%	G			
Dem. refrigeración	16,6	C	17,9	-7,8%	C	17,6	-5,6%	C	16,6	0,0%	C	16,7	-0,7%	C	17,6	-5,7%	C	17,9	-7,8%	C	16,7	-0,7%	C	16,7	-0,7%	C
Em. calefacción	13,2	F	11,7	11,3%	F	11,8	11,0%	F	13,2	0,1%	F	13,3	-0,6%	F	11,8	11,1%	F	11,7	11,2%	F	13,3	-0,5%	F	13,3	-0,5%	F
Em. refrigeración	2,7	C	3,0	-7,8%	C	2,9	-5,6%	C	2,8	0,0%	C	2,8	-0,7%	C	2,9	-5,7%	C	3,0	-7,8%	C	2,8	-0,7%	C	2,8	-0,7%	C
Em. globales	23,9	C	22,6	5,4%	C	22,6	5,4%	C	23,9	0,0%	C	24,0	-0,4%	C	22,6	5,5%	C	22,6	5,3%	C	24,0	-0,4%	C	24,0	-0,4%	C

Nivel N2	NO	N2-HFQ		N2-H		N2-S		N2-Q		N2-HS		N2-HQ		N2-SQ												
Dem. calefacción	34,6	G	29,9	13,6%	G	30,2	12,8%	G	34,6	0,0%	G	34,8	-0,6%	G	30,2	12,9%	G	29,9	13,5%	G	34,8	-0,6%	G			
Dem. refrigeración	16,6	C	17,0	-2,5%	C	16,6	-0,1%	C	16,6	0,0%	C	16,7	-0,7%	C	16,6	-0,1%	C	17,0	-2,4%	C	16,7	-0,7%	C	16,7	-0,7%	C
Em. calefacción	13,2	F	11,4	13,6%	F	11,5	12,8%	F	13,2	0,0%	F	13,3	-0,6%	F	11,5	12,9%	F	11,4	13,5%	F	13,3	-0,6%	F	13,3	-0,6%	F
Em. refrigeración	2,7	C	2,8	-2,5%	C	2,8	-0,1%	C	2,8	0,0%	C	2,8	-0,7%	C	2,8	-0,1%	C	2,8	-2,4%	C	2,8	-0,7%	C	2,8	-0,7%	C
Em. globales	23,9	C	22,1	7,2%	C	22,2	7,1%	C	23,9	0,0%	C	24,0	-0,4%	C	22,2	7,1%	C	22,1	7,2%	C	24,0	-0,4%	C	24,0	-0,4%	C

Nivel N3	NO	N3-HFQ		N3-H		N3-FS		N3-Q		N3-HFS		N3-HQ		N3-FSQ									
Dem. calefacción	34,6	F	9,3	73,3%	B	29,5	14,7%	G	17,9	48,4%	D	35,0	-1,1%	G	10,4	69,9%	C	29,1	16,0%	G	17,3	49,9%	D
Dem. refrigeración	16,6	C	24,7	-48,9%	D	16,6	0,3%	C	21,8	-31,3%	D	16,8	-1,2%	C	23,3	-40,3%	D	17,2	-3,5%	C	22,6	-35,8%	D
Em. calefacción	13,2	G	3,5	73,3%	B	11,3	14,7%	F	6,8	48,4%	C	13,4	-1,1%	F	4,0	69,9%	C	11,1	16,0%	F	6,6	49,9%	C
Em. refrigeración	2,7	C	4,1	-48,9%	C	2,7	0,3%	C	3,6	-31,3%	C	2,8	-1,1%	C	3,9	-40,3%	C	2,8	-3,5%	C	3,7	-35,8%	C
Em. globales	23,9	D	15,5	35,0%	B	21,9	8,2%	C	18,3	23,2%	C	24,0	-0,8%	C	15,7	34,1%	B	21,9	8,4%	C	18,3	23,5%	C

Tablas de resultados: consumo de energía final y primaria (kWh/m ²)																	
Nivel N1	NO	N1-HSQ		N1-H		N1-S		N1-Q		N1-HS		N1-HQ		N1-SQ			
C. Energ. final- calef.	52,45	46,52	11,3%	46,71	11,0%	52,43	0,1%	52,77	-0,6%	46,67	11,1%	46,57	11,2%	52,73	-0,5%		
C. Energ. final- refrig.	8,31	8,96	-7,8%	8,78	-5,6%	8,31	0,0%	8,36	-0,7%	8,78	-5,7%	8,95	-7,8%	8,36	-0,7%		
C. Energ. final total	84,66	79,33	6,3%	79,34	6,3%	84,59	0,0%	84,99	-0,4%	79,30	6,3%	79,38	6,2%	84,95	-0,4%		
C. En. primaria total	125,30	119,48	4,6%	119,34	4,7%	125,24	0,0%	125,75	-0,4%	119,30	4,8%	119,53	4,6%	125,71	-0,3%		
Calificación C. E.primaria	C	C		C		C		C		C		C		C			

Nivel N2	NO	N2-HSQ		N2-H		N2-S		N2-Q		N2-HS		N2-HQ		N2-SQ	
C. Energ. final- calef.	52,45	45,34	13,6%	45,74	12,8%	52,44	0,0%	52,79	-0,6%	45,71	12,9%	45,38	13,5%	52,77	-0,6%
C. Energ. final- refrig.	8,31	8,51	-2,5%	8,31	-0,1%	8,31	0,0%	8,37	-0,7%	8,32	-0,1%	8,51	-2,4%	8,37	-0,7%
C. Energ. final total	84,66	77,71	8,2%	77,91	7,9%	84,61	0,0%	85,02	-0,5%	77,89	8,0%	77,74	8,1%	85,00	-0,4%
C. En. primaria total	125,30	117,20	6,4%	117,30	6,4%	125,26	0,0%	125,79	-0,4%	117,26	6,4%	117,24	6,4%	125,76	-0,4%
Calificación C. E.primaria	C	C		C		C		C		C		C		C	

Nivel N3	NO	N3-HFSQ		N3-H		N3-FS		N3-Q		N3-HFS		N3-HQ		N3-FSQ	
C. Energ. final- calef.	52,45	14,02	73,3%	44,76	14,7%	27,06	48,4%	53,04	-1,1%	15,81	69,9%	44,10	16,0%	26,29	49,9%
C. Energ. final- refrig.	8,31	12,37	-48,9%	8,28	0,3%	10,91	-31,3%	8,41	-1,2%	11,66	-40,3%	8,60	-3,5%	11,28	-35,8%
C. Energ. final total	84,66	50,24	40,6%	76,90	9,1%	61,82	26,9%	85,31	-0,8%	51,32	39,4%	76,55	9,5%	61,42	27,4%
C. En. primaria total	125,30	87,46	30,2%	116,06	7,4%	100,13	20,1%	126,17	-0,7%	88,21	29,6%	115,89	7,5%	99,94	20,2%
Calificación C. E.primaria	C	B		C		C		C		B		C		C	

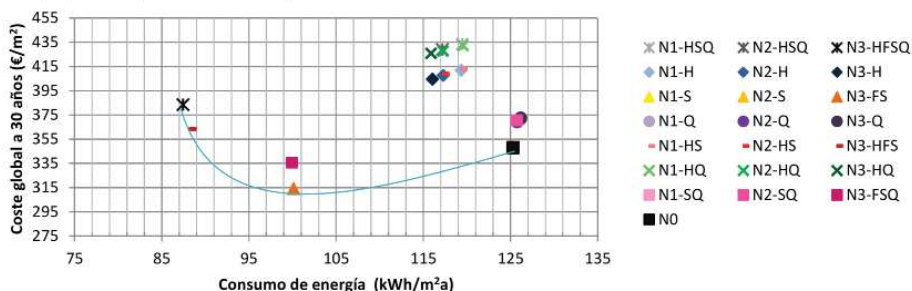
- Niveles de exigencia: NO- estado inicial; N1- CTE 2006 Envoltante Min.; N2- CTE 2019 Env. Min.; N3- CTE 2019 Env. Med.
 - Medidas: Huecos (H), Fachadas (F), Cubiertas (Q) y Suelos (S)

Imagen 7.43.

Ficha de propuestas de mejora del colegio tipo E2-III. Fuente: elaboración propia.

Gráfica de coste global a 30 años

Gráfica de costes globales a 30 años por m² y consumo de energía primaria al año por m², según los distintos paquetes de medida propuestos y curva del coste óptimo.

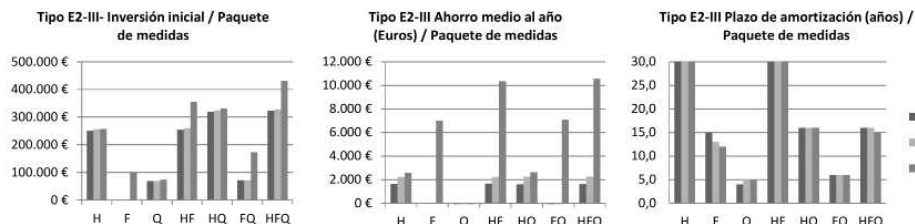


Costes y ahorros de las distintas propuestas de mejora

Tabla de resultados de inversión inicial, coste global a 30 años, reducción de emisiones, ahorro en energía primaria y plazo de amortización de la inversión inicial.

Nivel	Inversión inicial		Coste global en 30 años		Reducción de emisiones al año (kg CO ₂)		Ahorro en energía primaria al año (kWh)		Ahorro en energía (€)		Amort. (años)*
	por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total	al año	en 30 años	
N0	-	-	347,83	1.069.355,94	-	-	-	-	-	-	-
N1-HSQ	105,11	323.160,66	433,48	1.332.686,26	1,30	3.996,71	5,82	17.892,95	1.615,31	48.459,17	>30
N2-HSQ	106,86	328.533,31	428,87	1.318.517,57	1,80	5.533,90	8,10	24.902,56	2.263,13	67.894,03	>30
N3-HFSQ	139,95	430.257,69	383,27	1.178.328,52	8,40	25.824,88	37,84	116.334,92	10.559,66	316.789,65	>30
N1-H	81,64	251.000,36	411,72	1.265.784,99	1,70	5.226,46	5,96	18.323,36	1.653,23	49.596,87	>30
N1-S	1,19	3.664,83	349,05	1.073.110,57	0,00	0,00	0,06	184,46	6,68	200,49	>30
N1-Q	22,28	68.495,47	369,25	1.135.217,32	-0,10	-307,44	-0,45	-1.383,48	-135,10	-4.052,95	>30
N1-HS	82,83	254.665,20	412,88	1.269.339,14	1,70	5.226,46	6,00	18.446,34	1.666,60	49.997,86	>30
N1-HQ	103,92	319.495,83	432,30	1.329.063,34	1,80	5.533,90	5,77	17.739,23	1.604,23	48.126,97	>30
N1-SQ	23,47	72.160,30	370,41	1.138.771,47	-0,10	-307,44	-0,41	-1.260,50	-121,73	-3.651,97	>30
N2-H	83,39	256.373,02	407,69	1.253.383,42	1,30	3.996,71	8,00	24.595,12	2.242,15	67.264,62	>30
N2-S	1,19	3.664,83	349,08	1.073.210,82	0,00	0,00	0,04	122,98	3,34	100,25	>30
N2-Q	22,28	68.495,47	369,37	1.135.586,84	-0,10	-307,44	-0,49	-1.506,45	-147,42	-4.422,46	>30
N2-HS	84,58	260.037,85	408,93	1.257.206,83	1,30	3.996,71	8,04	24.718,10	2.246,54	67.396,34	>30
N2-HQ	105,67	324.868,48	427,72	1.314.963,42	1,30	3.996,71	8,06	24.779,58	2.249,77	67.493,05	>30
N2-SQ	23,47	72.160,30	370,59	1.139.341,47	-0,10	-307,44	-0,46	-1.414,22	-140,73	-4.221,97	>30
N3-H	83,55	256.878,77	404,49	1.243.548,05	2,00	6.148,78	9,24	28.407,36	2.586,52	77.595,73	>30
N3-FS	32,23	99.084,83	314,11	965.711,72	5,60	17.216,58	25,17	77.382,40	7.019,26	210.577,66	17
N3-Q	24,17	74.294,08	372,11	1.144.001,56	-0,10	-307,44	-0,87	-2.674,72	-253,49	-7.604,68	>30
N3-HFS	115,78	355.963,60	363,45	1.117.400,07	8,20	25.210,00	37,09	114.029,13	10.355,91	310.677,15	>30
N3-HQ	107,72	331.172,86	425,90	1.309.381,45	2,00	6.148,78	9,41	28.930,01	2.626,78	78.803,27	>30
N3-FSQ	56,39	173.378,91	335,44	1.031.287,53	5,60	17.216,58	25,36	77.966,53	7.068,09	212.042,80	26

*Plazo de amortización de la inversión inicial gracias a los ahorros generados



- Niveles de exigencia: N0- estado inicial; N1- CTE 2006 Envolvente Min.; N2- CTE 2019 Env. Min.; N3- CTE 2019 Env. Med.
 - Medidas: Huecos (H), Fachadas (F), Cubiertas (Q) y Suelos (S)

Imagen 7.44.

Ficha de coste óptimo y costes globales y ahorros del colegio tipo E2-III. Fuente: elaboración propia.

7.2.3. Análisis comparativo de los resultados

Resultados del estudio energético de los edificios en su estado inicial

Para facilitar el análisis de los resultados obtenidos, se han elaborado unas tablas y gráficas con los datos de todos los colegios. A excepción del edificio tipo E1-I, se observa que:

- Hay una clara reducción del consumo de energía primaria y las emisiones conforme se avanza en el tiempo. Se aprecia una diferencia entre los colegios construidos al amparo de la norma NTE-CT-79 (a partir de los colegios E1 y E2) y los colegios construidos en el periodo anterior (Salvo el colegio E1-I).
- Se aprecia una diferencia entre las emisiones totales y, en concreto, en calefacción, de los colegios con radiadores eléctricos (B, C y D), con caldera de gasóleo C (E1 y E2-II) y los colegios con caldera de gas (E2-III) (Fig.7.46 y 7.47)

Tabla 7.1. Resultados del análisis energético de los colegios representativos: Estado inicial								
Resultados estado inicial	B	C1-I	C1-II	C1-III	C2-II	C2-III	D-I	
Demandas calefacción	79,7 F	115,0 G	84,4 G	78,9 G	75,0 G	76,4 G	84,7 G	
Demandas Refrigeración	21,7 C	13,9 C	14,3 B	10,5 B	17,9 C	34,2 E	25,2 D	
Emisiones de calefacción	40,6 G	58,5 G	43,0 G	40,2 G	38,2 G	38,9 G	42,6 G	
Emisiones de refrigeración	3,6 C	2,3 B	2,4 B	1,7 B	3,0 B	5,7 D	4,2 C	
Emisiones de ACS	2,8 G	2,9 G	2,1 G	2,3 G	3,2 G	0,0 -	0,0 -	
Emisiones de iluminación	8,8 B	7,7 B	8,3 B	9,0 B	8,3 B	8,4 D	5,7 B	
Emisiones globales	55,7 D	71,5 F	55,8 F	53,2 E	52,6 D	53,0 E	52,5 F	
Consumo energía primaria	329,0 E	421,8 G	329,1 F	313,9 F	310,3 E	312,7 E	219,7 E	
Resultados estado inicial	D-II	D-III	E1-I	E1-II	E1-III	E2-II	E2-III	
Demandas calefacción	60,7 G	66,2 G	89,6 G	51,9 G	48,3 G	49,6 G	34,6 G	
Demandas Refrigeración	25,2 D	21,0 D	32,3 D	16,3 C	16,7 C	15,6 C	16,6 C	
Emisiones de calefacción	30,5 E	33,3 G	45,1 G	26,1 G	24,3 G	25,0 G	13,2 F	
Emisiones de refrigeración	4,2 C	3,5 C	5,3 D	2,7 C	2,8 B	2,6 B	2,7 C	
Emisiones de ACS	0,8 G	0,9 G	6,7 G	1,8 G	1,0 G	1,2 G	1,3 G	
Emisiones de iluminación	5,7 B	5,8 B	6,0 B	6,5 B	8,4 B	6,1 B	6,6 B	
Emisiones globales	41,2 C	43,5 E	63,2 F	37,1 E	36,5 D	34,8 E	23,9 C	
Consumo energía primaria	179,0 D	185,1 D	277,8 E	163,8 D	165,3 C	152,9 D	125,3 C	

7.45. Análisis energético del estado inicial: demandas (kWh/m²)

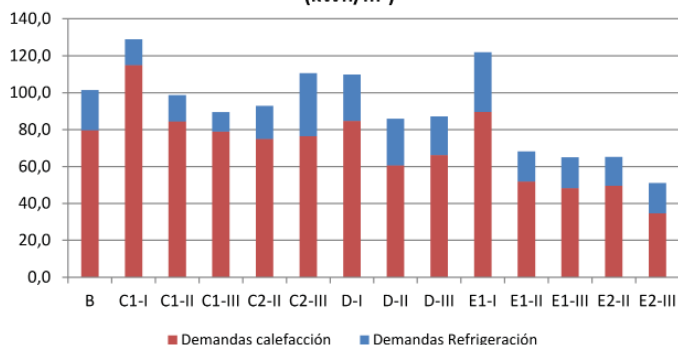
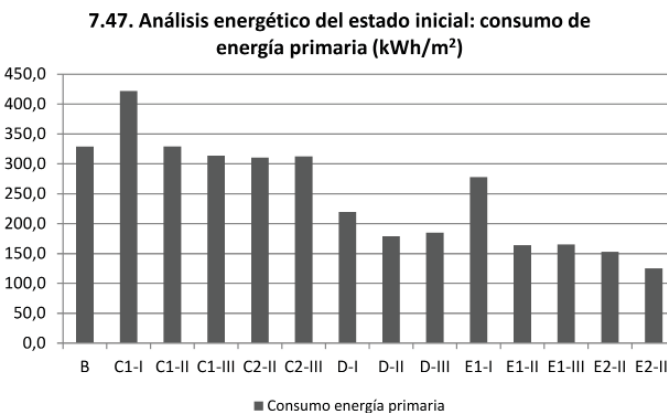
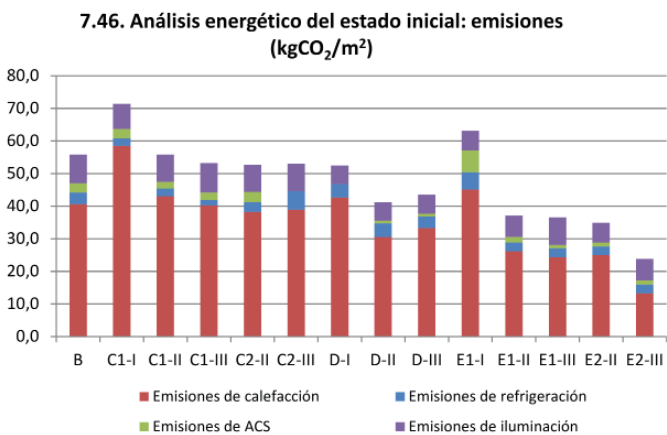


Tabla 7.1. Resultados del análisis energético de los colegios representativos en su estado inicial: demanda de energía (kWh/m²), emisiones de CO₂ (kg CO₂/m²), consumo de energía primaria (kWh/m²) y letra de calificación energética correspondiente. Fuente: elaboración propia.

Figura 7.45. Gráfico de resultados del análisis energético de los colegios representativos en su estado inicial: demanda de energía en calefacción y refrigeración (kWh/m²). Fuente: elaboración propia.



Figuras 7.46. y 7.47. Gráficos de resultados del análisis energético de los colegios representativos en su estado inicial: emisiones de CO₂ (kg CO₂/m²) y consumo de energía primaria (kWh/m²). Fuente: elaboración propia.

A la vista de los resultados energéticos del colegio E1-I, nos preguntamos la causa de esta diferencia de tendencia y si tiene relación con la compacidad del mismo.

En este punto podemos responder a una de las preguntas a la investigación que nos surgieron en el capítulo 3 ¿Cómo varía el consumo energético y la emisión de CO₂ en relación a la compacidad de los edificios? ¿Cómo varía la compacidad “geométrica” y la compacidad “térmica”?

Para analizarlo, se ha elaborado una tabla de compacidades, incluyendo la compacidad “geométrica” (área de la envolvente, A, entre volumen del edificio, V), la compacidad “térmica” (área de la envolvente térmica, AE, entre volumen habitable, VH) y la diferencia entre ambas compacidades.

Los resultados de la compacidad “geométrica” son los obtenidos, a partir de los datos del catastro, en el capítulo 3 para realizar la clasificación de colegios por tamaños. Se ha incluido la columna con la diferencia entre ambas compacidades para estudiar su variación.

Tabla 7.2. Tipos de colegios, compacidades y porcentajes de huecos, fachadas y cubiertas						
Colegio	A/V	A _E /V _H	A _E /V _H - A/V	% Huec /A _E	% Fachada/A _E	% Cubierta/A _E
B	0,63	1,05	0,42	13,49%	41,90%	13,11%
C1-I	0,85	1,02	0,17	5,59%	19,53%	27,52%
C1-II	0,59	0,64	0,05	7,53%	18,11%	23,50%
C1-III	0,45	0,60	0,15	6,40%	26,74%	15,34%
C2-II	0,55	0,70	0,15	17,80%	27,56%	13,30%
C2-III	0,41	0,64	0,23	13,84%	36,59%	13,69%
D-I	0,94	1,01	0,07	8,73%	17,32%	30,81%
D-II	0,55	0,66	0,11	12,40%	25,52%	28,19%
D-III	0,46	0,51	0,05	12,14%	38,89%	22,76%
E1-I	0,99	1,09	0,10	12,41%	26,63%	30,58%
E1-II	0,51	0,62	0,11	9,16%	18,82%	30,33%
E1-III	0,39	0,50	0,11	8,29%	27,62%	22,80%
E2-II	0,52	0,60	0,08	6,24%	25,81%	31,81%
E2-III	0,42	0,49	0,07	7,92%	26,22%	29,46%

Legenda: área de la envolvente (A), volumen del edificio (V), área de la envolvente térmica (A_E) y volumen habitable (V_H)

Tabla 7.2.

Tipos de colegios, su compacidad “geométrica”, compacidad “térmica” y la diferencia entre ambas y el % de huecos, fachada y cubierta respecto al área total de la envolvente térmica. Fuente: elaboración propia.

Comparando la tabla de compacidades y los resultados energéticos, observamos que en los colegios C1-I, D-I y E1-I, con las compacidades más altas, tienen valores de consumo de energía primaria y de emisiones de CO₂ superiores a los colegios de su mismo grupo.

Sin embargo, en el resto de colegios, no siempre se cumple que dentro de un mismo grupo, los colegios con mayor compacidad tengan mayor consumo y emisiones que los colegios con menor compacidad. Es el caso de los colegios, D-II y E1-II.

De este modo, obviando el colegio tipo B, por ser el único de su grupo, se cumple que, dentro de un mismo grupo, en 11 de 13 colegios, cuanto mayor es la compacidad mayor es el consumo de energía primaria y, en 10 de 13 colegios, cuanto mayor es la compacidad, mayores son las emisiones.

No es posible afirmar o negar que los resultados energéticos del tipo E1-I estén directamente relacionados con su compacidad.

Los porcentajes de huecos, fachada y cubierta, respecto a la superficie total de la envolvente térmica varían de diferente manera en relación a la compacidad. Mientras que en el porcentaje de huecos no se aprecia ninguna relación, en general, el porcentaje de fachada aumenta conforme aumenta la compacidad, y el porcentaje de cubierta disminuye conforme aumenta la compacidad. Las excepciones a estas reglas son, en el caso de las fachadas los tipos C1-I y E1-I, y, en el caso de las cubiertas, C2-II.

Sobre la diferencia entre la compacidad “geométrica” y la “energética”, en los colegios donde la calefacción es centralizada, y los pasillos y gran parte de las zonas comunes están calefactadas, la diferencia entre compacidades va de 0.05 a 0.11. Mientras que, en los colegios donde la calefacción es por radiadores, y por tan-

to, solo están calefactadas las aulas y despachos, la diferencia entre compacidades va de 0.15 a 0.23 (exceptuando el colegio C1-1, con una diferencia de 0.05).

Esto quiere decir que, cuanto mayor es la diferencia entre el área útil del edificio y el área habitable (calefactada), mayor es la diferencia entre las compacidades “geométrica” y “térmica”.

Resultados del estudio energético de los edificios y coste óptimo según las propuestas de mejora.

Para comparar los resultados obtenidos en la evaluación energética de los distintos colegios y paquetes de mejoras propuestos, se han agrupado en las siguientes páginas las gráficas de coste global a 30 años en relación al consumo energético de todos los colegios (Fig. 7.62. a 7.75). Son las mismas gráficas que se han incluido en las fichas de coste óptimo del apartado anterior (apartado 7.2.2.).

También se han elaborado y agrupado unas gráficas, una por cada tipo de colegio, que incluyen el porcentaje de reducción de consumo energético que se alcanza con las distintas propuestas de mejora (Fig. 7.48. a 7.61.). Este porcentaje es igual o muy similar al de reducción de emisiones (véanse los resultados en las tablas de las fichas de propuestas de mejora de cada tipo de colegio del apartado 7.2.2.). Por ello, solo se han realizado tablas de uno de los dos porcentajes de reducción.

Observamos en los resultados que los colegios se pueden dividir en dos grandes grupos, en función de si tienen aislamiento o no. Es decir, los colegios tipo B, C1, C2 y D, construidos antes de la NTE CT-1979, constituyen el primer grupo, y los colegios tipo E1 y E2, construidos a partir de la entrada en vigor de dicha normativa, conforman el segundo grupo.

Destacar que en los colegios E1 y E2, no ha sido necesario incluir aislamiento térmico en las fachadas hasta el nivel de exigencia N3. Esto se refleja en que el colegio tipo E1-I no incluye todos los paquetes de mejora (véase en sus gráficas, Fig. 7.57 y 7.71, y en sus fichas de propuestas de mejora y costes globales (Fig.7.31 y 7.32).

Como se indicó en el capítulo 5, el aislamiento de los suelos en contacto con el aire exterior se ha planteado dentro de los paquetes de mejora de las fachadas. Esta situación se da principalmente en los colegios tipo E1-II, E1-III, E2-II y E2-III.

Por ello, en los niveles N1 y N2 de estos tipos, al no precisar de aislamiento en fachadas (por cumplir los niveles de transmitancias exigidos), los paquetes de mejoras en fachadas (F) solo

incluyen la intervención en suelos (S) o la combinación de estos con el resto de elementos a intervenir. En el nivel N3 aparece indicada la intervención conjunta en fachada y suelos (FS).

Por otra parte, a nivel general, suponen mayores diferencias en costes globales y consumos las diferentes combinaciones de elementos que los niveles de exigencia dentro de las mismas combinaciones. Por ejemplo, en el tipo C1-II (Fig. 7.63), los resultados de los paquetes de mejora N1-Q, N2-Q y N3-Q son muy similares entre sí. Sin embargo hay mayor diferencia entre los paquetes N2-Q, N2-F, N2-FQ. Esto también queda claramente reflejado en la gráfica de porcentajes de reducción de consumo (Fig. 7.49). Donde se muestran valores similares de reducción de consumo en paquetes donde se intervienen en los mismos elementos.

Las gráficas de reducción del consumo de energía primaria (Fig. 7.48 a 7.61) nos permiten apreciar claramente en que elementos de la envolvente térmica es conveniente intervenir según el tipo de colegio.

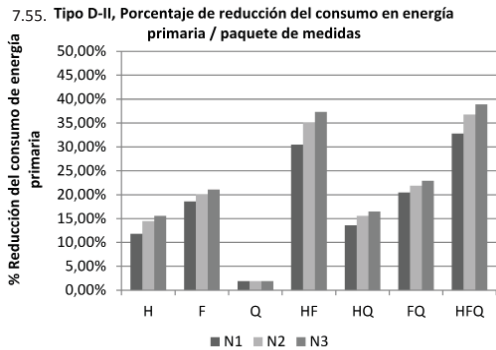
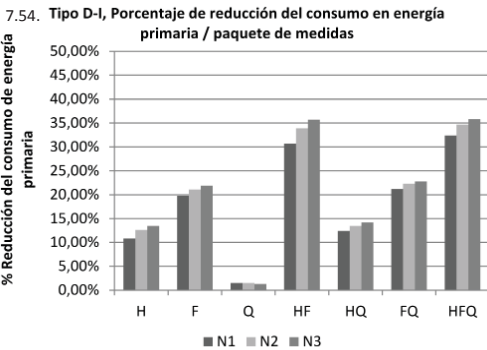
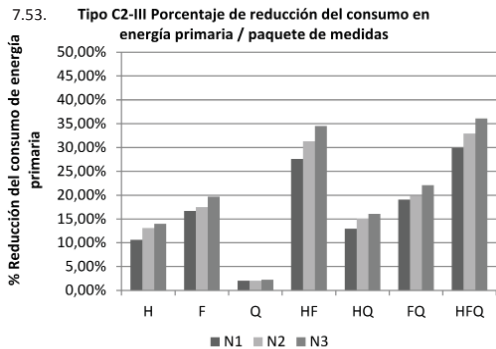
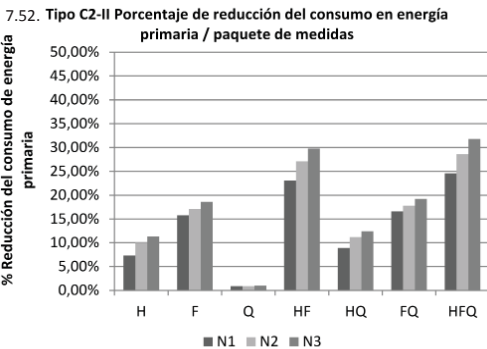
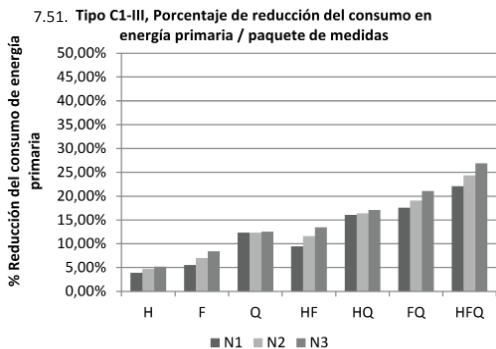
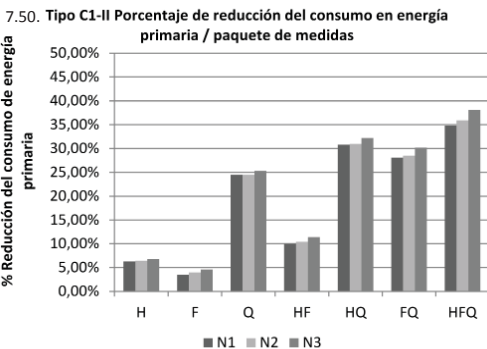
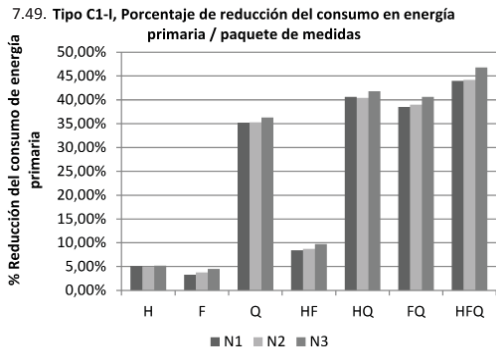
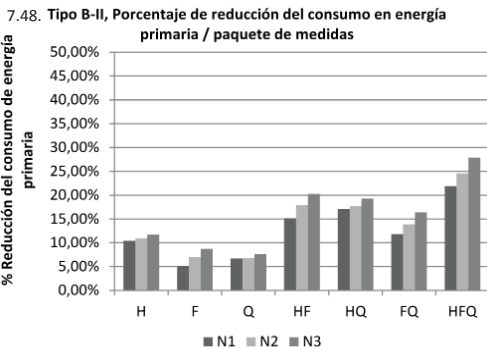
En los colegios tipo B y C1 (Fig. 7.48 a 7.51), con muros de gran inercia térmica y altas transmitancias en los elementos constructivos de cubiertas inclinadas, los mayores ahorros se alcanzan aislando la cubierta o con la combinación del aislamiento de esta con la intervención en otros elementos.

En colegios tipo C2 y D (Fig. 7.52 a 7.55), sin aislamiento térmico y cubiertas planas, los mayores ahorros se consiguen interviniendo en fachada y huecos, a excepción del colegio tipo D-III (Fig. 7.56), con cubierta inclinada, donde el mayor ahorro se consigue interviniendo en fachada. En los colegios E1 y E2 (Fig. 7.57 a 7.61) los mayores ahorros se consiguen cuando se incrementa el aislamiento térmico en fachada.

Al igual que ocurría en los resultados de la evaluación energética del estado inicial, no se aprecia una relación clara entre compacidad y/o los porcentajes de huecos, fachadas y cubierta con los resultados de la evaluación, tanto de consumo como de coste global.

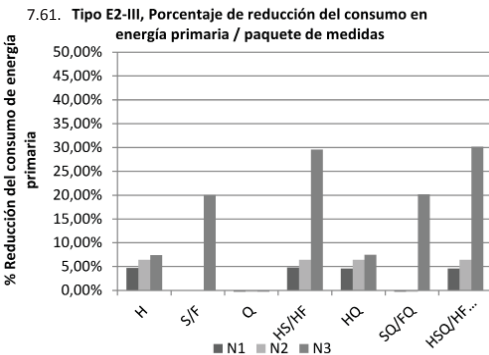
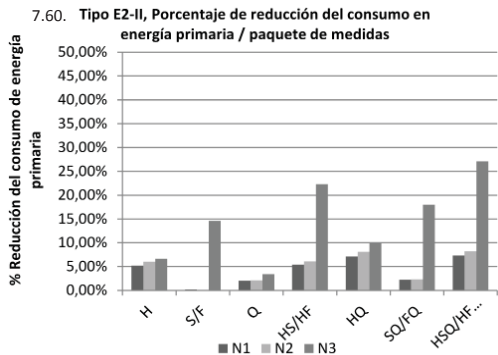
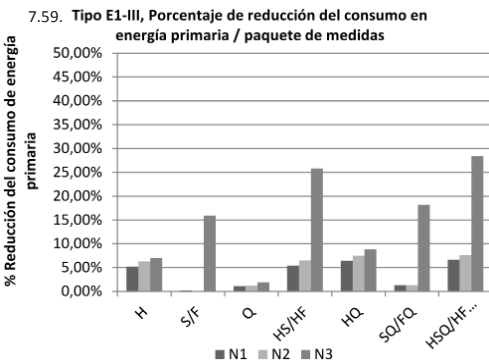
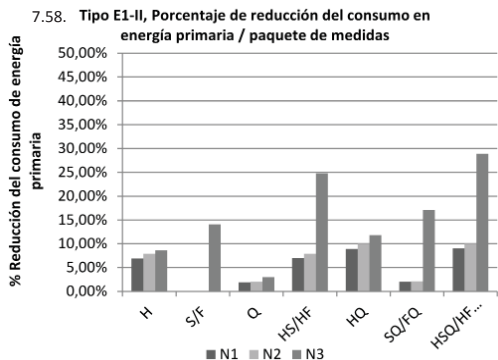
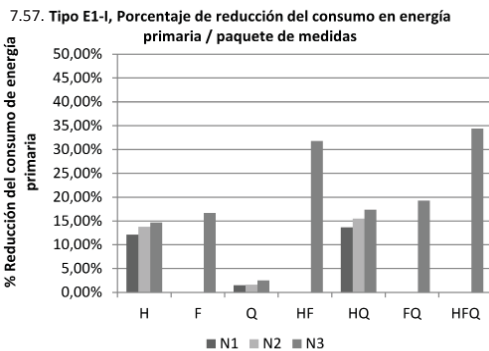
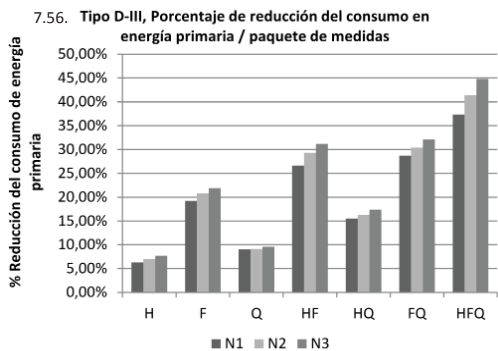
Si observamos las gráficas de coste global (Fig. 7.62 a 7.75), los paquetes con coste óptimo de intervención de los colegios coinciden en mayor o menor medida según los tipos.

Para el tipo B (Fig. 7.62), sería la intervención conjunta en fachada y cubierta (FQ). No obstante, se alcanzarían menores consumos de energía primaria con la intervención en todos los elementos (HFQ) y con la intervención en huecos y fachada (HF) y (HQ). En estos paquetes se superaría el coste global a 30 años del estado inicial.



Figuras 7.48. a 7.55.

Gráficas de porcentaje de reducción del consumo de energía primaria respecto al estado inicial (N0) para cada paquete de mejoras según el tipo de colegios. Fuente: elaboración propia.



Figuras 7.56. a 7.61.

Gráficas de porcentaje de reducción del consumo de energía primaria respecto al estado inicial (N0) para cada paquete de mejoras según el tipo de colegios. Fuente: elaboración propia.

En los colegios tipo C1, la intervención en fachada y cubierta (FQ) serían los paquetes de coste óptimo (Fig. 7.62. a 7.65). Sin embargo, en los colegios C1-I y C1-II, se puede considerar que también tienen unos niveles óptimos de intervención los paquetes de mejora de la cubierta (Q). Con la intervención conjunta en fachada, cubierta y huecos (HFQ), se alcanzarían las mayores reducciones en consumo de energía.

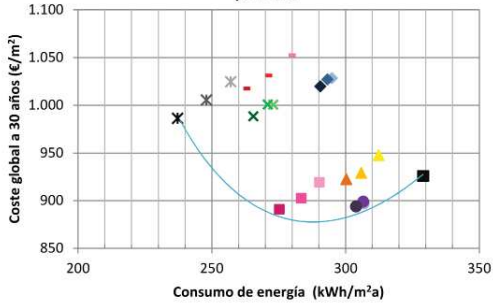
Los colegios tipo C2 y D (Fig. 7.66 a 7.69), tienen resultados bastante similares en cuanto al coste óptimo, a excepción del tipo D-III (Fig. 7.70). El coste óptimo de intervención se encontraría en la mejora de la fachada (F) y/o en la mejora de fachada y cubierta (FQ). Como en los otros colegios, con la mejora de huecos, fachada y cubierta (HFQ) se alcanzarían las mayores reducciones en consumo energético, así como con la intervención en huecos y fachada (HF), con las que se obtienen reducciones similares.

Aunque en el tipo D-III (Fig. 7.70.) también tiene el nivel de coste óptimo en fachada y cubierta (FQ) y las mayores reducciones en huecos, fachada y cubierta (HFQ), su gráfica de coste óptimo se asimila a la del tipo C1-III (Fig. 7.65). Con la salvedad de que en este tipo se consiguen grandes reducciones con la mejora de la cubierta. En ambos casos el porcentaje que supone la fachada respecto al conjunto de la envolvente térmica es alto (véase tabla 7.2.).

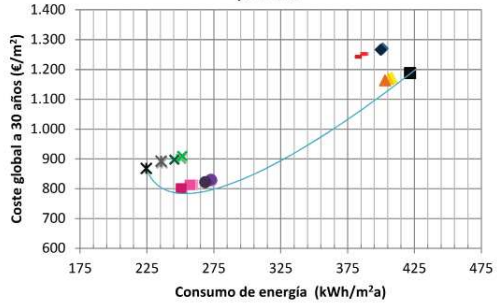
El coste óptimo en los colegios tipo E1 y E2 (Fig. 7.71 a 7.75) se encuentra en la intervención aislada en fachada (F) y/o en huecos y fachada (HF). Del mismo modo que en los colegios C2 y D, se alcanzan significativos ahorros energéticos a través de intervención en fachada y cubierta (FQ) y huecos, fachada y cubierta (HFQ).

Muchos de los paquetes de medidas en los que se consiguen mayores ahorros energéticos tienen un coste global a 30 años superior al del estado inicial (N0), eso supone que el plazo de amortización de las medidas será mayor a 30 años.

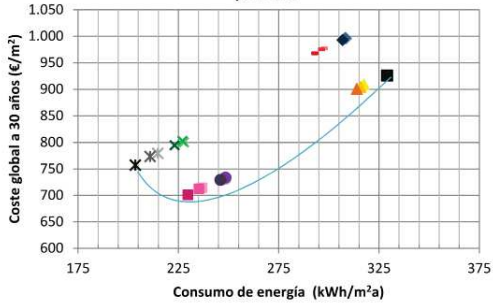
7.62. Tipo B-II, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



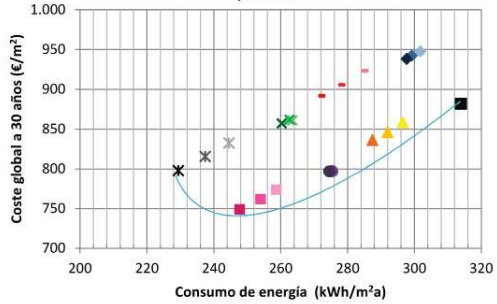
7.63. Tipo C1-I, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



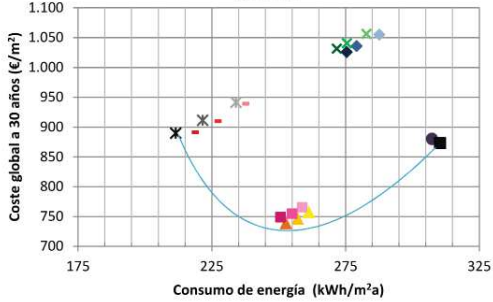
7.64. Tipo C1-II, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



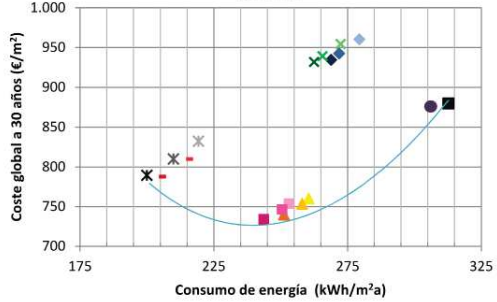
7.65. Tipo C1-III, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



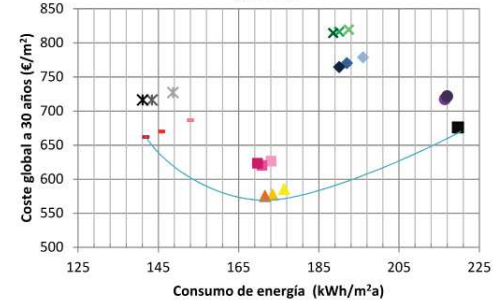
7.66. Tipo C2-II, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



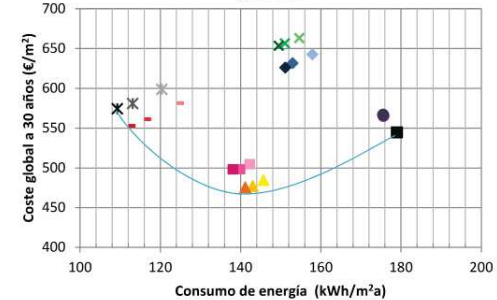
7.67. Tipo C2-III, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



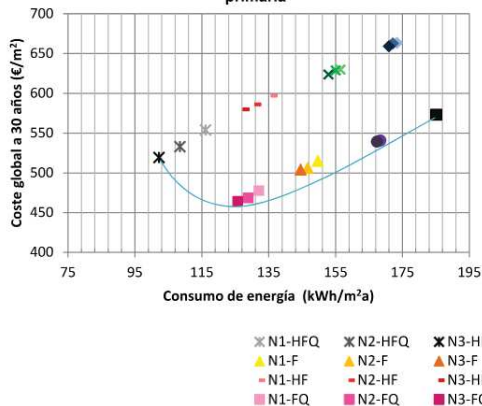
7.68. Tipo D-I, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



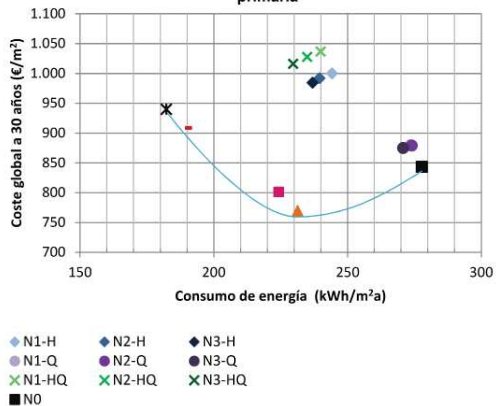
7.69. Tipo D-II, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



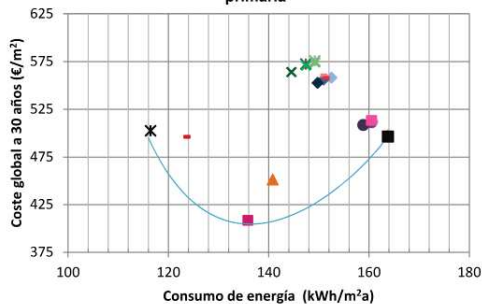
7.70. Tipo D-III, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



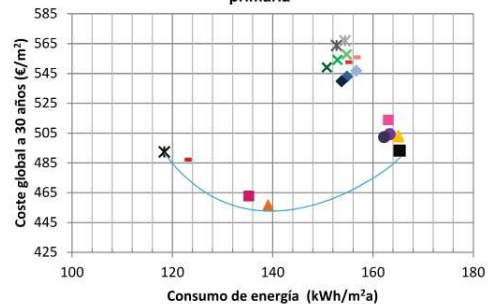
7.71. Tipo E1-I, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



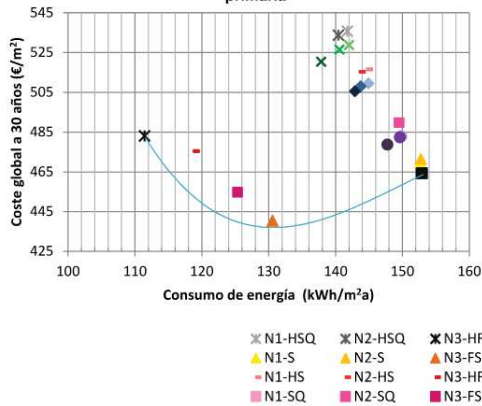
7.72. Tipo E1-II, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



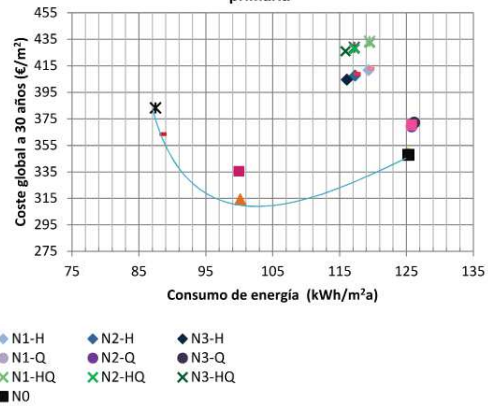
7.73. Tipo E1-III, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



7.74. Tipo E2-II, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



7.75. Tipo E2-III, Coste global a 30 años / Consumo de energía primaria



Figuras 7.62 a 7.75.

Gráficas de coste global a 30 por m² y consumo en energía primaria del estado inicial y de los distintos paquetes de mejora según el tipo de colegio. Fuente: elaboración propia.

Tabla 7.3.a. Resultados de coste global a 30 años e inversión inicial en los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención para cada tipo de colegio							
Nivel	Paquete de medidas	Coste global en 30 años_ estado inicial (NO)		Coste global en 30 años_ estado mejorado		Inversión inicial	
		por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total
B	N3-FQ	925,70 €	551.809,79 €	890,81 €	531.013,58 €	129,06 €	76.935,25 €
C1-I	N3-FQ	1.187,83 €	681.885,46 €	800,09 €	459.299,48 €	105,60 €	60.618,22 €
C1-II	N3-FQ	925,92 €	727.652,70 €	700,90 €	550.814,21 €	60,50 €	47.541,72 €
C1-III	N3-FQ	881,72 €	1.939.736,75 €	748,74 €	1.647.189,16 €	57,46 €	126.415,48 €
C2-II	N3-F	873,20 €	458.795,25 €	738,41 €	387.977,85 €	30,61 €	16.081,65 €
C2-III	N3-FQ	879,79 €	840.133,24 €	734,14 €	701.041,81 €	53,95 €	51.520,53 €
D-I	N3-F	675,99 €	136.063,22 €	575,17 €	115.770,31 €	49,01 €	9.864,88 €
D-II	N3-F	544,75 €	1.085.827,57 €	475,34 €	947.477,84 €	47,05 €	93.790,05 €
D-III	N3-FQ	573,20 €	823.073,93 €	464,20 €	666.565,07 €	80,27 €	115.265,06 €
E1-I	N3-F	843,48 €	125.679,04 €	769,29 €	114.624,67 €	69,81 €	10.401,29 €
E1-II	N3-FSQ	496,44 €	457.716,20 €	408,37 €	376.521,00 €	58,32 €	53.766,82 €
E1-III	N3-FS	493,27 €	1.077.898,54 €	456,48 €	997.514,54 €	42,64 €	93.168,76 €
E2-II	N3-FS	464,27 €	1.329.741,74 €	440,42 €	1.261.440,97 €	44,46 €	127.343,68 €
E2-III	N3-FS	347,83 €	1.069.355,94 €	314,11 €	965.711,72 €	32,23 €	99.084,83 €

Tabla 7.3.b. Resultados de coste global a 30 años e inversión inicial en los paquetes de medidas donde se consiguen mayores reducciones de consumo energético para cada tipo de colegio							
Nivel	Paquete de medidas	Coste global en 30 años_ estado inicial (NO)		Coste global en 30 años_ estado mejorado		Inversión inicial	
		por m ²	total	por m ²	total	por m ²	total
B	N3 HFQ	925,70 €	551.809,79 €	986,20 €	587.874,11 €	335,58 €	200.042,05 €
C1-I	N3 HFQ	1.187,83 €	681.885,46 €	868,32 €	498.469,56 €	249,58 €	143.274,99 €
C1-II	N3 HFQ	925,92 €	727.652,70 €	757,11 €	594.989,04 €	192,89 €	151.586,38 €
C1-III	N3 HFQ	881,72 €	1.939.736,75 €	797,81 €	1.755.136,59 €	160,08 €	352.163,57 €
C2-II	N3 HFQ	873,20 €	458.795,25 €	889,92 €	467.579,62 €	304,61 €	160.046,90 €
C2-III	N3 HFQ	879,79 €	840.133,24 €	789,19 €	753.610,38 €	235,53 €	224.912,05 €
D-I	N3 HFQ	675,99 €	136.063,22 €	716,27 €	144.169,90 €	294,16 €	59.208,56 €
D-II	N3 HFQ	544,75 €	1.085.827,57 €	574,26 €	1.144.653,05 €	254,24 €	506.770,96 €
D-III	N3 HFQ	573,20 €	823.073,93 €	519,21 €	745.542,54 €	211,34 €	303.465,38 €
E1-I	N3 HFQ	843,48 €	125.679,04 €	939,99 €	140.058,11 €	405,29 €	60.388,26 €
E1-II	N3 HFSQ	496,44 €	457.716,20 €	502,38 €	463.195,39 €	161,11 €	148.539,66 €
E1-III	N3 HFSQ	493,27 €	1.077.898,54 €	492,42 €	1.076.042,72 €	146,58 €	320.316,72 €
E2-II	N3 HFSQ	464,27 €	1.329.741,74 €	483,10 €	1.383.678,72 €	152,27 €	436.135,62 €
E2-III	N3 HFSQ	347,83 €	1.069.355,94 €	383,27 €	1.178.328,52 €	139,95 €	430.257,69 €

Tabla 7.3. Resultados de coste global a 30 años e inversión inicial para cada tipo de colegio en los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención (a) y/o donde se consiguen mayores reducciones de consumo en energía (b). Fuente: elaboración propia.

Se han elaborado dos tablas (Tablas 7.3 y 7.4) con los resultados de los paquetes de medida con coste óptimo de intervención (a) y los paquetes con los que se consigue mayor ahorro energético (b) para cada tipo de colegio representativo.

La primera tabla (Tabla 7.3 a y b) incluye el coste global a 30 años de estado inicial y del paquete de mejoras correspondiente, así como la inversión inicial para esas medidas. La segunda ta-

Tabla 7.4.a. Resultados de reducción de emisiones y ahorros en los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención para cada tipo de colegio									
Nivel	Paquete de medidas	Reducción de emisiones al año (kg CO ₂)		Ahorro en energía primaria al año (kWh)			Ahorro en energía (€)		Amort. (años)*
		por m ²	total	%	por m ²	total	al año	en 30 años	
B	N3-FQ	9,10	5.424,51	16,40%	53,78	32.058,26	3.007,35 €	90.220,47 €	25
C1-I	N3-FQ	29,10	16.705,15	40,60%	171,28	98.325,00	9.242,87 €	277.286,20 €	6
C1-II	N3-FQ	16,90	13.281,20	30,20%	99,39	78.107,62	7.324,63 €	219.738,85 €	6
C1-III	N3-FQ	11,20	24.639,44	21,10%	66,20	145.636,69	13.554,05 €	406.621,46 €	8
C2-II	N3-F	9,80	5.149,12	18,60%	53,23	27.968,11	2.625,73 €	78.771,93 €	5
C2-III	N3-FQ	11,70	11.172,56	22,10%	69,06	65.946,78	6.186,07 €	185.582,14 €	7
D-I	N3-F	13,00	2.616,64	21,90%	48,15	9.691,63	1.031,31 €	30.939,19 €	11
D-II	N3-F	10,10	20.132,03	21,10%	37,83	75.405,40	7.985,63 €	239.568,99 €	13
D-III	N3-FQ	16,60	23.836,44	32,10%	59,39	85.279,88	9.156,50 €	274.694,98 €	15
E1-I	N3-F	12,70	1.892,30	16,70%	46,47	6.924,03	742,65 €	22.279,55 €	16
E1-II	N3-FSQ	7,80	7.191,60	17,10%	27,96	25.779,12	4.471,88 €	134.156,30 €	13
E1-III	N3-FS	7,20	15.733,51	19,70%	26,24	57.339,91	6.031,09 €	180.932,76 €	17
E2-II	N3-FS	6,10	17.471,50	17,60%	22,33	63.957,14	6.857,72 €	205.731,48 €	20
E2-III	N3-FS	5,60	17.216,58	23,20%	25,17	77.382,40	7.019,26 €	210.577,66 €	17

Tabla 7.4.b. Resultados de reducción de emisiones y ahorros en los paquetes de medidas donde se consiguen mayores reducciones de consumo energético para cada tipo de colegio									
Nivel	Paquete de medidas	Reducción de emisiones al año (kg CO ₂)		Ahorro en energía primaria al año (kWh)			Ahorro en energía (€)		Amort. (años)*
		por m ²	total	%	por m ²	total	al año	en 30 años	
B	N3 HFQ	15,50	9.239,55	27,90%	91,81	54.727,94	5.134,23 €	154.026,96 €	>30
C1-I	N3 HFQ	33,50	19.231,01	46,80%	197,22	113.216,11	10.637,83 €	319.134,77 €	12
C1-II	N3 HFQ	21,30	16.739,03	38,10%	125,52	98.642,40	9.251,56 €	277.546,67 €	15
C1-III	N3 HFQ	14,30	31.459,29	26,90%	84,53	185.961,77	17.331,60 €	519.948,14 €	19
C2-II	N3 HFQ	16,80	8.827,06	31,80%	98,78	51.900,99	4.870,17 €	146.105,04 €	>30
C2-III	N3 HFQ	19,10	18.238,97	36,10%	112,77	107.686,33	10.098,96 €	302.968,75 €	21
D-I	N3 HFQ	20,50	4.126,24	35,80%	78,62	15.824,63	1.665,23 €	49.956,77 €	>30
D-II	N3 HFQ	18,50	36.875,50	38,90%	69,72	138.970,78	14.719,71 €	441.591,16 €	>30
D-III	N3 HFQ	22,50	32.308,43	44,80%	82,94	119.096,03	12.672,93 €	380.187,99 €	25
E1-I	N3 HFQ	25,00	3.725,00	34,40%	95,56	14.238,44	1.504,68 €	45.140,44 €	>30
E1-II	N3 HFSQ	13,00	11.986,00	28,90%	47,36	43.665,92	4.679,22 €	140.376,51 €	>30
E1-III	N3 HFSQ	12,60	27.533,65	28,40%	46,92	102.530,05	10.718,79 €	321.563,80 €	30
E2-II	N3 HFSQ	11,00	31.505,98	27,10%	41,45	118.720,26	12.615,98 €	378.479,46 €	>30
E2-III	N3 HFSQ	8,40	25.824,88	35,00%	37,84	116.334,92	10.559,66 €	316.789,65 €	>30

Tabla 7.4.

Resultados de reducción de emisiones y ahorro para cada tipo de colegio en los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención (a) y/o donde se consiguen mayores reducciones de consumo en energía (b). Fuente: elaboración propia.

bla, incluye los resultados de reducción de emisiones y el ahorro energético que supone cada paquete (Tabla 7.4 a y b).

Los paquetes de medidas con coste de intervención escogidos se corresponden con los que tienen menor cose global, lo que no significa que no sean los únicos posibles. Tal y como se señaló anteriormente, en muchas ocasiones hay varios paquetes con coste óptimo de intervención. Por ejemplo en el tipo C2-II, se ha

Figura 7.76.

Gráfica de porcentaje de reducción de consumo de energía primaria para cada tipo de colegio en los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención (a) y/o donde se consiguen mayores reducciones de consumo en energía (b). Fuente: elaboración propia.

7.76. Porcentaje de reducción de consumo en energía primaria

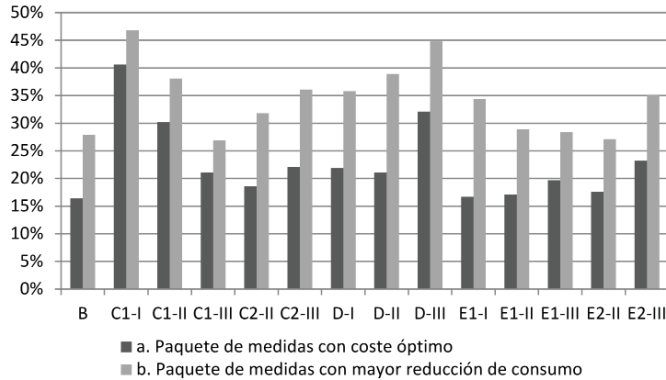
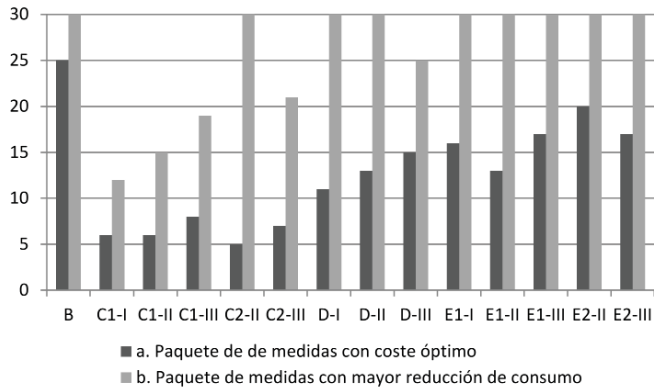


Figura 7.77.

Gráfica de años de amortización de la inversión inicial para cada tipo de colegio en los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención (a) y/o donde se consiguen mayores reducciones de consumo en energía (b). Fuente: elaboración propia.

7.77. Amortización según el paquete de medidas (Años)



escogido como paquete con coste óptimo el N3-F, sin embargo todos los paquetes F y FQ (Fig. 7.66) se pueden considerar con coste óptimo de intervención. Además, dependiendo del colegio tipo, la diferencia económica entre los costes globales de unos u otros paquetes es poco significativa.

Algo similar ocurre con los paquetes escogidos como mayor ahorro energético. En algunos casos, por ejemplo en C2-II, se alcanzan consumos muy similares en HFQ y HF. En este caso se ha escogido como nivel comparativo el de máxima reducción de consumo energético, que para todos los tipos es el paquete N3-HFQ.

Las gráficas 7.76 y 7.77 muestran, respectivamente, el porcentaje de reducción de consumo que se alcanzaría en cada uno de esos paquetes y los plazos de amortización.

Los porcentajes de reducción del consumo de energía primaria que se alcanzarían con los paquetes de medidas de coste óptimo estarían entre el 16.40% y el 40.60%. Con los paquetes de medida

N3-HFQ estos porcentajes estarían entre el 27.40% y 46.80%.

Los plazos de amortización o recuperación de la inversión inicial para estos paquetes están recogidos en la Fig. 7.77. Como se puede observar para muchos paquetes de medidas N3-HFQ, es decir, con los que se alcanza mayor reducción del consumo energético, superan los 30 años. Como se ha indicado anteriormente, esto se debe a que el coste global a 30 años de estas medidas es superior al coste global a 30 años del estado inicial (N0).

En cuanto al cumplimiento de las exigencias del CTE DB-HE, podemos decir que no es necesario reducir las exigencias en cuanto a transmitancias de los elementos de la envolvente en los que se interviene. Es decir, no hace falta contemplar un nivel de exigencia menos restrictivo (N1) que las exigencias normativas actuales, pues es factible cumplir dichas exigencias en cuanto a transmitancias.

Como se ha señalado al principio de este apartado, dentro de un mismo paquete de medidas, entre los tres niveles de exigencia (N1, N2 y N3) no hay mucha diferencia en coste global, inversión inicial y reducción de consumo energético. La diferencia viene marcada por los elementos de la envolvente en los que se interviene según cada paquete.

Respecto al cumplimiento del coeficiente global de transmisión de calor (K_{lim}), se han recogido en la tabla 7.5 los valores exigidos para cada colegio tipo y los valores que se alcanzan con los paquetes de medidas de las tablas anteriores. Solo en cuatro de los

Tabla 7.5. Valores de coeficiente global de transmisión de calor "K" (W/m ² K), alcanzados según los distintos paquetes de medidas.						
Nivel	K_{lim} (W/m ² K) *	K Inicial (W/m ² K)	Medida	K (W/m ² K)	Medida	K (W/m ² K)
B	0,86	1,72	N3-FQ	1,16	N3-HFQ	0,77
C1-I	0,9	2,3	N3-FQ	1,53	N3-HFQ	1,05
C1-II	0,9	2,82	N3-FQ	1,91	N3-HFQ	1,21
C1-III	0,92	2,76	N3-FQ	1,68	N3-HFQ	1,11
C2-II	0,85	3,21	N3-F	2,09	N3-HFQ	1,10
C2-III	0,86	4,29	N3-FQ	2,37	N3-HFQ	1,55
D-I	0,85	3,27	N3-F	2,12	N3-HFQ	0,73
D-II	0,86	3,36	N3-F	2,14	N3-HFQ	0,78
D-III	0,9	3,99	N3-FQ	1,81	N3-HFQ	0,92
E1-I	0,86	3,86	N3-F	2,31	N3-HFQ	1,09
E1-II	0,9	3,68	N3-FSQ	2,30	N3-HFSQ	1,09
E1-III	0,9	2,87	N3-FS	1,00	N3-HFSQ	0,89
E2-II	0,9	2,58	N3-FS	1,42	N3-HFSQ	0,79
E2-III	0,88	2,05	N3-FS	1,21	N3-HFSQ	0,68

*Según tabla 3.1.1.c del CTE DB-HE-1 2019

Tabla 7.5.

Valores de coeficiente global de transmisión de calor "K" (W/m²K) exigidos por la normativa para cada tipo de colegio y los valores alcanzados según los distintos paquetes de medidas. Fuente: elaboración propia.

tipos de colegios y paquetes de medidas se alcanza el Klim exigido por la normativa (señalados en la tabla mediante “negrita”).

Para alcanzar los valores normativos fijados sería necesario intervenir en los mismos elementos pero con valores de transmittancias más exigentes y/o intervenir en otros elementos de la envolvente térmica de los edificios tales como particiones interiores y suelos en contacto con espacios no calefactados. No obstante, habría que estudiar para cada caso concreto hasta que punto es viable técnica y económicamente adoptar dichas medidas y los ahorros energéticos que se alcanzarían.

Por otro lado, este valor puede servir para escoger el paquete de medidas con coste óptimo a ejecutar, es decir, cuando haya varios paquetes que tengan costes globales parecidos y se alcancen reducciones de consumos similares.

Por ejemplo, en el caso del tipo D-II (Fig. 7.69), los paquetes de medidas con coste óptimo serían F y FQ. Aunque ninguno de los dos alcanza el Klim fijado, $0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$, con el paquete N3-F el coeficiente global de transmisión de calor que se consigue es de $2,14 \text{ W/m}^2\text{K}$, y con el paquete N3-FQ, $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Además de reducir un poco más el consumo con la intervención en fachada y cubierta (FQ) se alcanzan mejores prestaciones globales en la envolvente del edificio que con la sola intervención en fachada (F).

7.3. Potencial de ahorro energético de los colegios públicos de Valencia

7.3.1. Colegios incluidos en el cómputo global

Para el cálculo del potencial de ahorro energético global de los colegios de Valencia se han multiplicado los resultados obtenidos para cada tipo de colegio representativo por el número de edificios pertenecientes a ese grupo.

Con ello conseguimos obtener un dato orientativo del potencial de ahorro global. Sin embargo, los datos reales de ahorro pueden variar significativamente, puesto que, el estudio realizado es a nivel teórico y no todos los colegios tienen la misma superficie y características constructivas.

Además, como se ha indicado en los primeros apartados de este capítulo, los tipos de la matriz representan a 117 edificios correspondientes a 78 centros educativos. El resto de edificios (no incluidos por su singular diseño o la ausencia de datos) y construcciones (aseos, vestuarios, pabellones deportivos, etc.) no están incluidos en este resultado global.

7.3.2. Resultados globales: ahorro en energía primaria y emisiones de gases de efecto invernadero, costes globales, ahorro económico en energía, etc.

La aplicación de la metodología del coste óptimo en el cálculo de los costes de las distintas intervenciones nos ha permitido conocer, para cada tipo de edificio, con qué paquete de medidas se alcanza el mayor ahorro a menor coste. Es decir, cuál es para cada tipo de edificio el nivel de coste óptimo de intervención.

Los resultados globales se han calculado a partir de los resultados de los tipos representativos, tanto de los paquetes de medidas de coste óptimo, como de los paquetes con los que se alcanzan mayores reducciones de consumo energético. Se han recogido en tres tipos de tablas (Tablas 7.6 a 7.8): una de ahorros en emisiones y energía, otra de costes globales iniciales y finales, y una última con la inversión en mejoras y el ahorro económico en energía obtenido con las mismas.

Desde el punto de vista medioambiental, intervenir energéticamente en los 117 colegios que abarca la matriz de tipos representativos de colegios, supondría un ahorro en energía primaria de 5.317.553,98 kWh al año y una reducción de emisiones de CO₂ de 1.291.937,49 kgCO₂ al año para los paquetes con coste óptimo seleccionados (Tabla 7.6.a) y de 8.882.986,75 kWh al año y 2.147.340,65 kg CO₂ al año si se ejecutan los paquetes que consiguen las mayores reducciones de consumo en energía primaria (Tabla 7.6.b).

Desde el punto de vista del coste económico para las administraciones públicas, según el estudio, estos 117 colegios suponen un gasto global en 30 años de 2.506.813.137,90 euros, es decir, una media al año de 83.560.437,93 euros.

En el caso de intervenir energéticamente aplicando los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención, estos costes globales se reducen a 2.234.355.797,50 euros en 30 años y 74.478.526,58 euros de media al año, los que se traduce en un ahorro económico de 272.457.340,40 euros en 30 años y una media de 9.081.911,35 euros al año (Fig. 7.7.a).

Para los paquetes de medidas con los que se alcanza el mayor ahorro energético, no es posible realizar los cálculos anteriores (ahorros en costes globales). El motivo es que gran parte de los tipos de colegios tienen un plazo de amortización mayor a 30 años, por lo cual no se generan beneficios dentro de este periodo de cálculo. Los costes globales a 30 años para los 117 colegios aplicando estos paquetes de medidas ascienden a 2.544.398.259,45 euros, lo que supone una media de 84.813.275,31 euros al año (Fig. 7.7.b).

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

Tabla 7.6.a. Resultados de reducción de emisiones y ahorro energía primaria según el paquete de medidas de coste óptimo de intervención de cada colegio representativo, aplicado a todos los colegios de cada tipo

Tipo de colegio	Nº de colegios por tipo	Paq. de medidas	Reducción de emisiones (kg CO ₂)			Ahorro en energía primaria (kWh)		
			por colegio - año	total al año	total en 30 años	por colegio - año	total al año	total en 30 años
B	5	N3-FQ	5.424,51	27.122,55	813.676,50	32.058,26	160.291,29	4.808.738,70
C1-I	1	N3-FQ	16.705,15	16.705,15	501.154,38	98.325,00	98.325,00	2.949.749,90
C1-II	2	N3-FQ	13.281,20	26.562,41	796.872,18	78.107,62	156.215,24	4.686.457,16
C1-III	3	N3-FQ	24.639,44	73.918,32	2.217.549,60	145.636,69	436.910,07	13.107.302,10
C2-II	8	N3-F	5.149,12	41.192,93	1.235.787,84	27.968,11	223.744,85	6.712.345,58
C2-III	3	N3-FQ	11.172,56	33.517,69	1.005.530,76	65.946,78	197.840,33	5.935.209,77
D-I	14	N3-F	2.616,64	36.632,96	1.098.988,80	9.691,63	135.682,85	4.070.485,44
D-II	11	N3-F	20.132,03	221.452,30	6.643.568,91	75.405,40	829.459,45	24.883.783,35
D-III	4	N3-FQ	23.836,44	95.345,75	2.860.372,56	85.279,88	341.119,53	10.233.585,92
E1-I	18	N3-F	1.892,30	34.061,40	1.021.842,00	6.924,03	124.632,54	3.738.976,20
E1-II	12	N3-FSQ	7.191,60	86.299,20	2.588.976,00	25.779,12	309.349,44	9.280.483,20
E1-III	16	N3-FS	15.733,51	251.736,19	7.552.085,76	57.339,91	917.438,57	27.523.156,99
E2-II	12	N3-FS	17.471,50	209.657,98	6.289.739,28	63.957,14	767.485,67	23.024.570,18
E2-III	8	N3-FS	17.216,58	137.732,67	4.131.980,16	77.382,40	619.059,17	18.571.775,11
TOTAL	117	-	-	1.291.937,49	38.758.124,73	-	5.317.553,99	159.526.619,62

Tabla 7.6.b. Resultados de reducción de emisiones y ahorro energía primaria según el paquete de medidas con el que se consiguen mayores reducciones de consumo de cada colegio representativo, aplicado a todos los colegios de cada tipo

Tipo de colegio	Nº de colegios por tipo	Paq. de medidas	Reducción de emisiones (kg CO ₂)			Ahorro en energía primaria (kWh)		
			por colegio/ año	al año	en 30 años	por colegio / año	al año	en 30 años
B	5	N3-HFQ	9.239,55	46.197,75	1.385.932,50	54.727,94	273.639,71	8.209.191,15
C1-I	1	N3-HFQ	19.231,01	19.231,01	576.930,30	113.216,11	113.216,11	3.396.483,40
C1-II	2	N3-HFQ	16.739,03	33.478,06	1.004.341,86	98.642,40	197.284,80	5.918.544,14
C1-III	3	N3-HFQ	31.459,29	94.377,86	2.831.335,65	185.961,77	557.885,32	16.736.559,62
C2-II	8	N3-HFQ	8.827,06	70.616,45	2.118.493,44	51.900,99	415.207,90	12.456.237,02
C2-III	3	N3-HFQ	18.238,97	54.716,92	1.641.507,48	107.686,33	323.058,99	9.691.769,56
D-I	14	N3-HFQ	4.126,24	57.767,36	1.733.020,80	15.824,63	221.544,87	6.646.346,11
D-II	11	N3-HFQ	36.875,50	405.630,45	12.168.913,35	138.970,78	1.528.678,63	45.860.358,85
D-III	4	N3-HFQ	32.308,43	129.233,70	3.877.011,00	119.096,03	476.384,14	14.291.524,10
E1-I	18	N3-HFQ	3.725,00	67.050,00	2.011.500,00	14.238,44	256.291,92	7.688.757,60
E1-II	12	N3-HFSQ	11.986,00	143.832,00	4.314.960,00	43.665,92	523.991,04	15.719.731,20
E1-III	16	N3-HFSQ	27.533,65	440.538,34	13.216.150,08	102.530,05	1.640.480,85	49.214.425,54
E2-II	12	N3-HFSQ	31.505,98	378.071,76	11.342.152,80	118.720,26	1.424.643,13	42.739.293,96
E2-III	8	N3-HFSQ	25.824,88	206.599,01	6.197.970,24	116.334,92	930.679,34	27.920.380,22
TOTAL	117	-	-	2.147.340,65	64.420.219,50	-	8.882.986,75	266.489.602,47

Tabla 7.6.

Potencial de reducción de emisiones y ahorros en energía primaria de los colegios estudiados aplicando las mejoras de los paquetes de medidas de cada tipo de colegio a todos los colegios del grupo al que representan, siendo (a) paquete de medidas con coste óptimo de intervención y (b) paquete de medidas con mayores reducciones de consumo energético. Fuente: elaboración propia.

Tabla 7.7.a. Resultados de costes globales a 30 años del estado inicial y de los paquetes de medidas de coste óptimo de intervención aplicado a todos los colegios de cada tipo									
Tipo de colegio	Nº de colegios por tipo	Paq. de medidas	m2/ colegio	Costes globales a 30 años - Estado inicial			Costes globales a 30 años - Estado mejorado		
				por m ²	por colegio	total tipo	por m ²	por colegio	total tipo
B	5	N3-FQ	596,10	926	551.809,79	82.771.468,45	890,81	531.013,58	79.652.037,12
C1-I	1	N3-FQ	574,06	1188	681.885,46	20.456.563,92	800,09	459.299,48	13.778.984,51
C1-II	2	N3-FQ	785,87	926	727.652,70	43.659.162,21	700,90	550.814,21	33.048.852,38
C1-III	3	N3-FQ	2199,95	882	1.939.736,75	174.576.307,33	748,74	1.647.189,16	148.247.024,80
C2-II	8	N3-F	525,42	873	458.795,25	110.110.859,26	738,41	387.977,85	93.114.684,36
C2-III	3	N3-FQ	954,92	880	840.133,24	75.611.991,71	734,14	701.041,81	63.093.763,25
D-I	14	N3-F	201,28	676	136.063,22	57.146.551,28	575,17	115.770,31	48.623.531,66
D-II	11	N3-F	1993,27	545	1.085.827,57	358.323.097,49	475,34	947.477,84	312.667.688,71
D-III	4	N3-FQ	1435,93	573	823.073,93	98.768.871,20	464,20	666.565,07	79.987.808,79
E1-I	18	N3-F	149,00	843	125.679,04	67.866.680,60	769,29	114.624,67	61.897.323,51
E1-II	12	N3-FSQ	922,00	496	457.716,20	164.777.832,96	408,37	376.521,00	135.547.559,89
E1-III	16	N3-FS	2185,21	493	1.077.898,54	517.391.300,68	456,48	997.514,54	478.806.977,50
E2-II	12	N3-FS	2864,18	464	1.329.741,74	478.707.025,97	440,42	1.261.440,97	454.118.747,71
E2-III	8	N3-FS	3074,39	348	1.069.355,94	256.645.424,84	314,11	965.711,72	231.770.813,32
TOTAL	117	-	-	-	-	2.506.813.137,90	-	-	2.234.355.797,50

Tabla 7.7.b. Resultados de costes globales a 30 años del estado inicial y de los paquetes de medidas con mayor reducción de consumo energético aplicado a todos los colegios de cada tipo									
Tipo de colegio	Nº de colegios por tipo	Paq. de medidas	m2/ colegio	Costes globales a 30 años - Estado inicial			Costes globales a 30 años - Estado mejorado		
				por m ²	por colegio	total tipo	por m ²	por colegio	total tipo
B	5	N3 HFQ	596,10	926	551.809,79	82.771.468,45	986,20	587.874,11	88.181.116,28
C1-I	1	N3 HFQ	574,06	1188	681.885,46	20.456.563,92	868,32	498.469,56	14.954.086,94
C1-II	2	N3 HFQ	785,87	926	727.652,70	43.659.162,21	757,11	594.989,04	35.699.342,28
C1-III	3	N3 HFQ	2199,95	882	1.939.736,75	174.576.307,33	797,81	1.755.136,59	157.962.293,25
C2-II	8	N3 HFQ	525,42	873	458.795,25	110.110.859,26	889,92	467.579,62	112.219.109,83
C2-III	3	N3 HFQ	954,92	880	840.133,24	75.611.991,71	789,19	753.610,38	67.824.934,42
D-I	14	N3 HFQ	201,28	676	136.063,22	57.146.551,28	716,27	144.169,90	60.551.360,08
D-II	11	N3 HFQ	1993,27	545	1.085.827,57	358.323.097,49	574,26	1.144.653,05	377.735.505,73
D-III	4	N3 HFQ	1435,93	573	823.073,93	98.768.871,20	519,21	745.542,54	89.465.104,48
E1-I	18	N3 HFQ	149,00	843	125.679,04	67.866.680,60	939,99	140.058,11	75.631.378,45
E1-II	12	N3 HFSQ	922,00	496	457.716,20	164.777.832,96	502,38	463.195,39	166.750.339,77
E1-III	16	N3 HFSQ	2185,21	493	1.077.898,54	517.391.300,68	492,42	1.076.042,72	516.500.505,39
E2-II	12	N3 HFSQ	2864,18	464	1.329.741,74	478.707.025,97	483,10	1.383.678,72	498.124.337,87
E2-III	8	N3 HFSQ	3074,39	348	1.069.355,94	256.645.424,84	383,27	1.178.328,52	282.798.844,67
TOTAL	117	-	-	-	-	2.506.813.137,90	-	-	2.544.398.259,45

Tabla 7.7.

Costes globales a 30 años de los colegios estudiados obtenidos aplicando los resultados de los paquetes de medidas de cada tipo de colegio a todos los colegios del grupo al que representan, siendo (a) paquete de medidas con coste óptimo de intervención y (b) paquete de medidas con mayores reducciones de consumo energético. Fuente: elaboración propia.

Tabla 7.8.a. Resultados de reducción de emisiones y ahorro energía primaria según el paquete de medidas de coste óptimo de intervención aplicado a todos los colegios de cada tipo

Tipo de colegio	Nº de colegios por tipo	Paq. de medidas	Inversión inicial		Ahorro económico en energía			Amortización años
			por tipo	total	por tipo / año	al año	en 30 años	
B	5	N3-FQ	76.935,25 €	384.676,25 €	3.007,35	15.036,75 €	451.102,37 €	25
C1-I	1	N3-FQ	60.618,22 €	60.618,22 €	9.242,87	9.242,87 €	277.286,20 €	6
C1-II	2	N3-FQ	47.541,72 €	95.083,44 €	7.324,63	14.649,26 €	439.477,69 €	6
C1-III	3	N3-FQ	126.415,48 €	379.246,44 €	13.554,05	40.662,15 €	1.219.864,37 €	8
C2-II	8	N3-F	16.081,65 €	128.653,24 €	2.625,73	21.005,85 €	630.175,48 €	5
C2-III	3	N3-FQ	51.520,53 €	154.561,58 €	6.186,07	18.558,21 €	556.746,42 €	7
D-I	14	N3-F	9.864,88 €	138.108,35 €	1.031,31	14.438,29 €	433.148,72 €	11
D-II	11	N3-F	93.790,05 €	1.031.690,58 €	7.985,63	87.841,96 €	2.635.258,86 €	13
D-III	4	N3-FQ	115.265,06 €	461.060,26 €	9.156,50	36.626,00 €	1.098.779,90 €	15
E1-I	18	N3-F	10.401,29 €	187.223,26 €	742,65	13.367,73 €	401.031,98 €	16
E1-II	12	N3-FSQ	53.766,82 €	645.201,81 €	4.471,88	53.662,52 €	1.609.875,60 €	13
E1-III	16	N3-FS	93.168,76 €	1.490.700,09 €	6.031,09	96.497,47 €	2.894.924,14 €	17
E2-II	12	N3-FS	127.343,68 €	1.528.124,15 €	6.857,72	82.292,59 €	2.468.777,78 €	20
E2-III	8	N3-FS	99.084,83 €	792.678,64 €	7.019,26	56.154,04 €	1.684.621,28 €	17
TOTAL	117	-	-	7.477.626,30 €	-	560.035,69 €	16.801.070,81 €	-

Tabla 7.8.b. Resultados de reducción de emisiones y ahorros de los paquetes de medidas con mayor reducción de consumo energético aplicado a todos los colegios de cada tipo

Tipo de colegio	Nº de colegios por tipo	Paq. de medidas	Inversión inicial		Ahorro económico en energía			Amortización años
			por tipo	total	por tipo / año	al año	en 30 años	
B	5	N3 HFQ	200.042,05 €	1.000.210,25 €	5.134,23	25.671,16 €	770.134,82 €	>30
C1-I	1	N3 HFQ	143.274,99 €	143.274,99 €	10.637,83	10.637,83 €	319.134,77 €	12
C1-II	2	N3 HFQ	151.586,38 €	303.172,75 €	9.251,56	18.503,11 €	555.093,33 €	15
C1-III	3	N3 HFQ	352.163,57 €	1.056.490,70 €	17.331,60	51.994,81 €	1.559.844,42 €	19
C2-II	8	N3 HFQ	160.046,90 €	1.280.375,17 €	4.870,17	38.961,34 €	1.168.840,32 €	>30
C2-III	3	N3 HFQ	224.912,05 €	674.736,16 €	10.098,96	30.296,88 €	908.906,26 €	21
D-I	14	N3 HFQ	59.208,56 €	828.919,85 €	1.665,23	23.313,16 €	699.394,72 €	>30
D-II	11	N3 HFQ	947.477,84 €	10.422.256,29 €	14.719,71	161.916,76 €	4.857.502,73 €	>30
D-III	4	N3 HFQ	303.465,38 €	1.213.861,50 €	12.672,93	50.691,73 €	1.520.751,94 €	25
E1-I	18	N3 HFQ	60.388,26 €	1.086.988,64 €	1.504,68	27.084,26 €	812.527,88 €	>30
E1-II	12	N3 HFSQ	148.539,66 €	1.782.475,93 €	4.679,22	56.150,60 €	1.684.518,07 €	>30
E1-III	16	N3 HFSQ	320.316,72 €	5.125.067,48 €	10.718,79	171.500,69 €	5.145.020,78 €	30
E2-II	12	N3 HFSQ	436.135,62 €	5.233.627,48 €	12.615,98	151.391,79 €	4.541.753,55 €	>30
E2-III	8	N3 HFSQ	430.257,69 €	3.442.061,50 €	10.559,66	84.477,24 €	2.534.317,21 €	>30
TOTAL	117	-	-	33.593.518,71 €	-	902.591,36 €	27.077.740,80 €	-

Tabla 7.8.

Inversión inicial, ahorro en energía (euros) y plazo de amortización de dicha inversión para el conjunto de colegios estudiados, obtenidos aplicando los resultados de los paquetes de medidas de cada tipo de colegio a todos los colegios del grupo al que representan, siendo (a) paquete de medidas con coste óptimo de intervención y (b) paquete de medidas con mayores reducciones de consumo energético. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, los ahorros económicos generados con la rehabilitación energética equivalen a una media de 560.035,69 euros al año y un total de 16.801.070,81 euros a los 30 años, en los paquetes con coste óptimo. Siendo la inversión inicial en estos paquetes de medidas de 7.477.626,30 euros. El plazo de amortización de estas medidas para los 117 colegios estaría en torno a los 14 años (obtenido mediante la media ponderada de los plazos de amortización) (Fig. 7.8.a).

En los paquetes de medidas que alcanzan mayores reducciones de consumo energético Los ahorros económicos generados con la rehabilitación energética equivalen a 902.591,36 euros de media al año y 27.077.740,80 euros a 30 años. La inversión inicial es de 33.593.518,71 euros (Fig. 7.8.b), por lo que el plazo de amortización del conjunto supera los 30 años.

7.3.3. Consecución de los objetivos de la UE y financiación de las intervenciones

A la hora de establecer un plan de renovación energética de los colegios de Valencia se ha de tener en cuenta las exigencias normativas recogidas en la Directiva 2012/27/UE, que resalta la función ejemplarizante de la Administración pública en cuanto a la renovación de edificios y, como ya se vio en el capítulo 2, fija en su artículo 5.1. que cada uno de los Estados miembros llevará a cabo una renovación anual del “3% de la superficie total de los edificios con calefacción y/o sistema de refrigeración que tenga en propiedad y ocupe su Administración central”.

Aplicando esta tasa de renovación a los edificios del estudio, se han propuesto dos escenarios de intervención.

En el primer escenario, el orden de intervención en los colegios sería el de su época de construcción, por lo que se seguiría el orden de clasificación por tipos de la matriz (Tabla. 7.9). En el segundo escenario, el orden de intervención vendría definido por el comportamiento energético de los colegios, es decir, se renovarían en primer lugar los colegios con mayor consumo energético en su estado inicial (Tabla 7.10). En ambos casos la superficie considerada en el cálculo del 3% es la superficie habitable (o calefactada) de los colegios tipo.

En los capítulos 3 y 4, se ha hecho hincapié en que la mayoría de los centros educativos cuentan con varios edificios, uno principal y otros de ampliaciones u otros usos, y muchos de ellos no pertenecen a la misma época o tipología constructiva. Por ello, aunque en las propuestas que se hacen a continuación sobre el orden de renovación no se ha tenido esto en cuenta, hay que ser conscientes de que en la realidad, una parte de los edificios (fundamentalmente los tipos D-I y E1-I) se renovarían con los

Tipo de colegio	Nº de colegios por tipo	Superficie colegio (m ²)	Superficie por tipo (m ²)	Años								
				5	10	15	20	25	30	33		
B	5	657,80	3.289,00									
C1-I	1	574,06	574,06									
C1-II	2	785,87	1.571,74									
C1-III	3	2.199,95	6.599,85									
C2-II	8	525,42	4.203,36									
C2-III	3	954,92	2.864,76									
D-I	14	201,28	2.817,92									
D-II	11	1.993,27	21.925,97									
D-III	4	1.435,93	5.743,72									
E1-I	18	149,00	2.682,00									
E1-II	12	922,00	11.064,00									
E1-III	16	2.185,21	34.963,36									
E2-II	12	2.864,18	34.370,16									
E2-III	8	3.074,39	24.595,12									
TOTAL	117											
a.				Inversión	1.434.738 €	1.283.696 €	1.320.365 €	931.688 €	1.077.743 €	933.973 €	495.424 €	
				Ahorro	314.215 €	915.521 €	1.465.196 €	1.866.702 €	2.156.281 €	2.457.931 €	1.606.405 €	
b.				Inversión	6.234.658 €	10.385.175 €	4.454.197 €	3.203.167 €	3.693.583 €	3.471.451 €	2.151.288 €	
				Ahorro	446.640 €	1.453.202 €	2.298.860 €	2.904.860 €	3.425.279 €	3.973.942 €	2.596.898 €	

a. Inversiones y ahorros aproximados con los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención

b. Inversiones y ahorros aproximados con los paquetes de medidas que consiguen mayores reducciones de consumo energético

Tabla 7.9.

Propuesta de programación de renovación de los centros educativos de Valencia siguiendo el criterio de mejorar primero los edificios más antiguos y renovando cada año el 3% de la superficie habitable total del conjunto. Inversión y ahorros orientativos por periodos de 5 años, siendo (a) paquete de medidas con coste óptimo de intervención y (b) paquete de medidas con mayores reducciones de consumo energético. Fuente: elaboración propia.

Tipo de colegio	Nº de colegios por tipo	kWh m ² /año	Superficie por tipo (m ²)	Años								
				5	10	15	20	25	30	33		
C1-I	1	422	574,06									
B	5	329	2.980,50									
C1-II	2	329	1.571,74									
C1-III	3	314	6.599,85									
C2-III	3	313	2.864,76									
C2-II	8	310	4.203,36									
E1-I	18	278	2.682,00									
D-I	14	220	2.817,92									
D-III	4	185	5.743,72									
D-II	11	179	21.925,97									
E1-III	16	165	34.963,36									
E1-II	12	164	11.064,00									
E2-II	12	153	34.370,16									
E2-III	8	125	24.595,12									
TOTAL	117											
a.				Inversión	1.488.711 €	1.344.630 €	932.930 €	1.121.718 €	1.160.240 €	933.973 €	495.424 €	
				Ahorro	322.270 €	938.728 €	1.413.547 €	1.727.955 €	2.192.324 €	2.457.931 €	1.606.405 €	
b.				Inversión	6.137.334 €	9.977.996 €	4.457.489 €	3.602.311 €	3.795.648 €	3.471.451 €	2.151.288 €	
				Ahorro	457.456 €	1.450.270 €	2.294.541 €	2.847.841 €	3.481.746 €	3.973.942 €	2.596.898 €	

a. Inversiones y ahorros aproximados con los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención

b. Inversiones y ahorros aproximados con los paquetes de medidas que consiguen mayores reducciones de consumo energético

Tabla 7.10.

Propuesta de programación de renovación de los centros educativos de Valencia siguiendo el criterio de mejorar primero los edificios con mayor consumo de energía y renovando cada año el 3% de la superficie habitable total del conjunto. Inversión y ahorros orientativos por periodos de 5 años, siendo (a) paquete de medidas con coste óptimo de intervención y (b) paquete de medidas con mayores reducciones de consumo energético. Fuente: elaboración propia.

edificios principales a los que acompañan, ya sea antes o después del momento indicado en el plan de renovación.

Como se aprecia en las tablas, a un ritmo del 3% se conseguiría renovar el parque de colegios estudiado en 33 años. Cada año se renovarían unos 4.700 m².

Las tablas se han dividido en periodos de cinco años. A modo orientativo se han incluido para cada periodo la inversión a realizar para renovar los colegios correspondientes a dichos años y los ahorros medios que se generarían una vez se hubieran renovado. Los datos considerados sobre los ahorros medios y la inversión por colegio son los recogidos en las tablas 7.8.a y 7.8.b., calculados para un periodo global de 30 años.

Al realizar las intervenciones de forma escalonada en el tiempo, los ahorros generados en las intervenciones ejecutadas sirven de fuente de financiación total o parcial de las intervenciones a ejecutar.

Partiendo de que son datos orientativos, observamos que en ambas tablas, cuando se ejecutan los paquetes de medidas con coste óptimo (a), en el tercer periodo (11-15 años) los ahorros generados a partir de las intervenciones realizadas son mayores a la inversión necesaria. Esto supone que en los siguientes periodos las medidas se pueden financiar gracias a los ahorros generados y, al ser cada vez mayores, permiten recuperar la inversión de los primeros periodos y finalmente obtener beneficios.

En los paquetes de medidas en los que se alcanzan mayores reducciones de energía (b), al ser la inversión necesaria para la renovación mucho mayor que en los otros paquetes, no es hasta el periodo sexto (25-30 años) cuando los ahorros generados en dicho periodo son mayores a la inversión necesaria. Esto no quita que los ahorros generados en los periodos anteriores sirvan para financiar parcialmente las intervenciones a realizar.

Volver a señalar que estos cálculos de inversión y ahorros son orientativos, pues se han tomado los valores medios resultantes del cálculo del coste global para un periodo de 30 años.

La ejecución escalonada de las medidas facilita su financiación, pues la propia renovación se autofinancia a través de los ahorros generados, haciendo que la inversión inicial necesaria se reduzca.

Por otro lado, como ejemplos de mecanismos de financiación encontramos las Empresas de Servicios Energéticos (ESE) o Proveedores de Servicios Energéticos (PSE). Estas empresas actúan en ocasiones financiando o ejecutando la intervención y recuperan la inversión realizada a partir de los ahorros en energía

que se generan. Es decir, el usuario (en nuestro caso los colegios) sigue pagando durante el periodo de amortización la factura en electricidad y/o combustibles como si no se hubiera llevado a cabo la intervención. Pero con la diferencia económica entre el consumo real y el consumo ficticio (como si no se hubiera renovado el edificio) la empresa recupera su inversión y saca los beneficios que le correspondan.

Este tipo de contratos o mecanismos requieren la realización de una auditoría energética y un estudio profundo de cada caso, tanto de los consumos reales como de la estimación de los ahorros que se generarían con la rehabilitación del edificio.

También se pueden considerar como fuente de financiación inicial, las diversas ayudas a la rehabilitación energética que a nivel Europeo y Nacional van concediéndose. Por ejemplo, el actual Programa de Ayudas para Actuaciones de Rehabilitación Energética en Edificios Existentes (PREE), que, además de viviendas, incluyen entre los usos a los que van destinadas, las ayudas edificios administrativos, sanitarios, docentes, culturales, etc. (RD737/2020), (IDAE, 2020).



8.

CONCLUSIONES



8.1

8.1. Conclusiones

Las conclusiones de la investigación se han organizado en torno a dos ejes. En primer lugar, se analiza el grado de cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados al inicio (Cap. 1) y se presentan las principales conclusiones a las que se ha llegado sobre cada uno.

En segundo lugar, se incluyen otras conclusiones relacionadas con la eficiencia energética (apartado 8.1.2.) o con los colegios desde el punto de vista arquitectónico e histórico (apartado 8.1.3.). Estas conclusiones no tienen relación directa con los objetivos de la tesis doctoral, pero han surgido a partir del estudio del tema.

8.1.1. Cumplimiento de los objetivos generales y particulares y conclusiones sobre los mismos.

La investigación planteaba tres objetivos generales y tres objetivos particulares. Los enunciados de los mismos, su cumplimiento y las principales conclusiones de cada uno son:

Respecto al objetivo general de “Analizar desde el punto de vista energético los centros de educación primaria de la ciudad de Valencia mediante su clasificación por tipos de edificios con características similares”.

Este objetivo engloba dos tipos de análisis. Por un lado, un análisis más general, para poder segmentar el parque de colegios y, por otro lado, uno más preciso de los tipos de edificios representativos, en su estado inicial y mejorado.

Para la segmentación por tipos, se han identificado los principales factores que influyen en el comportamiento energético de los colegios. Entre ellos encontramos el clima, el uso, el año de

Portada 8.
CEIP Eliseo Vidal. Fuente: Fotografía del autor

Figura 8.1
Portada del CEIP Cervantes, 1905 - 1910. Fuente: Fotografía del autor

construcción, la geometría de los edificios, su compacidad y los sistemas de calefacción y ACS.

Las diferencias entre los centros de educación primaria públicos y privados, en cuanto a la geometría de los mismos y su perfil de uso (tienen distintos horarios y, los privados, suelen incluir la Enseñanza Secundaria Obligatoria y, en muchos casos, Bachillerato), ha hecho que el estudio se centre en los colegios públicos, que además son el grupo más numeroso a nivel nacional y autonómico según las estadísticas nacionales.

A partir de la fecha de construcción y la compacidad de los edificios, se ha segmentado el parque existente y se han establecido unos tipos representativos.

Se ha visto que no es posible clasificar los colegios por centros, sino que esa clasificación hay que hacerla por edificios. Es decir, las distintas leyes de educación, las necesidades de puestos escolares por la insuficiencia de estos o por el crecimiento de la población, han supuesto que los centros educativos estén constituidos en muchos casos por un edificio principal o inicial, al que se le han ido añadiendo otros edificios. Estos edificios (el principal y las ampliaciones) tienen características arquitectónicas y constructivas distintas entre sí.

A estas ampliaciones de uso académico (aularios o edificios de infantil), hay que añadir edificios o ampliaciones destinadas a otros usos como vivienda del conserje, comedor, gimnasio, vestuarios o incluso duchas para alumnos con bajos recursos económicos (en zonas marginales) que no disponen de agua corriente en sus casas.

Esto se traduce en que, si se busca plantear mejoras en la envolvente de los edificios, para una clasificación por tipos no se pueden considerar los centros escolares en su conjunto (suma de edificios), pues no hay dos centros educativos iguales, aunque en su inicio lo fueran.

En el estudio se han desglosado los distintos centros escolares por edificios y posteriormente se han clasificado. Los 90 centros existentes en la ciudad suponen unas 215 edificaciones (edificios principales, aularios, gimnasios, casas de los conserjes, edificios de oficinas, etc).

Respecto del objetivo particular de “Establecer un sistema de clasificación general del parque educativo no universitario por grupos de características energéticas similares. Esta clasificación puede facilitar a las administraciones públicas la toma de decisiones en cuanto a la rehabilitación energética de los colegios, permitiendo realizar actuaciones similares en los edificios de un mismo grupo”.

Región	Año de construcción	Compacidad (K/F)			
		1.0 > K > 0.75	0.75 > K > 0.51	0.50 > K > 0.26	K < 0.25
Clima Mediterráneo	...1900	A.1	A.0	A.0	A.0
	1901 - 1936	B.1	B.0	B.0	B.0
Clima Mediterráneo	1937 - 1959	C.1	C.0	C.0	C.0
	1960 - 1979	E.1	E.0	E.0	E.0
Clima Mediterráneo	1980 - 2006	F.1	F.0	F.0	F.0
	2007 - ...	F.1	F.0	F.0	F.0

8.2

Figura 8.2. Matriz de tipos representativos de colegios de Valencia. Fuente: Fotografía del autor

Para la clasificación de los edificios escolares, se ha adaptado la matriz de edificios residenciales españoles empleada en el proyecto europeo TABULA. Respecto a la matriz inicial, se mantienen los criterios de clima y año de construcción del edificio y se añade el criterio de compacidad.

Las filas de la matriz albergan 6 periodos (A-F), según si los edificios fueron construidos antes de 1900, de 1901 a 1936, de 1937 a 1959, de 1960 a 1979, de 1980 a 2006, posterior a 2007.

Las columnas (I-IV) hacen referencia a la geometría de las edificaciones, en concreto, están divididas por intervalos o niveles de compacidad de los edificios. Los intervalos son: compacidad de 1 a 0.76, de 0.75 a 0.51, de 0.50 a 0.26 y menor o igual a 0.25.

No se han incluido en la matriz los edificios destinados a gimnasios y pabellones deportivos. Tampoco se han incluido las construcciones con valores de compacidad superior a 1, por corresponder generalmente a pequeñas construcciones destinadas a vestuarios, aseos y almacenes.

De los 90 colegios de la ciudad de Valencia, se han conseguido datos de compacidad de 79 centros, en concreto, de 135 edificios escolares de los destinados a aulas, bibliotecas, comedores y administración. La aplicación de la matriz a estas edificaciones ha dado generado una matriz de 8 filas y 4 columnas. Algunos de los periodos albergan varios tipos constructivos de edificios o formas, por lo que se han subdividido. Por ejemplo, en el periodo C y E encontrados los tipos C1-C2 y E1-E2.

De los 32 tipos resultantes, 14 de ellos se corresponden con modelos concretos de colegios de la ciudad, que representan a 117 edificios escolares.

Podemos afirmar que la matriz de edificios residenciales es una metodología fácilmente adaptable a edificios de otro uso.

La matriz de edificios escolares es replicable. En concreto, respecto a los colegios públicos, puede ser ampliada a otros climas (en nuestro caso solo se ha aplicado al clima mediterráneo y en concreto a la zona climática B3-IV), así como a otras formas o tipologías de edificios. Como se ha visto, los periodos se pueden subdividir en tantos tipos constructivos o formas como sean necesarios.

Respecto del objetivo general de “Proponer niveles de renovación energética de los edificios mediante la definición de paquetes de mejora energética para cada tipología. Calcular el ahorro energético y la reducción de emisiones de CO₂ que se alcanzarían con cada uno de los paquetes de mejora y el coste global que supondría a largo plazo su ejecución”.

Una vez se han establecido los tipos representativos, estos se han estudiado energéticamente en su estado inicial y se han propuesto mejoras, para ello se ha empleado la metodología del coste óptimo.

Se han planteado paquetes de mejora en la envolvente de los edificios. En concreto, se han definido 21 paquetes para cada tipo representativo de colegio. Estos paquetes surgen de la combinación de tres niveles de exigencia en transmitancia de la envolvente térmica y siete tipos de actuaciones, que dependen del elemento o conjunto de elementos de la envolvente en que se intervenga.

Inicialmente se consideró plantear además de mejoras en la envolvente, mejoras en las instalaciones y sistemas de los centros educativos. Sin embargo, en el transcurso de la investigación se constató que, si se planteaban sistemas de climatización y ventilación por tipos, estos sistemas no iban a ser representativos de ningún colegio.

A la hora de plantear la renovación de las instalaciones, no se pueden considerar los edificios de forma independiente, sino que se tienen que estudiar todos los edificios de un mismo centro en su conjunto. Por ejemplo, en un centro la caldera puede dotar de calefacción y agua caliente al edificio principal, así como a un aula de infantil y al gimnasio con vestuarios. Por ello, a la hora de plantear mejoras en dicha instalación, hay que considerar todos los edificios como un conjunto. Por otro lado, la sustitución de las instalaciones existentes dependerá del momento en que se rompan.

Las medidas se plantean considerando el estado original de los edificios, es decir, como si en los mismos no se hubieran ejecutado reformas, sustitución de ventanas o de los sistemas de calefacción. Esto significa para muchos de los colegios, las reducciones reales en el consumo y las emisiones serán menores que los resultados obtenidos en el estudio, esto es debido a que ya se han ejecutado algunas de las medidas o a que las condiciones de partida sean mejores (un edificio más eficiente en su estado inicial que el tipo representativo).

Para cada tipo de colegio representativo se ha identificado el paquete de medidas con coste óptimo de intervención y el paquete de medidas con mayores ahorros energéticos.

Los paquetes de medidas con coste óptimo de intervención suponen entre un 16,40% y un 40,60% de reducción de consumo para los colegios construidos en los periodos B, C y D (sin aislamiento en su envolvente) y entre un 16,70% y un 23,20% para los construidos en el periodo E (con aislamiento térmico en su envolvente). En los paquetes de medidas con los que se alcanzan

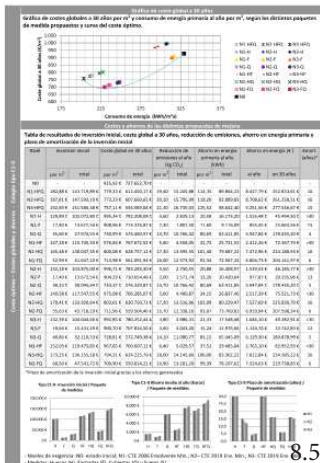
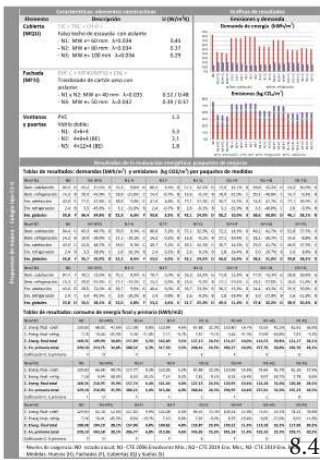
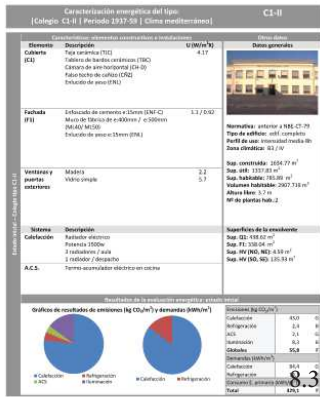


Figura 8.3. a 8.5. Fichas de estado inicial, propuestas de mejora y costes globales del colegio tipo C1-II. Fuente: elaboración propia.

mayores ahorros energéticos (N3-HFQ) estos porcentajes oscilan entre el 27,90% y el 46,80% y el 27,10% y el 35,00% respectivamente.

Respecto del objetivo general de “Generar conocimiento sobre el parque edificado y su comportamiento energético que facilite la materialización de los procesos de renovación promovidos por la UE y los objetivos fijados por la Directiva 2012/27/UE, rehabilitación energética de los edificios públicos a un ritmo del 3% al año. Proponer un plan de actuación dentro del área de estudio para alcanzar dichos objetivos”.

De cara a una renovación energética de los colegios públicos de la ciudad, la tesis aporta, en primer lugar, una caracterización del parque de colegios públicos de la ciudad y una identificación de los tipos representativos de edificios.

Por otro lado, se aporta el análisis energético de los edificios tipo en su estado inicial y mejorado. Los resultados del estudio energético de cada tipo representativo se han recogido en tres fichas.

La primera ficha contiene los datos generales del edificio, las características y composición de los elementos constructivos de su envolvente y los resultados del análisis energético del estado inicial.

Las otras dos fichas contienen las medidas propuestas para cada tipo representativo y el resultado de los análisis energéticos y del cálculo de los costes globales de los distintos paquetes de mejoras.

Por último, se han aplicado los resultados obtenidos en los tipos representativos al conjunto global de edificios a los que representen. Incluyendo unas propuestas de renovación del 3% de la superficie de los colegios al año, tanto si se ejecutan las medidas con coste óptimo de intervención como si se ejecutan las medidas con las que se alcanzan mejores resultados.

Los resultados globales ponen de manifiesto que, si bien es necesaria una inversión inicial, si se realizan las renovaciones de manera escalonada en el tiempo, los ahorros generados en los primeros colegios intervenidos sirven de fuente de financiación de las renovaciones posteriores.

Respecto del objetivo particular de “Elaborar de un catálogo con datos históricos y arquitectónicos de los centros de Educación Primaria de Valencia y su segmentación por bloques según su año de construcción, la normativa aplicable, uso, características constructivas y arquitectónicas, orientación, sistemas de climatización, etc.”

Al inicio de la investigación se partía de la idea de que existían más datos arquitectónicos e históricos sobre los centros escola-

res de la ciudad y/o que se iba a poder acceder a ellos con más facilidad. Conforme fue avanzando la investigación, se constató la escasez de los mismos o que en ocasiones, aunque existen y los tienen las administraciones públicas, no es posible acceder a ellos.

La visita a muchos de los colegios, las llamadas realizadas a aquellos que no se han podido visitar, la información recopilada a través de consultas a archivos históricos y bibliografía específica, han permitido realizar una clasificación y aportar una visión de conjunto del parque existente.

Muchos de los documentos y planos de proyectos (fundamentalmente los que provienen del Archivo Histórico de la Comunidad Valenciana y de los Archivos de los propios centros escolares) son inéditos. No hay referencia a ellos en otras investigaciones.

También se han realizado e incluido numerosas fotografías de los centros visitados.

Parte de la información recopilada no está incluida en este documento. Aunque se ha conseguido recabar bastante, esta no es suficiente para elaborar un catálogo completo, pues de muchos centros no se disponen datos o son muy pocos en comparación con los datos disponibles sobre otros. Se empezó a elaborar dicho catálogo (Fig. 8.6.), que iba a ser incluido como parte del anexo A, pero la falta de datos sobre muchos de los edificios dio lugar a que no fuera posible realizarlo e incluirlo.

Completar la información disponible y elaborar un catálogo sería una futura línea de investigación.

Figura 8.6. Página del catálogo de colegios de Valencia que se empezó a elaborar al inicio de la investigación. Inacabado por falta de información. Posible futura línea de investigación. Fuente: elaboración propia.

COLEGIOS PERIODO 1900-1936

Cervantes

1906 (o.) | 1925 (c.) |
Arq. Eugenio López Aracil
(Aux. Arq. Municipal)

C. Guillem de Castro 151 (D3)
Bibliografía: [1-2][8,16][AHMV]



Luís Vives

1910 (c.) | 1915 (c.) |
Arq. Eugenio López Aracil
(Aux. Arq. Municipal)

C. Cuenca 17 (D3)
Bibliografía: [5,8,16][AHMV]



Jaime Balmes

1917
Arq. Eugenio López Aracil
(Arq. Municipal)

C. Maestro Aguilar 15 (D2)
Bibliografía: [1-4][8,16][AHMV]



Doctor Olóriz

1920
C. Dr. Olóriz 28 (D5)
Bibliografía: [1-2][8,16][AHMV]



9 de Octubre *

1925 (c.) | ref.2007
Arq. Vicente Agustí

C. Castán Tobeñas 32 (D7)
Bibliografía: [2,6,7]



*Antigua cárcel de mujeres. Construida por el arquitecto Vicente Agustí y reformado por Gonzalo Almazán y Javier Soriano en 2007.

Figure 8.7.
CEIP Tomas de Villarroya. Source:
Photograph by the authora



Respecto del objetivo particular de “Identificar situaciones, comportamientos de los usuarios, patrones de gestión, etc., que se dan en los centros de educación estudiados y que afectan al consumo energético de los edificios y a sus condiciones de habitabilidad y confort. Generar conocimiento que sirva para promover hábitos de consumo y utilización responsables entre los usuarios directos de los centros, fomentando el ahorro energético, la reducción de emisiones de CO₂ y mejorando las condiciones de habitabilidad”.

Ante la ausencia de datos para la caracterización de los colegios, este objetivo particular se ha dejado de lado, empleándose los recursos temporales y materiales en generar información sobre los edificios y no tanto sobre su gestión y utilización.

Este objetivo, sería otra futura línea de investigación.

No obstante, durante la visita a los centros se ha observado que existe una falta de conocimiento por parte de los usuarios del gasto en electricidad, agua y otros servicios de los colegios. Las administraciones públicas son las que pagan directamente las facturas de suministros en los centros públicos de educación infantil y primaria.

Esto supone que las acciones de mejora de la gestión o los esfuerzos por reducir el consumo por parte de los usuarios (alumnos, profesores y resto de personal del centro), no se ven reflejados en ningún sitio, ni suponen un beneficio económico directo para los centros.

Se han observado otras necesidades que, si bien no están relacionadas con el uso y gestión de los edificios, son situaciones que deben ser solventadas para mejorar la seguridad y habitabilidad de los mismos.

Se han detectado problemas acústicos, de accesibilidad, de seguridad en la utilización (por ejemplo, elementos sueltos y con riesgo de desprendimiento en un lucernario u hojas de ventanas que no encajan en el marco y que han tenido que ser fijadas con tornillos para que no se caigan, imposibilitando su apertura), aulas con temperaturas elevadas, bien por su orientación o bien por estar ubicadas encima de la cocina (estas aulas en general disponen de aire acondicionado).

Varios directores de centros señalaron que la cesión de espacios para actividades externas suponía, en algunos casos, que fuera necesario encender la calefacción de todo el colegio solo para climatizar un aula, o que las duchas solo fueran usadas por usuarios externos (cuando se ceden pabellones y vestuarios).

8.1.2. Otras conclusiones.

Combinación de acciones para obtener un mayor ahorro energético

Las diversas acciones en torno a la mejora de la eficiencia energética de los edificios, tanto a nivel ejecutivo como normativo se pueden organizar en torno a cuatro áreas (tal y como hemos visto en el capítulo 2):

- Acciones para conocer el edificio y su consumo energético.
- Actuaciones para fomentar una gestión y uso eficientes.
- Acciones para rehabilitar energéticamente los mismos.
- Acciones conducentes a incorporar fuentes de energías renovables.

La combinación de todas ellas es lo que permite un mayor ahorro energético y de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, se puede apreciar una evolución en el tipo de estudios y proyectos sobre la materia desarrollados a lo largo de los últimos 15-20 años. Los primeros estudios y proyectos se centraban en su mayoría en conocer los edificios desde el punto de vista energético debido a la ausencia de datos y las exigencias normativas surgidas, así como en mejorar los hábitos de comportamiento y consumo energético por parte de los usuarios. Los estudios y proyectos más recientes se centran en propuestas de mejoras, incluyendo casos reales de rehabilitaciones energéticas e incorporación de energías renovables.

Parte de esta evolución es reflejo de la evolución de las propias normativas y el paulatino desarrollo e incorporación de las exigencias en eficiencia energética en edificios y el crecimiento de las fuentes de energías renovables.

Intervenir en conjunto. Renovación energética como fuente de financiación de otras deficiencias y patologías.

La renovación de los edificios escolares públicos es una realidad que se va a llevar a cabo a medio o largo plazo. Estas intervenciones pueden ser un cauce para renovar de forma global los edificios, es decir, buscando, además de su eficiencia energética, mejorar la seguridad, salubridad y el confort de los usuarios.

El proyecto de mejora energética de un edificio escolar, sea en una o múltiples fases, puede solventar daños deficiencias o carencias que presentan los colegios en todos los ámbitos:

- Seguridad estructural y de utilización.
- Accesibilidad
- Salubridad
- Calidad del aire interior y ventilación
- Confort térmico (calefacción y refrigeración)
- Iluminación
- Acústica de las aulas y protección frente al ruido
- Eficiencia energética: renovación enfocada a obtener nZEB
- Incorporación de fuentes de energías renovables
- Adaptación de los centros educativos a las nuevas tecnologías.

Cumplimiento normativo- CTE DB-HE

Con la actualización del DB-HE en 2019, se han modificado las exigencias normativas en cuanto a eficiencia energética de los edificios. Si bien se establecen unas exigencias mínimas en cuanto a transmitancias de los elementos constructivos (U_{lim}), también se limita el coeficiente global de transmisión de calor (K) cuando se renueva más del 25% de la envolvente térmica.

En la investigación se plantearon una serie de mejoras cuya exigencia en transmitancias era menor a la requerida actualmente por la normativa (nivel de exigencia N1). El objetivo de reducir los niveles era constatar hasta qué punto era viable económicamente incorporar elementos con altas prestaciones energéticas, y si se podían alcanzar buenos resultados de ahorro energético con elementos con menores prestaciones.

Se ha demostrado que no hay grandes diferencias entre los niveles de exigencia, ni en coste ni en resultados energéticos. Por lo que no es necesario reducir las prestaciones de los elementos, y en consecuencia, se descarta la renovación de los colegios mediante la ejecución de los paquetes de mejoras con nivel de exigencia N1.

No ocurre así con el cumplimiento del coeficiente global de

transmisión de calor (K). En los colegios estudiados, son muy pocos los paquetes de medidas con los que es posible alcanzar los valores fijados por el DB-HE 2019 para reformas de edificios. Para alcanzar los valores marcados sería necesario mejorar el aislamiento en otros elementos constructivos como particiones interiores, suelos en contacto con espacios no calefactados o con cámaras sanitarias, o incrementar las exigencias en transmitancias de los elementos constructivos de los paquetes de medida (estableciendo un nivel N4).

La dificultad de cumplir los requerimientos sobre K, nos lleva a plantearnos hasta qué punto sería económicamente viable ejecutar las intervenciones necesarias para alcanzar el valor de K exigido, o si es posible que el valor fijado para las reformas sea muy alto y, de ser así, nos planteamos si sería conveniente que las autoridades revisaran la normativa en cuanto a los valores exigidos para las reformas.

En los casos en que, además de renovar el 25% de la envolvente, se renuevan conjuntamente las instalaciones de climatización, se limita el consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nrem}$) y el consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot}$).

En nuestro estudio, al no plantear renovación de sistemas de forma conjunta con la mejora de la envolvente, no hay que tener en cuenta estas limitaciones. Pero nos planteamos que pasaría si posteriormente se renovaran las instalaciones. En ese caso, ¿Haría que cumplirlas o al no realizarse conjuntamente no sería obligatorio? ¿Podemos estar ante una forma de evitar el cumplimiento de la normativa?

Desde el punto de vista de la eficiencia energética es beneficioso cumplir esos requerimientos y alcanzar los menores consumos de energía posibles.

En cualquiera de las dos situaciones, para alcanzar las limitaciones de consumo de energía, cuanto mayores sean las transmitancias de los elementos constructivos, mayores han de ser los rendimientos de los sistemas del edificio que se planten y viceversa. Por lo que, si se plantean por separado, será mejor ejecutar renovaciones de la envolvente que más reduzcan el consumo de cara a que los sistemas que se incorporen no requieran rendimientos muy altos y sean económicamente más asequibles.

Los edificios escolares, patrimonio por descubrir y poner en valor.

Los colegios, su evolución, son parte de la historia de las ciudades y del país. Son manifestación de las migraciones desde el mundo rural a las ciudades, de la evolución de la educación en España, del cambio de la escuela-aula a las escuelas graduadas y

a las escuelas actuales o de la evolución de los sistemas pedagógicos.

Durante esta investigación se han consultado archivos y bibliografía sobre edificios escolares de Valencia zonas de España. Se ha constatado que de los colegios anteriores a 1939, así como de los primeros años de la posguerra y del Movimiento Moderno, hay más estudios que de las construcciones escolares recientes, las cuales son más numerosas.

Los prototipos de colegios de los años 1970 a 1985 y las adaptaciones realizadas por diversos arquitectos para adecuarlas a los solares y a las zonas donde se construían, están poco documentados. Se trata de un patrimonio por descubrir y dar a conocer.

Por otra parte, hay edificios con diseños singulares, por ejemplo, los colegios del Plan Riada de Valencia del Movimiento Moderno, que al no estar protegidos se han ido modificando respecto a su configuración inicial (fundamentalmente en los diseños de las ventanas).

8.2. Futuras líneas de investigación

Algunas líneas de investigación se han ido planteando en el apartado anterior. Entre ellas están los objetivos particulares segundo y tercero. Es decir, completar la información disponible y elaborar un catálogo de edificios de la ciudad, e identificar comportamientos de los usuarios, patrones de gestión y otras situaciones que afecten al consumo energético de los edificios, y plantear acciones concretas de mejora de la habitabilidad y de reducción del consumo y las emisiones de CO₂.

La aplicación de la matriz de edificios escolares a colegios de otros municipios y regiones. Muchos colegios se corresponden con modelos construidos por todo el territorio español. Aunque se han estudiado varios, se puede ampliar su estudio, adaptándolo a otras zonas climáticas.

Otra línea de investigación sería la realización de auditorías energéticas a los centros educativos analizados, incluyendo el edificio estudiado y el resto de edificios del centro. Comparando los resultados obtenidos en la investigación con los resultados de la auditoría. Además de obtener datos reales de consumo mediante la localización de las facturas, se podría plantear la incorporación de sistemas de medición del consumo por usos (iluminación, calefacción, ACS, aparatos eléctricos, etc.).



8.

CONCLUSIONS



8.1. Conclusions

The research findings are organised into two cores. Firstly, the level of compliance of every single goal set in Chapter 1 is analysed, and the main conclusions are presented.

Secondly, other conclusions related to energy efficiency (Section 8.1.2.) or concerning school buildings studied from an architectural and historical viewpoint are also included (Section 8.1.3.). These findings are not directly related to the objectives of the PhD thesis, but emerged from the question studied itself

8.1.1. Fulfillment of overall and specific goals and subsequent conclusions.

This research raised three overall objectives and three specific objectives. Statements, fulfillment and major conclusions are:

Regarding the overall objective, “Analysing Primary building schools in the city of Valencia from the energy viewpoint, through a type-based classification of buildings with similar features.”

This objective involves two analysis methods: on the one hand, a more comprehensive analysis, to be able to subdivide the school building stock, and on the other hand, a more specific approach on the types of representative buildings in their initial and further improved state.

For a type-based classification, the key factors that impact on the energy performance of school buildings are identified. These include climate, function, year of construction, building geometry, building compactness, as well as heating and DHW systems.

Chapter front cover 8.
CEIP Eliseo Vidal. Source: Photograph by the author

Figure 8.1
CEIP Cervantes, 1905 - 1910. Source:
Photograph by the author

The differences between public and private Primary school buildings in terms of geometry and function (classes have different schedules, and private schools usually include compulsory Secondary Education and, in many cases, high school), made the study focus on public school buildings, which are the largest group at national and regional level, based on state statistics.

From the date of construction and data on building compactness, the existing stock is classified and several representative types are established.

It is found that a classification based on schools per se is not feasible, but it is possible if considering building types. In other words, the different education laws, the need for school places due to a lack of schools or the growth of population mean that schools often consist of a initial main building, to which other new buildings were subsequently added. And it should be mentioned that all these buildings have varied architectural and construction features.

This extension to buildings for academic purposes (classrooms or Primary school buildings) must include buildings for other functions, such as caretaker's house, canteen, gym, changing rooms or even showers for students with limited economic resources (in slum areas), who do not have running water at home.

This means that, if proposing building envelope enhancements is sought, considering a type-based classification, these school buildings cannot be considered as a whole, since no two school buildings are similar, although they were in their initial state.

In the study, the different school buildings are broken down according to building types, and subsequently classified. 90 public Primary school buildings in the city account for around 215 buildings in total (including main buildings, classrooms, gyms, caretaker's houses, office buildings, etc.).

Regarding the specific goal, “Establishing a overall classification system for non-university educational building stock according to groups with similar energy features, so as to facilitate public administrations to make decisions when it comes to energy renovation in school buildings, allowing analogous actions to be taken within similar category buildings”.

For classifying school buildings, a matrix of Spanish residential buildings used in the European TABULA project is adapted. Regarding the initial matrix, the criteria based on climate zone and year of building construction are complied with, and building compactness criterion is added.

The matrix rows include 6 periods (AF), depending on whether

Región	Número construcciones	Compactness (KFI)			
		1 < K <= 2.0	0.75 < K <= 1.0	0.50 < K <= 0.75	K <= 0.25
Clima Mediterráneo	...1900	A.1	A.0	A.3	A.6
		B.1	B.0	B.3	B.6
Clima Mediterráneo	1901 - 1916	C.1	C.0	C.3	C.6
		D.1	D.0	D.3	D.6
Clima Mediterráneo	1917 - 1936	E.1	E.0	E.3	E.6
		F.1	F.0	F.3	F.6
Clima Mediterráneo	1937 - 1959	G.1	G.0	G.3	G.6
		H.1	H.0	H.3	H.6
Clima Mediterráneo	1960 - 1979	I.1	I.0	I.3	I.6
		J.1	J.0	J.3	J.6
Clima Mediterráneo	1980 - 2006	K.1	K.0	K.3	K.6
		L.1	L.0	L.3	L.6
Clima Mediterráneo	2007...	M.1	M.0	M.3	M.6
		N.1	N.0	N.3	N.6

8.2

Figure 8.2. Matrix of representative types of schools in Valencia. Source: Photograph by the author

buildings were built before 1900, from 1901 to 1936, 1937 to 1959, 1960 to 1979, 1980 to 2006, or after 2007.

The columns (I-IV) refer to building geometry; in particular, they are divided according to intervals or levels of building compactness. Intervals are, namely: compactness from 1 to 0.76, 0.75 to 0.51, 0.50 to 0.26 and ≤ 0.25 .

Buildings for using as gyms and sports halls are not included in the matrix. Buildings with compactness values greater than 1 are discarded, as they generally correspond to small-sized buildings for changing rooms, toilets and warehouses.

Compactness data of 79 school buildings in the city of Valencia are obtained, specifically out of 135 school buildings used for classrooms, libraries, canteens and offices. The application of the matrix to them resulted in a matrix with 8 rows and 4 columns. Some of the periods hold various building types or designs, that is why they are subdivided. For instance, in periods C and E, C1-C2 and E1-E2 types are found.

Out of 32 resulting types, 14 correspond to specific school building models in the city, representing 117 school buildings.

It can be stated that the matrix of residential buildings is an easily adaptable methodology to buildings with a different function.

Also, the matrix of school buildings can be replicated. Particularly, with respect to public school buildings, it can be extended to other climate zones (in this case, only applied to buildings within the Mediterranean area, and specifically B3-IV climate zone), as well as to other building types. As previously seen, the periods can be subdivided into as many construction types or forms as necessary.

Regarding the overall objective, “Proposing levels of energy renovation in buildings by identifying sets of energy-improvement measures by building types. Calculating energy saving and reduction of CO2 emissions through each set of improvement measures and overall cost of long-term implementation”.

Once representative building types are established, they are energetically studied in their initial state and enhancements are proposed, for which a cost-optimal methodology is used.

Sets of improvement measures are provided for building thermal envelopes. Specifically, 21 sets of measures are identified for each representative school type. These sets of measures arise from the combination of three levels of demand in transmittan-

ce of thermal envelope and seven types of actions to be taken, which depend on the element or set of elements in the thermal envelope improved.

Initially, apart from the enhancements in thermal envelopes, improvements in school building facilities and systems were taken into account. However, during the course of the investigation it was found that, if air conditioning and ventilation systems were considered based on building type, these systems were not representative for any school building.

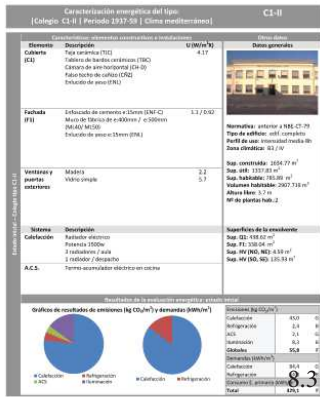
When raising the possibility of facility renovation, buildings cannot be considered independently, but all buildings in the same education complex should be studied as a whole. For instance, in a particular school building the boiler can provide heating and hot water to the main building, as well as to a Primary school classroom and a gym with changing rooms. Therefore, when proposing improvements for the aforementioned facilities, all buildings should be considered as a whole. On the other hand, replacement of existing facilities will depend on when they break down.

The measures are proposed in consideration of the initial state of the buildings, that is, as if they had had no renovations nor window or heating system replacement. So, for most of school buildings the real consumption reduction and emissions will be lower than the results obtained in the study. This is due to the fact that some of the measures are already implemented or starting conditions are better (a more efficient building in its initial state than the representative type).

For each type of representative building, a set of measures with cost-optimal implementation and the greatest energy-saving set of measures are identified.

The sets of measures with highly cost-optimal implementation represent between 16.40% and 40.60% consumption reduction in schools built in periods B, C and D (with no insulation in thermal envelopes), and between 16.70% and 23.20% for those built in period E (with insulation in thermal envelopes). In the sets of measures which provide greater energy savings (N3-HFQ) these percentages range between 27.90% and 46.80%, and 27.10% and 35.00%, respectively.

Regarding the overall objective “Producing knowledge about the building stock and building energy performance, which eases the implementation of renovation processes promoted by the EU and the goals set by the Directive 2012/27 / EU, energy renovation of public buildings at an average annual rate of 3%. Proposing an action plan within the study area to



reach these objectives”.

In the face of an energetic renovation of public school buildings in the city, the study provides firstly, a characterisation of public school building stock in Valencia, and an identification of the representative building types.

Otherwise, an energy analysis of characteristic buildings in their initial and further improved state is provided. The results of an energy study of each type are collected in three sheets.

The first sheet includes general data on the building itself, features and composition of construction elements in thermal envelopes, as well as the results of the energy analysis in the initial state.

The other two sheets include measures proposed for each representative type, and the result obtained from the energy analysis, as well as a global cost calculation of the different sets of improvement measures.

Finally, the results obtained in the representative types are applied to the global set of buildings they represent, including some proposals for a renovation of 3% of school buildings each year, whether measures with cost-optimal performance or measures with the best results are implemented.

The global outcome shows that, although an initial investment is required, if renovations are made progressively, the savings generated in the first renovated school buildings can be a source of financing for subsequent enhancements.

Regarding the specific objective “Drawing up a catalogue with historical and architectural data on Primary school buildings in the city of Valencia, and a subdivision by groups according to year of construction, applicable regulations, function, construction and architectural features, orientation, air conditioning systems, etc.”

At the beginning of the research, this was based on the idea that there were enough architectural and historical data on the schools in the city and / or they were easily accessible. As the investigation progressed, it was found that the data were scarce or, although they existed and located in public administrations, sometimes it was not possible to access to them.

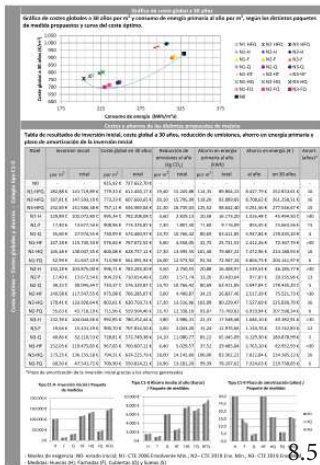
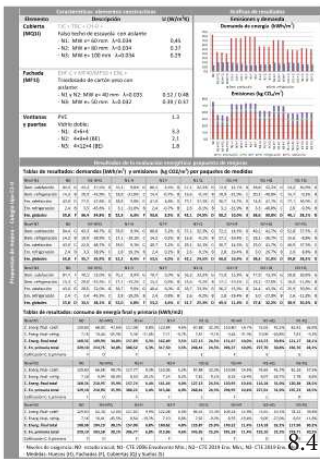


Figure 8.3. to 8.5.

Data on initial state, improvement proposals and overall costs of the school type C1-II. Source: own elaboration.

Visiting many of the schools, contacting those which have not been able to visit, the information collected through queries to historical archive files and specific bibliography, allowed a suitable classification and provided an overview of the existing build-

ding stock.

Most of documents and drawing plans are unpublished (in particular, those coming from the Historical Archive of the Valencia Region, and the Archives of schools themselves). Moreover, there is no reference to them in other research.

Also, a great number of photographs of the buildings visited were taken, and they are included in the study.

Some of the information collected is not included in this document. Although much has been compiled, it is not enough to produce a complete catalogue, since data on many schools are not available, or there is very little information if compared to the data available concerning others. This catalogue began to be drawn up (Fig. 8.6.) to be included as part of Annex A, but the aforementioned lack of information made this purpose unfeasible.

Completing the available information and preparing a catalogue would be a future research line.

Regarding the specific goal “Identifying scenarios, users’ behaviour, management patterns, etc., existing in the school buildings studied, and affecting building energy consumption,

Figure 8.6. Page of the catalogue of schools in Valencia that was started at the beginning of this research. Unfinished due to lack of information. Possible future line of research. Source: own elaboration.

COLEGIOS PERIODO 1900-1936

Cervantes

1906 (o.) | 1925 (c.)
Arq. Eugenio López Aracil
(Aux. Arq. Municipal)

C. Guillem de Castro 151 (D3)
Bibliografía: [1-2][8,16][AHMV]



Luis Vives

1910 (c.) | 1915 (ic.)
Arq. Eugenio López Aracil
(Aux. Arq. Municipal)

C. Cuenca 17 (D3)
Bibliografía: [5,8,16][AHMV]



Jaime Balmes

1917
Arq. Eugenio López Aracil
(Arq. Municipal)

C. Maestro Aguilar 15 (D2)
Bibliografía: [1-4][8,16][AHMV]



Doctor Olóriz

1920

C. Dr. Olóriz 28 (D5)
Bibliografía: [1-2][8,16][AHMV]



9 de Octubre *

1925 (c.) | ref.2007
Arq. Vicente Agustí

C. Castán Tobeñas 32 (D7)
Bibliografía: [2,6,7]



*Antigua cárcel de mujeres. Construida por el arquitecto Vicente Agustí y reformado por Gonzalo Almazán y Javier Soriano en 2007.

Figure 8.7.
CEIP Tomas de Villarroya. Source:
Photograph by the authora.



liveability and comfort conditions. Producing a knowledge base to promote responsible consumption and good usage habits among direct users in buildings, by promoting energy saving, reducing CO2 emissions and improving living conditions”.

In the absence of data for school characterisation, this particular objective is set aside, using temporal and material resources to generate information on buildings, and not so much on management and usage. This goal would become another future line of research.

However, when visiting schools it was found that there is a lack of knowledge by users concerning expenditure on electricity, water and other services in schools, since public administrations directly pay utility bills in public Pre-schools and Primary schools.

This means that actions to improve management or efforts to reduce consumption by users (students, teachers and other staff) are not fully reflected, nor do they represent a direct economic benefit for schools.

There are other needs and, although they are not related to the function and management of buildings, they should be solved to keep the safety and liveability of them.

Acoustics, accessibility, and safety issues were spotted (for example, some loose elements with risk of detachment in skylights, or casement windows that do not fit into frames and just fixed with screws so that they do not fall, making it impossible to open), classrooms with high temperatures, either due to orientation or location over the kitchen (these classrooms usually have air conditioning).

Also, several school principals pointed out that the transfer of spaces for outdoor activities implies, in some cases, the need for turning heating on in the whole building just to heat or cool one only classroom, or showers used by external users only (when sports halls and changing rooms were assigned).

8.1.2. Other conclusions.

Combination of actions to obtain greater energy saving

The various actions for improving building energy efficiency, concerning both implementation and regulation, can be organised in four sections (as seen in Chapter 2), namely:

- Actions to learn about the building and its energy consumption.
- Actions to promote efficient management and usage in buildings.
- Actions to energetically renovate buildings.
- And finally, actions introducing renewable energy sources into buildings.

Combining all of them allows greater energy saving and a reduction of greenhouse gas emissions.

On the other hand, an evolution can be seen in the nature of studies and projects on this field developed over the last 15-20 years. The first studies and projects used to be mostly focused on learning about the building from an energy viewpoint, due to the lack of data and regulatory requirements which emerged, as well as on improving users' habits regarding energy consumption. The most recent studies and projects based on improvement proposals include real cases of energy renovation and incorporation of renewable energy.

Part of this evolution is a reflection of a development of regulations themselves, and a gradual progress and introduction of energy efficiency requirements in buildings, and the growth of renewable energy sources.

Taking joint action. Energy renovation as a source of financing for other shortcomings and building pathologies.

The renovation of public school buildings is a plan to be implemented in the medium or long term. These performances can be a channel for global renovation of buildings, that is, aiming at enhancing safety, health and comfort for users, apart from reaching energy efficiency.

The energy-improvement project in a school building, whether

in one or multiple phases, can reduce damages or shortcomings in school buildings at all levels:

- Structural and usage safety.
- Accessibility
- Healthiness
- Indoor air quality and ventilation
- Thermal comfort (heating and cooling)
- Lightning
- Classroom acoustics and noise protection
- Energy efficiency: renovation focused on obtaining a nZEB
- Introducing renewable energy sources
- Adaptation of school buildings to new technologies

Regulatory Compliance- CTE DB-HE

By upgrading the DB-HE in 2019, regulatory requirements regarding energy efficiency in buildings are modified. Although minimum requirements are established in terms of transmittance of construction elements (Ulim), the global heat transmission ratio (K) is also limited when thermal envelopes are renovated over 25%.

In the research, a series of improvements were proposed, whose transmittance requirement is lower than that currently required by regulations (requirement level N1). The aim of reducing the levels was to verify to what extent introducing elements with high-performing energy was economically feasible, and whether satisfactory energy-saving outcome could be obtained with low-performing elements.

It has been proved that there are no great differences between the levels of demand, neither in costs nor in energy performance. Therefore, there is no need to reduce element performance and, consequently, school building renovations are ruled out through the implementation of sets of improvement measures with N1 requirement level.

This is not the case of compliance with the global heat transfer ratio (K). In those school buildings studied, there are very few sets of measures that enable to achieve the values set by the DB-HE 2019 for building renovation. In order to reach the values established, enhancing insulation would be advisable in other construction elements such as interior partitions, floors in contact with unheated spaces or sanitary chambers, or increasing transmittance requirements of construction elements in the sets of measures (setting level N4).

The difficulty of meeting the requirements on K value, leads to

consider to what extent it would be economically feasible to implement necessary renovations to reach the required K value, or whether it is possible that the value set for renovations is very high and, if so, this raises the question whether it would be convenient for the authorities to review regulations regarding values required for renovations.

In cases in which, in addition to renovate 25% of thermal envelopes, the air conditioning systems are jointly improved, the consumption of non-renewable primary energy ($C_{ep,nrem}$) and the total primary energy consumption ($C_{ep,tot}$) are limited.

In this study, by not considering renovation of systems alongside the improvement of thermal envelopes, these limitations should not be taken into account. But the question raised is, what if facilities were subsequently renovated? In that case, would have they to be complied with or would it not be mandatory if they were not jointly implemented? Are we faced with a way to avoid compliance with regulations?

From an energy efficiency viewpoint, it is beneficial to meet these requirements and obtain the lowest energy consumption.

In either of two scenarios, in order to reach limitations of energy consumption, the higher the transmittances of construction elements, the higher the performance of the building systems must be, and vice versa. Therefore, if they are considered separately, it will be advisable to make renovations in thermal envelopes with further consumption reduction, so that systems incorporated do not require very high performance and be affordable.

School buildings, a cultural heritage to discover and value.

School buildings, their evolution, are part of the history of cities and countries. They are a manifestation of migrations from the rural world to the cities, the evolution of education across Spain, the change from school-classroom to graduate schools and current schools, or the evolution of pedagogical systems.

Throughout the course of this research, archives and bibliography on school buildings in Valencia were consulted. It is verified the fact that, out of the school buildings prior to 1939, as well as those dating back to postwar years and those from the Modern Movement, there are more studies than those on recent school buildings, which are far more numerous. The school prototypes from 1970 to 1985 and the changes introduced by various architects to adapt to the sites where they were built, are poorly documented. It is a cultural heritage to discover and disseminate.

On the other hand, there are buildings with unique designs, for instance, the school buildings framed within the Plan Riada de Valencia, during the Modern Movement, which, since they are not officially protected, have been modified with respect to the initial state, mainly when it comes to window design.

8.2. Future research lines

Some research lines are raised in the previous section. These include the second and third specific objectives. That is, to complete available information and draw up a catalogue of buildings in the city of Valencia, as well as identify users' behaviors, management patterns and other scenarios affecting energy consumption in buildings, and design specific strategies to enhance liveability and minimize consumption and CO₂ emissions.

The implementation of the matrix of school buildings in Valencia to those in other municipalities and regions. Many schools correspond to models built throughout the Spanish territory. Although several of them have been looked into, this study can be broadened by adapting it to other climate zones.

Another potential research line is to conduct an energy audit in those school buildings analysed, considering the buildings studied and the rest of the buildings in the city centre. Comparing the results obtained during the research with those from the audit. In addition to obtain real consumption data by tracking bills, an incorporation of consumption-measurement systems according to usage could be taken into account (lighting, heating, DHW, electrical appliances, etc.).



ANEXOS

Portada Anexos:

CEIP Vivers (antes CEIP Villar Palasi). Foto de fachada. Fuente: Fotografía del autor.

ANEXO A

LISTADO DE LOS CENTROS EDUCATIVOS DE PRIMARIA DE LA CIUDAD DE VALENCIA

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

Contenido del anexo:

- Listado de Centros Educativos de Primaria de la ciudad de Valencia

A.1. Centros de educación primaria de la ciudad de Valencia

Se incluye en este anexo el listado de los Centros de educación primaria de la ciudad de Valencia que han servido como base de la presente investigación, tanto públicos como privados.

En concreto, el conjunto de centros estudiados y clasificados por grupos en el capítulo 3 se corresponde con los Centros de Educación Infantil y Primaria (CEIP) y los Centros de Educación Primaria (CEP), todos ellos de titularidad pública.

Tabla A.1. Listado de Centros que imparten educación primaria de la ciudad de Valencia						
Tipo	Nombre		Dirección		CP	Ciudad
CEIP	8 DE MARZO	CL	MARÍA ZAMBRANO	1	46018	VALENCIA
CEIP	9 DE OCTUBRE	CL	DEMOCRÀCIA	32	46018	VALENCIA
CEIP	ALEJANDRA SOLER	CL	PUERTO RICO	5	46006	VALENCIA
CEIP	ANGELINA CARNICER	CL	PUEBLA DE FARNALS	30	46021	VALENCIA
CEIP	ANTONIO GARCÍA LÓPEZ	CL	PERIS BRELL	66	46022	VALENCIA
CEIP	ANTONIO MACHADO	PZ	SAN JERÓNIMO	S/N	46019	VALENCIA
CEIP	AUSIÀS MARCH	CL	PARQUE DE NAZARET	3	46024	VALENCIA
CEIP	BALLESTER FANDOS	AV	MALVARROSA	57	46011	VALENCIA
CEIP	BENIMACLET	CL	ARQUITECTO ARNAU	S/N	46020	VALENCIA
CEIP	BENIMÀMET	CL	RAFAEL TENES ESCRICH	56	46035	VLC - BENI-MAMET
CEIP	CAMI DE L'HORTA	CM	VIEJO DE PATERNA	S/N	46035	VLC - BENI-MAMET
CEIP	CAMPANAR	CL	RASCANYA	1	46015	VALENCIA
CEIP	CARLES SALVADOR	CL	POETA ALTET	19	46020	VALENCIA
CEIP	CASTELLAR-OLIVERAL	CL	ESCULTOR FEDERICO SIURANA	S/N	46026	VLC - CAST-OLIVERAL
CEIP	CAVITE-ISLA DE HIERRO	AV	MALVARROSA	2	46011	VALENCIA
CEIP	CERVANTES	CL	GUILLEM DE CASTRO	153	46008	VALENCIA
CEIP	CIUDAD DE BOLONIA	CL	TORRENT	35	46014	VALENCIA
CEIP	CIUTAT ARTISTA FALLER	PZ	REGINO MAS	S/N	46025	VALENCIA
CEIP	COMUNITAT VALENCIANA	AV	PÍO XII	34	46015	VALENCIA
CEIP	DOCTOR BARCIA GOYANES	CL	OLIMPIA AROZENA TORRES	23	46018	VALENCIA
CEIP	DOCTOR OLÓRIZ	CL	DOCTOR OLÓRIZ	28	46009	VALENCIA
CEIP	EL GRAU	AV	BALEARES	64	46023	VALENCIA
CEIP	ELISEO VIDAL	CL	MÚSICO GOMIS	1	46014	VALENCIA
CEIP	EXPLORADOR ANDRÉS	CL	RAMON DE CAMPOAMOR	88	46022	VALENCIA
CEIP	FAUSTO MARTÍNEZ	PZ	PINTOR SALVADOR SORIA	8	46017	VALENCIA
CEIP	FEDERICO GARCÍA LORCA	CL	CLARIANO	S/N	46021	VALENCIA
CEIP	FERNANDO DE LOS RIOS	CL	ING. JOAQUIN BENLLOCH	33	46006	VALENCIA
CEIP	FORN D'ALCEDO	CM	ALABAU	30	46026	VLC - H. DE ALCEDO
CEIP	FCO. GINER DE LOS RÍOS	PZ	GRUP PARPALLÓ	S/N	46015	VALENCIA
CEIP	GASPAR GIL POLO	CL	MIGUEL PAREDES	5	46018	VALENCIA
CEIP	HUMANISTA MARINER	CL	HUMANISTA MARINER	S/N	46014	VALENCIA

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

CEIP	IVAF-LUIS FORTICH	CL	JUAN DE GARAY	23	46017	VALENCIA
CEIP	JAIME BALMES	CL	MAESTRO AGUILAR	15	46006	VALENCIA
CEIP	JAUME I	CL	JERÓNIMO MONSORIU	21	46022	VALENCIA
CEIP	JESÚS	CL	FRANCO TORMO	2	46007	VALENCIA
CEIP	JOSÉ SENENT	CL	SENENT IBAÑEZ	S/N	46112	VLC- MASA- RROCHOS
CEIP	JOSÉ SOTO MICÓ	CL	BEETHOVEN	S/N	46017	VALENCIA
CEIP	JUAN MANUEL MONTOYA	CR	PUNTA AL MAR	75	46024	VALENCIA
CEIP	LA FONTETA	CL	CURA PALANCA	S/N	46013	VALENCIA
CEIP	L'ALBEREDA	CL	ESCULTOR ALFREDO TORÁN Y OLMOS	2	46023	VALENCIA
CEIP	L'AMISTAT	CL	SÉNECA	13	46022	VALENCIA
CEIP	LES ARENES	CL	CASAS DE LANUZA	2-4	46011	VALENCIA
CEIP	LES ARTS	AV	HERMANOS MARISTAS	S/N	46013	VALENCIA
CEIP	Lluís DE SANTÀNGEL	AV	ELS PINARS	S/N	46012	VLC - EL SALER
CEIP	Lluís GUARNER	CL	DOCTOR NICASIO BENLLOCH	128	46015	VALENCIA
CEIP	LUIS VIVES	CL	CUENCA	17	46007	VALENCIA
CEIP	MAGISTERIO ESPAÑOL	CL	AMADO GRANELL MESADO	61	46013	VALENCIA
CEIP	MALVARROSA	CL	PICO DE TEIDE	1-3	46011	VALENCIA
CEIP	MANUEL GONZÁLEZ MARTÍ	CL	ALQUERIA GILET	S/N	46016	VLC - BENI- FARAIG
CEIP	MARE NOSTRUM	AV	BLASCO IBÁÑEZ	171	46022	VALENCIA
CEIP	MAX AUB	CL	PADRE URBANO	S/N	46009	VALENCIA
CEIP	MESTALLA	CL	ERNESTO FERRER	2	46021	VALENCIA
CEIP	MIGUEL HERNÁNDEZ	CL	ESTEBAN DOLZ DEL CASTELLAR	S/N	46019	VALENCIA
CEIP	MIQUEL ADLERT I NOGUEROL	CL	PEPE ALBA	21	46022	VALENCIA
CEIP	MONTOLIVET	PZ	PARQUE MONTEOLIVETE	3	46006	VALENCIA
CEIP	NICOLAU PRIMITIU GÓMEZ SE- RRANO	CL	ARQUITECTO SEGURA DEL LAGO	9	46014	VALENCIA
CEIP	NTRA SEÑORA DEL CARMEN	CL	AMADÍ DE GAULA	S/N	46022	VALENCIA
CEIP	PABLO NERUDA	CL	INGENIERO JOAQUIN BEN- LLOCH	36	46026	VALENCIA
CEIP	PADRE MANJÓN	CL	FERNANDO CABEDO TO- RRENTS	S/N	46017	VALENCIA
CEIP	PARE CATALÀ	CL	PARE ALEGRE	22	46020	VALENCIA
CEIP	PINEDO	TR	DE PINEDO AL MAR	75	46012	VLC - PINE- DO
CEIP	PROF. BARTOLOMÉ COSSIO	CL	REIG GENOVÉS	29	46019	VALENCIA
CEIP	PROF. LUIS BRAILLE	CL	LUIS CRUMIERE	2	46009	VALENCIA
CEIP	PROF. SANCHIS GUARNER	CL	PEDRO PATRICIO MEY	44	46019	VALENCIA
CEIP	PROF. SANTIAGO GRISOLIA	CL	RAMON DE CAMPOAMOR	89	46022	VALENCIA
CEIP	PROFESSOR RAMIRO JOVER	CL	PÍO IX	S/N	46017	VALENCIA
CEIP	RAFAEL ALTAMIRA	CL	QUART DE LES VALLS	2	46014	VALENCIA
CEIP	RAFAEL MATEU CÁMARA	PZ	CERAMISTA GIMENO	S/N	46006	VALENCIA
CEIP	RAQUEL PAYA	CL	MÚSICO AYLLO	41	46018	VALENCIA
CEIP	RODRÍGUEZ FORNOS	CL	VIRGEN DE LA CABEZA	26	46014	VALENCIA

CEIP	SALVADOR TUSET	CL	ALAMO	2	46025	VALENCIA
CEIP	SAN FERNANDO	CL	BELLUS	5-7	46010	VALENCIA
CEIP	SAN JOSÉ DE CALASANZ	CL	BELLO	22	46024	VALENCIA
CEIP	SAN JUAN DE RIBERA	CL	CIRILO AMORÓS	3	46004	VALENCIA
CEIP	SAN PEDRO	CL	PEDRO DE VALENCIA	S/N	46022	VALENCIA
CEIP	SANT ISIDRE	CL	JOSEP ANDREU ALABARTA	43	46014	VALENCIA
CEIP	SANTA TERESA	CL	DE L'HORT D'EN CENDRA	3	46003	VALENCIA
CEIP	SANTO ÁNGEL DE LA GUARDA	AV	GASPAR AGUILAR	96	46017	VALENCIA
CEIP	SARA FERNÁNDEZ	CL	REVERENDO JOSÉ NOGUERA	4	46017	VALENCIA
CEIP	SECTOR AÉREO	CL	SANTA CRUZ DE TENERIFE	1	46018	VALENCIA
CEIP	SERRERÍA	CL	SERRERÍA	71	46022	VALENCIA
CEIP	TEODORO LLORENTE	CL	JUAN LLORENS	59	46008	VALENCIA
CEIP	TOMÁS DE MONTAÑANA	AV	BALEARES	40	46023	VALENCIA
CEIP	TOMÁS DE VILLARROYA	AV	DOCTOR TOMÁS SALA	S/N	46017	VALENCIA
CEIP	TORREFIEL	CL	ERUDITO PAGES	1	46019	VALENCIA
CEIP	VICENTE BLASCO IBÁÑEZ	CL	ISABEL DE VILLENA	6	46011	VALENCIA
CEIP	VICENTE GAOS	PZ	POETA VICENTE GAOS	1	46021	VALENCIA
CEIP	VIVERS	CL	JACA	S/N	46010	VALENCIA
CEP	AIORA	CL	JUSTO Y PASTOR	136	46022	VALENCIA
CEP	PRIMER MARQUÉS DEL TURIA	PZ	DE GALICIA	7	46010	VALENCIA
CPEIP	CENTRO ESTUDIOS EUROPA	CL	SÉNECA	3	46021	VALENCIA
CPEIP	MARJO	CL	PINTOR MATARANA	3-5	46025	VALENCIA
CPEIP	MARTÍ SOROLLA	CL	INGENIERO JOAQUÍN BEN- LLOCH	45	46026	VALENCIA
CPEIP	MERCERATOR	CL	PADRE VIÑAS	66- 68	46019	VALENCIA
CPEIP	SALGUI	CL	MÚSICO CABANILLES	33	46017	VALENCIA
CPEIP	SAN LUIS GONZAGA	CL	ZAPADORES	30	46006	VALENCIA
CPEIPS	ACADEMIA JARDÍN	CL	BERNAT Y DESCOLL	46	46026	VALENCIA
CPEIPS	ARGOS	AV	BURJASSOT	291	46015	VALENCIA
CPEIPS	AVE MARÍA DE PEÑARROCHA	AV	FRANCIA	3	46023	VALENCIA
CPEIPS	CHINER VILLARROYA	CL	FELIPE VIVES CAÑAMAS	19	46011	VALENCIA
CPEIPS	CLARET	CL	SOLEDAD DOMENECH	8-12	46020	VALENCIA
CPEIPS	CLARET FUENSANTA	PZ	MURCIA	9	46014	VALENCIA
CPEIPS	EL AVE MARÍA	CL	CAMPAMENT	57- 59	46035	VALENCIA - BENIMAMET
CPEIPS	ENGEBA	CL	ABEN-AL-ABBAR	12	46021	VALENCIA
CPEIPS	ESCLAVAS DE MARÍA	CL	AYORA	24	46018	VALENCIA
CPEIPS	ESCOLÀPIES VALÈNCIA	GV	FERNANDO EL CATÓLICO	23	46008	VALENCIA
CPEIPS	ESCUELAS PÍAS	CL	CARNICEROS	6	46001	VALENCIA
CPEIPS	ESCUELAS PÍAS-MALVARROSA	CL	GRAN CANARIA	1	46011	VALENCIA
CPEIPS	ESCUELAS PROFESIONALES DE ARTESANOS	AV	REGNE DE VALENCIA	40- 42	46005	VALENCIA
CPEIPS	GRAN ASOCIACIÓN	CL	PADRE HUÉRFANOS	3	46003	VALENCIA

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

CPEIPS	GUADALAVIAR	AV	BLASCO IBÁÑEZ	56	46021	VALENCIA
CPEIPS	HERMES SOCIEDAD COOPERATIVA VALENCIANA	CL	DIBUJANTE MANUEL GAGO	10-12	46018	VALENCIA
CPEIPS	HOGAR NTRA. SEÑORA DEL ROSARIO	CL	VICENTE BRULL	54	46011	VALENCIA
CPEIPS	INMACULADO CORAZÓN DE MARÍA	CL	GONZÁLEZ MARTÍ	4	46008	VALENCIA
CPEIPS	JESÚS MARÍA	GV	FERNANDO EL CATÓLICO	37	46008	VALENCIA
CPEIPS	JESÚS MARÍA-FUENSANTA	PZ	MURCIA	10	46014	VALENCIA
CPEIPS	JUAN COMENIUS	CL	MÚSICO JARQUE CUALLADÓ	9	46009	VALENCIA
CPEIPS	LA ANUNCIACIÓN	CL	CONSERVA	2	46022	VALENCIA
CPEIPS	LA PURÍSIMA	CL	JOSÉ AGUIRRE	30-33	46011	VALENCIA
CPEIPS	LICEO CORBI	CL	VILLAHERMOSA	6	46006	VALENCIA
CPEIPS	LUIS DE SANTÁNGEL	CL	CARRICOLA	7	46017	VALENCIA
CPEIPS	LUZ CASANOVA	CL	LUZ CASANOVA	8	46009	VALENCIA
CPEIPS	MANTELLATE	CL	MARCHALENES	80	46009	VALENCIA
CPEIPS	MARÍA AUXILIADORA	AV	DE LA CONSTITUCIÓN	178	46019	VALENCIA
CPEIPS	MARÍA INMACULADA	CL	RICARDO MICO	26	46009	VALENCIA
CPEIPS	MARNI	CL	PADRE VIÑAS	94	46019	VALENCIA
CPEIPS	MERCURIO	CL	RUAYA	16	46009	VALENCIA
CPEIPS	NTRA. SEÑORA DE FÁTIMA	CL	JUMILLA	6	46018	VALENCIA
CPEIPS	NTRA. SEÑORA DE LORETO	CL	SALAMANCA	55	46005	VALENCIA
CPEIPS	NTRA. SEÑORA DE LOS DESAMPARADOS	CL	PARQUE DE NAZARET	82	46024	VALENCIA
CPEIPS	NTRA. SEÑORA DEL CARMEN-SAN VICENTE PAÚL	AV	BURJASSOT	150	46025	VALENCIA
CPEIPS	NTRA. SEÑORA DEL PILAR	AV	BLASCO IBÁÑEZ	35	46021	VALENCIA
CPEIPS	NTRA. SEÑORA DEL ROSARIO	CL	FORTUNA	S/N	46026	VALENCIA
CPEIPS	NTRA. SEÑORA DEL SOCORRO	CL	SALAS QUIROGA	9	46007	VALENCIA
CPEIPS	PÍO XII	CL	ALBORAIA	9	46010	VALENCIA
CPEIPS	PUREZA DE MARÍA	CL	VICENTE GALLART	25	46011	VALENCIA
CPEIPS	PUREZA DE MARÍA	AV	DEL CID	142	46014	VALENCIA
CPEIPS	SAGRADA FAMILIA	CL	POETA RICARD SANMARTÍ	3	46020	VALENCIA
CPEIPS	SAGRADA FAMILIA	CL	PADRE BARRANCO	40	46015	VALENCIA
CPEIPS	SAGRADO CORAZÓN DE JESÚS -CARMELITAS-	CL	MURO SANTA ANA	5	46003	VALENCIA
CPEIPS	SAGRADO CORAZÓN DE JESÚS -ESCLAVAS-	CL	MICER MASCÓ	1	46010	VALENCIA
CPEIPS	SAGRADO CORAZÓN HH.MARISTAS	CL	SALAMANCA	45	46005	VALENCIA
CPEIPS	SALESIANOS SAN ANTONIO ABAD	AV	PRIMADO REIG	2	46009	VALENCIA
CPEIPS	SALESIANOS-SAN JUAN BOSCO	AV	DE LA PLATA	10	46013	VALENCIA
CPEIPS	SAN JOSÉ DE CALASANZ	CL	MICER MASCÓ	5	46010	VALENCIA
CPEIPS	SAN JOSÉ HERMANAS FRANCISINAS DE LA INMACULADA	CL	DOCTOR SUMSI	5	46005	VALENCIA
CPEIPS	SAN JUAN BOSCO	CL	GREGORIO GEA	21	46009	VALENCIA

CPEIPS	SAN MARCELINO	CL	DOCTOR ROYO VILANOVA	3	46017	VALENCIA
CPEIPS	SAN PEDRO PASCUAL	CL	MAESTRO GUERRERO	3	46008	VALENCIA
CPEIPS	SAN ROQUE	CL	JOSÉ GROLLO	20	46025	VALENCIA
CPEIPS	SAN VICENTE FERRER-DOMINICOS	CL	ISABEL LA CATÓLICA	25	46004	VALENCIA
CPEIPS	SANTA ANA	AV	DEL PUERTO	51	46021	VALENCIA
CPEIPS	SANTA MAGDALENA SOFÍA	CL	CARRERA DEL RIU	67	46024	VALENCIA
CPEIPS	SANTA MARÍA	AV	TRES CRUCES	10	46014	VALENCIA
CPEIPS	SANTIAGO APOSTOL	CL	DOCTOR OLÓRIZ	36	46009	VALENCIA
CPEIPS	SANTIAGO APOSTOL	CL	ESCALANTE	329	46011	VALENCIA
CPEIPS	SANTÍSIMA TRINIDAD	CL	VISITACIÓN	13	46009	VALENCIA
CPEIPS	SOM ESCOLA	CL	ARCHENA	6	46014	VALENCIA
CPEIPS	TRAFALGAR	CL	RODRIGO PERTEGAZ	29	46023	VALENCIA
CPEIPS	VILAVELLA	CL	PADRE DIEGO MIRÓN	1	46009	VALENCIA
CPEPS	CENTRO DE ESTUDIOS GARCÍA BROCH	CL	PEDRO III EL GRANDE	46	46005	VALENCIA
CPEPS	CONCHA ESPINA II	CL	MARQUÉS DE BELLET	5-7	46007	VALENCIA
CPEPS	ESCOLANÍA NTRA.SRA.DESAMPARADOS	CL	GOBERNADOR VIEJO	23	46003	VALENCIA
CPEPS	ESCUELAS SAN JOSÉ (I. POLIT.)	AV	DE LES CORTS VALENCIANES	1	46015	VALENCIA
CPEPS	NIÑO JESÚS	CL	SAN CLEMENTE	13	46015	VALENCIA
CPEPS	OLLER 2	CL	LLANERA DE RANES	3	46017	VALENCIA
CPEPS	STO. TOMÁS DE VILLANUEVA	CL	ALBACETE	5	46007	VALENCIA

Tipos de centros: CEIP, Centro de Educación Infantil y Primaria (Público); CEP, Centro de Educación Primaria (Público); CPIEP, Centro Privado de Educación Infantil y Primaria; CPEIPS, Centro Privado de Educación Infantil, Primaria y Secundaria; y CPEPS, Centro Privado de Educación Primaria y Secundaria.

Tabla A.1.

Listado de Centros de Educación Primaria de la ciudad de Valencia de titularidad pública y privada. Fuente: Elaboración propia. Datos extraídos de la Guía de Centros de la Centros de la Generalitat Valenciana (2019-2020)

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

ANEXO B

PLANOS DE LOS COLEGIOS ESTUDIADOS

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

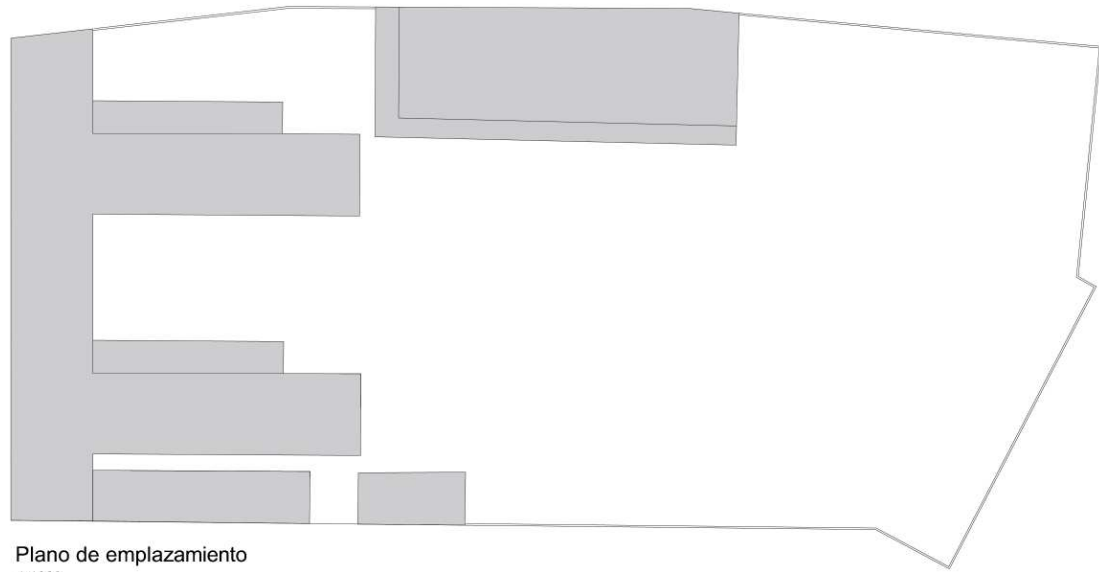
Contenido del anexo:

- Planos de planta, alzados y secciones de los colegios para su estudio energético. Fuente: elaboración propia, salvo CEIP Luis Vives (B-II) cuyos planos han sido cedidos por Begoña Serrano Lanzarote

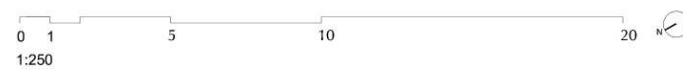
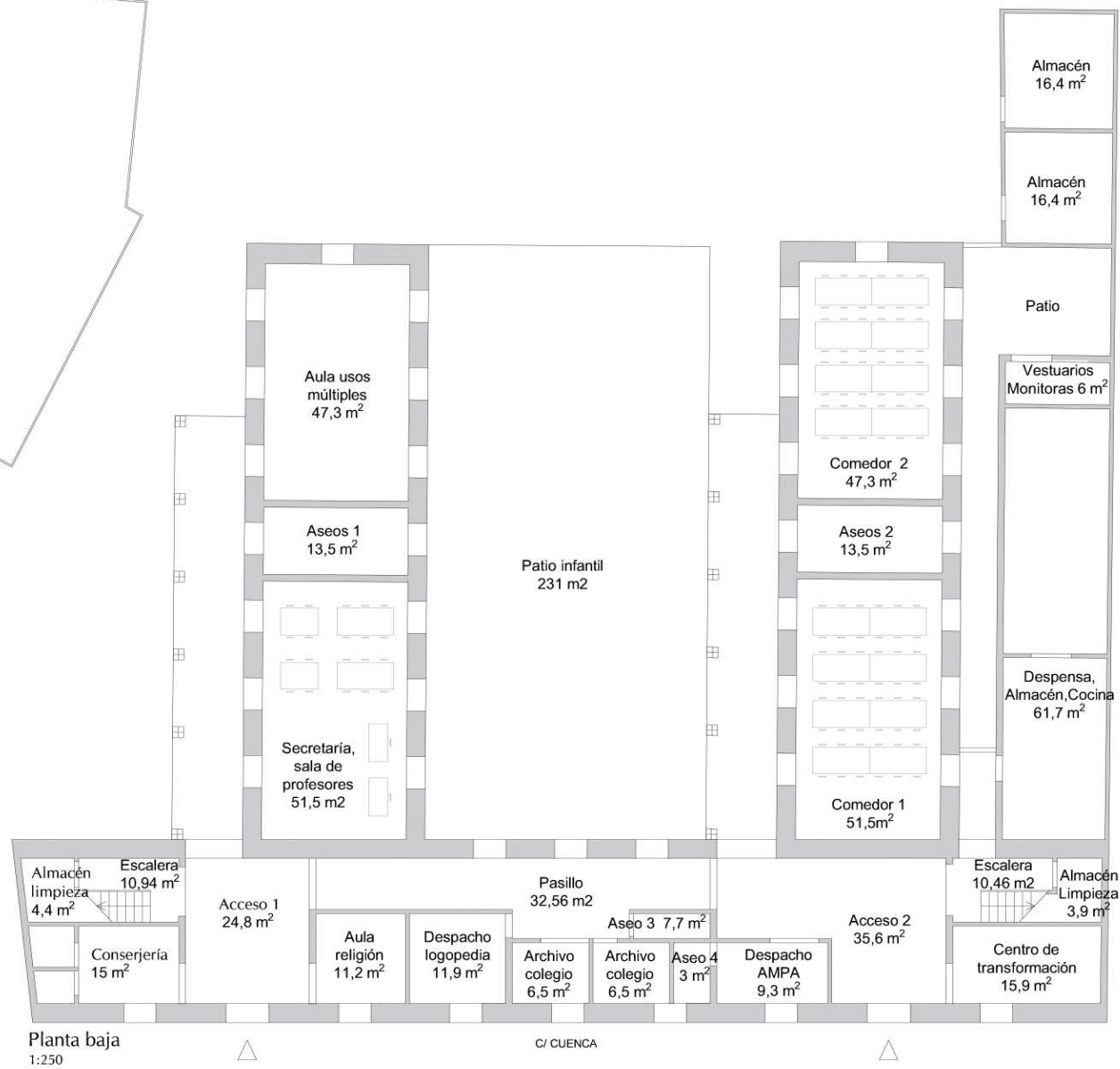
Índice de planos de los colegios estudiados

Colegio	Plano
B.II _ Luis Vives	01.1. Distribución planta baja 01.2. Distribución planta primera
C1.I _ José Senent	02.1. Distribución 02.2. Alzados y secciones
C1.II _ Salvador Tuset	03.1. Distribución planta baja y primera 03.2. Alzados 03.3. Secciones
C1.III _ Les Arenes	04.1. Distribución planta baja 04.2. Distribución planta primera 04.3. Distribución planta segunda 04.4. Alzados 04.5. Secciones
C2-II_ Primer Marqués del Turia	05.1. Distribución 05.2. Alzados y secciones
C2-III _ Torrefiel (ampliación)	06.1. Distribución y emplazamiento 06.2. Distribución y alzados 06.3. Secciones
D.I y II _ Magisterio español	07.1. DI_ Distribución, alzados y secciones 08.1. DII_ Distribución planta baja 08.2. DII_ Distribución planta primera 08.3. Alzados y secciones
D.II_ Villar Palasí	09.1. Distribución 09.2. Alzados y secciones
E1. I _ Bartolomé Cossio (ed. infantil)	10.1. Distribución, alzados y secciones
E1.II _ Carles Salvator	11.1 Distribución planta baja y primera 11.2. Alzados y secciones
E1.III _ Eliseo Vidal	12.1. Distribución p. baja y emplazamiento 12.2. Distribución planta primera y segunda 12.3. Alzados 12.4. Secciones
E2.II _ Profesor Ramiro Jover	13.1. Distribución planta baja 13.2. Distribución planta primera 13.3. Alzados 13.4. Secciones
E2.III _ Mestalla	14.1. Distribución p. baja y emplazamiento 14.2. Distribución p. primera y segunda 14.3. Alzados 14.4. Secciones

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

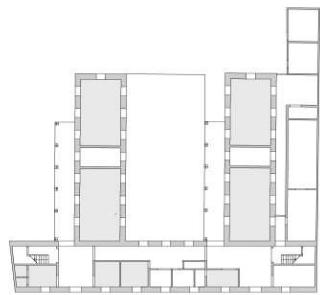


Plano de emplazamiento
1:1000

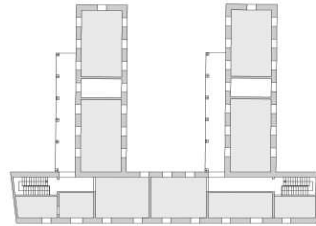


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

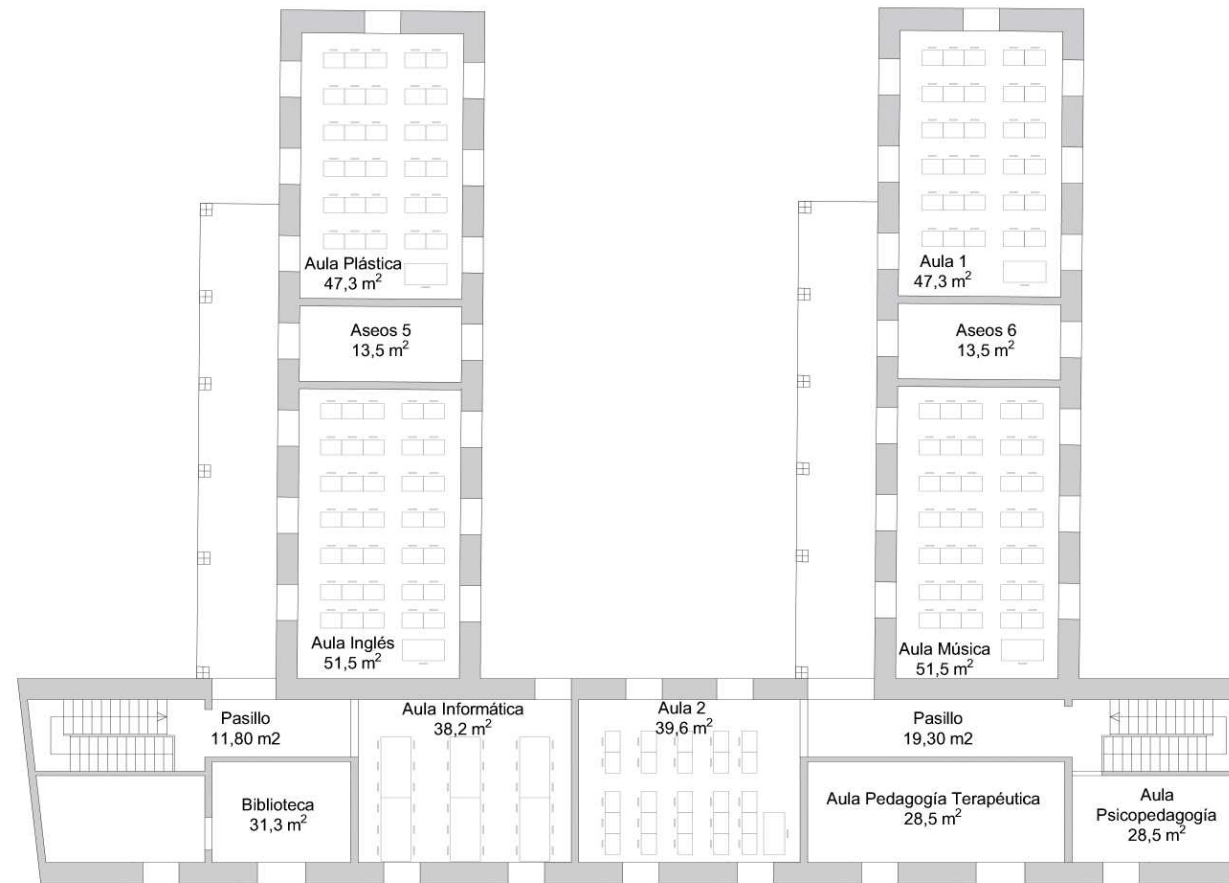
Colegio: B-II CEIP LUIS VIVES e: Como se indica
 Plano: Distribución planta baja y emplazamiento 01.1



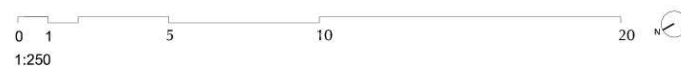
Esquema de superficie calefactada PB



Esquema de superficie calefactada P1



Planta primera
1:250



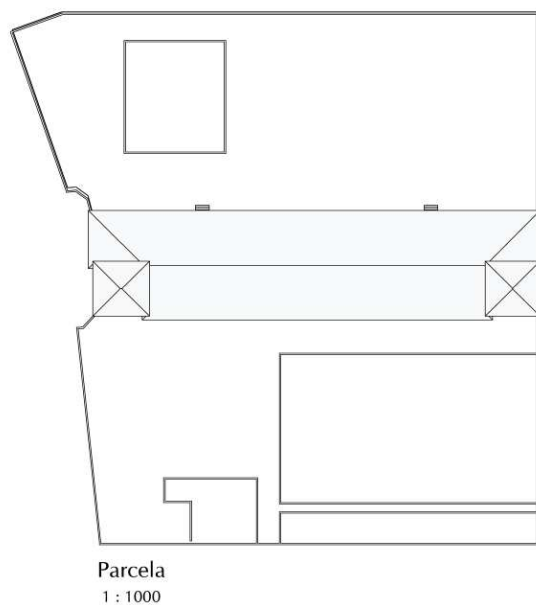
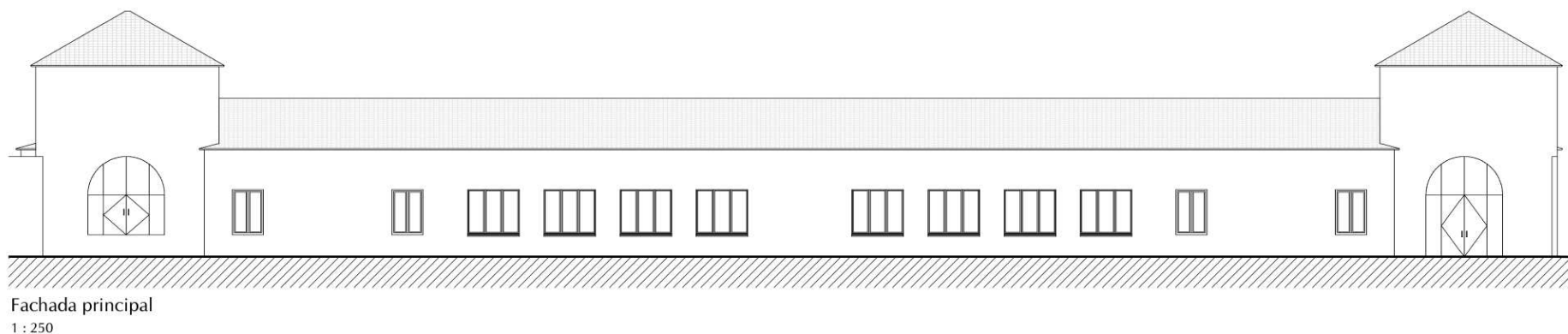
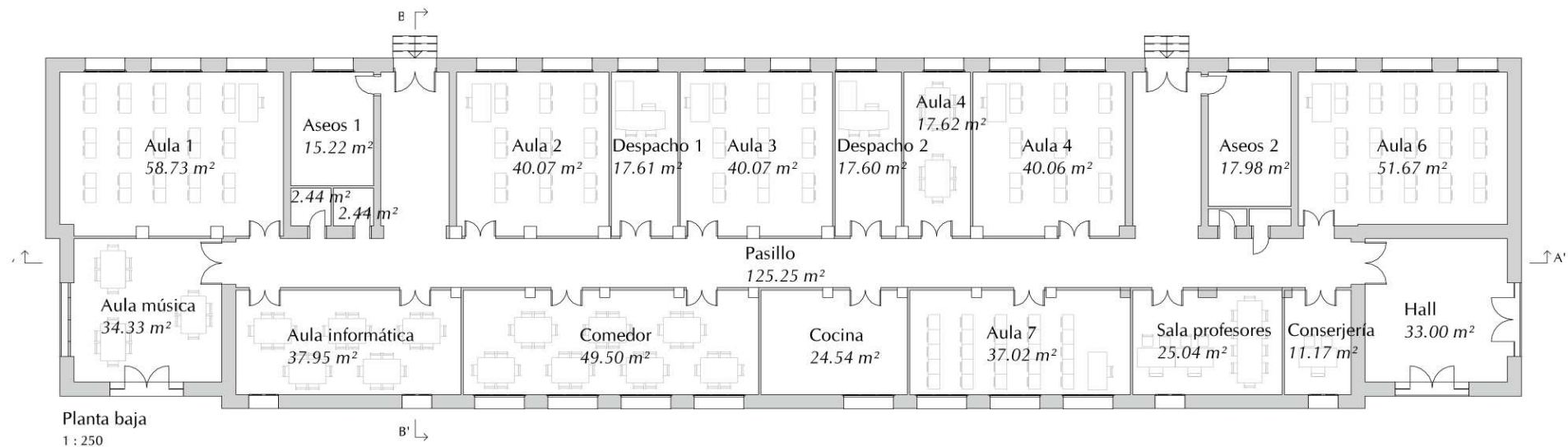
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: B-II CEIP LUIS VIVES

e: Como se indica

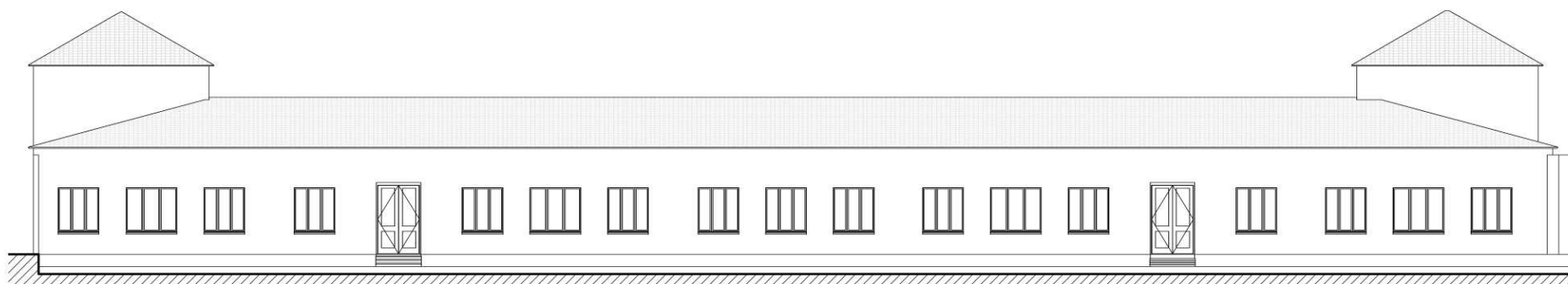
Plano: Distribución planta primera

01.2

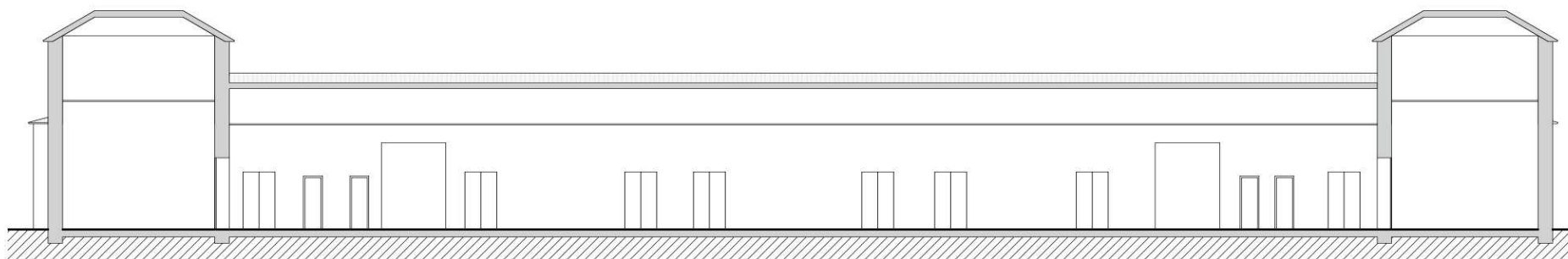


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

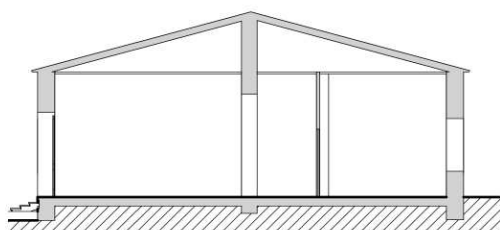
Colegio: C1-I CEIP JOSÉ SENENT e: Como se indica
Plano: Distribución, emplazamiento y alzados 02.1



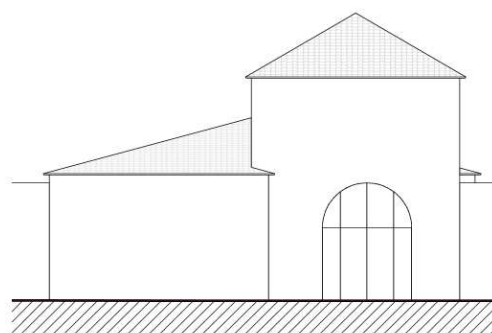
Fachada posterior
1 : 250



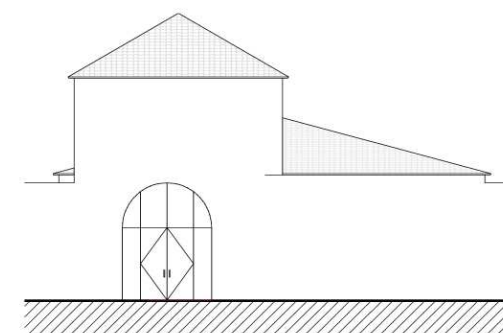
Sección longitudinal A-A
1 : 250



Sección transversal B-B
1 : 250



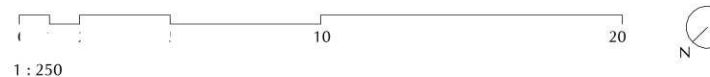
Alzado laterel izquierdo
1 : 250



Alzado lateral derecho
1 : 250



Esquema de superficie calefactada



1 : 250

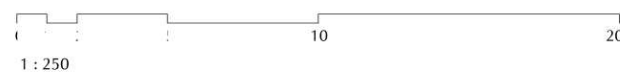
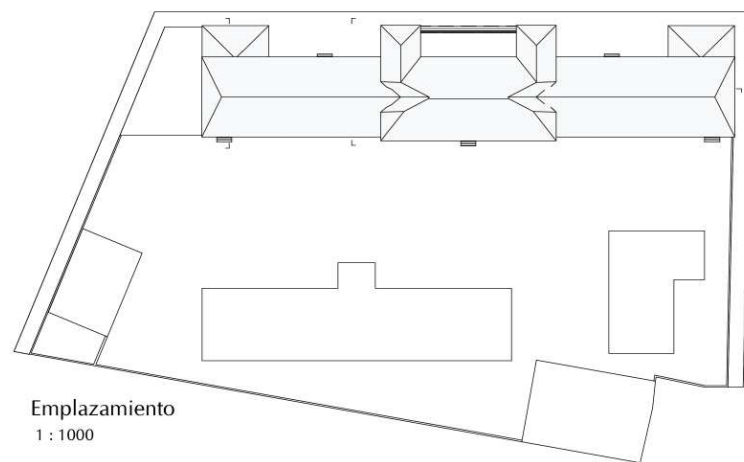
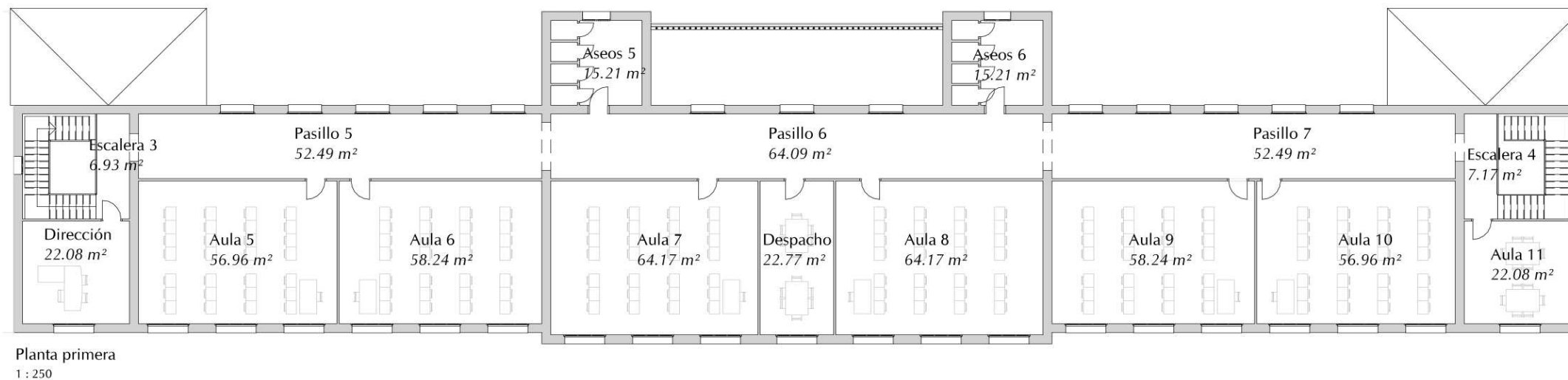
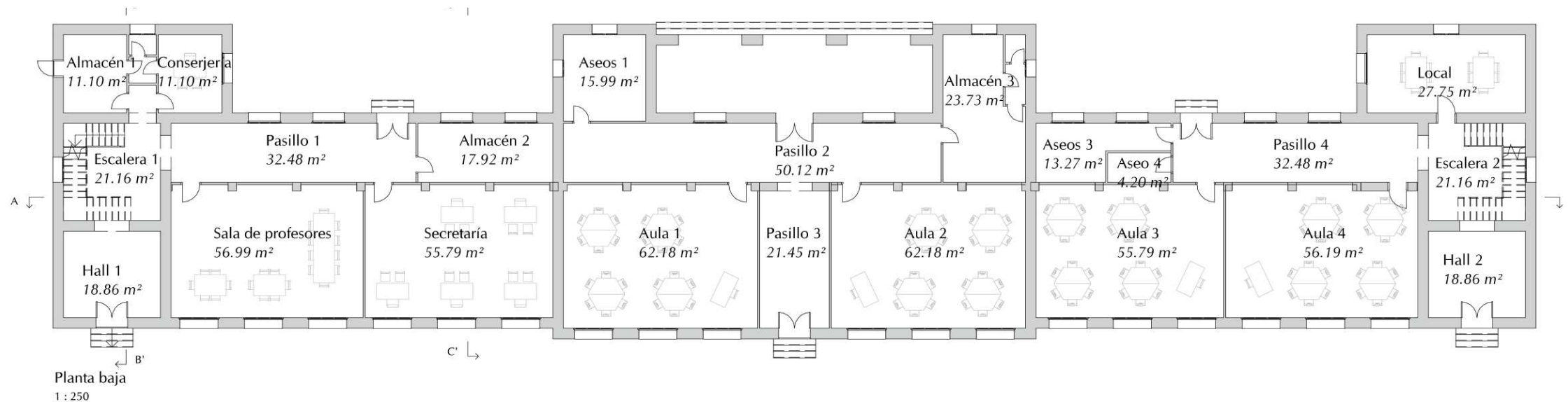
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: C1-I CEIP JOSÉ SENENT

e: Como se indica

Plano: Alzados y secciones

02.2



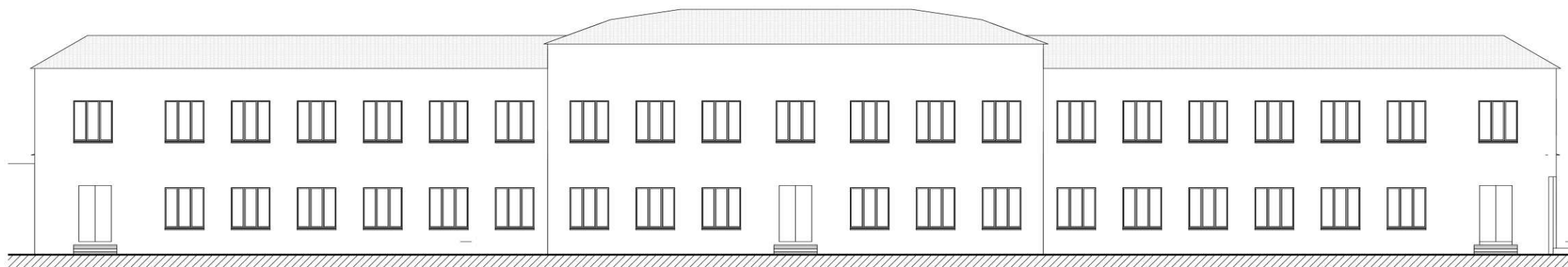
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: C1-II CEIP SALVADOR TUSET

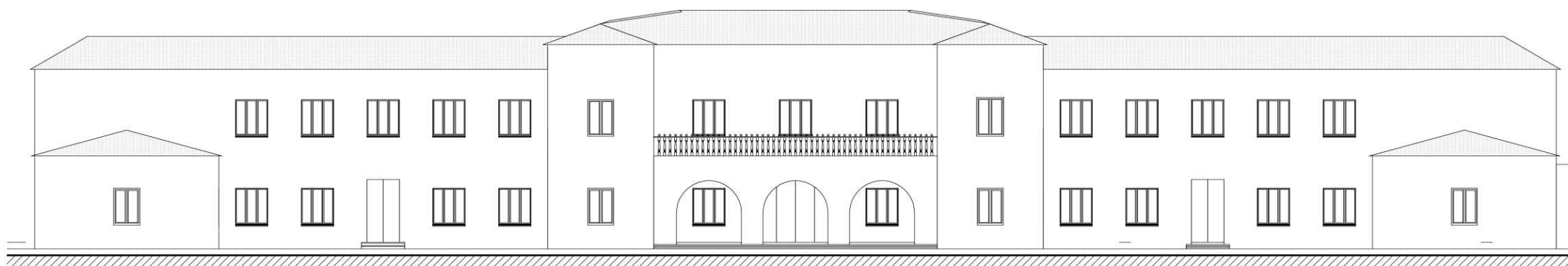
e: Como se indica

Plano: Distribución y emplazamiento

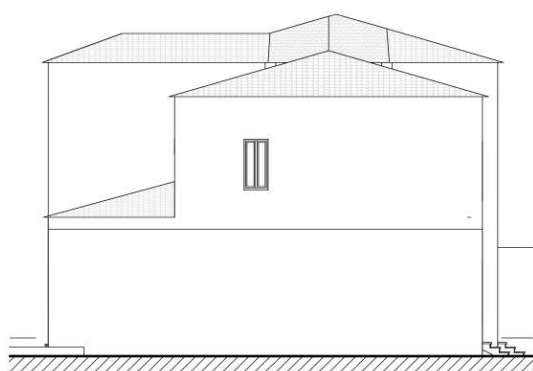
03.1



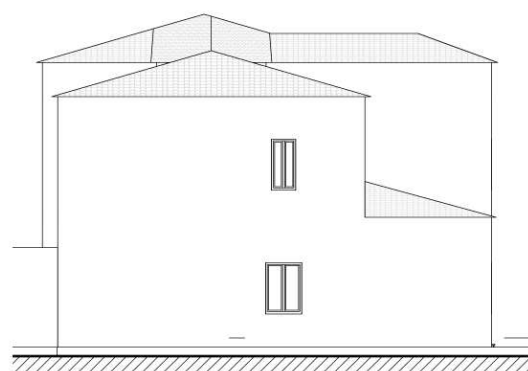
Fachada principal
1 : 250



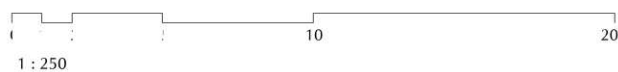
Fachada posterior
1 : 250



Alzado lateral izquierdo
1 : 250



Alzado lateral derecho
1 : 250



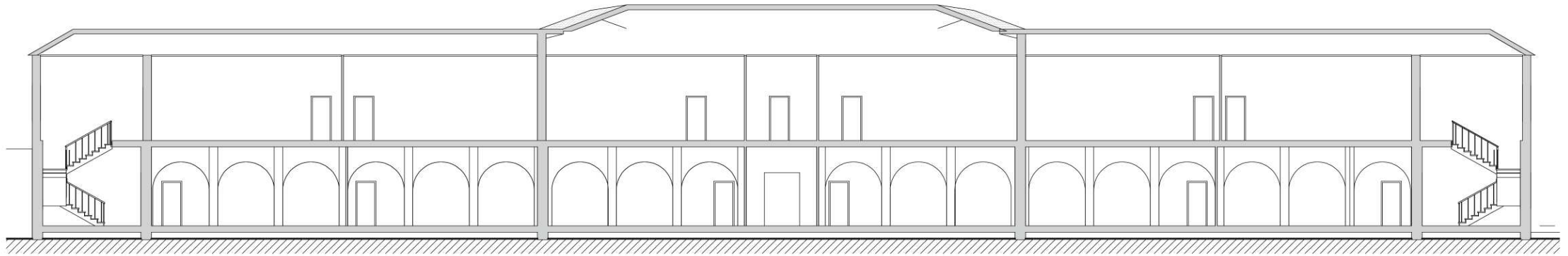
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: C1-II CEIP SALVADOR TUSET

e:1 : 250

Plano: Alzados

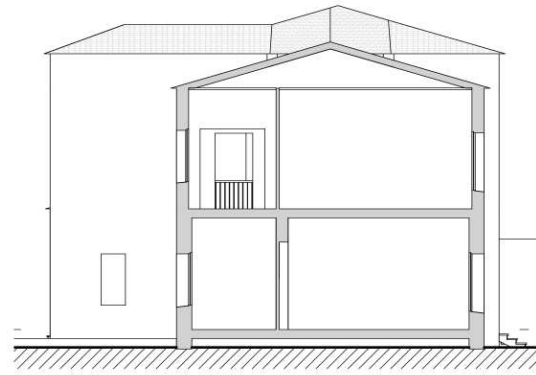
03.2



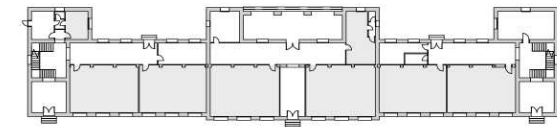
Sección longitudinal A-A
1 : 250



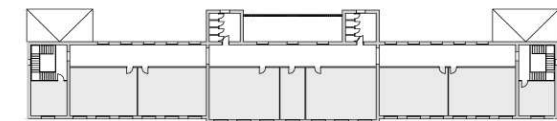
Sección transversal B-B
1 : 250



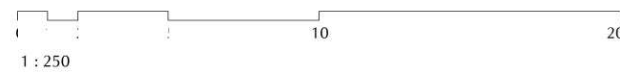
Sección transversal C-C'
1 : 250



Esquema de superficie calefactada PB



Esquema de superficie calefactada P1



Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: C1-II CEIP SALVADOR TUSET

e: Como se indica

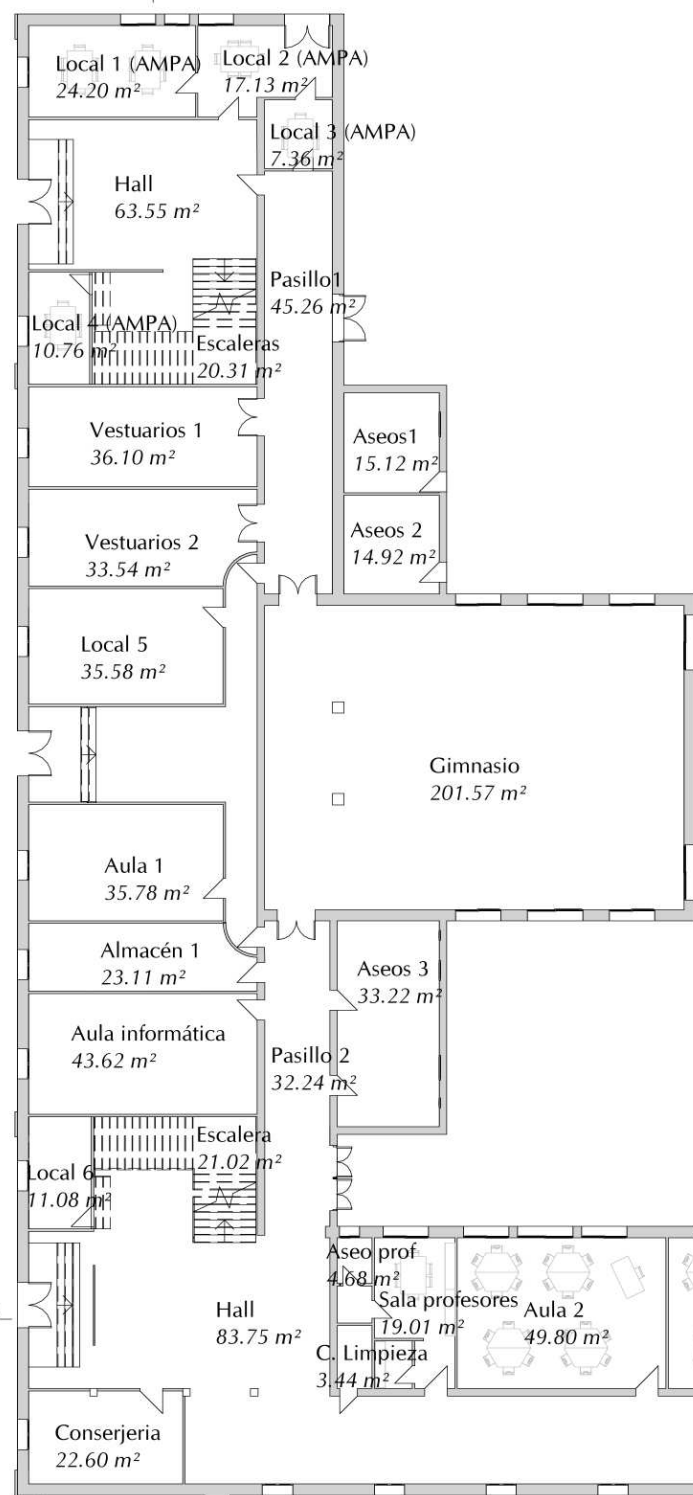
Plano: Secciones

03.3

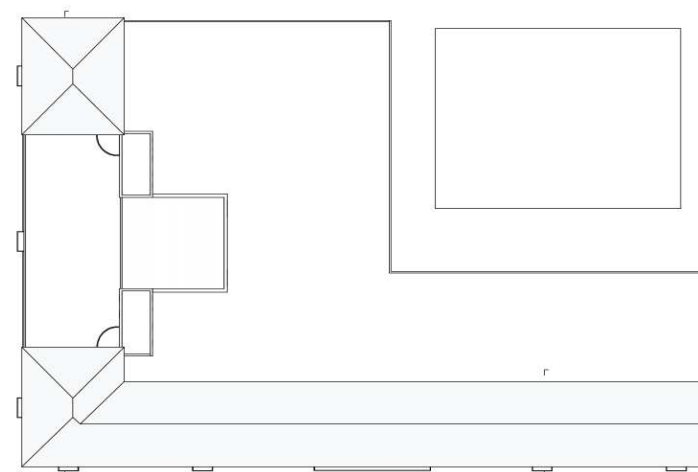
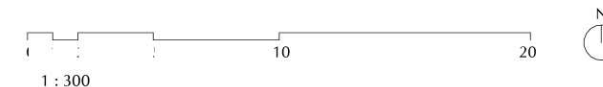
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: C1-III CEIP LES ARENES e: Como se indica

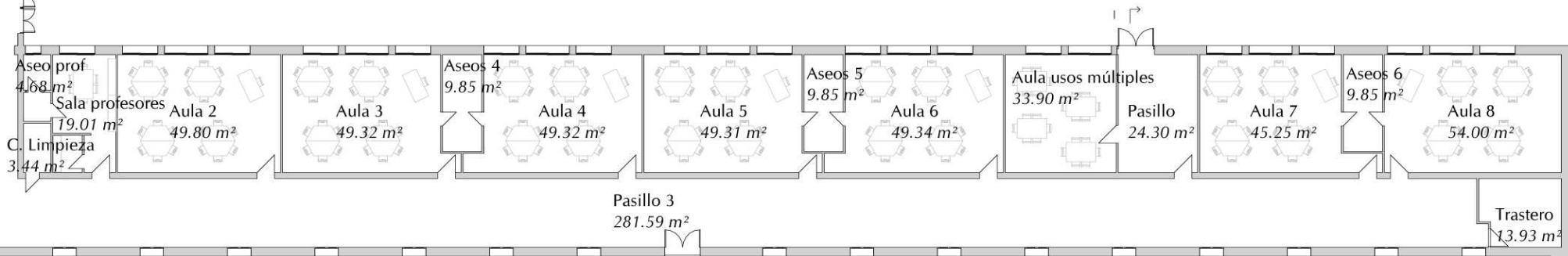
Plano: Distribución P. Baja, emplazamiento 04.1



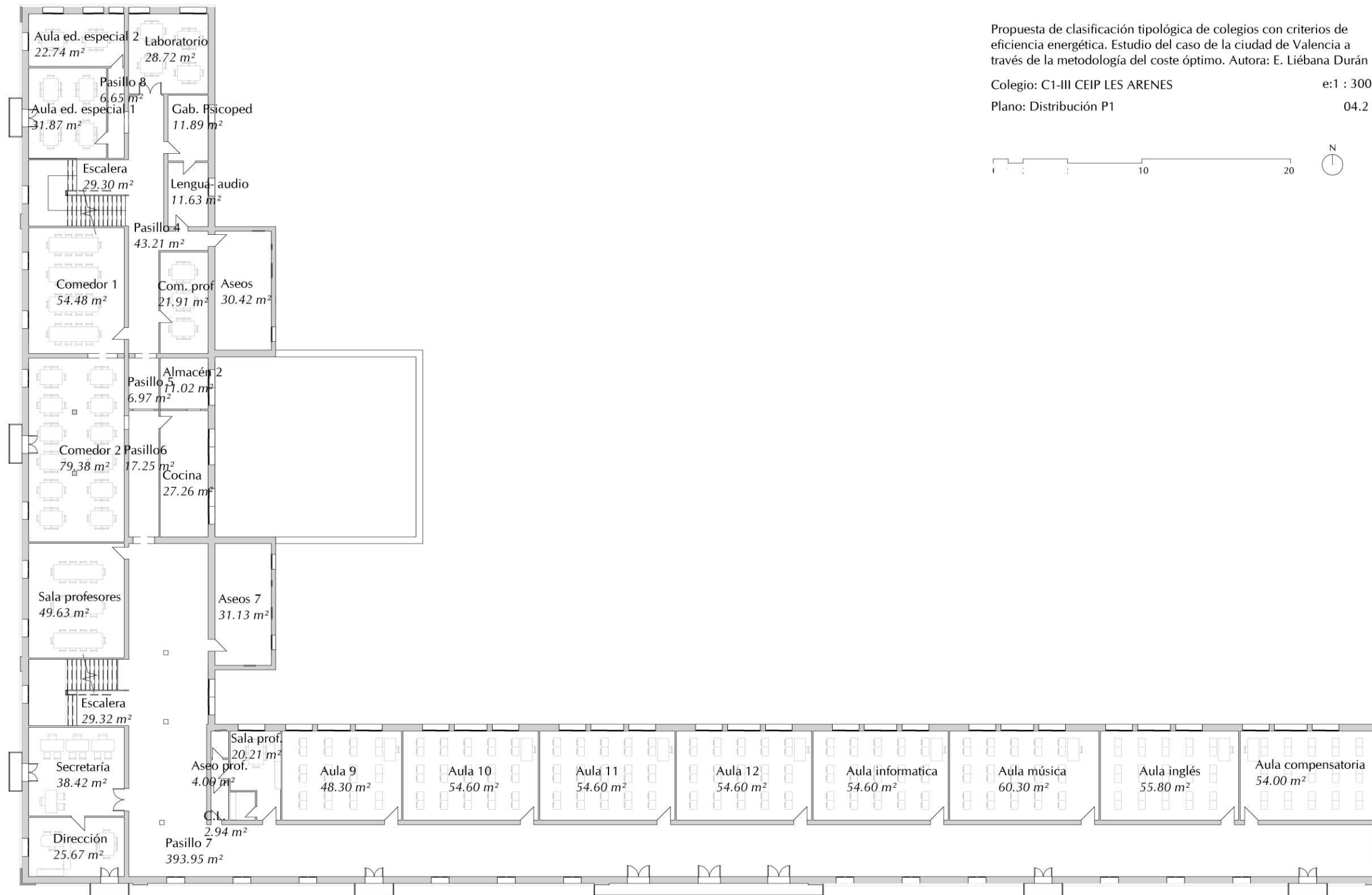
Planta baja
1 : 300



Emplazamiento
1 : 1000



B' ↘



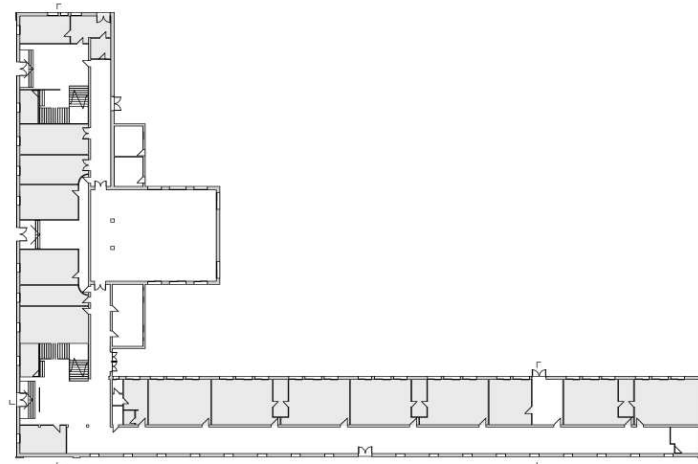
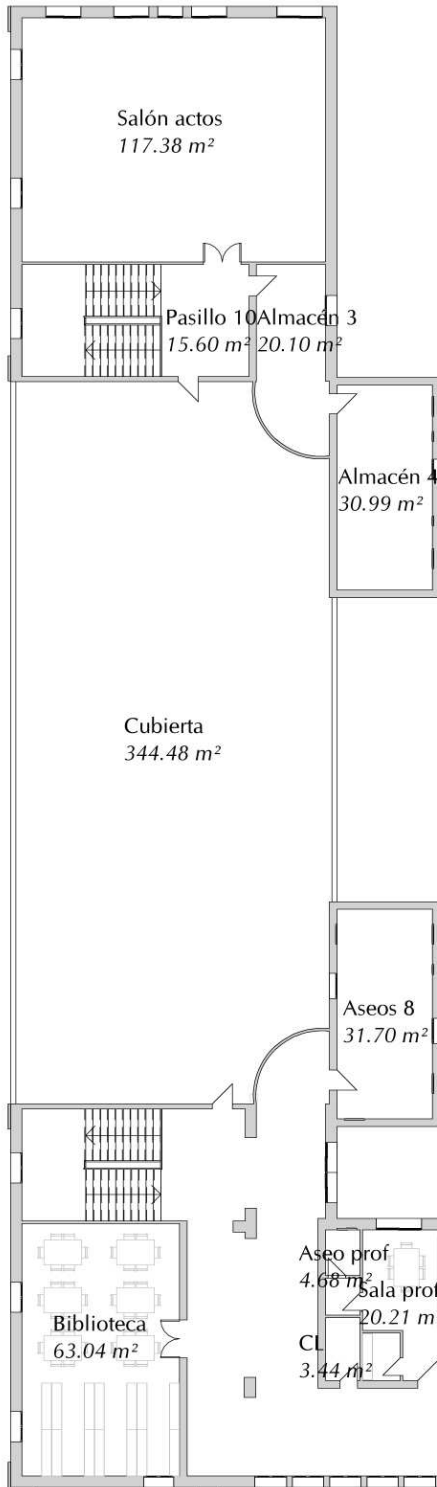
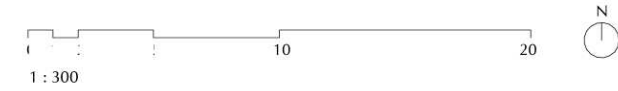
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: C1-III CEIP LES ARENES

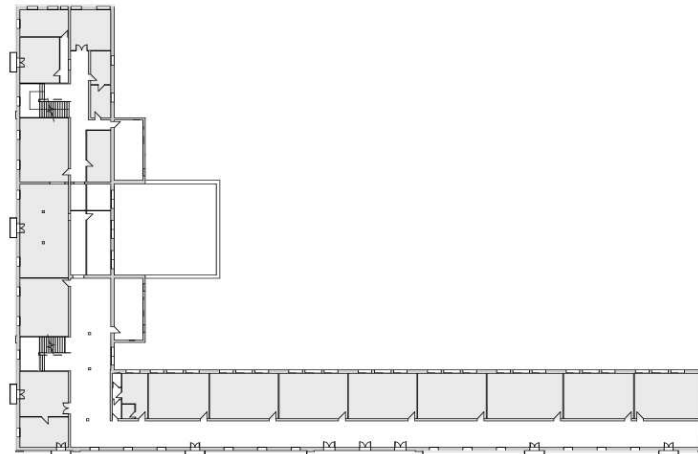
e: Como se indica

Plano: Distribución P2

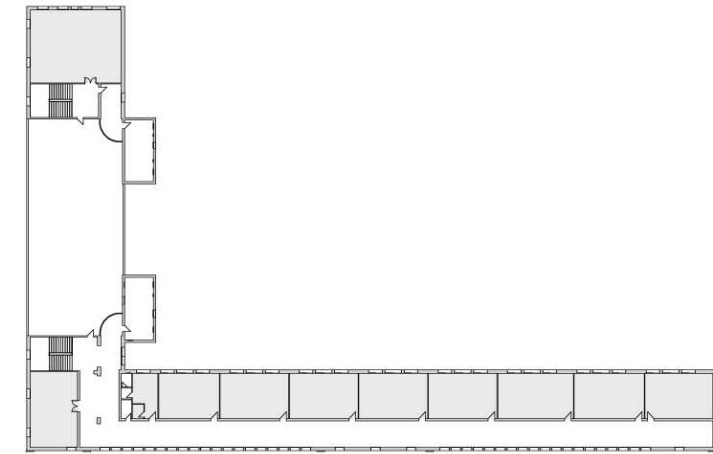
04.3



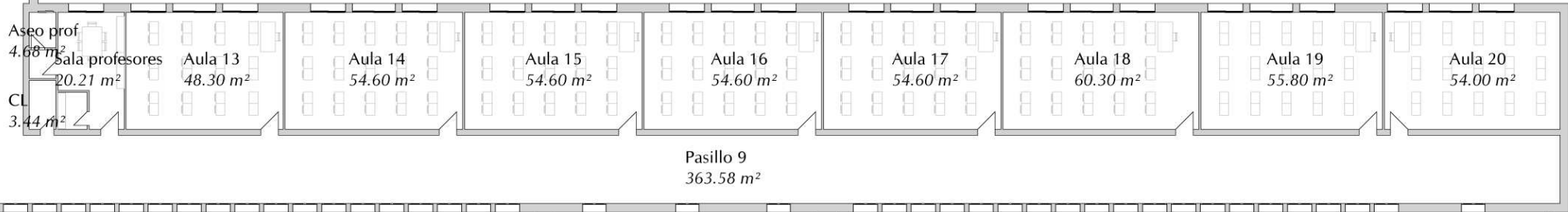
Esquema de superficie calefactada PB
1 : 1000



Esquema de superficie calefactada P1
1 : 1000



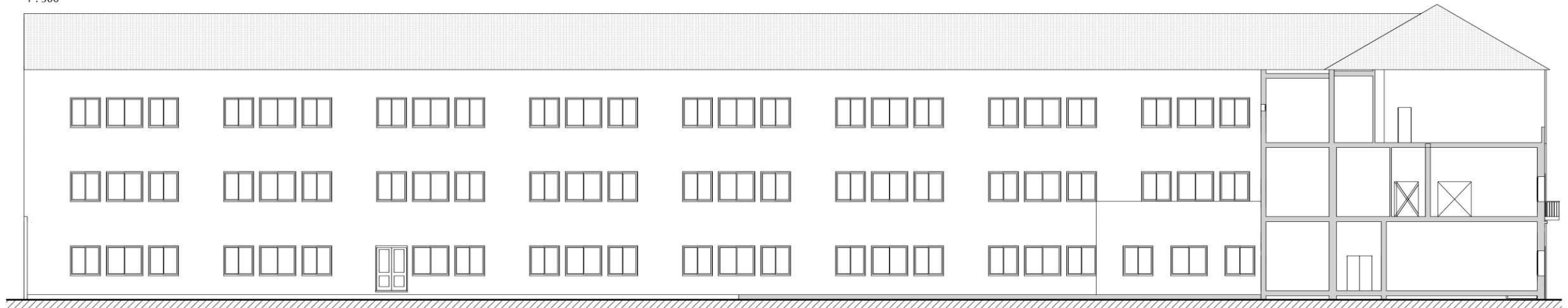
Esquema de superficie calefactada P2
1 : 1000



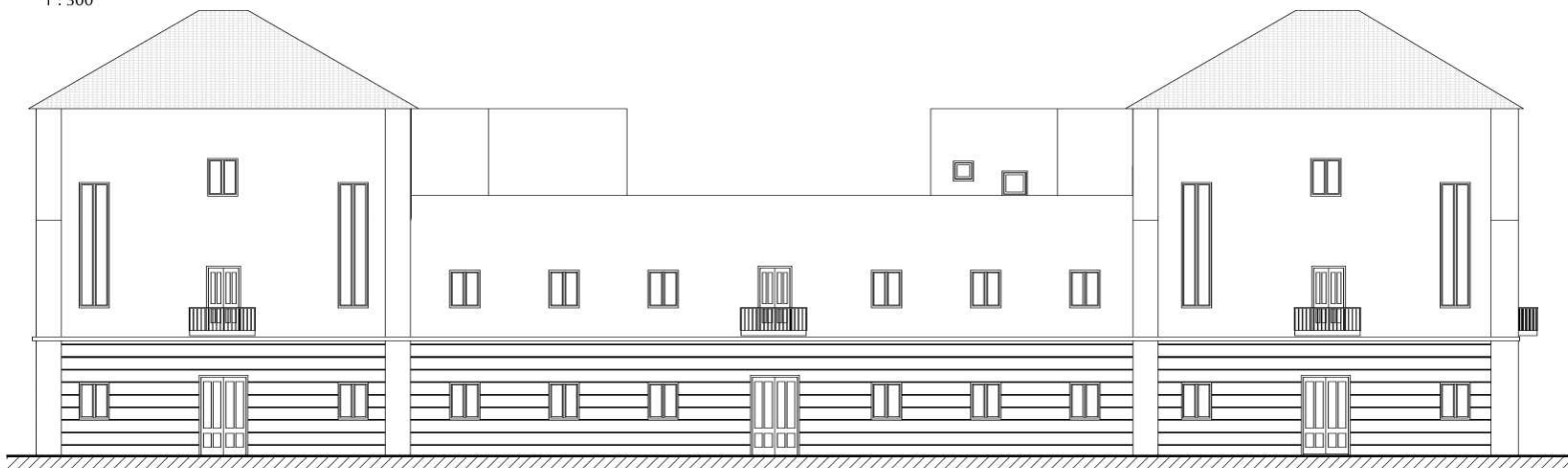
Planta segunda
1:300



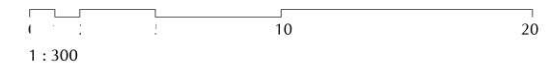
Fachada principal
1 : 300



Fachada posterior
1 : 300



Fachada lateral
1 : 300



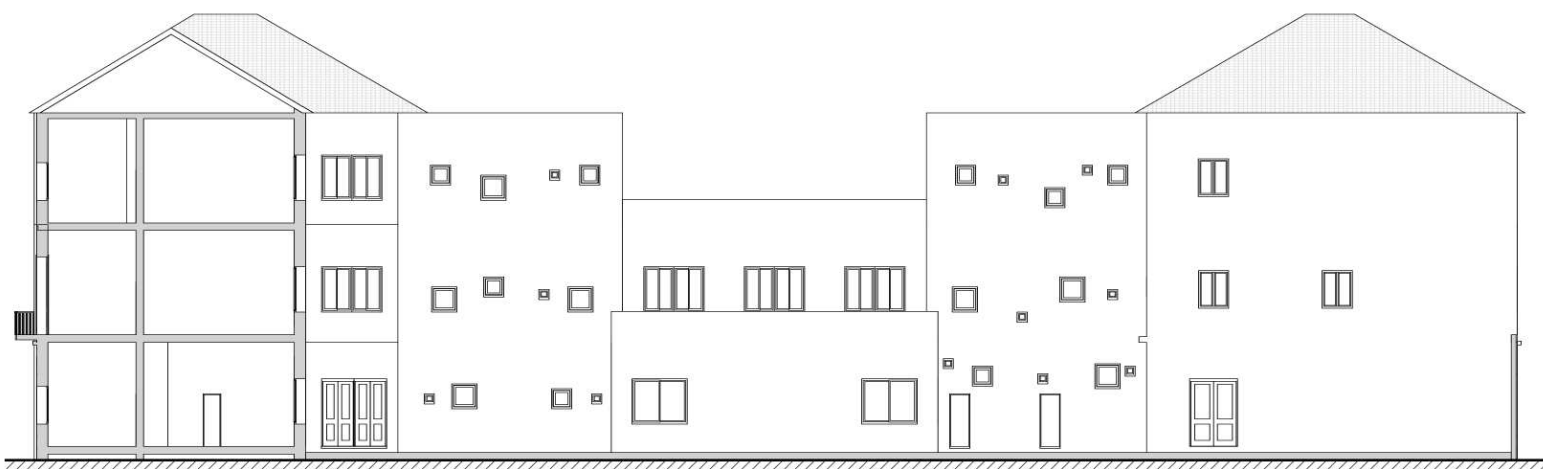
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: C1-III CEIP LES ARENES

e:1 : 300

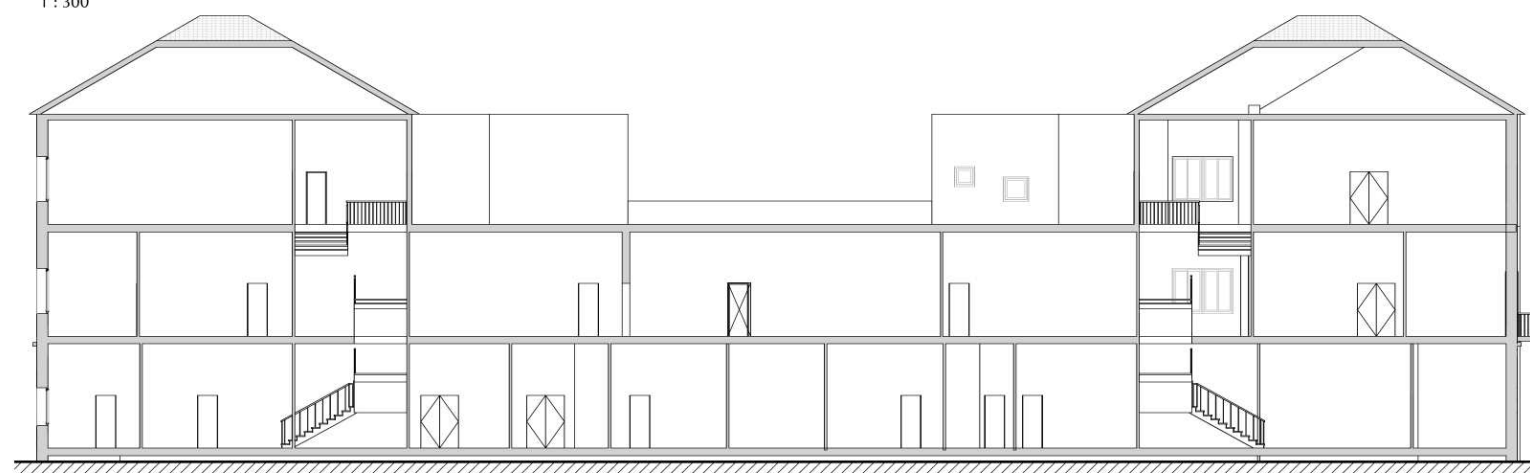
Plano: Alzados

04.4



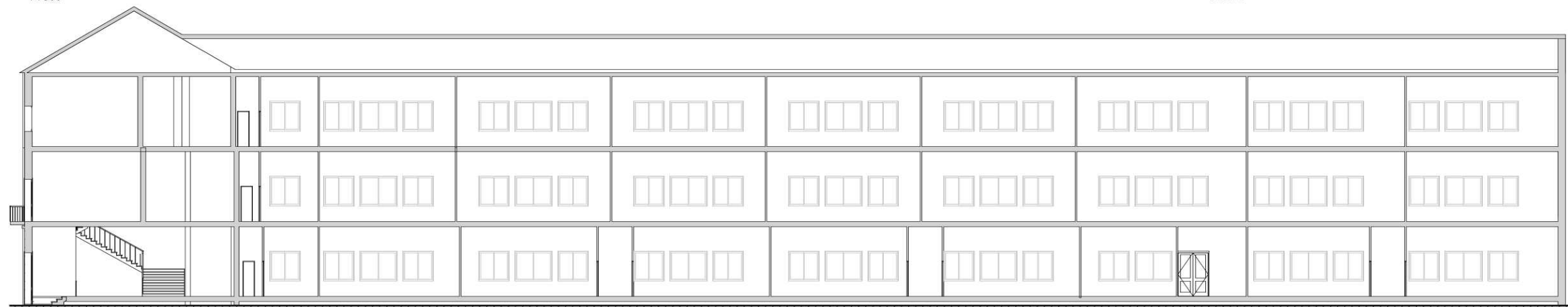
Alzado lateral derecho

1 : 300



Sección longitudinal C-C'

1 : 300



Sección longitudinal A-A

1 : 300

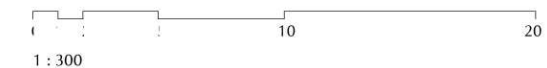
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

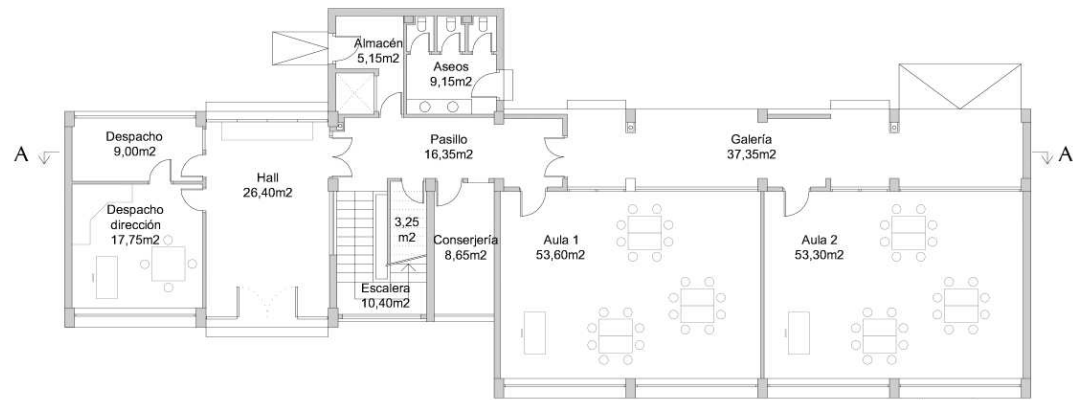
Colegio: C1-III CEIP LES ARENES

e:1 : 300

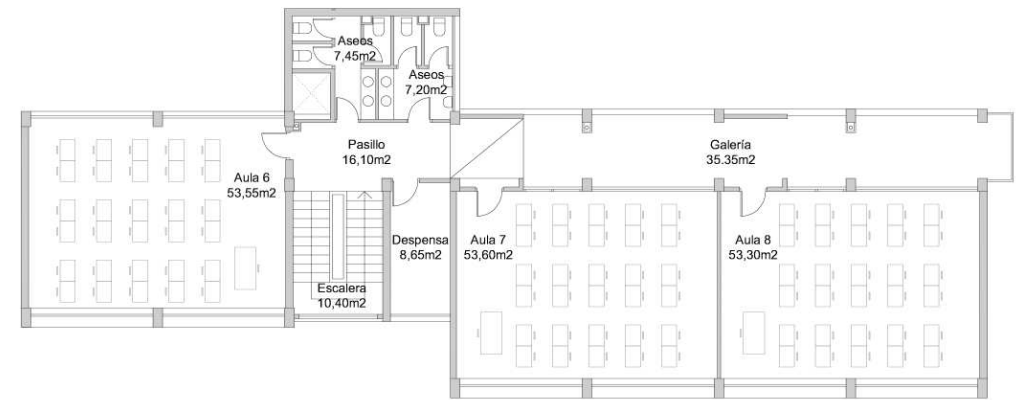
Plano: Secciones

04.5

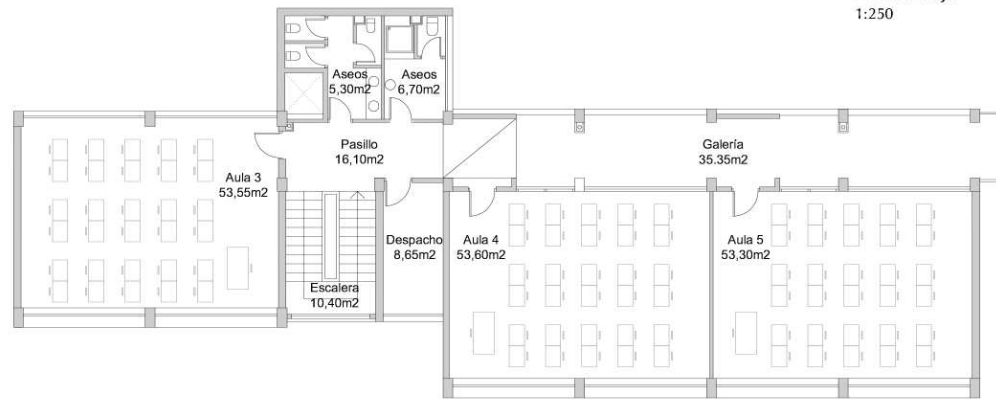




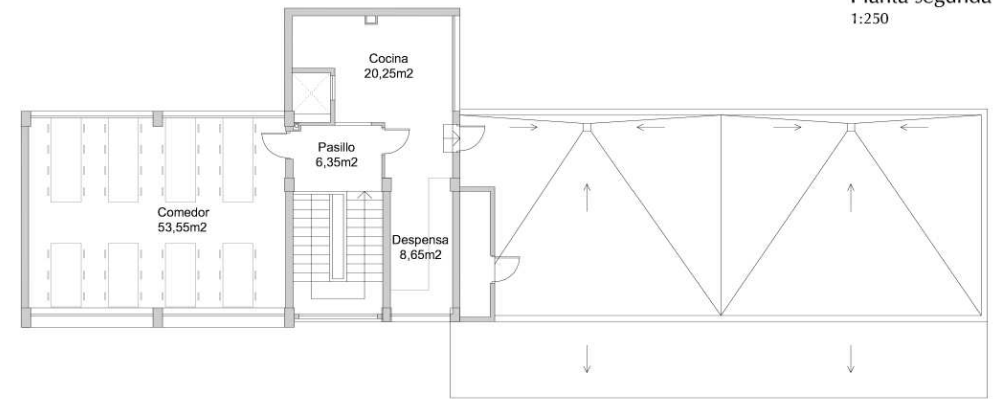
Planta baja
1:250



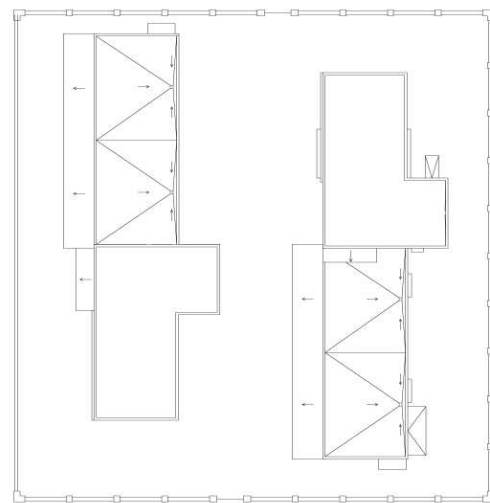
Planta segunda
1:250



Planta primera
1:250

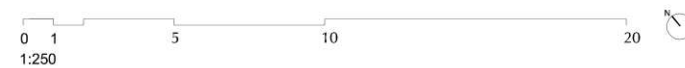
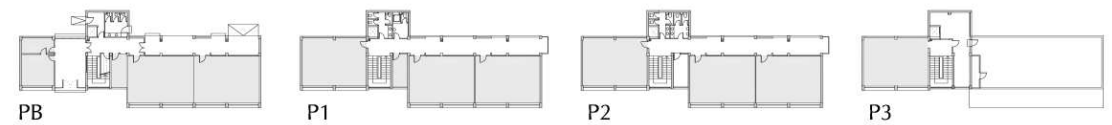


Planta tercera
1:250



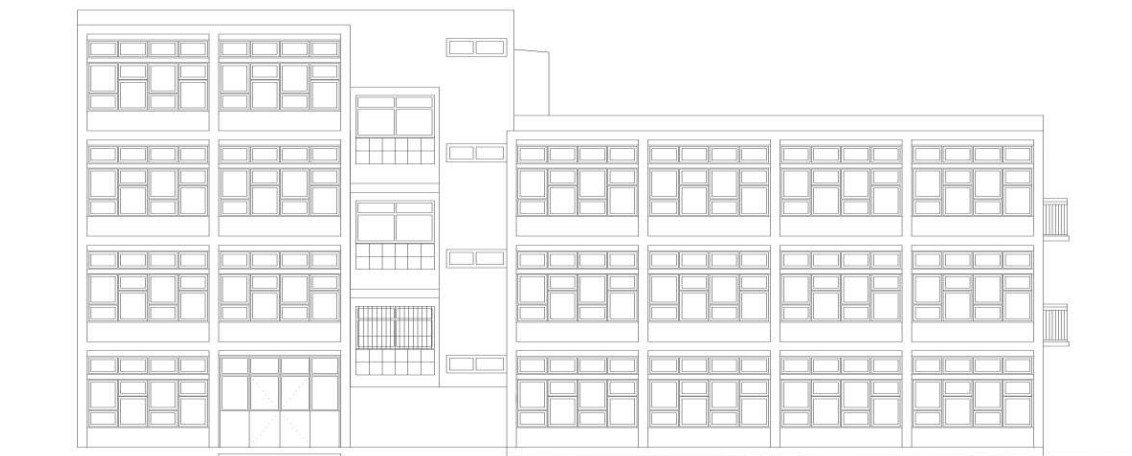
Plano de emplazamiento
1:1000

Esquemas de superficie calefactada

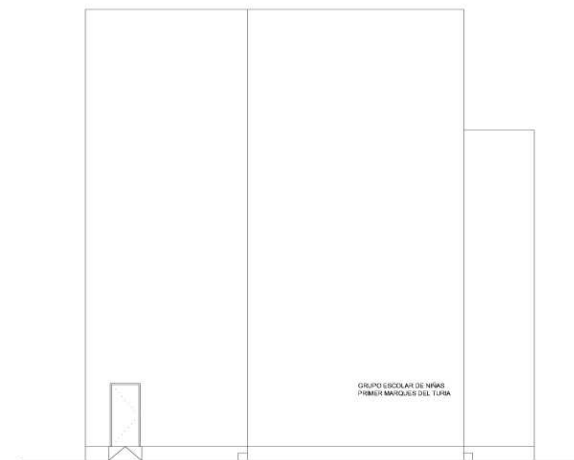


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

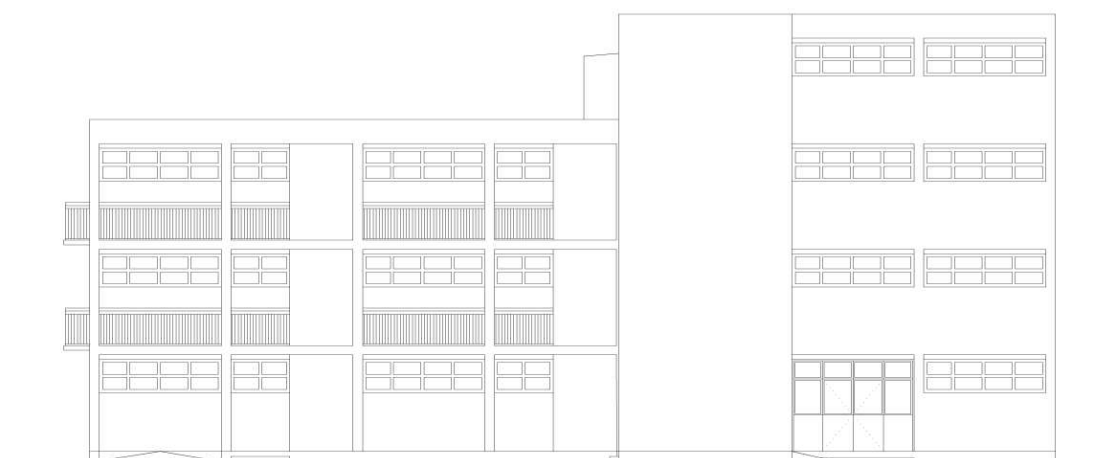
Colegio: C2-II CEIP MARQUES DEL TURIA e: Como se indica
Plano: Distribución y emplazamiento 05-1



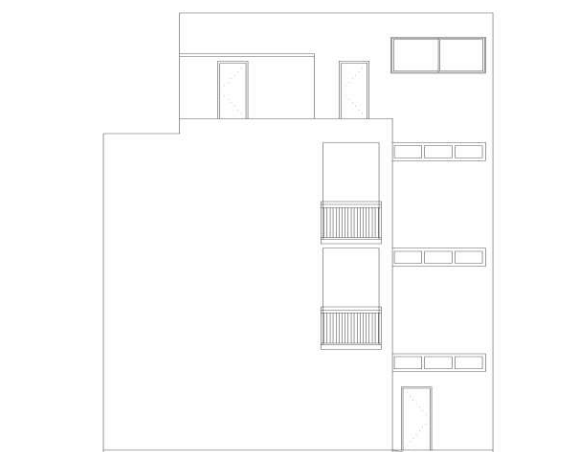
Fachada principal



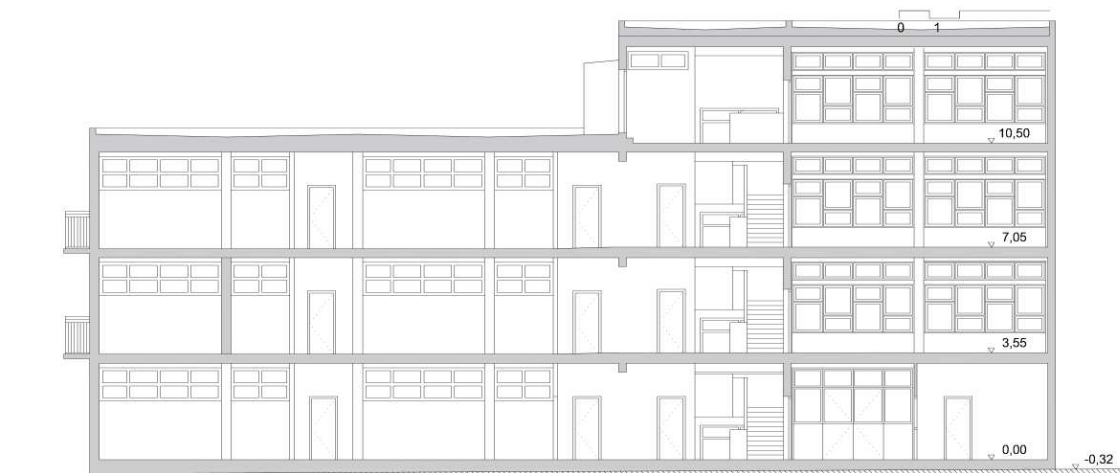
Alzado lateral NO



Fachada posterior



Alzado lateral SE



Sección A-A'

0 1 5 10 20
1:250

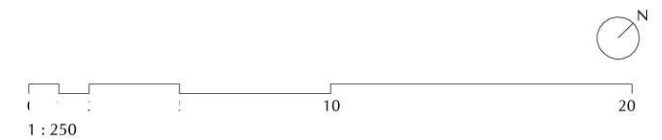
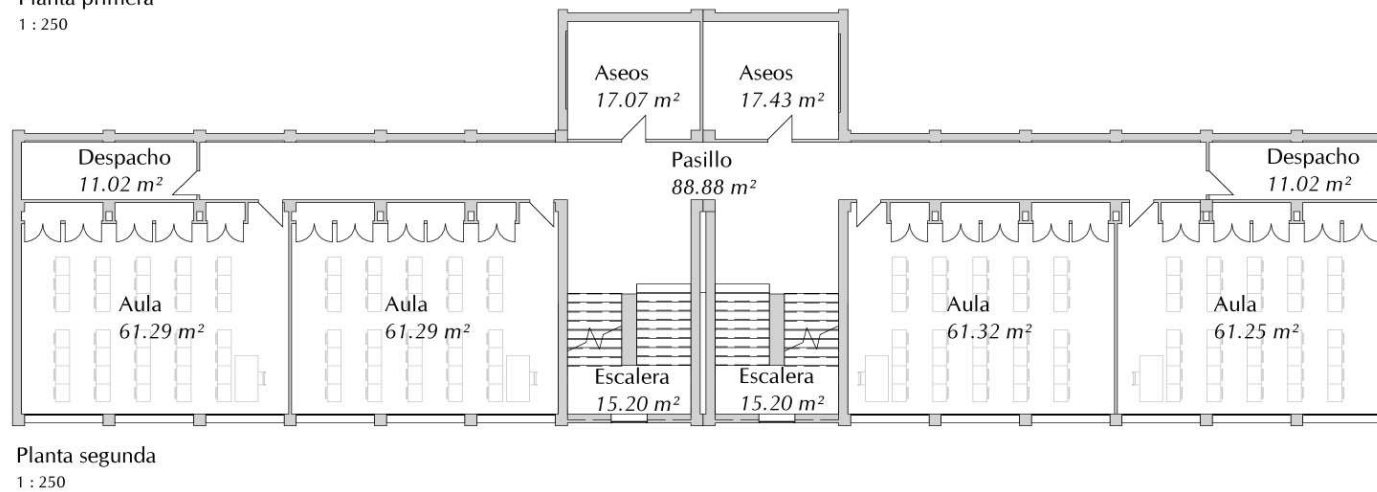
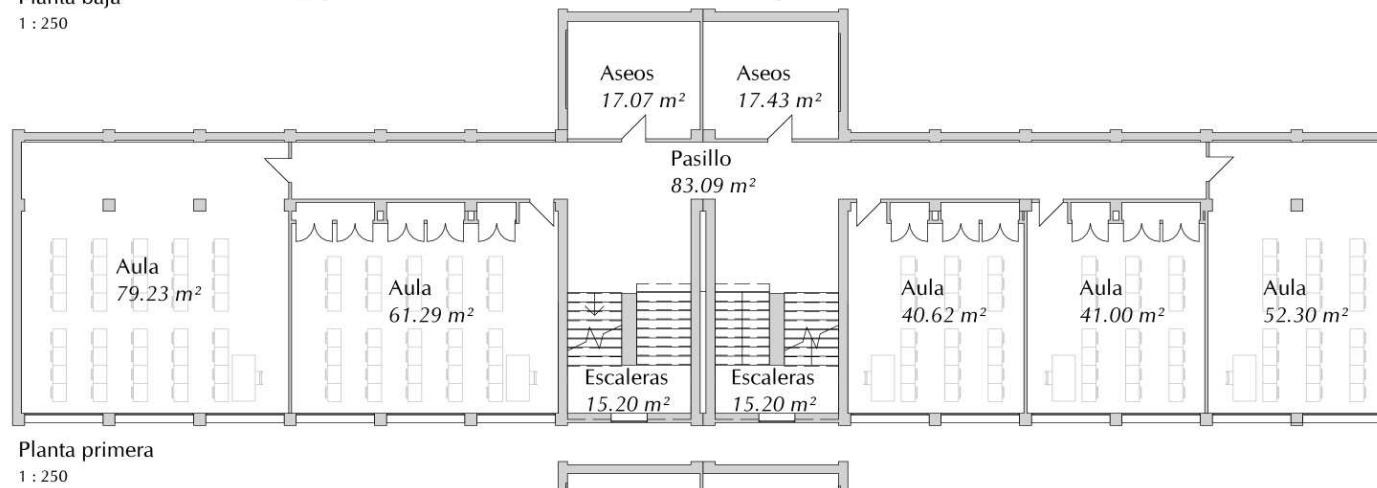
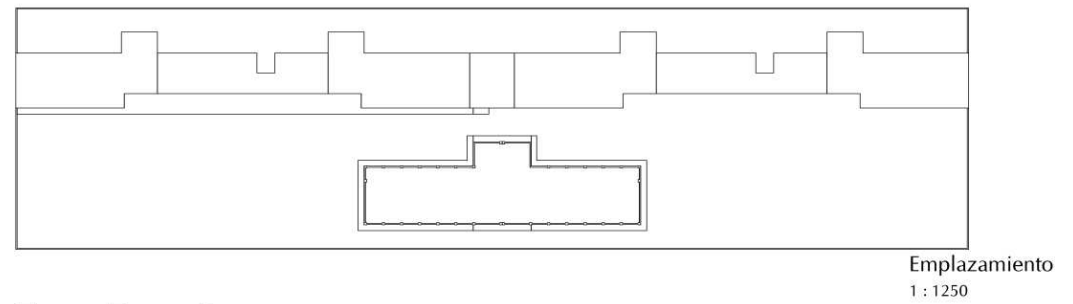
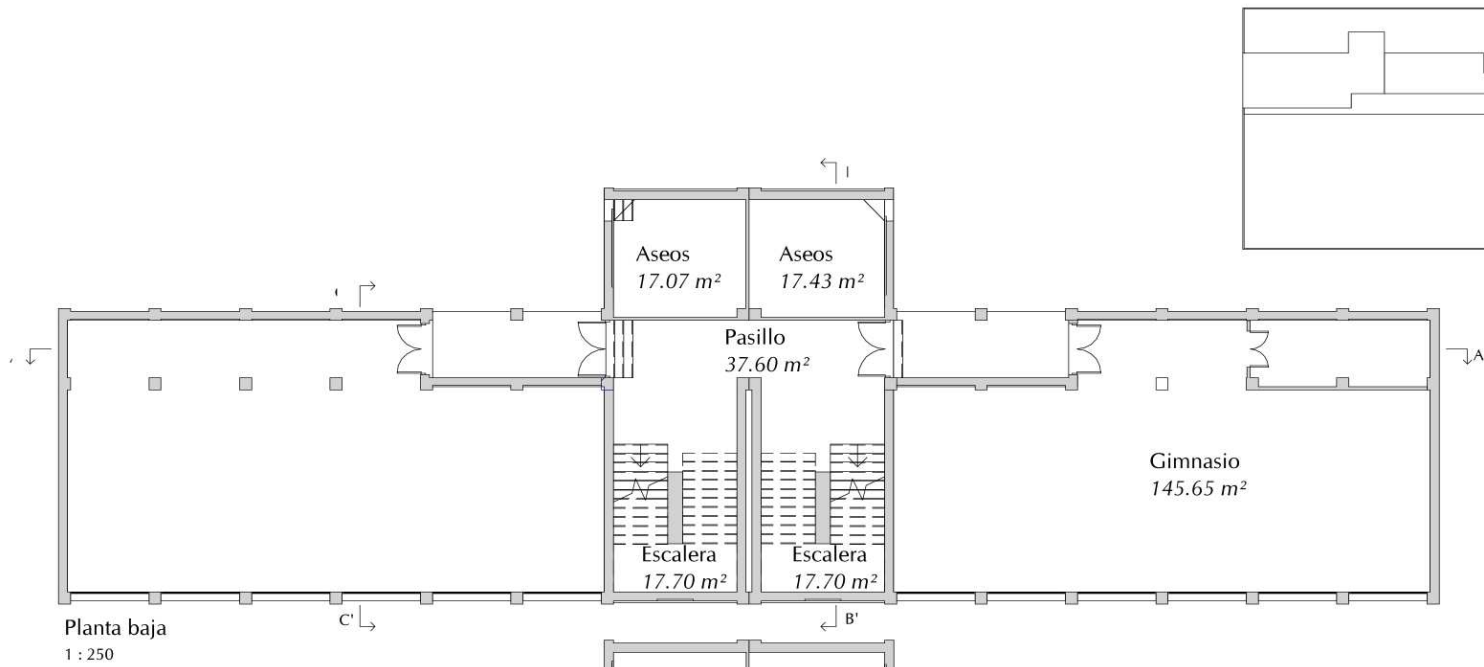
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: C2-II CEIP MARQUES DEL TURIA

e: 1/250

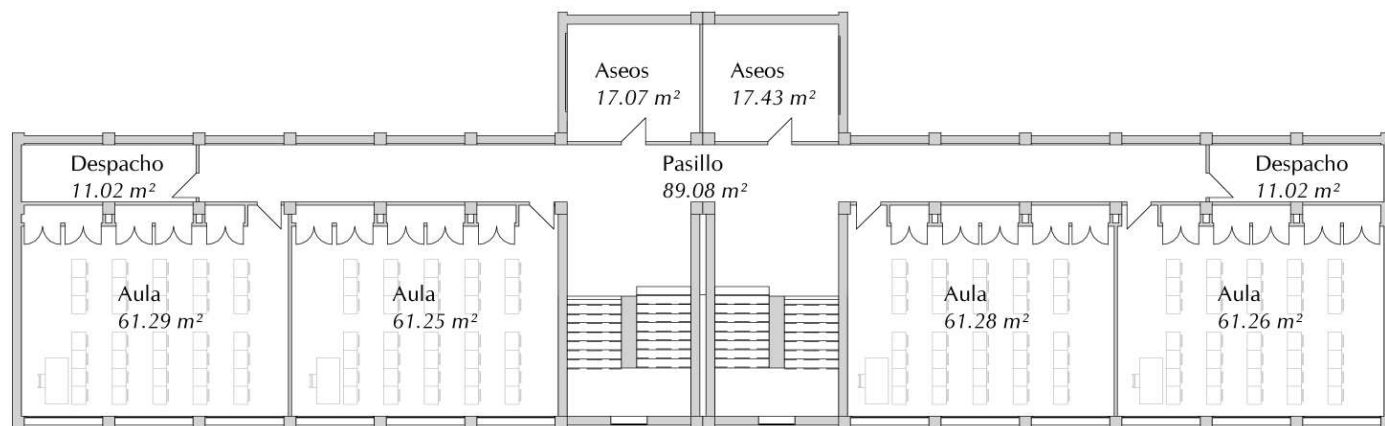
Plano: Alzados y sección

05-2

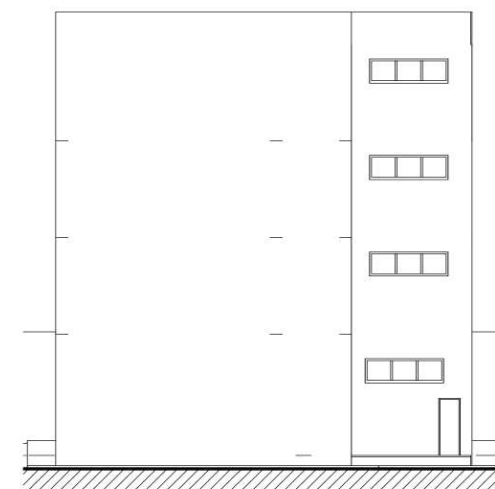


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

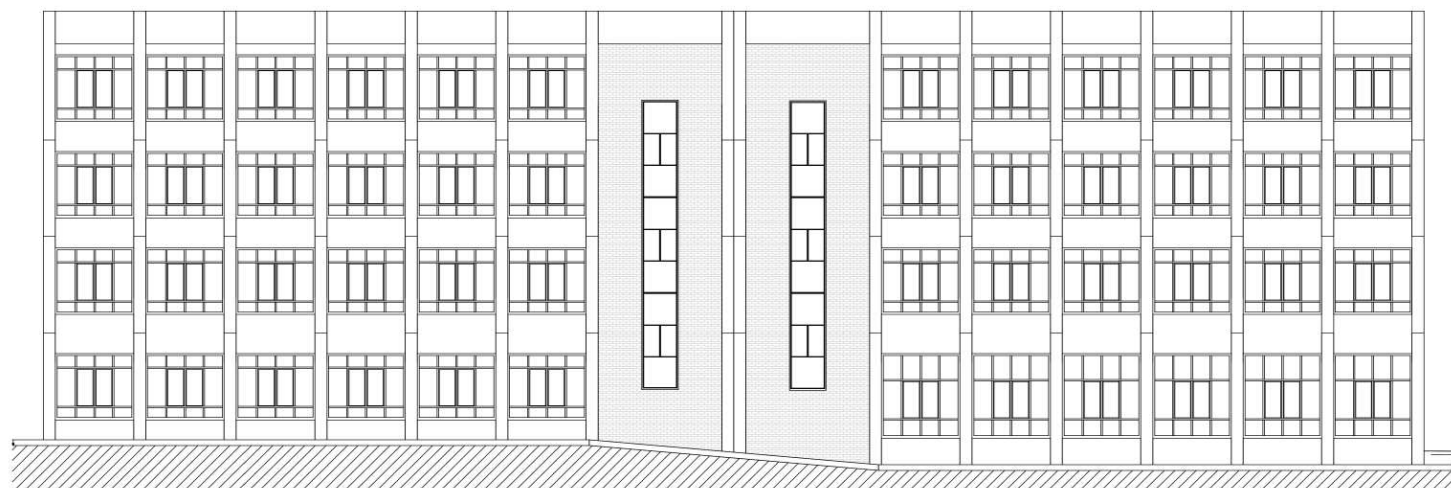
Colegio: C2- III CEIP TORREFIEL (AMPL.) e: Como se indica
Plano: Distribución y emplazamiento 06-1



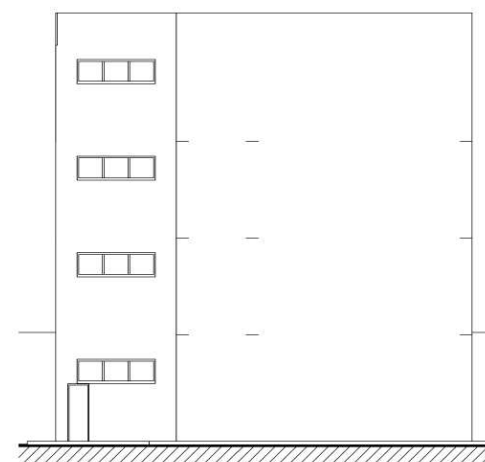
Planta tercera
1 : 250



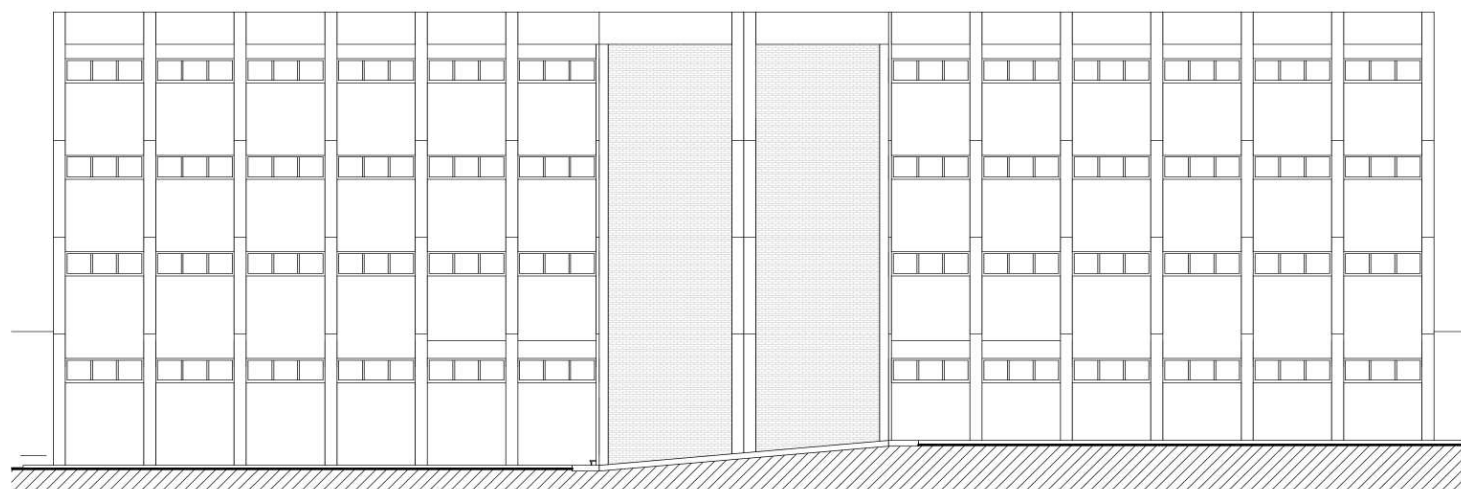
Alzado lateral derecho
1 : 250



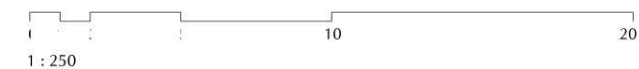
Fachada principal
1 : 250



Alzado lateral izquierdo
1 : 250



Fachada posterior
1 : 250



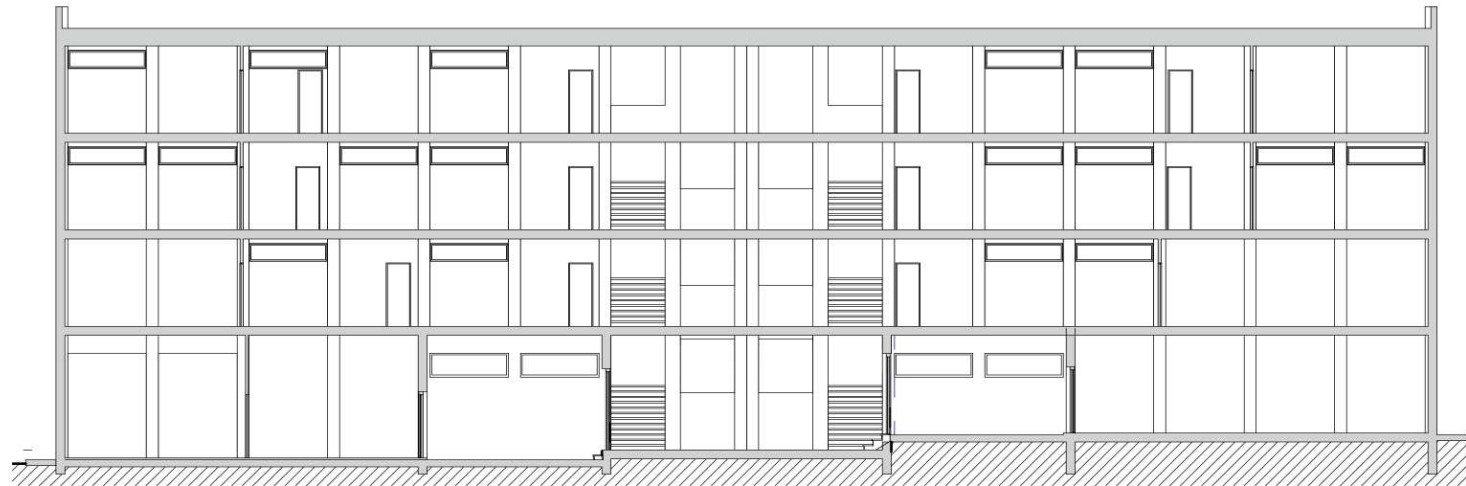
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: C2- III CEIP TORREFIEL (AMPL.)

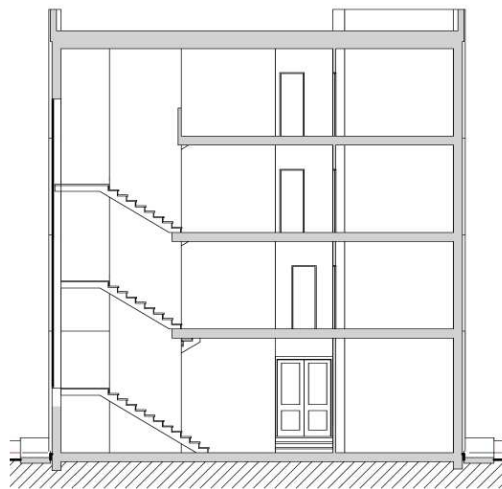
e:1 : 250

Plano: Distribución P3 y alzados

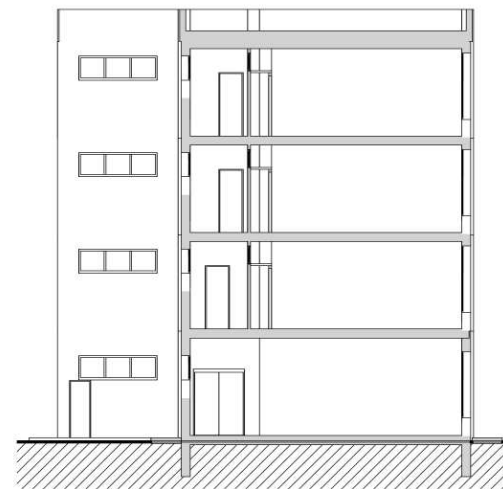
06-2



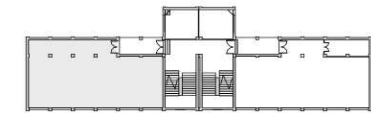
Sección longitudinal A-A
1 : 250



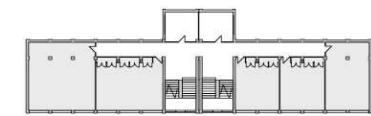
Sección transversal B-B
1 : 250



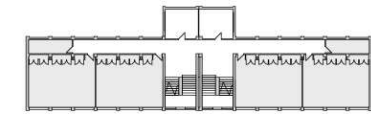
Sección transversal C-C
1 : 250



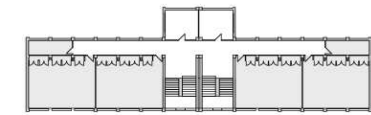
Esquema de superficie calefactada PB



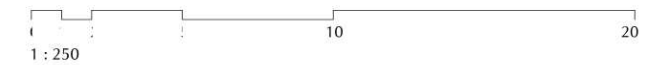
Esquema de superficie calefactada P1



Esquema de superficie calefactada P2

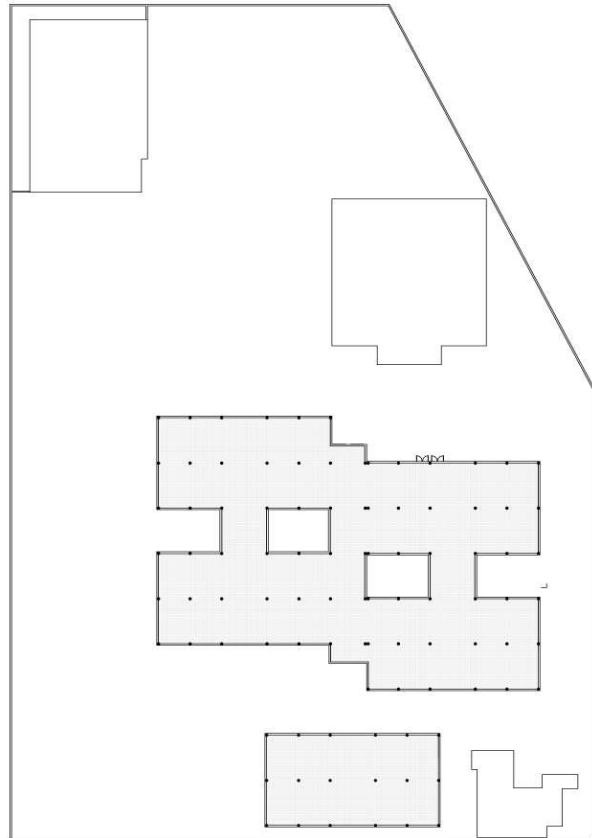


Esquema de superficie calefactada P3

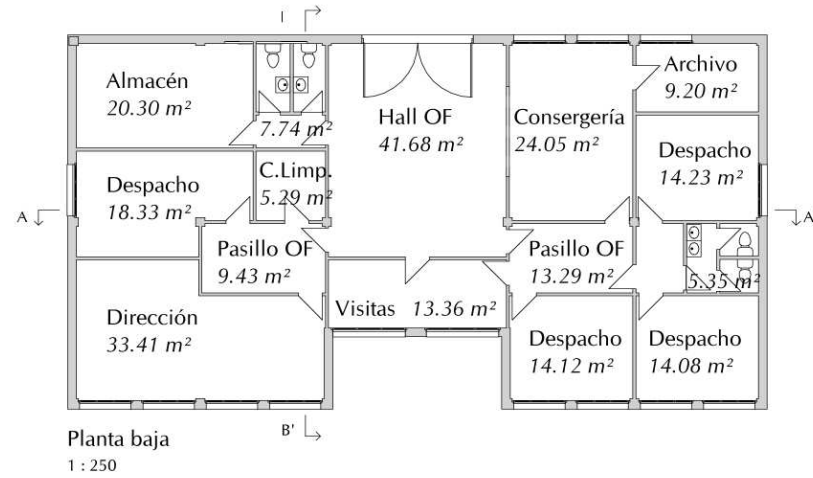


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: C2- III CEIP TORREFIEL (AMPL.) e: Como se indica
Plano: Secciones 06- 3



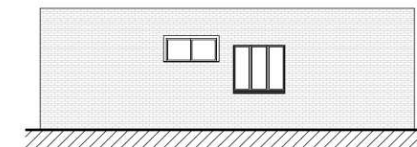
Planimetría general
1 : 1000



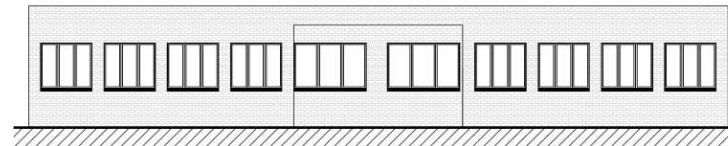
Esquema superficie calefactada



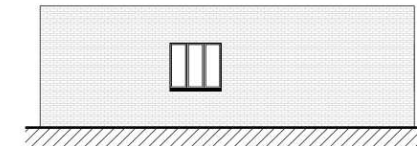
Fachada principal
1 : 250



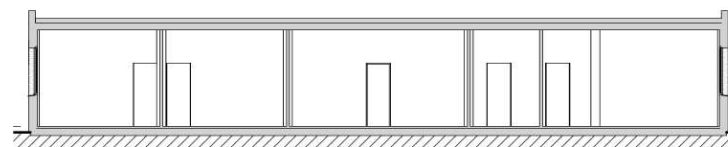
Alzado lateral izquierdo
1 : 250



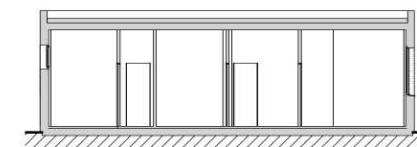
Alzado posterior
1 : 250



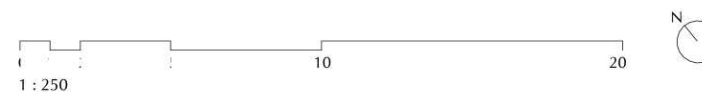
Alzado lateral derecho
1 : 250



Sección longitudinal A-A'
1 : 250

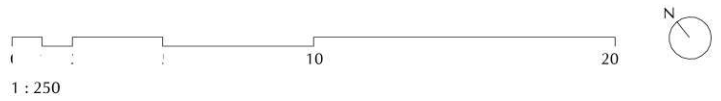
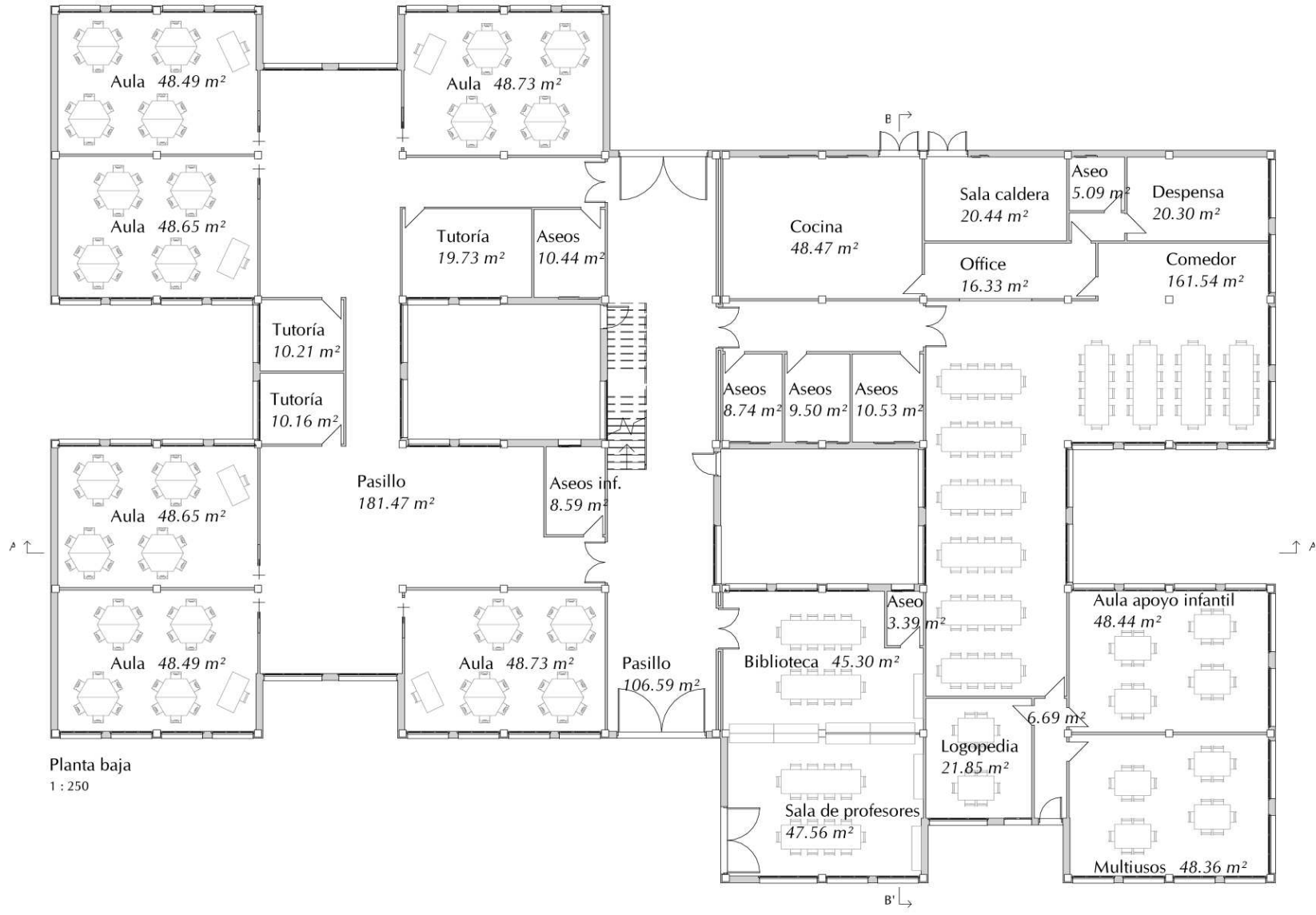


Sección transversal B-B'
1 : 250



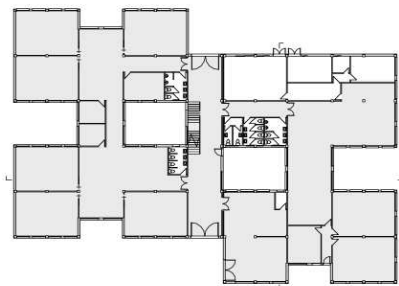
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: DI-DII CEIP MAGISTERIO ESPAÑOL e: Como se indica
 Plano: DI Distribución, alzados y secciones. 07-1
 Emplazamiento

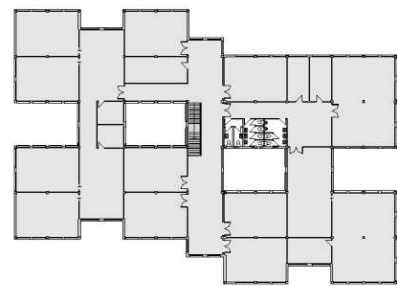


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

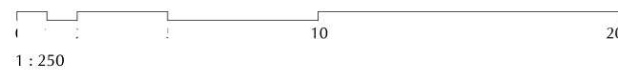
Colegio: DI-DII CEIP MAGISTERIO ESPAÑOL e:1 : 250
Plano: DII - Distribución P. Baja, emplazamiento 08-1



Esquema superficie calefactada PB

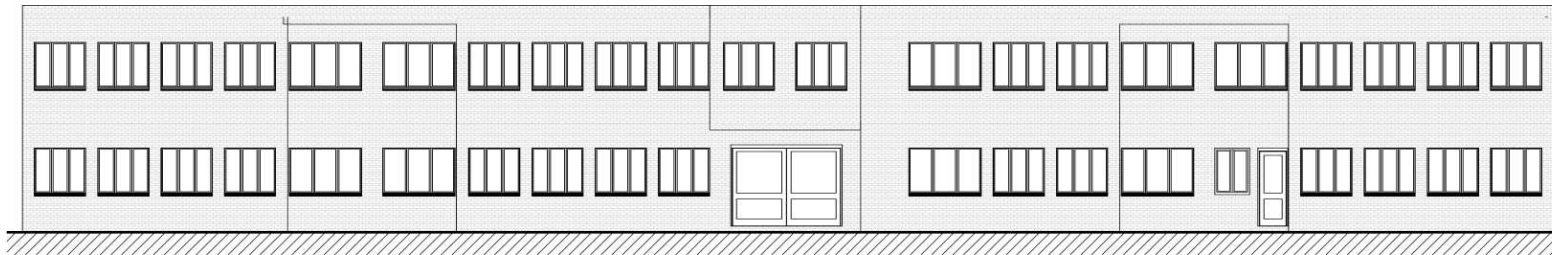


Esquema superficie calefactada P1



Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

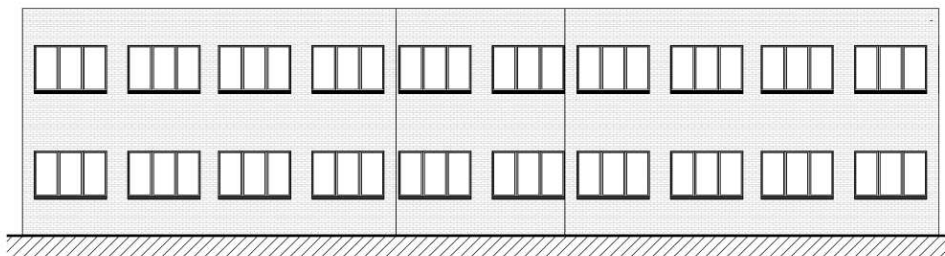
Colegio: DI-DII CEIP MAGISTERIO ESPAÑOL e: Como se indica
Plano: DII - Distribución P. Primera 08-2



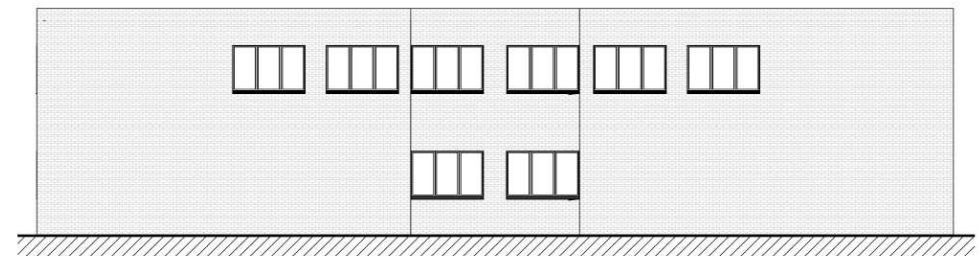
Fachada principal
1 : 250



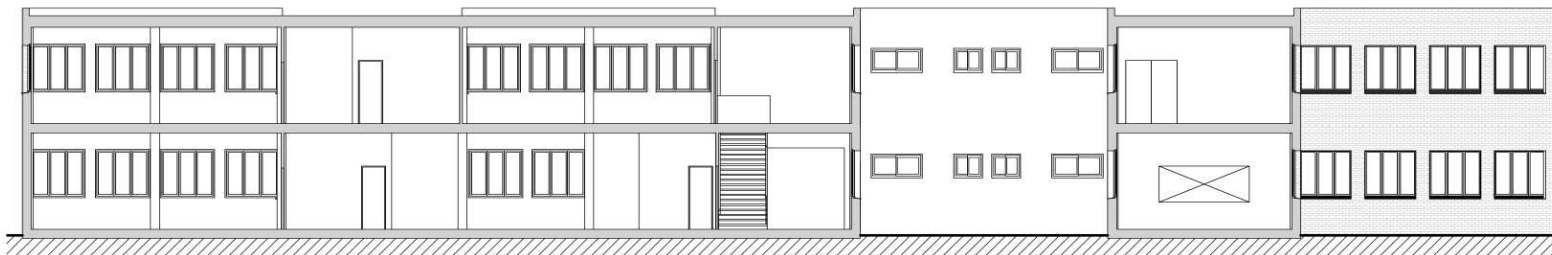
Alzado posterior
1 : 250



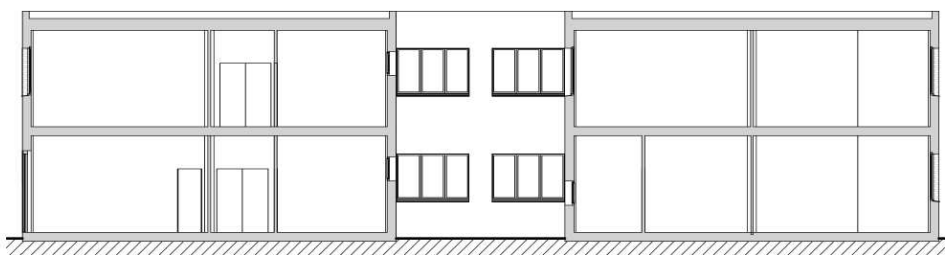
Alzado lateral derecho
1 : 250



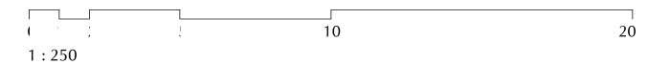
Alzado lateral izquierdo
1 : 250



Sección longitudinal A-A'
1 : 250

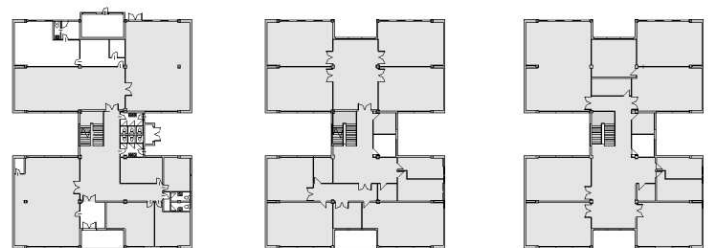
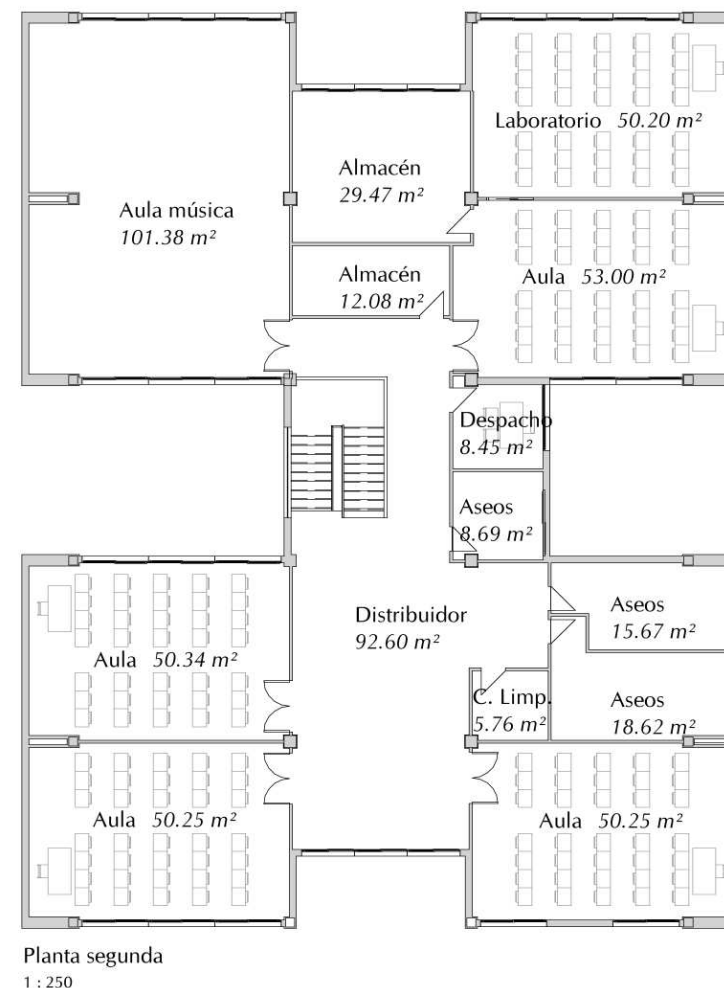
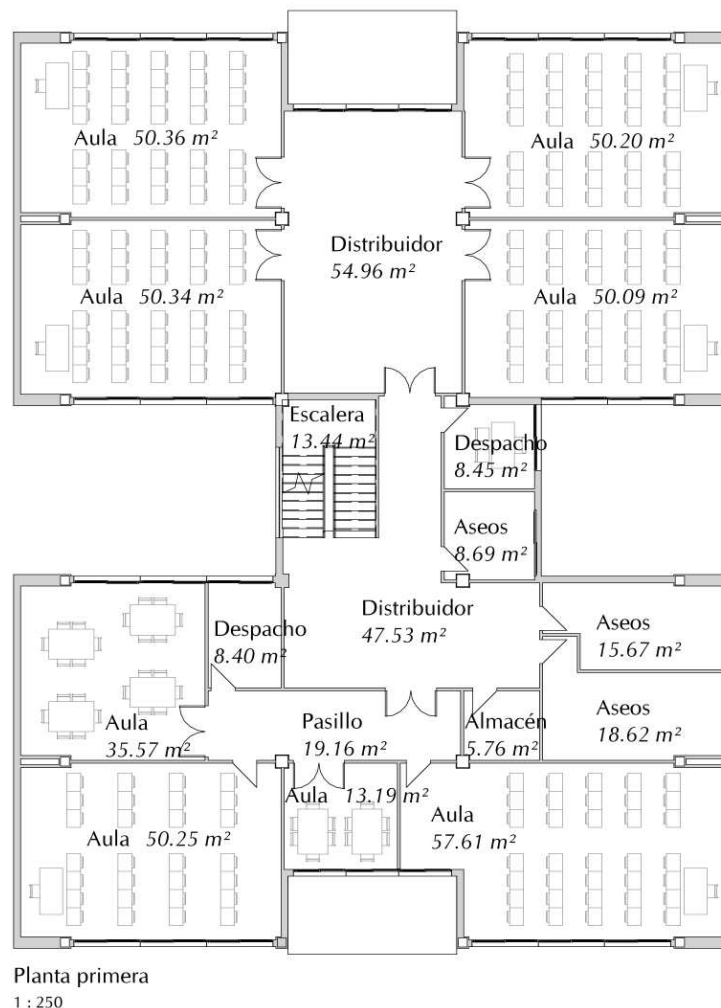
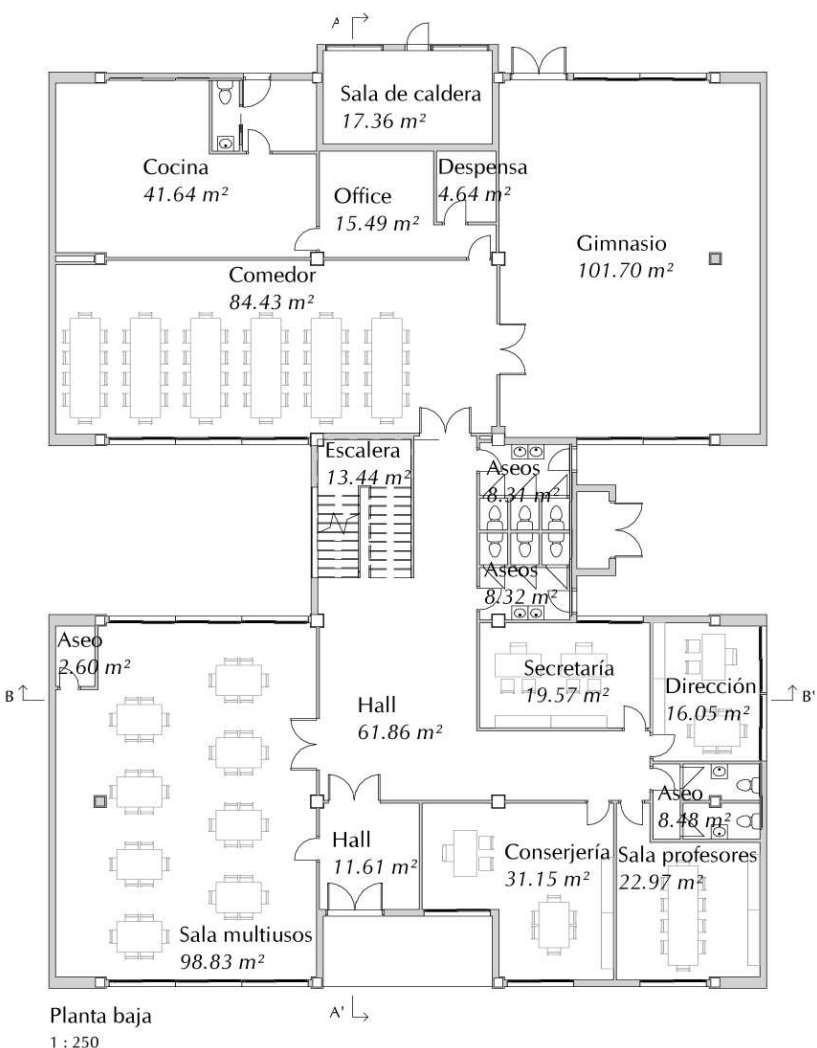


Sección transversal B-B'
1 : 250

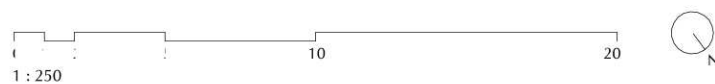


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: DI-DII CEIP MAGISTERIO ESPAÑOL e:1 : 250
Plano: Alzados y secciones 08-3

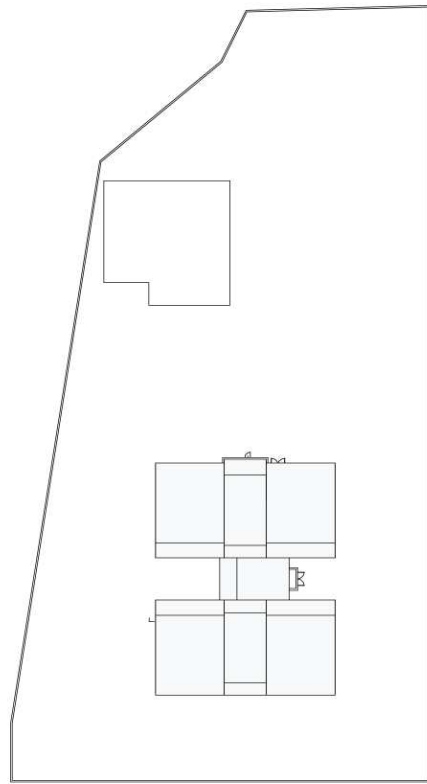


PB P1 P2
Esquemas superficie calefactada

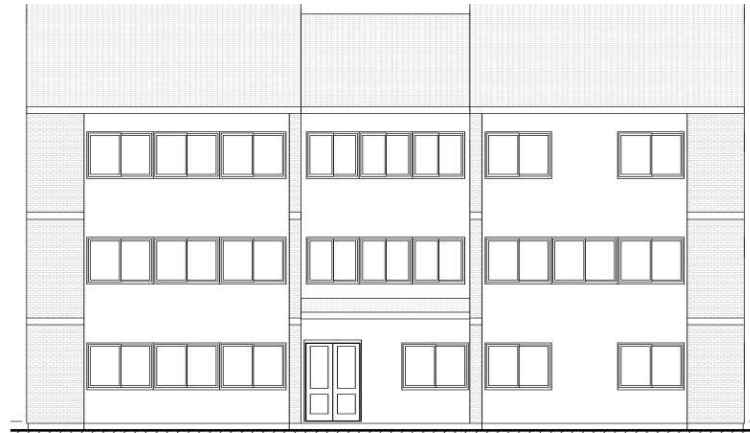


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: DIII CEIP VIVERS (VILLAR PALASÍ) e: Como se indica
Plano: Distribución 09-1



Emplazamiento
1 : 1000



Fachada principal
1 : 250



Alzado lateral derecho
1 : 250



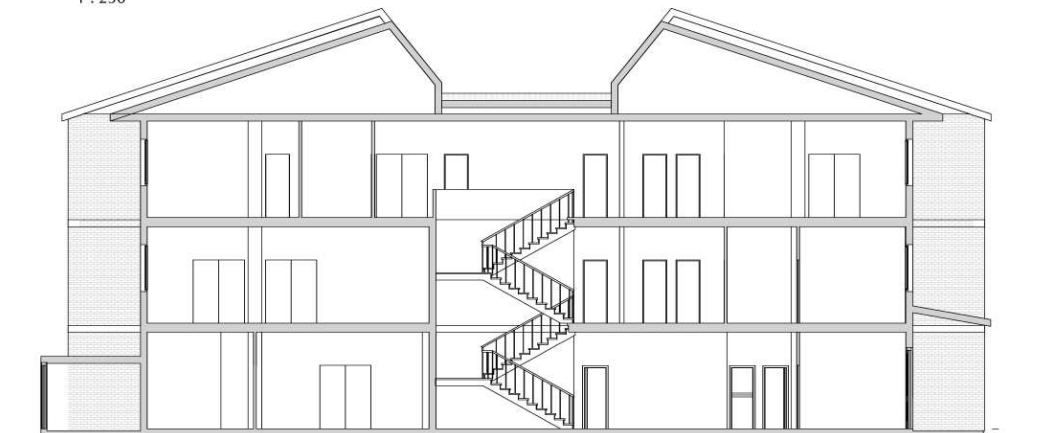
Alzado posterior
1 : 250



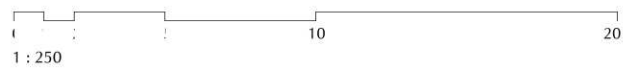
Alzado lateral izquierdo
1 : 250



Sección A-A'
1 : 250



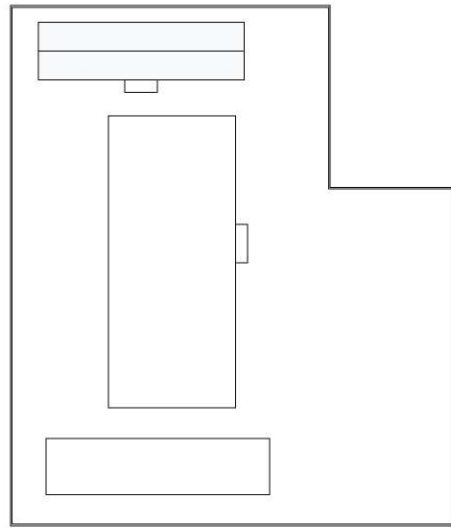
Sección B-B'
1 : 250



Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: DIII CEIP VIVERS (VILLAR PALASÍ)
Plano: Alzados y secciones

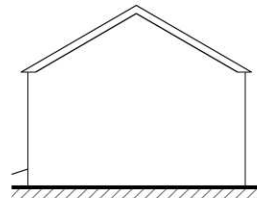
e: Como se indica
09-2



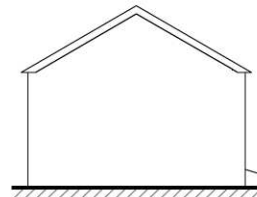
Emplazamiento
1 : 1000



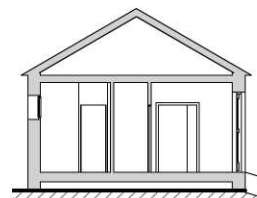
Esquema superficie calefactada



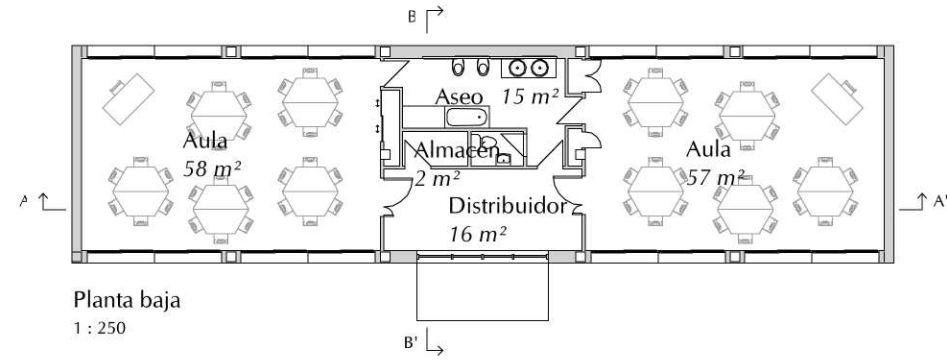
Alzado lateral derecho
1 : 250



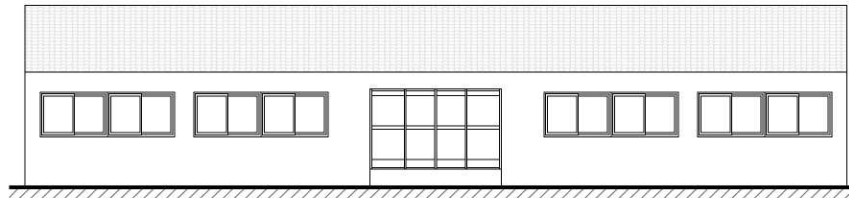
Alzado lateral izquierdo
1 : 250



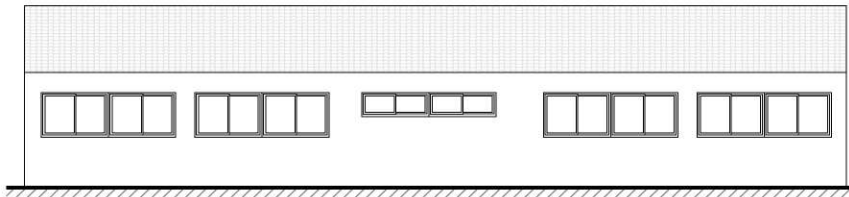
Sección transversal B-B'
1 : 250



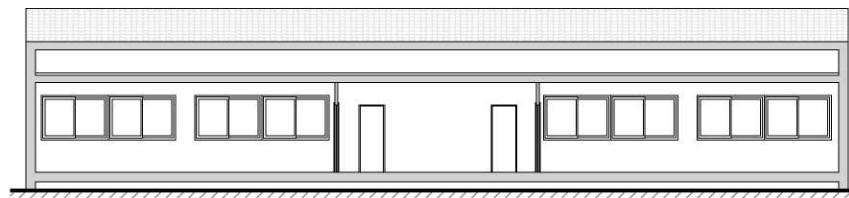
Planta baja
1 : 250



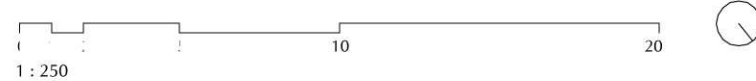
Fachada principal
1 : 250



Fachada posterior
1 : 250

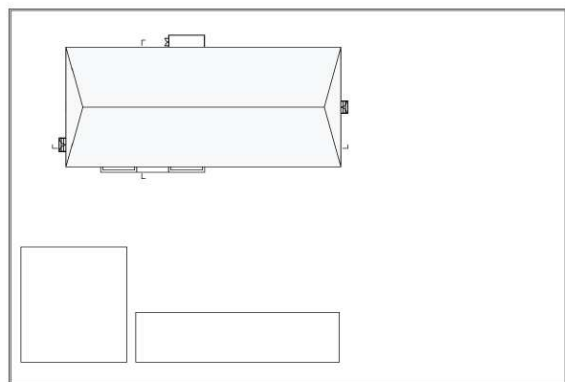


Sección Longitudinal A-A'
1 : 250

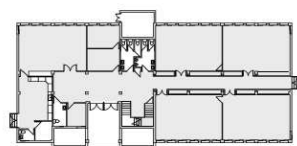
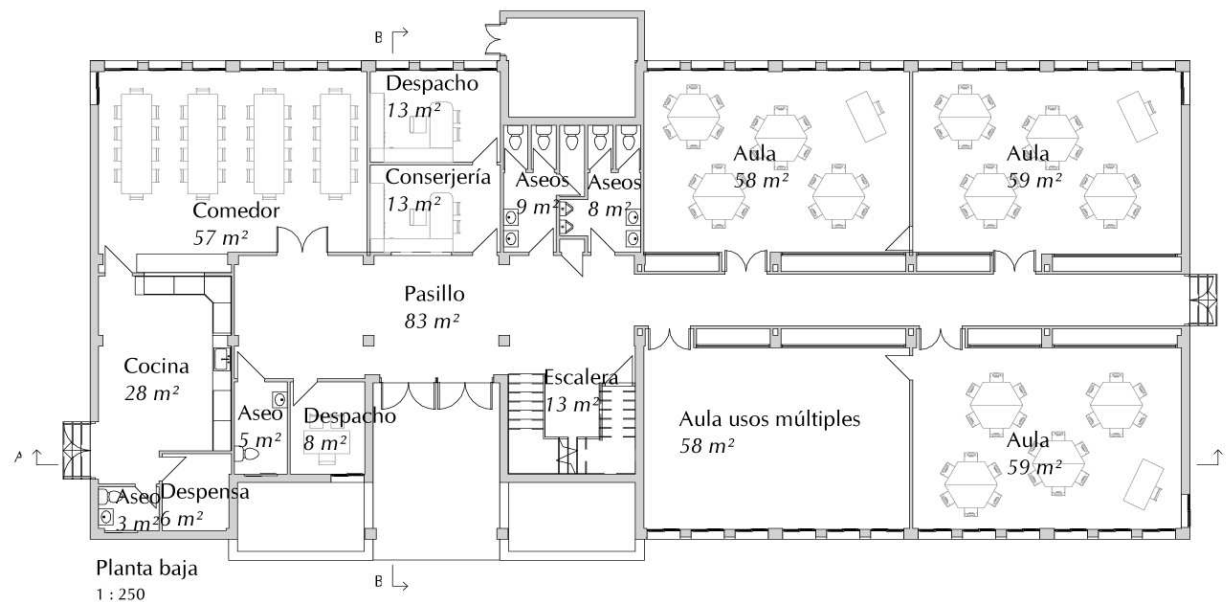


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

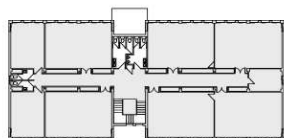
Colegio: E1-I CEIP BARTOLOMÉ COSSIO (AMPL.) e: Como se indica
Plano: Distribución, alzados, secciones y emplazamiento 10-1



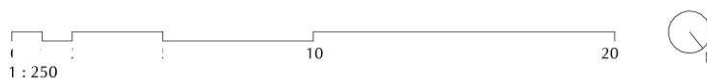
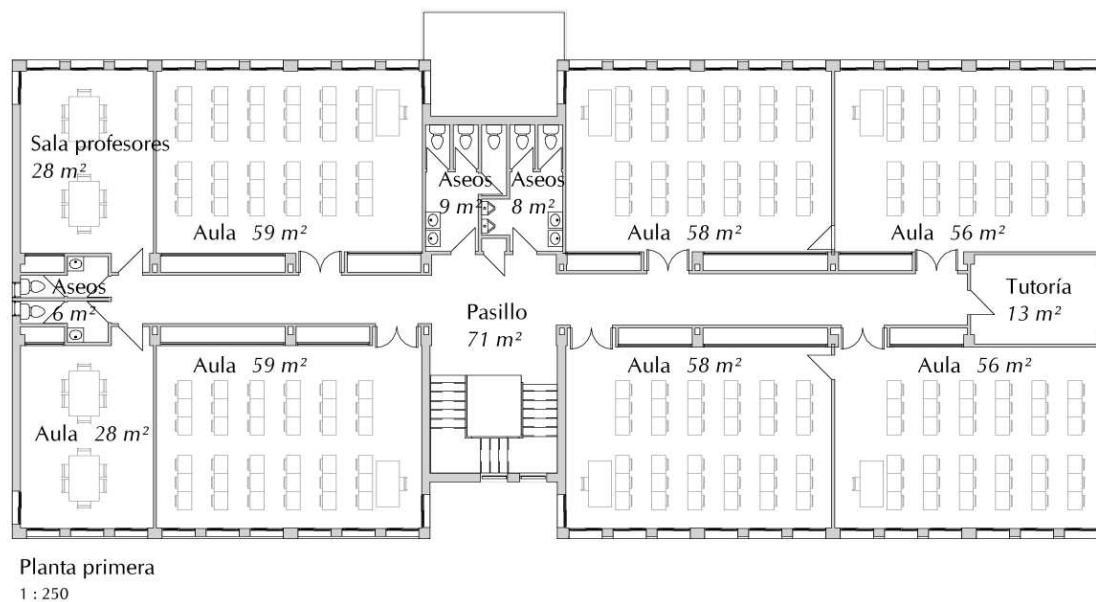
Emplazamiento
1 : 1000



Esquema superficie calefactada PB

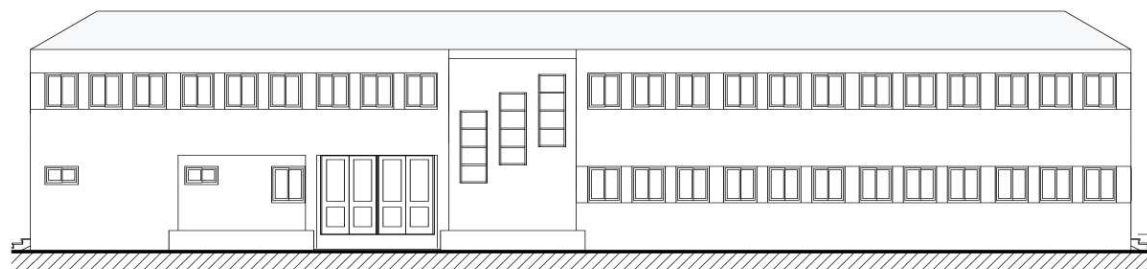


Esquema superficie calefactada P1

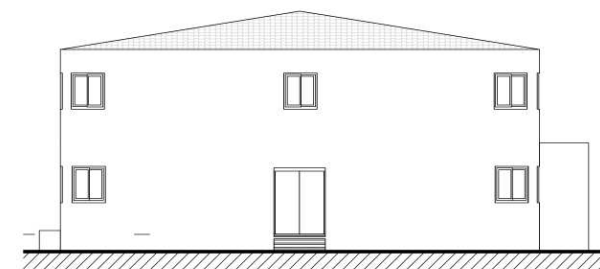


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

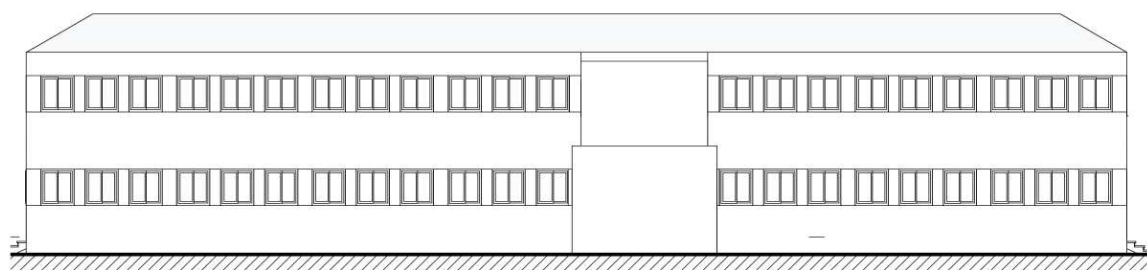
Colegio: E1-II CEIP CARLES SALVADOR e: Como se indica
Plano: Distribución planta baja y primera 11-1



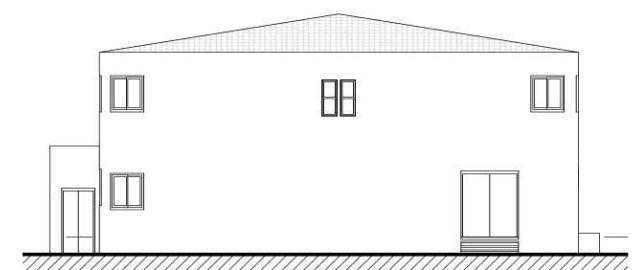
Fachada principal
1 : 250



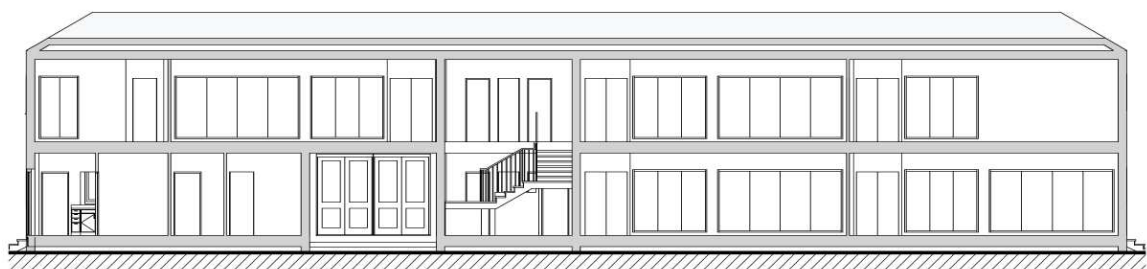
Alzado lateral dcho.
1 : 250



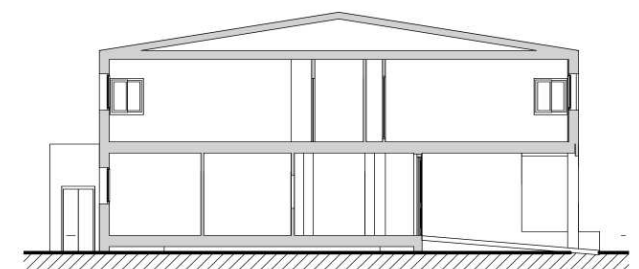
Fachada posterior
1 : 250



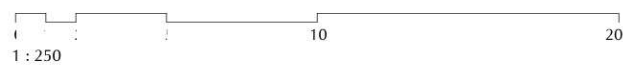
Alzado lateral izq.
1 : 250



Sección Longitudinal A-A'
1 : 250



Sección transversal B-B'
1 : 250



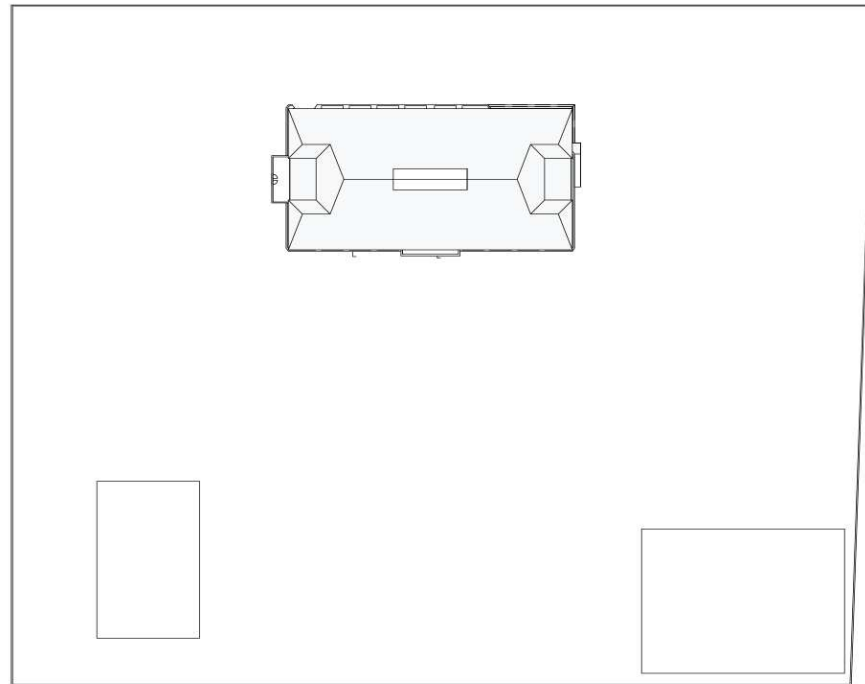
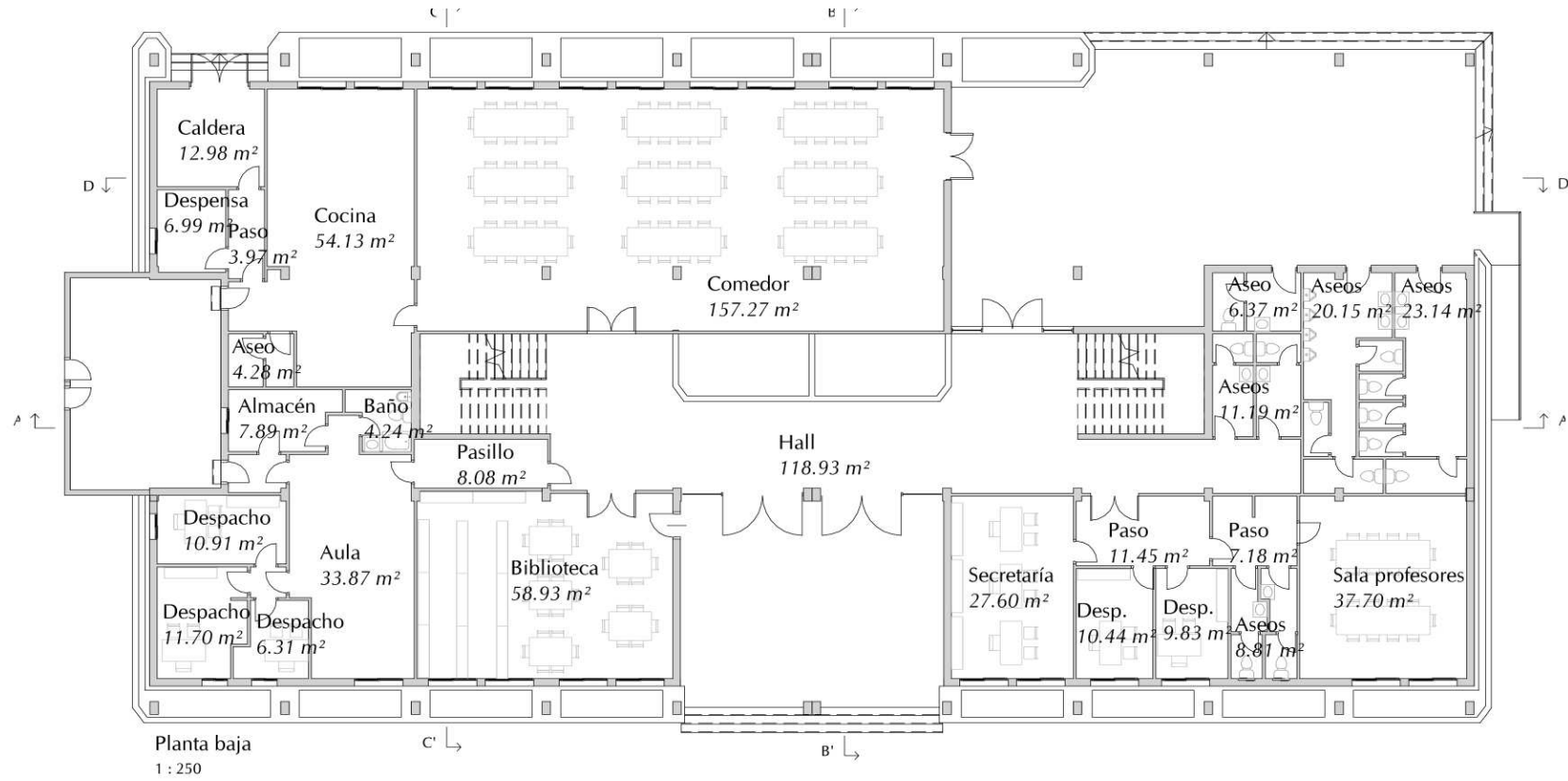
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E1-II CEIP CARLES SALVADOR

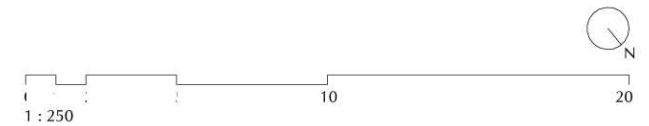
e:1 : 250

Plano: Alzados y secciones

11-2



Emplazamiento
1 : 1250



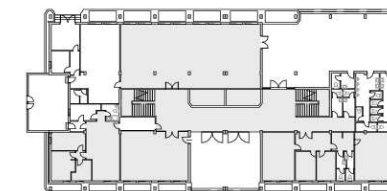
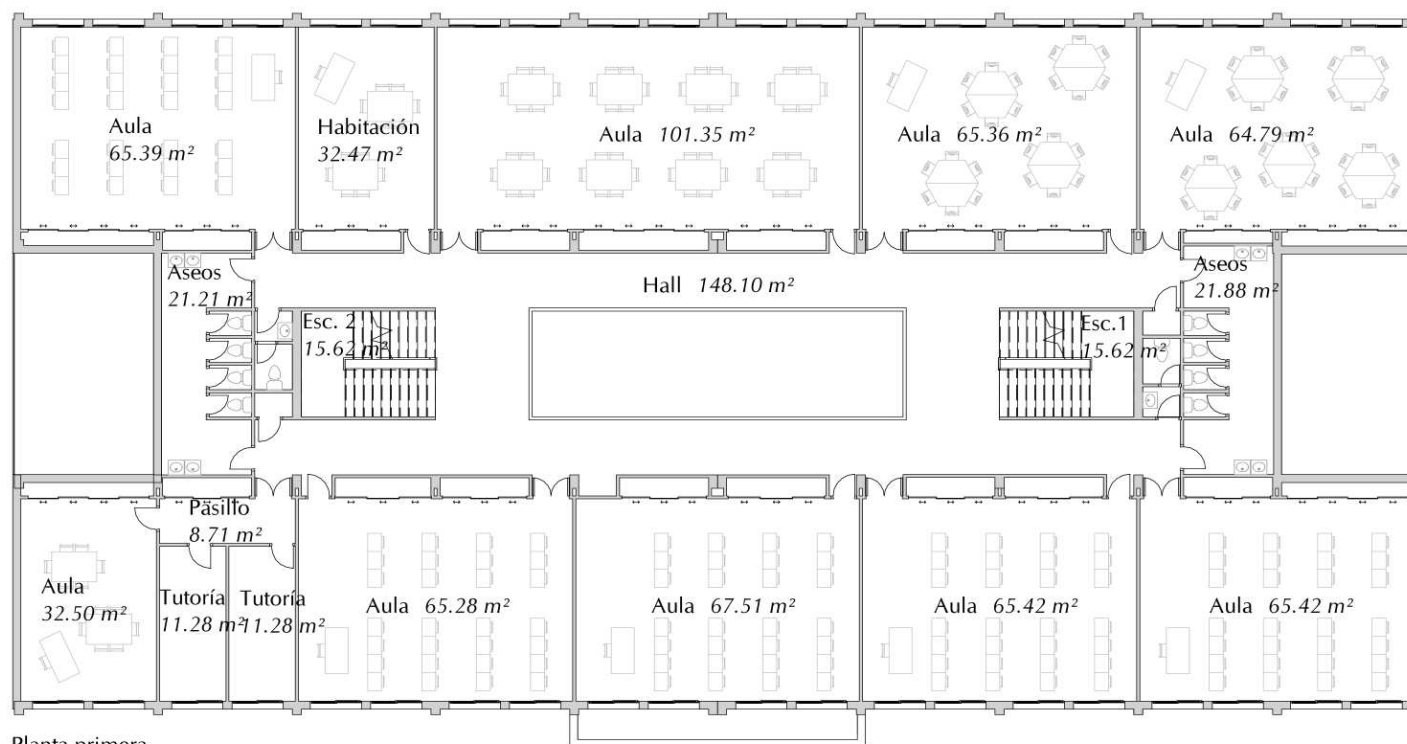
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E1-III CEIP ELISEO VIDAL

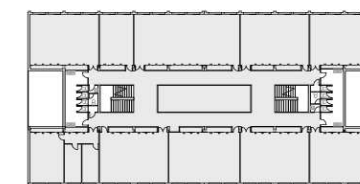
e: Como se indica

Plano: Distribución PB y emplazamiento

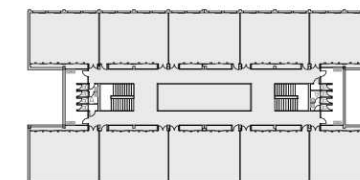
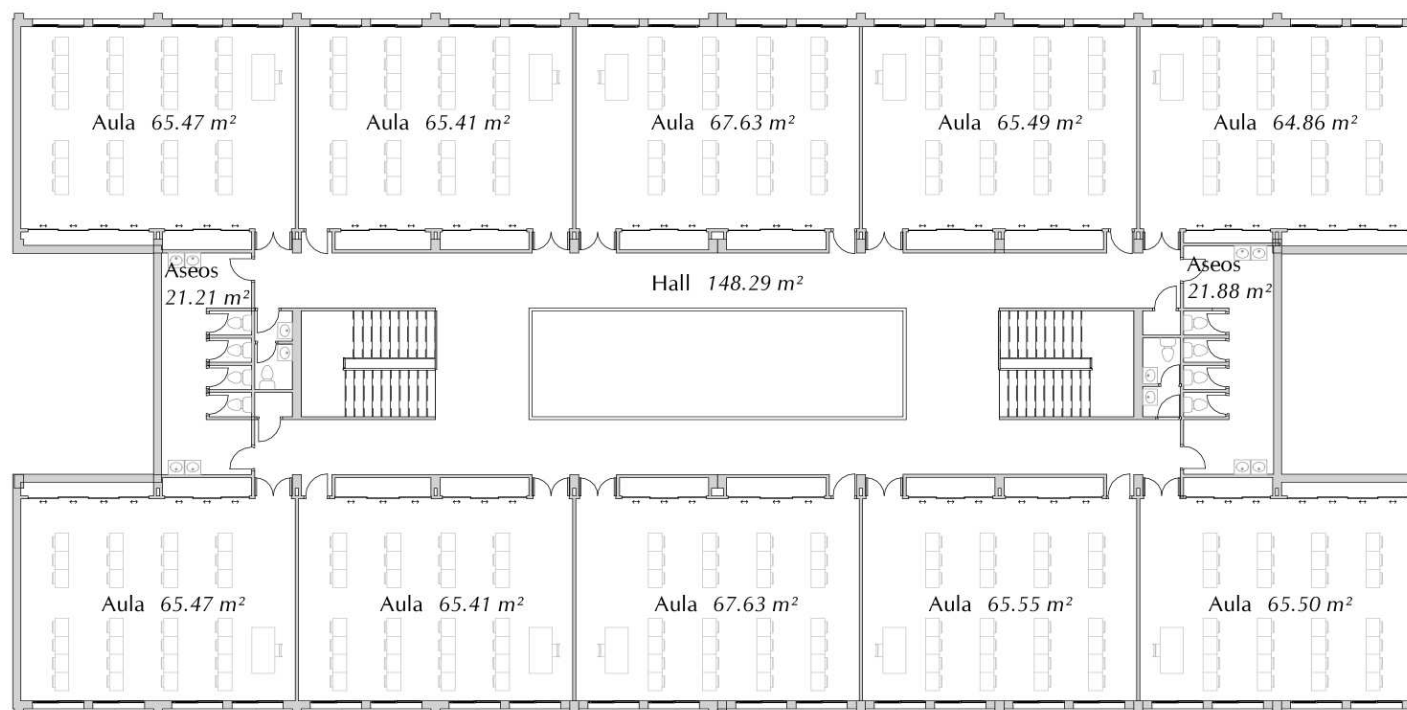
12-1



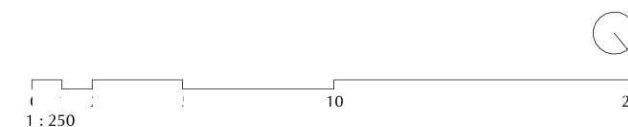
Esquema superficie calefactada PB



Esquema superficie calefactada P1



Esquema superficie calefactada P2



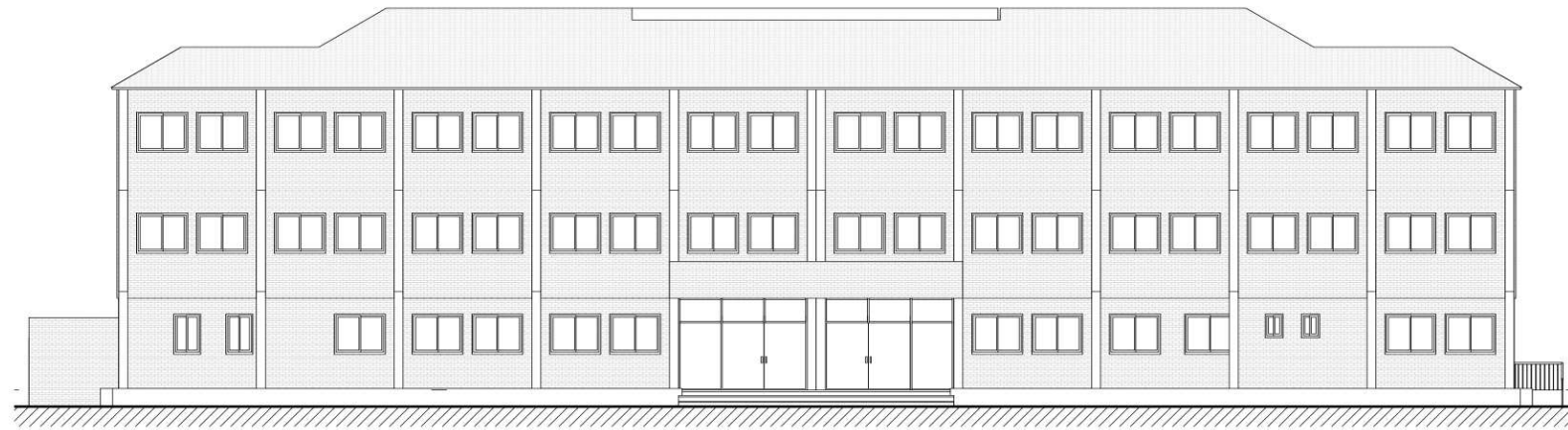
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E1-III CEIP ELISEO VIDAL

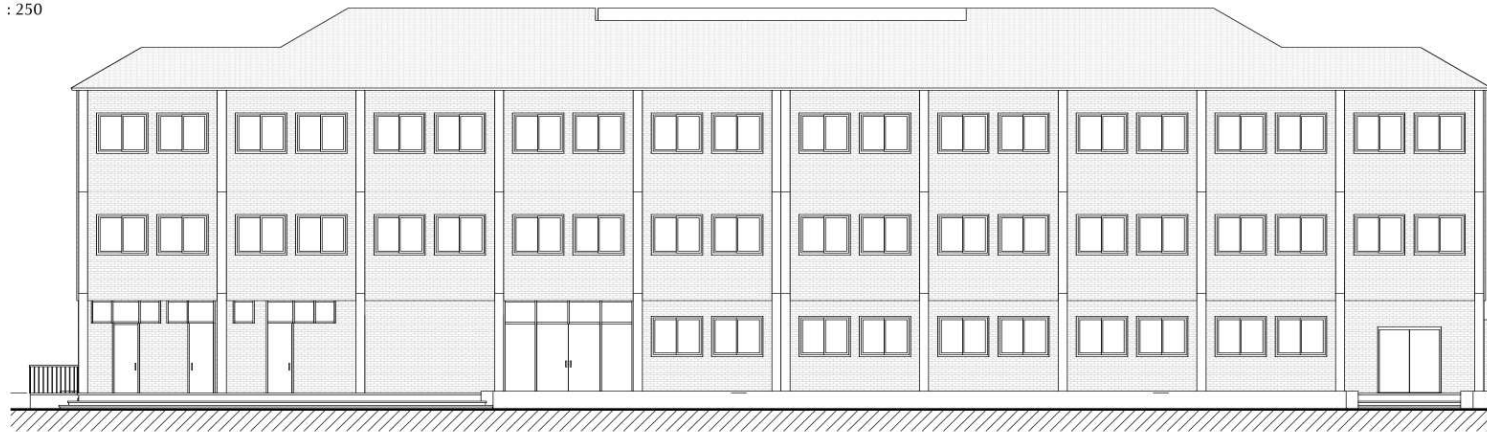
e: Como se indica

Plano: Distribución P2

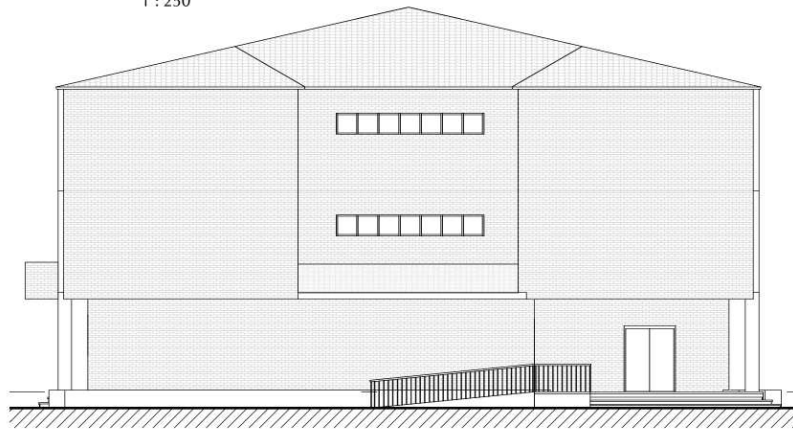
12-2



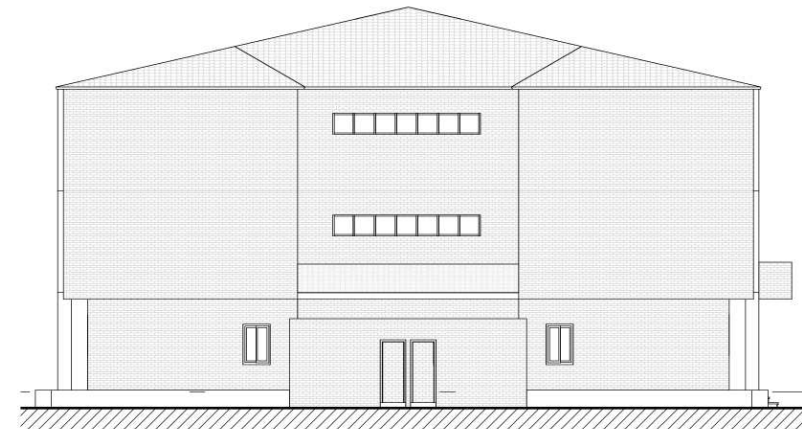
Fachada principal
1 : 250



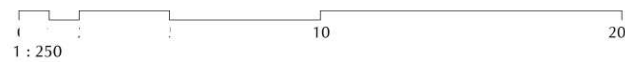
Fachada posterior
1 : 250



Alzado lateral derecho
1 : 250



Alzado lateral izquierdo
1 : 250



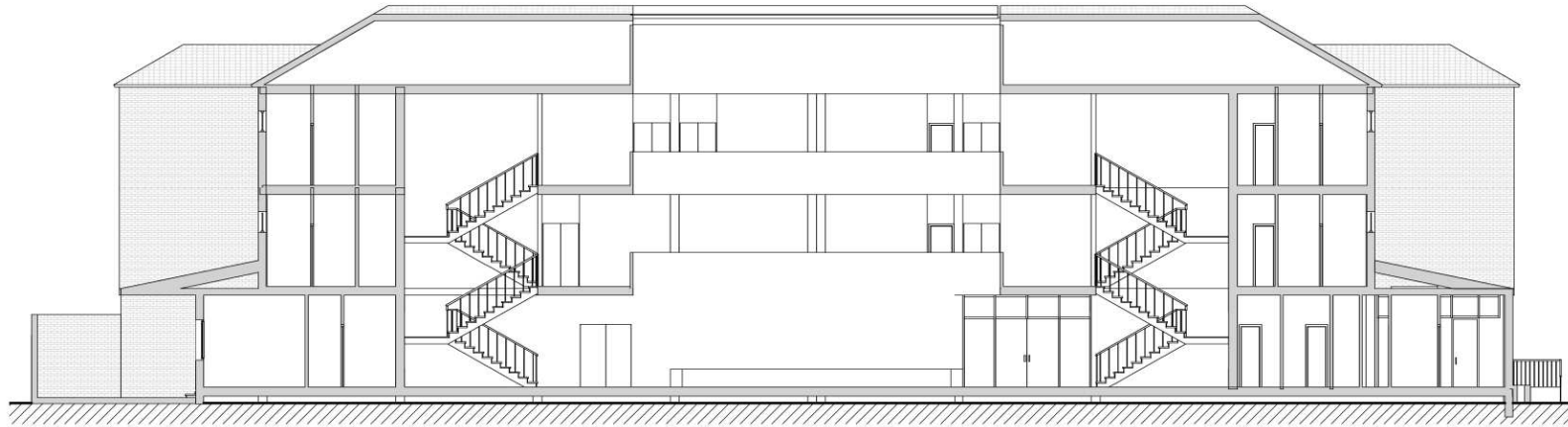
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E1-III CEIP ELISEO VIDAL

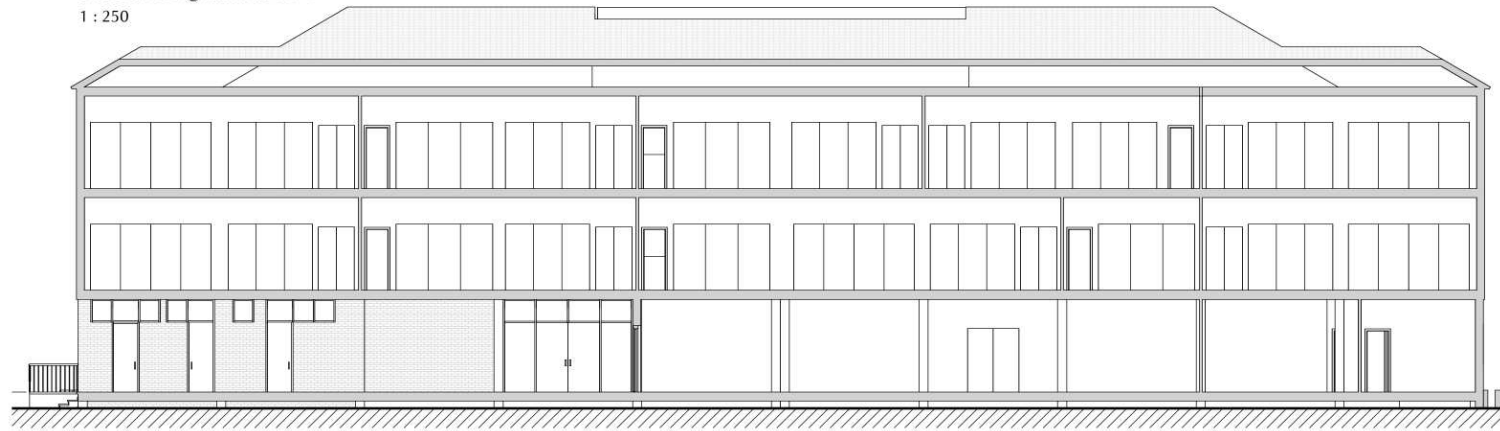
Plano: Alzados

e:1 : 250

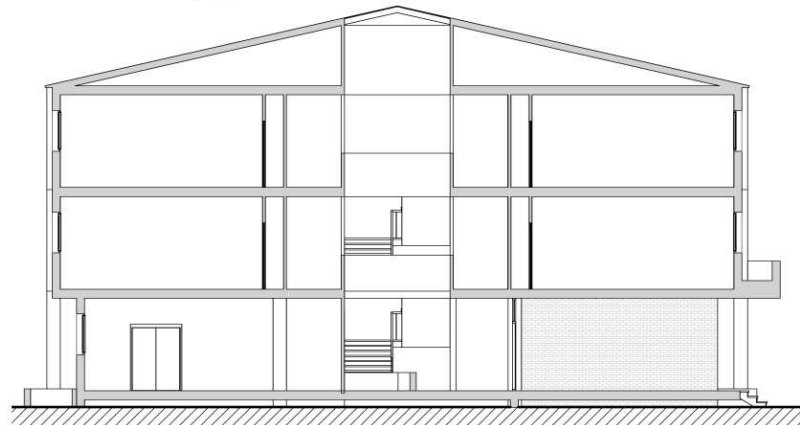
12-3



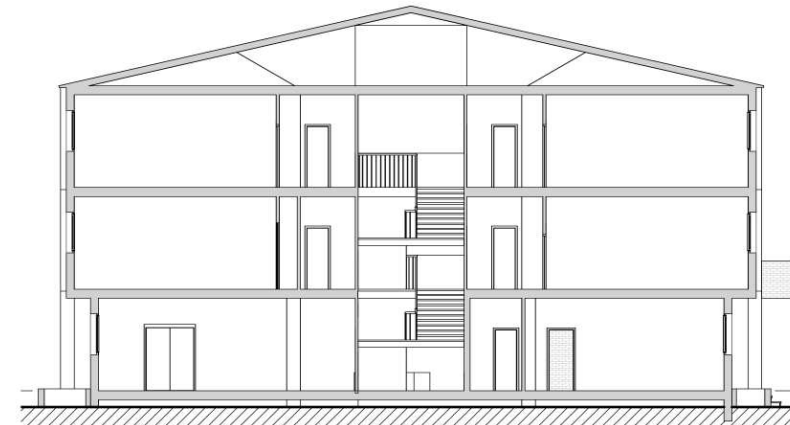
Sección longitudinal A-A
1 : 250



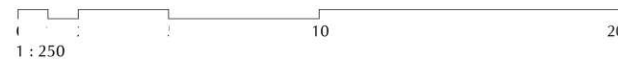
Sección longitudinal D-D'
1 : 250



Sección transversal B-B
1 : 250



Sección transversal C-C'
1 : 250



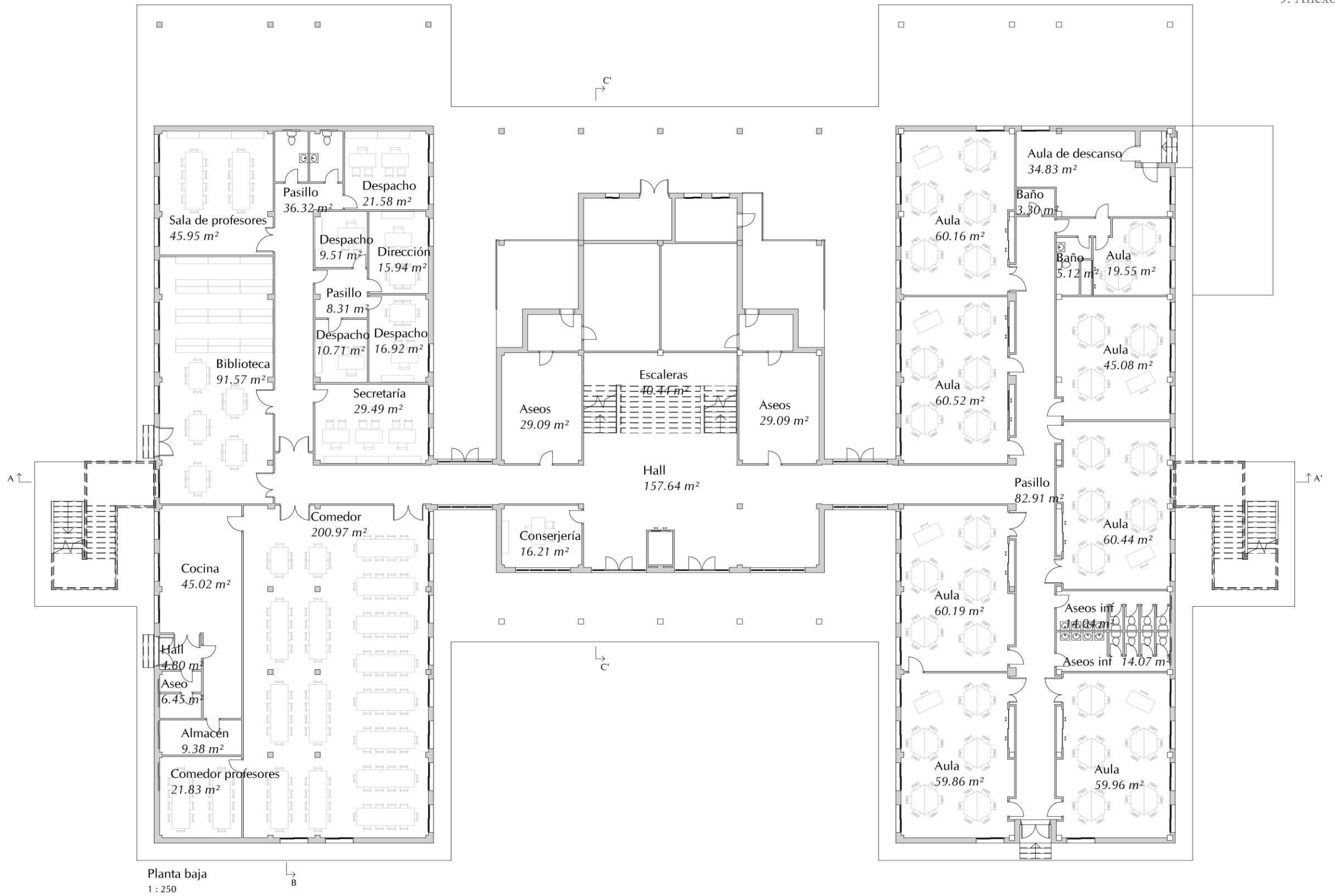
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E1-III CEIP ELISEO VIDAL

e:1 : 250

Plano: Secciones

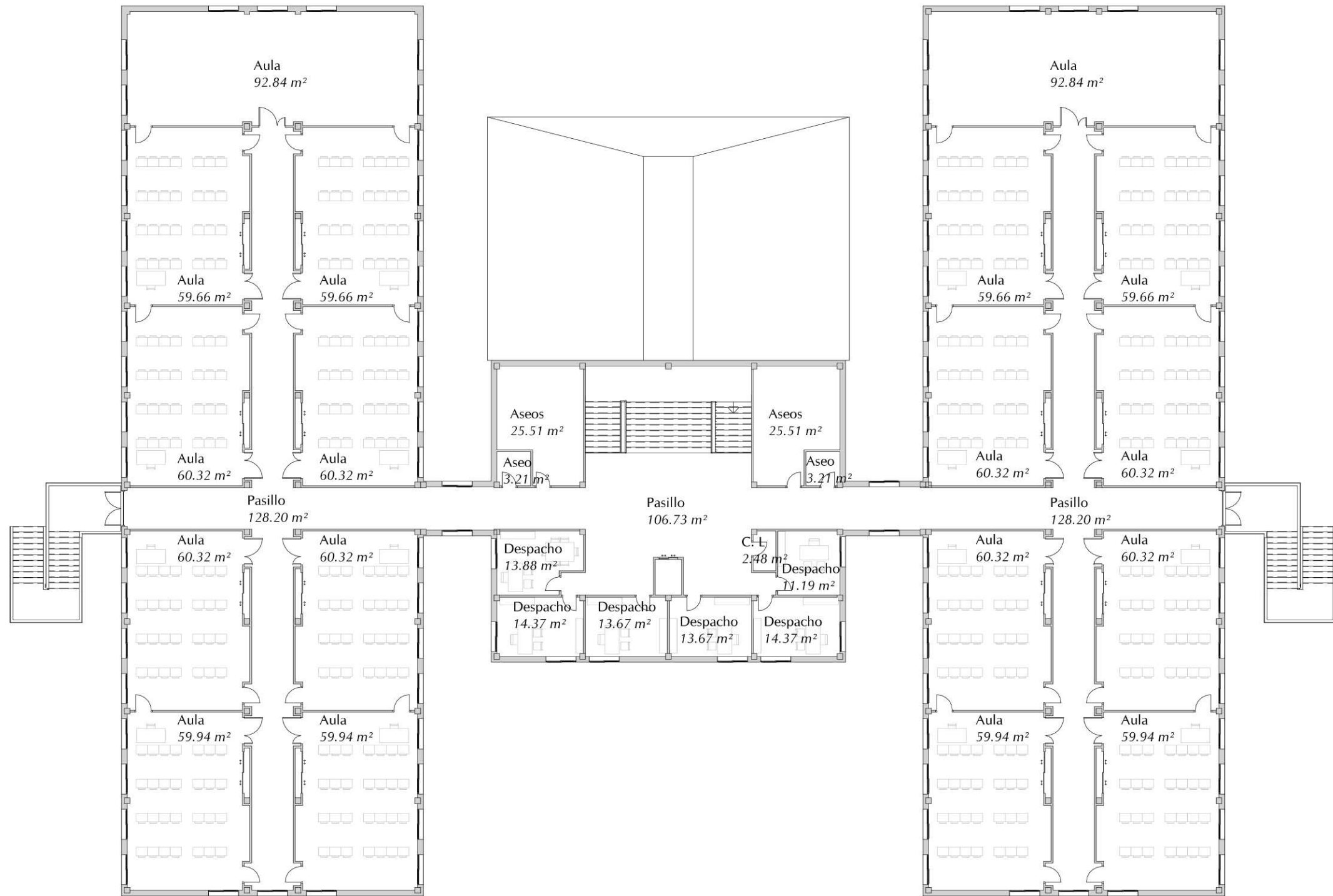
12-4



Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E2-II CEIP PROF. RAMIRO JOVER
Plano: Distribución PB

e: Como se indica
13-1



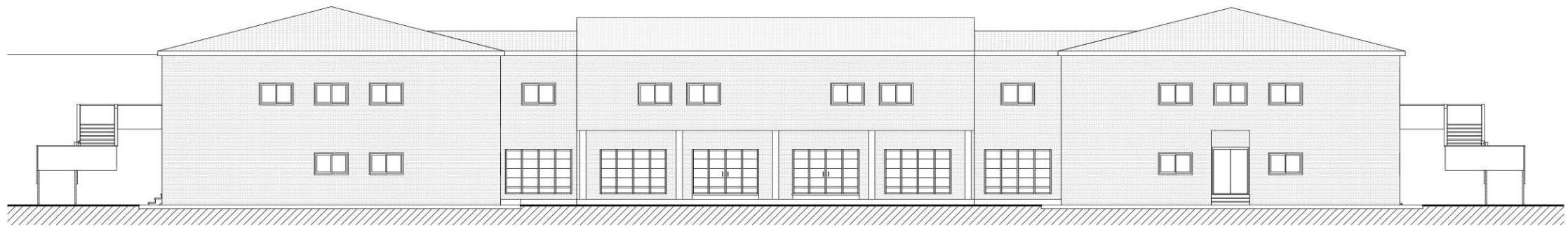
Planta primera
1 : 250



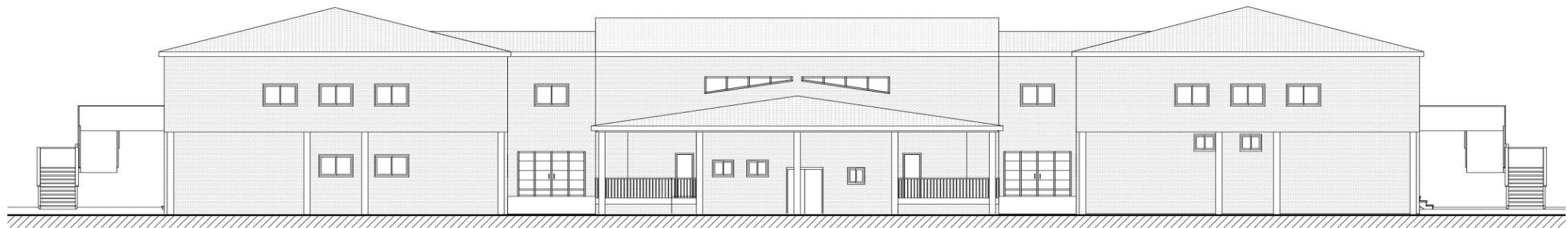
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E2-II CEIP PROF. RAMIRO JOVER
Plano: Distribución P1

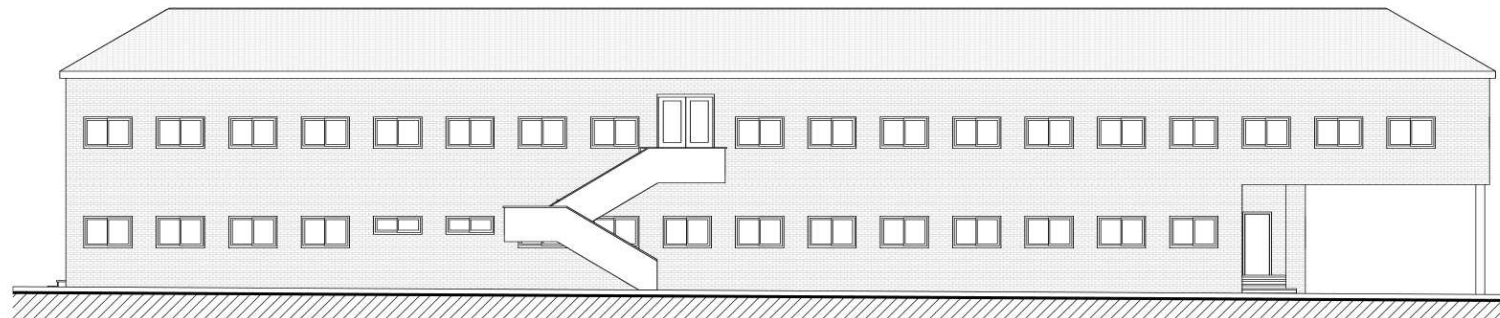
e: Como se indica
13-2



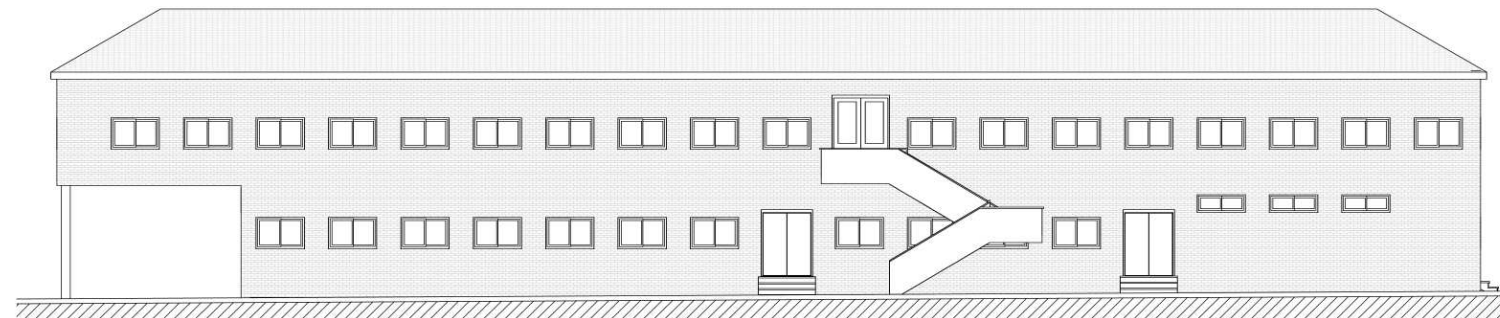
Fachada principal
1 : 250



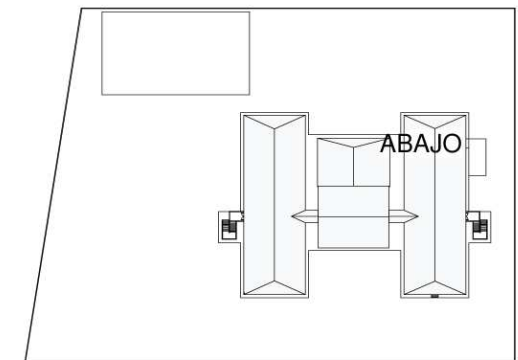
Fachada posterior
1 : 250



Alzado lateral derecho
1 : 250



Alzado lateral izquierdo
1 : 250

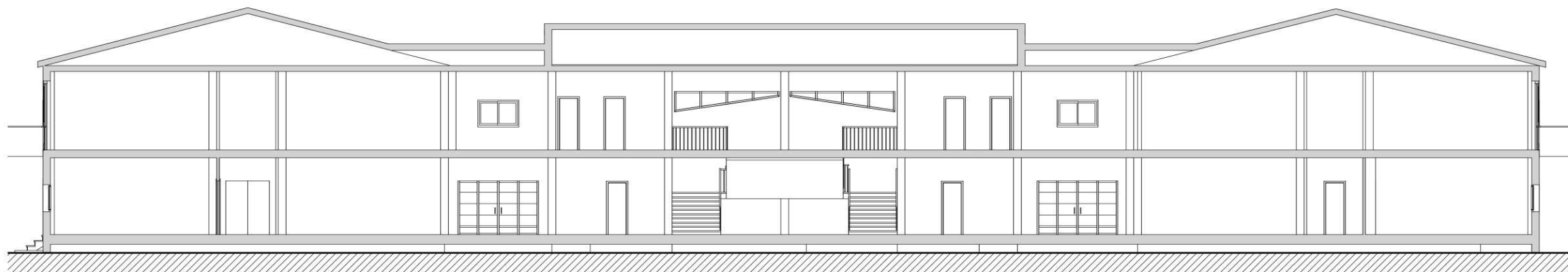


Emplazamiento
1 : 2000

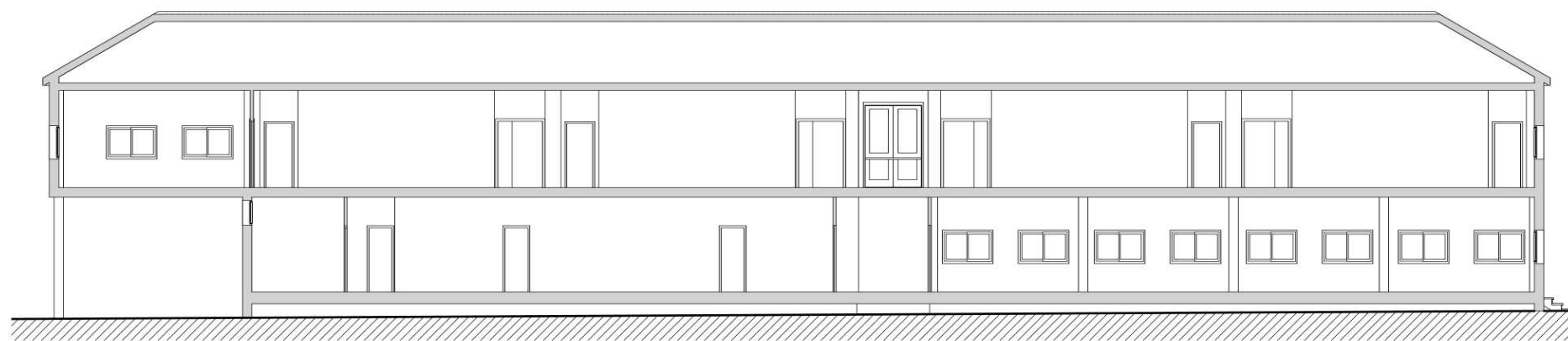


Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

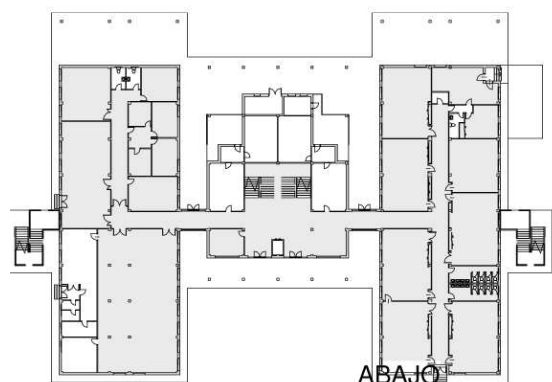
Colegio: E2-II CEIP PROF. RAMIRO JOVER e: Como se indica
Plano: Alzados 13-3



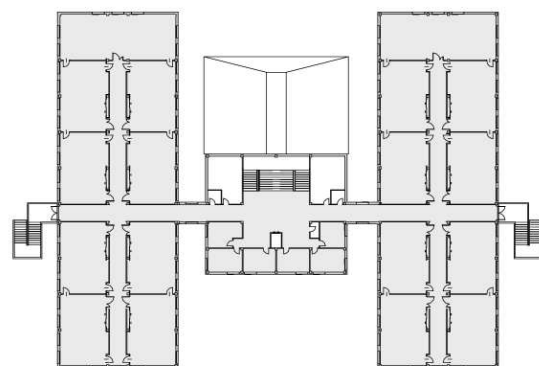
Sección longitudinal A-A
1 : 200



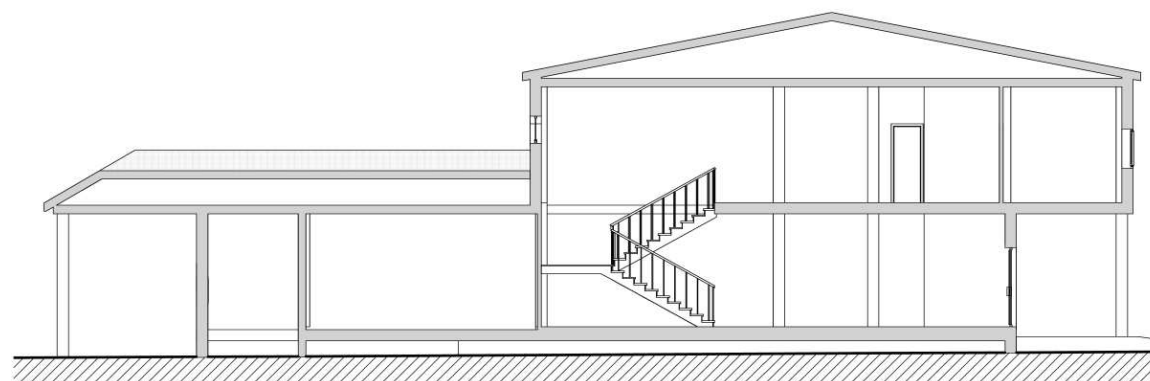
Sección B-B'
1 : 200



Esquema superficie calefacción PB



Esquema superficie calefacción P1



Sección transversal C-C'
1 : 200



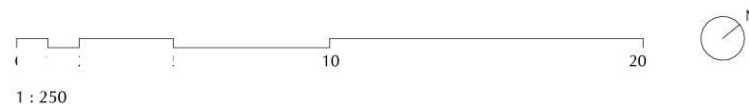
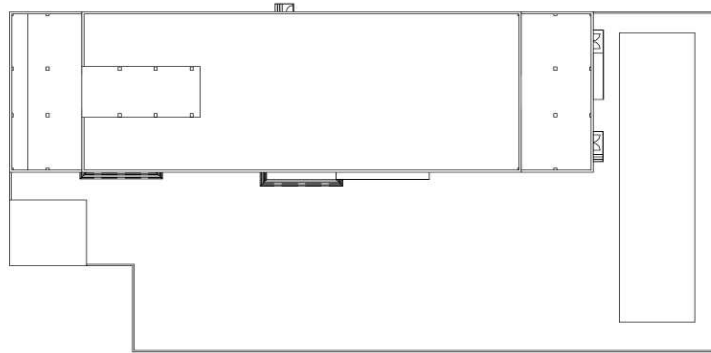
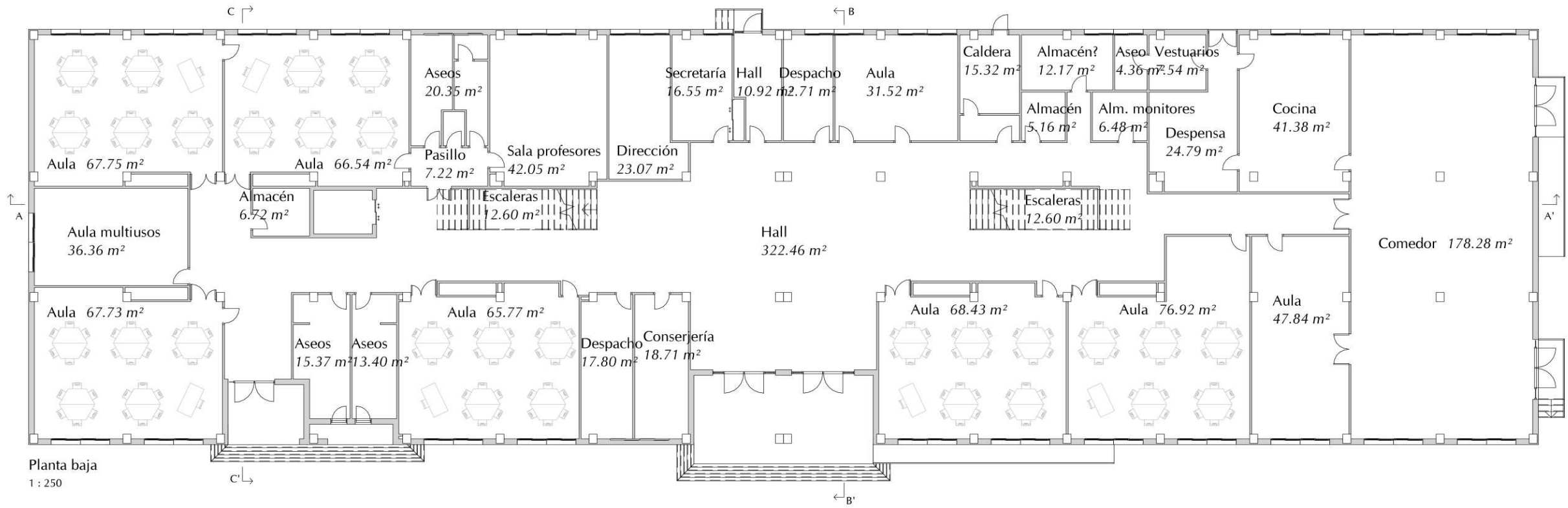
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E2-II CEIP PROF. RAMIRO JOVER

e: Como se indica

Plano: Secciones

13-4



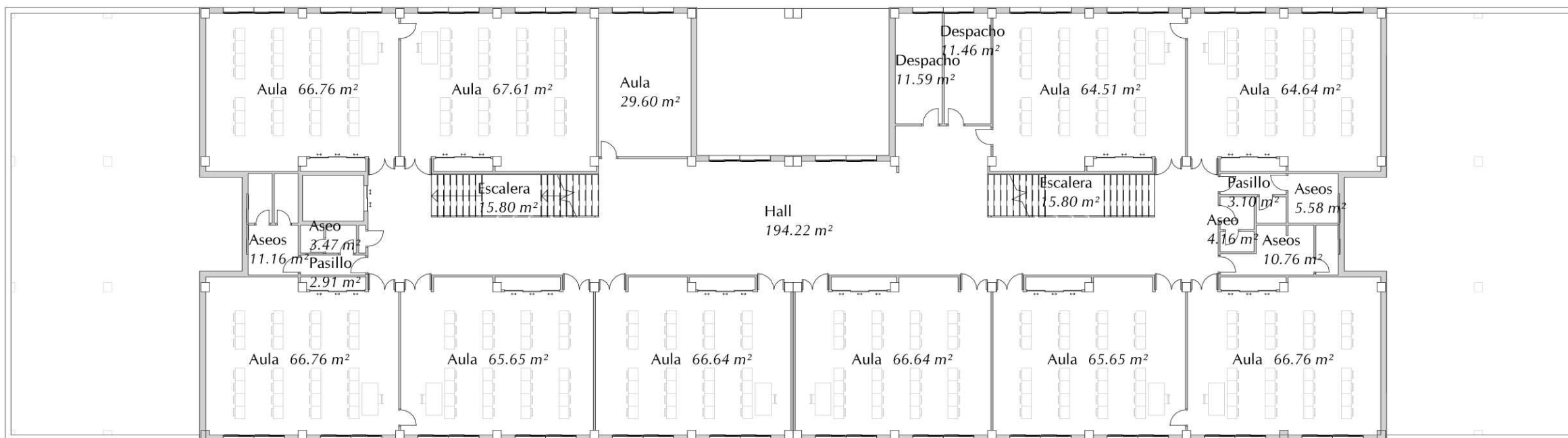
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E2-III CEIP MESTALLA

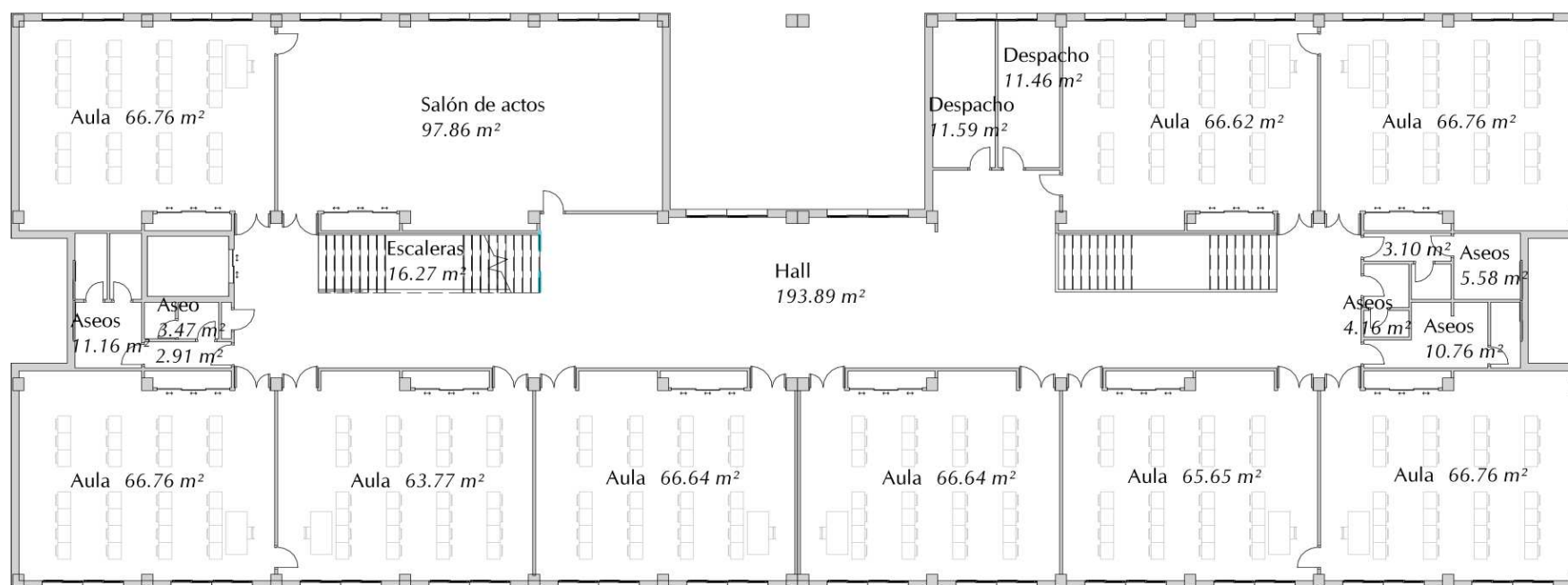
e: Como se indica

Plano: Distribución PB

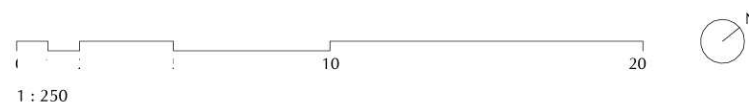
14-1



Planta primera
1 : 250



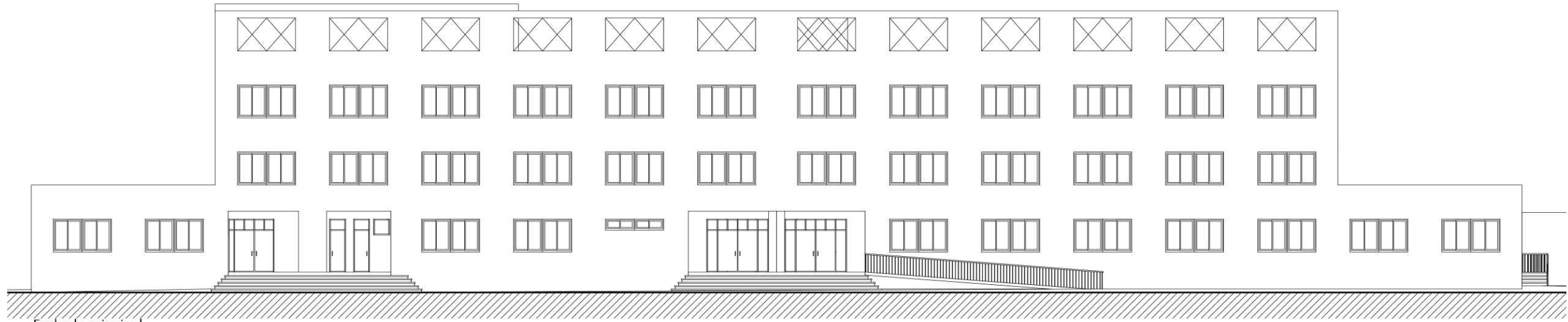
Planta segunda
1 : 250



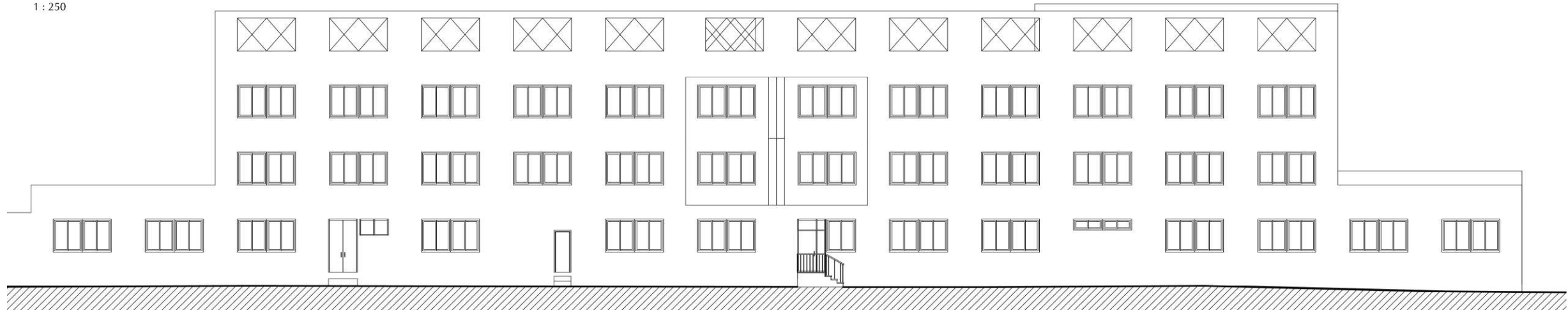
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E2-III CEIP MESTALLA
Plano: Distribución P2 Y PCUB

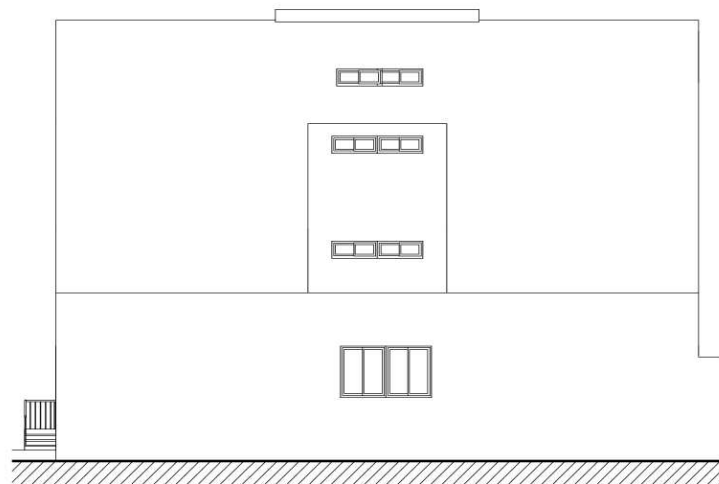
e:1 : 250
14-2



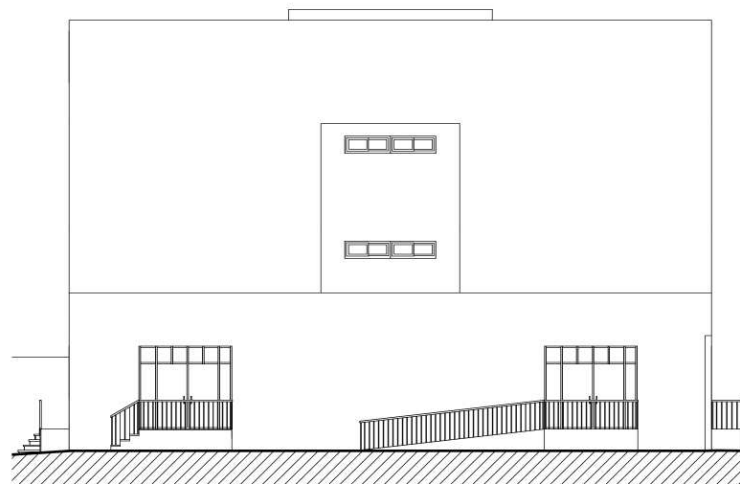
Fachada principal
1 : 250



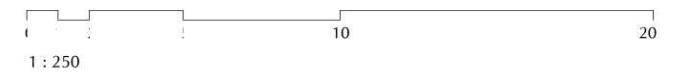
Fachada posterior
1 : 250



Alzado lateral izquierdo
1 : 250



Alzado lateral derecho
1 : 250



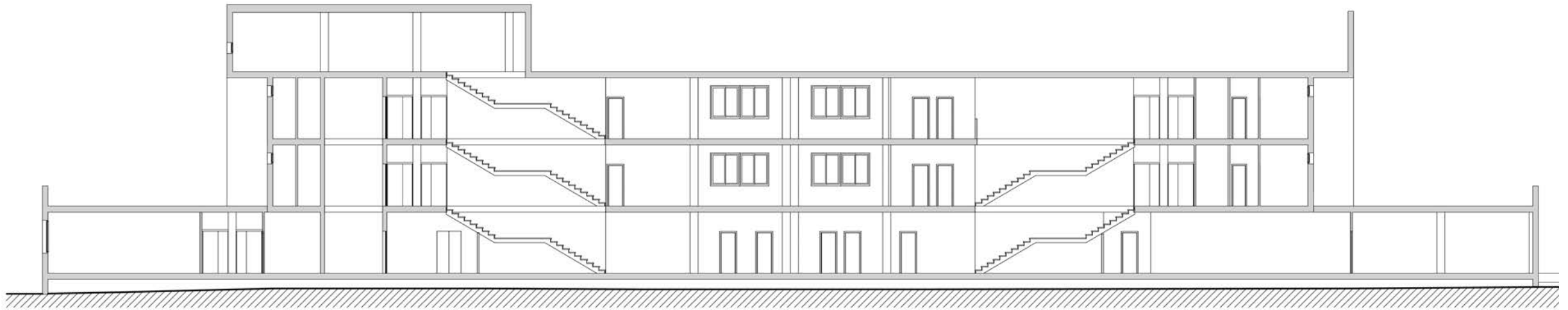
Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E2-III CEIP MESTALLA

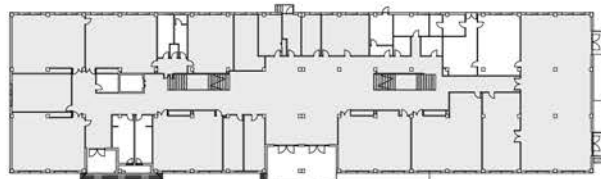
Plano: Alzados

e:1 : 250

14-3



Sección longitudinal A-A
1 : 250



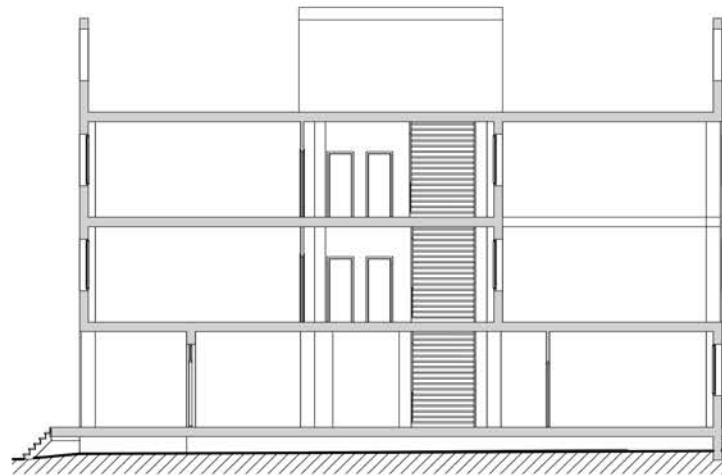
Esquema superficie calefacción PB



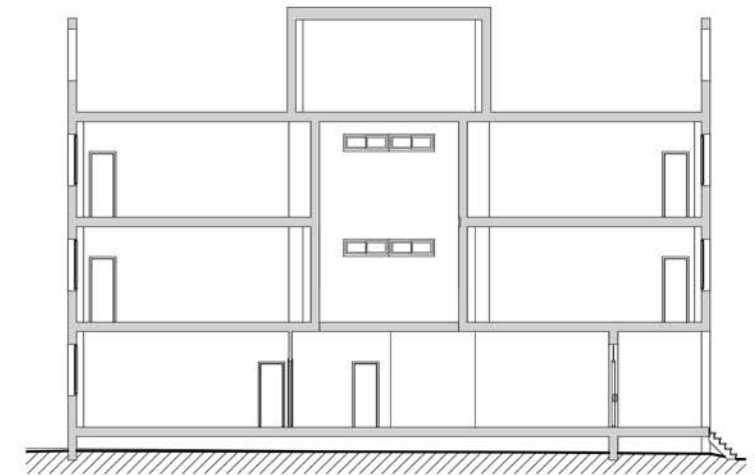
Esquema superficie calefacción P1



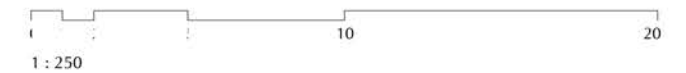
Esquema superficie calefacción P2



Sección transversal B-B
1 : 250



Sección transversal C-C'
1 : 250



Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo. Autora: E. Liébana Durán

Colegio: E2-III CEIP MESTALLA

e: Como se indica

Plano: Secciones

14-4

ANEXO C

CÁLCULO DE LOS PRESUPUESTOS DE LAS PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

Contenido del anexo

C.1. Presupuestos de Ejecución Material (PEM) para los distintos tipos de colegio

C.2. Descripción de las partidas incluidas en los PEM

C.1. Tablas de cálculo de los Presupuestos de Ejecución Material de los distintos paquetes de medidas según cada colegio tipo.

nivel	PEM _ COLEGIOS TIPO B	partidas	B			
			precio unit	cantidad	total	total medida
N1	MF1I	M2 Trasd. panel c-yeso 60,5/600 MW40 λ=0,035	28,61 €	1122,30	32.109,00 €	32.109,00 €
		M2 Trasd. panel c-yeso 60,5/600 MW40 λ=0,035	28,61 €	-	-	-
	MQ1I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm λ=0,034	39,49 €	351,10	13.864,94 €	15.839,53 €
		M2 Demolición de falso techo de cañizo	5,62 €	351,10	1.974,59 €	-
	MQ2I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm λ=0,034	39,49 €	-	-	-
		M2 Ventana abatible Pvc (Mad) U=2,3 W/m2 K	508,18 €	137,54	69.894,94 €	85.528,96 €
	MHI	M2 Ventana corredera U=3,3 W/m2 K	422,48 €	-	-	-
		M2 Puerta de madera U=3,3 W/m2 K en B	391,12 €	37,45	14.647,43 €	-
M2 Puerta de madera U=3,3 W/m2 K en CI-I		391,12 €	-	-	-	
M2 Puerta de madera U=3,3 W/m2 K en CI-III		481,46 €	-	-	-	
M2 Desmontado de carpinterías		5,64 €	174,99	986,59 €	-	
TOTAL					133.477,49 €	
N2	MF1I	M2 Trasd. panel c-yeso 60,5/600 MW40 λ=0,035	28,61 €	1122,30	32.109,00 €	32.109,00 €
		M2 Trasd. panel c-yeso 60,5/600 MW40 λ=0,032	30,06 €	-	-	-
	MQ1I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:80mm λ=0,034	42,83 €	351,10	15.037,61 €	17.012,20 €
		M2 Demolición de falso techo de cañizo	5,62 €	351,10	1.974,59 €	-
	MQ2I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm λ=0,034	39,49 €	-	-	-
		M2 Ventana abatible Pvc (Mad) U=2,3 W/m2 K	517,25 €	137,54	71.142,70 €	86.946,59 €
	MHI	M2 Ventana corredera U=2,3 W/m2 K	431,55 €	-	-	-
		M2 Puerta de madera U=2,3 W/m2 K en B	395,66 €	37,45	14.817,30 €	-
M2 Puerta de madera U=2,3 W/m2 K en CI-I		395,66 €	-	-	-	
M2 Puerta de madera U=2,3 W/m2 K en CI-III		487,94 €	-	-	-	
M2 Desmontado de carpinterías		5,64 €	174,99	986,59 €	-	
TOTAL					136.067,80 €	
N3	MF1I	M2 Trasd. panel c-yeso 82,5/600 MW50 λ=0,032	32,29 €	1122,30	36.239,07 €	36.239,07 €
		M2 F. techo c/ aisl. MW e:100mm λ=0,034	46,16 €	351,10	16.206,78 €	18.181,36 €
	MQ1I	M2 Demolición de falso techo de cañizo	5,62 €	351,10	1.974,59 €	-
		M2 F. techo c/ aisl. MW e:80mm λ=0,034	42,83 €	-	-	-
	MHI	M2 Ventana abatible PVC (Macd) U=2 W/m2 K	518,11 €	137,54	71.260,16 €	87.080,04 €
		M2 Ventana corredera U=2 W/m2 K	432,41 €	-	-	-
		M2 Puerta de madera U=2 W/m2 K en B	396,08 €	37,45	14.833,29 €	-
		M2 Puerta de madera U=2 W/m2 K en CI-I	396,08 €	-	-	-
M2 Puerta de madera U=2 W/m2 K en CI-III		488,55 €	-	-	-	
M2 Desmontado de carpinterías		5,64 €	174,99	986,59 €	-	
TOTAL				141.500,47 €		

PEM_ nivel	COLEGIOS TIPO C1	partidas	precio unit	C1-I		C1-II		C1-III		
				cantidad	total	total medida	cantidad	total	total medida	cantidad
N1	MF1I	M2 Trasd. panel c-yeso 60,5/600 MW40 λ=0,035	28,61 €	-	11.652,57 €	338,04	9.671,32 €	1472,18	42.119,07 €	42.119,07 €
		M2 Trasd. panel c-yeso 60,5/600 MW40 λ=0,035	28,61 €	407,29	11.652,57 €	-	-	-	-	-
	MQ1I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm λ=0,034	39,49 €	574,06	22.669,63 €	438,62	17.321,10 €	637,27	25.165,79 €	36.940,42 €
		M2 Demolición de falso techo de cañizo	5,62 €	574,06	3.228,51 €	438,62	2.466,80 €	637,27	3.584,01 €	-
	MQ2I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm λ=0,034	39,49 €	-	-	-	-	207,41	8.190,62 €	-
	MHI	M2 Ventana abatible Pvc (Mad) U=2,3 W/m2 K	508,18 €	95,45	48.505,69 €	140,52	71.409,31 €	58,80	29.880,93 €	156.202,43 €
		M2 Ventana corredera U=3,3 W/m2 K	422,48 €	-	-	-	-	287,94	121.648,60 €	-
		M2 Puerta de madera U=3,3 W/m2 K en B	391,12 €	-	-	-	-	-	-	-
M2 Puerta de madera U=3,3 W/m2 K en C1-I		391,12 €	21,10	8.252,62 €	-	-	-	-	-	
M2 Puerta de madera U=3,3 W/m2 K en C1-III		481,46 €	-	-	-	-	-	5,58	2.686,52 €	
M2 Desmontado de carpinterías		5,64 €	116,55	657,11 €	140,52	792,25 €	352,32	1.986,38 €	-	
TOTAL				94.966,13 €		101.660,79 €		235.261,92 €		
N2	MF1I	M2 Trasd. panel c-yeso 60,5/600 MW40 λ=0,035	28,61 €	-	12.243,14 €	338,04	9.671,32 €	1472,18	42.119,07 €	42.119,07 €
		M2 Trasd. panel c-yeso 60,5/600 MW40 λ=0,032	30,06 €	407,29	12.243,14 €	-	-	-	-	-
	MQ1I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:80mm λ=0,034	42,83 €	574,06	24.586,99 €	438,62	18.786,09 €	637,27	27.294,27 €	39.068,90 €
		M2 Demolición de falso techo de cañizo	5,62 €	574,06	3.228,51 €	438,62	2.466,80 €	637,27	3.584,01 €	-
	MQ2I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm λ=0,034	39,49 €	-	-	-	-	207,41	8.190,62 €	-
	MHI	M2 Ventana abatible Pvc (Mad) U=2,3 W/m2 K	517,25 €	95,45	49.371,61 €	140,52	72.684,11 €	58,80	30.414,36 €	159.384,21 €
		M2 Ventana corredera U=2,3 W/m2 K	431,55 €	-	-	-	-	287,94	124.260,79 €	-
		M2 Puerta de madera U=2,3 W/m2 K en B	395,66 €	-	-	-	-	-	-	-
M2 Puerta de madera U=2,3 W/m2 K en C1-I		395,66 €	21,10	8.348,33 €	-	-	-	-	-	
M2 Puerta de madera U=2,3 W/m2 K en C1-III		487,94 €	-	-	-	-	-	5,58	2.722,68 €	
M2 Desmontado de carpinterías		5,64 €	116,55	657,11 €	140,52	792,25 €	352,32	1.986,38 €	-	
TOTAL				98.435,69 €		104.400,58 €		240.572,18 €		
N3	MF1I	M2 Trasd. panel c-yeso 82,5/600 MW50 λ=0,032	32,29 €	407,29	13.151,39 €	338,04	10.915,31 €	1472,18	47.536,69 €	47.536,69 €
		M2 F. techo c/ aisl. MW e:100mm λ=0,034	46,16 €	574,06	26.498,61 €	438,62	20.446,70 €	637,27	29.416,38 €	41.883,76 €
	MQ1I	M2 Demolición de falso techo de cañizo	5,62 €	574,06	3.228,51 €	438,62	2.466,80 €	637,27	3.584,01 €	-
		M2 F. techo c/ aisl. MW e:80mm λ=0,034	42,83 €	-	-	-	-	207,41	8.883,37 €	-
	MHI	M2 Ventana abatible PVC (Mad) U=2 W/m2 K	518,11 €	95,45	49.453,12 €	140,52	72.804,11 €	58,80	30.464,57 €	159.683,73 €
		M2 Ventana corredera U=2 W/m2 K	432,41 €	-	-	-	-	287,94	124.506,70 €	-
		M2 Puerta de madera U=2 W/m2 K en B	396,08 €	-	-	-	-	-	-	-
		M2 Puerta de madera U=2 W/m2 K en C1-I	396,08 €	21,10	8.357,34 €	-	-	-	-	-
M2 Puerta de madera U=2 W/m2 K en C1-III		488,55 €	-	-	-	-	-	5,58	2.726,08 €	
M2 Desmontado de carpinterías		5,64 €	116,55	657,11 €	140,52	792,25 €	352,32	1.986,38 €	-	
TOTAL				101.346,09 €		107.225,18 €		249.104,18 €		

PEM _ COLEGIOS TIPO C2			C2-II			C2-III			
nivel	mejora	partidas	precio unit	cantidad	total	total medida	cantidad	total	total medida
N1	MF2)y3I	M2 Trasd. panel c-yeso 60,5/600 MW40 $\lambda=0,035$	28,61 €	323,08	9.243,32 €	9.243,32 €	713,76	20.420,67 €	20.420,67 €
	MQ2)y3I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm $\lambda=0,034$	39,49 €	155,86	6.154,91 €	6.154,91 €	267,13	10.548,96 €	10.548,96 €
	MHI	M2 Ventana abatible U=3,3 W/m2 K	440,55 €	208,63	91.911,74 €	93.087,99 €	267,28	117.749,94 €	119.996,11 €
		M2 Puerta metálica opaca	274,38 €	-	-	-	2,64	724,36 €	-
		M2 Desmontado de carpinterías	5,64 €	208,63	1.176,26 €	-	269,92	1.521,81 €	-
		TOTAL				108.486,22 €			150.965,75 €
N2	MF2I	M2 Trasd. panel c-yeso 60,5/600 MW40 $\lambda=0,035$	28,61 €	257,44	7.365,36 €	9.338,50 €	583,72	16.700,23 €	20.609,23 €
	MF3I	M2 Trasd. panel c-yeso 102,5/600 MW40 $\lambda=0,032$	30,06 €	65,64	1.973,14 €	-	130,04	3.909,00 €	-
	MQ2)y3I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm $\lambda=0,034$	39,49 €	155,86	6.154,91 €	6.154,91 €	267,13	10.548,96 €	10.548,96 €
	MHI	M2 Ventana abatible U=2,3 W/m2 K	449,62 €	208,63	93.804,43 €	94.980,69 €	267,28	120.174,70 €	122.420,87 €
		M2 Puerta metálica opaca	274,38 €	-	-	-	2,64	724,36 €	-
		M2 Desmontado de carpinterías	5,64 €	208,63	1.176,26 €	-	269,92	1.521,81 €	-
	TOTAL				110.474,09 €			153.579,07 €	
N3	MF2I	M2 Trasd. panel c-yeso 82,5/600 MW60 $\lambda=0,032$	33,46 €	257,44	8.613,94 €	11.375,42 €	583,72	19.531,27 €	25.002,05 €
	MF3I	M2 Trasd. panel c-yeso 102,5/600 MW80 $\lambda=0,032$	42,07 €	65,64	2.761,47 €	-	130,04	5.470,78 €	-
	MQ2)y3I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:80mm $\lambda=0,034$	42,83 €	155,86	6.675,48 €	6.675,48 €	267,13	11.441,18 €	11.441,18 €
	MHI	M2 Ventana abatible U=2 W/m2 K	450,48 €	208,63	93.982,60 €	95.158,86 €	267,28	120.402,96 €	122.649,13 €
		M2 Puerta metálica opaca	274,38 €	-	-	-	2,64	724,36 €	-
		M2 Desmontado de carpinterías	5,64 €	208,63	1.176,26 €	-	269,92	1.521,81 €	-
	TOTAL				113.209,76 €			159.092,36 €	

PEM _ nivel	COLEGIOS TIPO D				D-I			D-II			D-III		
	mejora	partidas	precio unit	cantidad	total	total medida	cantidad	total	total medida	cantidad	total	total medida	
N1	MF2E y4E	M2 SATE XPS 30mm $\lambda=0,034$	55,46 €	113,15	6.275,30 €	6.275,30 €	1075,77	59.662,20 €	59.662,20 €	919,35	50.987,15 €	50.987,15 €	
	MQ2E	M2 Aisl. Ext. cub plana XPS e:60mm $\lambda=0,034$	40,87 €	201,28	8.227,12 €	8.227,12 €	1188,01	48.558,72 €	48.558,72 €	-	-	23.045,11 €	
	MQ4I	M2 F. techo c/ aisl. XPS e:60mm $\lambda=0,034$	42,83 €	-	-	-	-	-	-	538,06 €	23.045,11 €	-	
	MHI	M2 Doble ventana abatible PVC U=3,3 W/m ² K	444,91 €	39,05	17.373,58 €	25.683,66 €	490,58	218.261,99 €	235.387,48 €	-	-	129.920,06 €	
		M2 Doble ventana corredera PVC U=3,3 W/m ² K	466,84 €	-	-	-	-	-	-	256,65	119.813,46 €	-	
		M2 Ventana fija PVC U=3,3 W/m ² K	254,21 €	-	-	-	-	-	-	25,80	6.558,51 €	-	
		M2 Puerta de metálica U=3,3 W/m ² K	443,80 €	18,00	7.988,44 €	-	31,95	14.179,47 €	-	-	-	-	
		M2 Puerta de metálica opaca	417,66 €	-	-	-	-	-	-	4,62	1.929,59 €	-	
		M2 Desmontaje de carpinterías	5,64 €	57,05	321,65 €	-	522,53	2.946,02 €	-	287,07	1.618,50 €	-	
		TOTAL				40.186,08 €			343.608,41 €			203.952,32 €	
N2	MF2E y4E	M2 SATE XPS 40mm $\lambda=0,034$	56,70 €	113,15	6.415,61 €	6.415,61 €	1075,77	60.996,16 €	60.996,16 €	919,35	52.127,15 €	52.127,15 €	
	MQ2E	M2 Aisl. Ext. cub plana XPS e:60mm $\lambda=0,034$	40,87 €	201,28	8.227,12 €	8.227,12 €	1188,01	48.558,72 €	48.558,72 €	-	-	23.045,11 €	
	MQ4I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm $\lambda=0,034$	42,83 €	-	-	-	-	-	-	538,06 €	23.045,11 €	-	
	MHI	M2 Doble ventana abatible PVC U=2,3 W/m ² K	455,27 €	39,05	17.778,45 €	26.228,50 €	490,58	223.348,32 €	240.722,26 €	-	-	132.848,51 €	
		M2 Doble ventana corredera PVC U=2,3 W/m ² K	477,20 €	-	-	-	-	-	-	256,65	122.474,41 €	-	
		M2 Ventana fija PVC U=2,3 W/m ² K	264,57 €	-	-	-	-	-	-	25,80	6.826,01 €	-	
		M2 Puerta de metálica U=2,3 W/m ² K	451,58 €	18,00	8.128,40 €	-	31,95	14.427,92 €	-	-	-	-	
		M2 Puerta de metálica opaca	417,66 €	-	-	-	-	-	-	4,62	1.929,59 €	-	
		M2 Desmontaje de carpinterías	5,64 €	57,05	321,65 €	-	522,53	2.946,02 €	-	287,07	1.618,50 €	-	
		TOTAL				40.871,23 €			350.277,14 €			208.020,76 €	
N3	MF2E y4E	M2 SATE XPS 80mm $\lambda=0,034$	61,67 €	113,15	6.977,96 €	6.977,96 €	1075,77	66.342,74 €	66.342,74 €	919,35	56.696,31 €	56.696,31 €	
	MQ2E	M2 Aisl. Ext. cub plana XPS e:80mm $\lambda=0,029$	42,84 €	201,28	8.623,64 €	8.623,64 €	1188,01	50.899,10 €	50.899,10 €	-	-	24.836,85 €	
	MQ4I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:80mm $\lambda=0,034$	46,16 €	-	-	-	-	-	-	538,06 €	24.836,85 €	-	
	MHI	M2 Doble ventana abatible U=2 W/m ² K	456,25 €	39,05	17.816,56 €	26.279,79 €	490,58	223.827,13 €	241.224,45 €	-	-	133.124,18 €	
		M2 Doble ventana corredera U=2 W/m ² K	478,18 €	-	-	-	-	-	-	256,65	122.724,90 €	-	
		M2 Ventana fija U=2 W/m ² K	265,55 €	-	-	-	-	-	-	25,80	6.851,19 €	-	
		M2 Puerta de metálica U=2 W/m ² K	452,31 €	18,00	8.141,58 €	-	31,95	14.451,30 €	-	-	-	-	
		M2 Puerta de metálica opaca	417,66 €	-	-	-	-	-	-	4,62	1.929,59 €	-	
		M2 Desmontaje de carpinterías	5,64 €	57,05	321,65 €	-	522,53	2.946,02 €	-	287,07	1.618,50 €	-	
		TOTAL				41.881,39 €			358.466,29 €			214.657,34 €	

PEM_ nivel	COLEGIOS TIPO E1	partidas	precio unit	E1-I			E1-II			E1-III		
				cantidad	total	total medida	cantidad	total	total medida	cantidad	total	total medida
N1	MQ6E	M2 Aisl. Ext. cub plana XPS e:30mm $\lambda=0,034$	36,26 €	-	5.884,01 €	5.884,01 €	-	-	18.678,77 €	-	-	29.228,13 €
	MQ5I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:30mm $\lambda=0,034$	39,49 €	149,00	5.884,01 €	-	473,00	18.678,77 €	740,14	29.228,13 €	-	-
	MS1E	M2 F. techo ext con XPS e:50mm $\lambda=0,034$	57,71 €	-	-	-	19,05	1.099,38 €	1.099,38 €	254,26	14.673,34 €	14.673,34 €
	MHI	M2 Doble ventana corredera U=3,3 W/m ² K	466,84 €	50,19	23.430,50 €	28.320,23 €	117,45	54.829,89 €	65.508,69 €	228,42	106.634,68 €	126.080,09 €
		M2 Ventana fija U=3,3 W/m ² K	254,21 €	-	-	-	6,48	1.647,25 €	-	-	-	-
		M2 Puerta de metálica U=3,3 W/m ² K	443,80 €	10,25	4.548,97 €	-	14,50	6.435,13 €	-	35,55	15.777,16 €	-
		M2 Puerta de metálica opaca	417,66 €	-	-	-	4,29	1.791,76 €	-	5,15	2.150,95 €	-
	M2 Desmontado de carpinterías	5,64 €	60,44	340,76 €	-	142,72	804,66 €	-	269,12	1.517,30 €	-	
TOTAL					34.204,24 €			85.286,83 €			169.981,56 €	
N1	MQ6E	M2 Aisl. Ext. cub plana XPS e:30mm $\lambda=0,034$	36,26 €	-	5.884,01 €	5.884,01 €	-	-	18.678,77 €	-	-	29.228,13 €
	MQ5I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:30mm $\lambda=0,034$	39,49 €	149,00	5.884,01 €	-	473,00	18.678,77 €	740,14	29.228,13 €	-	-
	MS1E	M2 F. techo ext con XPS e:50mm $\lambda=0,034$	57,71 €	-	-	-	19,05	1.099,38 €	1.099,38 €	254,26	14.673,34 €	14.673,34 €
	MHI	M2 Doble ventana corredera U=2,3 W/m ² K	477,20 €	50,19	23.950,87 €	28.920,30 €	117,45	56.047,61 €	66.906,35 €	228,42	109.002,94 €	128.724,78 €
		M2 Ventana fija U=2,3 W/m ² K	264,57 €	-	-	-	6,48	1.714,44 €	-	-	-	-
		M2 Puerta de metálica U=2,3 W/m ² K	451,58 €	10,25	4.628,67 €	-	14,50	6.547,88 €	-	35,55	16.053,60 €	-
		M2 Puerta de metálica opaca	417,66 €	-	-	-	4,29	1.791,76 €	-	5,15	2.150,95 €	-
	M2 Desmontado de carpinterías	5,64 €	60,44	340,76 €	-	142,72	804,66 €	-	269,12	1.517,30 €	-	
TOTAL					34.804,31 €			86.684,49 €			172.626,26 €	
N3	MF5,6Y7E	M2 SATE XPS 40mm $\lambda=0,034$	56,70 €	129,76	7.357,39 €	7.357,39 €	293,56	16.644,85 €	16.644,85 €	896,62	50.838,35 €	50.838,35 €
	MQ6E	M2 Aisl. Ext. cub plana XPS e:30mm $\lambda=0,034$	39,33 €	-	-	-	-	-	20.258,59 €	-	-	31.700,20 €
	MQ5I	M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm $\lambda=0,034$	42,83 €	149,00	6.381,67 €	6.381,67 €	473,00	20.258,59 €	740,14	31.700,20 €	-	-
	MS1E	M2 F. techo ext con XPS e:60mm $\lambda=0,034$	59,25 €	-	-	-	19,05	1.128,71 €	1.128,71 €	254,26	15.064,91 €	15.064,91 €
	MHI	M2 Doble ventana corredera U=2 W/m ² K	478,18 €	50,19	23.999,85 €	28.976,79 €	117,45	56.162,24 €	67.037,92 €	228,42	109.225,88 €	128.973,74 €
		M2 Ventana fija U=2 W/m ² K	265,55 €	-	-	-	6,48	1.720,76 €	-	-	-	-
		M2 Puerta de metálica U=2 W/m ² K	452,31 €	10,25	4.636,18 €	-	14,50	6.538,50 €	-	35,55	16.079,62 €	-
		M2 Puerta de metálica opaca	417,66 €	-	-	-	4,29	1.791,76 €	-	5,15	2.150,95 €	-
M2 Desmontado de carpinterías	5,64 €	60,44	340,76 €	-	142,72	804,66 €	-	269,12	1.517,30 €	-		
TOTAL					42.715,85 €			105.070,07 €			226.577,20 €	

PEM_ nivel	COLEGIOS TIPO E2	partidas	precio unit	E2-II		E2-III		total medida	total	total medida
				cantidad	total	cantidad	total			
N1	mejora	M2 Aisl. Ext. cub plana XPS e:30mm $\lambda=0,034$	36,26 €	-	-	64.427,54 €	-	64.427,54 €	48.450,52 €	48.450,52 €
		M2 F. techo c/ aisl. MW e:30mm $\lambda=0,034$	39,49 €	1631,49	64.427,54 €	-	-	-	-	-
		M2 F. techo ext con XPS e:50mm $\lambda=0,034$	57,71 €	253,48	14.628,33 €	14.628,33 €	44,92	2.592,33 €	2.592,33 €	2.592,33 €
		M2 Doble ventana corredera U=3,3 W/m2 K	466,84 €	248,42	115.971,40 €	145.038,76 €	334,14	155.988,58 €	177.546,02 €	177.546,02 €
		M2 Ventana fija U=3,3 W/m2 K	254,21 €	30,31	7.704,98 €	-	-	-	-	-
		M2 Puerta de metálica U=3,3 W/m2 K	443,80 €	40,87	18.138,19 €	-	-	-	-	-
		M2 Puerta de metálica opaca	417,66 €	3,36	1.403,34 €	-	-	-	-	-
		M2 Desmontado de carpinterías	5,64 €	322,96	1.820,85 €	-	-	-	-	-
	TOTAL				224.094,63 €			224.094,63 €		228.588,87 €
N1		M2 Aisl. Ext. cub plana XPS e:30mm $\lambda=0,034$	36,26 €	-	-	64.427,54 €	-	64.427,54 €	48.450,52 €	48.450,52 €
		M2 F. techo c/ aisl. MW e:30mm $\lambda=0,034$	39,49 €	1631,49	64.427,54 €	-	-	-	-	-
		M2 F. techo ext con XPS e:50mm $\lambda=0,034$	57,71 €	253,48	14.628,33 €	14.628,33 €	44,92	2.592,33 €	2.592,33 €	2.592,33 €
		M2 Doble ventana corredera U=2,3 W/m2 K	477,20 €	248,42	118.547,02 €	148.246,43 €	334,14	159.452,94 €	181.346,39 €	181.346,39 €
		M2 Ventana fija U=2,3 W/m2 K	264,57 €	30,31	8.019,24 €	-	-	-	-	-
		M2 Puerta de metálica U=2,3 W/m2 K	451,58 €	40,87	18.455,99 €	-	-	-	-	-
		M2 Puerta de metálica opaca	417,66 €	3,36	1.403,34 €	-	-	-	-	-
		M2 Desmontado de carpinterías	5,64 €	322,96	1.820,85 €	-	-	-	-	-
	TOTAL				227.302,31 €			227.302,31 €		232.389,24 €
N3		M2 SATE XPS 40mm $\lambda=0,034$	56,70 €	1323,78	75.058,33 €	75.058,33 €	1189,18	67.426,51 €	67.426,51 €	67.426,51 €
		M2 Aisl. Ext. cub plana XPS e:50mm $\lambda=0,034$	39,33 €	-	-	69.876,72 €	-	-	-	-
		M2 F. techo c/ aisl. MW e:60mm $\lambda=0,034$	42,83 €	1631,49	69.876,72 €	-	-	-	-	-
		M2 F. techo ext con XPS e:60mm $\lambda=0,034$	59,25 €	253,48	15.018,69 €	15.018,69 €	44,92	2.661,51 €	2.661,51 €	2.661,51 €
		M2 Doble ventana corredera U=2 W/m2 K	478,18 €	248,42	118.789,48 €	148.548,39 €	334,14	159.779,07 €	181.704,14 €	181.704,14 €
		M2 Ventana fija U=2 W/m2 K	265,55 €	30,31	8.048,82 €	-	-	-	-	-
		M2 Puerta de metálica U=2 W/m2 K	452,31 €	40,87	18.485,91 €	-	-	-	-	-
		M2 Puerta de metálica opaca	417,66 €	3,36	1.403,34 €	-	-	-	-	-
M2 Desmontado de carpinterías	5,64 €	322,96	1.820,85 €	-	-	-	-	-		
	TOTAL				308.502,12 €			308.502,12 €		304.344,35 €

C.2. Tablas de descripción de las partidas incluidas en el cálculo del PEM de los distintos paquetes de medidas.

COLEGIOS B, C1 Y C2	
PARTIDA	PRECIO
M2 de falso techo de escayola con aislamiento	
Falso techo realizado con paneles de 60x60, liso acústico de 8,5kg/m2 de peso, a base de escayola, fibra de vidrio y perlita, con aislamiento de material y espesor variable, con sustentación escalonada a base de perfil primario y secundario, lacados, rematado perimetralmente con perfil angular y suspendido mediante tirantes roscados de varilla galvanizada de diámetro 3mm, según NTE/RTP-17	
MW e:60mm $\lambda=0,034$	39,49 €
MW e:80mm $\lambda=0,034$	42,83 €
MW e:100mm $\lambda=0,034$	46,16 €
M2 de demolición de falso techo de cañizo	
Demolición de cielo raso de cañizo, incluida la retirada de escombros, i. carga manual y transporte a vertedero.	5,62 €
M2 de trasdosado de placas cartón yeso c/ aislante	
Trasdosado autoportante libre sencillo 60,5/600 (48+12,5 ID); 82,5/600 (70+12,5 ID); 102,5/600 (90+12,5 ID) o 137,5/600 (125+12,5), compuesto por una placa de yeso laminado aditiva para conferirle alta dureza superficial (ID según UNE-EN 520+A1) DE 12,5 mm de espesor, sobre estructura de perfiles de acero galvanizado de 48mm, 70mm o 125 mm de ancho, con canales como elemento horizontal y montantes como elemento vertical en disposición normal (N), con una separación entre montantes de 600mm y lana mineral de varios espesores y conductividad en su interior; listo para pintar, incluso replanteo, preparación, corte y colocación de las placas y estructura soporte, banda acústica bajo perfiles perimetrales, nivelación y aplomado, formación de premarcos, ejecución de ángulos y paso de instalaciones, acabado de juntas, banda acústica bajo los perfiles perimetrales, parte proporcional de mermas, rotura, accesorios de fijación y limpieza.	
Perfil de 48mm de ancho y MW e:40mm $\lambda=0,035W/mK$	28,61 €
Perfil de 48mm de ancho y MW e:40mm $\lambda=0,032W/mK$	30,06 €
Perfil de 70 mm de ancho y MW e:50mm $\lambda=0,032W/mK$	32,29 €
Perfil de 70 mm de ancho y MW e:60mm $\lambda=0,032W/mK$	33,46 €
Perfil de 90 mm de ancho y MW e:80mm $\lambda=0,032W/mK$	42,07 €
M2 de ventana abatible PVC (acabado imitación madera)	
Ventana de PVC, dos hojas practicables con apertura hacia el interior, compuesta de marco, hoja y junquillos, contraventanas de panel liso de PVC, acabado foliado especial en las dos caras, color a elegir, perfiles de 70 mm de anchura soldados a inglete, que incorporan cinco cámaras interiores, tanto en la sección de la hoja como en la del marco, para mejora del aislamiento térmico; galce con pendiente del 5% para facilitar el desagüe; con refuerzos interiores, juntas de estanqueidad de EPDM manilla y herrajes; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 1,3 W/(m^2K)$; espesor máximo del acristalamiento: 40 mm; compuesta por marco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE EN 12210, con premarco sin persiana. Incluso silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el premarco.	
Vidrio estándar 4+6+4 U=3,3 W/m2 K	508,18 €
Vidrio de baja emisividad 4+9+4 U=2,1 W/m2 K	517,25 €
Vidrio de baja emisividad 4+12+4 U=1,8 W/m2 K	518,11 €
M2 de ventana corredera de PVC, lacada c. persiana	
Ventana de PVC, dos hojas correderas, compuesta de marco, hoja y junquillos, acabado foliado en las dos caras, color a elegir, perfiles de 80 mm de anchura, soldados a inglete, que incorporan tres cámaras interiores, tanto en la sección de la hoja como en la del marco, para mejora del aislamiento térmico; galce con pendiente del 5% para facilitar el desagüe; con refuerzos interiores, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 1,3 W/(m^2K)$; espesor máximo del acristalamiento: 28 mm; compuesta por marco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados, con premarco. Cajón de persiana térmico incorporado (monoblock), persiana enrollable de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor, equipada con todos sus accesorios. Incluso limpieza del premarco ya instalado, alojamiento y calzado del marco en el premarco, fijación del marco al premarco con tornillos de acero galvanizado garras de fijación, sellado perimetral de la junta exterior entre marco y obra, por medio de un cordón de silicona neutra, incluida la colocación en obra del premarco, fijado con tornillos y ajuste final en obra. Elaborada en taller; con clasificación a la permeabilidad al aire clase 3, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE EN 12210 Totalmente montada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).	
Vidrio estándar 4+6+4 U=3,3 W/m2 K	422,48 €
Vidrio de baja emisividad 4+9+4 U=2,1 W/m2 K	431,55 €
Vidrio de baja emisividad 4+12+4 U=1,8 W/m2 K	432,41 €

M2 Ventana abatible PVC, c. persiana

Ventana de PVC, de hojas abatibles, compuesta de marco, hoja y junquillos, acabado foliado en las dos caras, color a elegir, perfiles de 70 mm de anchura, soldados a inglete, que incorporan cinco cámaras interiores, tanto en la sección de la hoja como en la del marco, para mejora del aislamiento térmico; galce con pendiente del 5% para facilitar el desagüe; con refuerzos interiores, juntas de estanqueidad de EPDM manilla y herrajes; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; espesor máximo del acristalamiento: 40 mm; compuesta por marco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados, con premarco. Cajón de persiana térmico incorporado (monoblock), persiana enrollable de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor, equipada con todos sus accesorios. Incluso limpieza del premarco ya instalado, alojamiento y calzado del marco en el premarco, fijación del marco al premarco con tornillos de acero galvanizado garras de fijación, sellado perimetral de la junta exterior entre marco y obra, por medio de un cordón de silicona neutra, incluida la colocación en obra del premarco, fijado con tornillos y ajuste final en obra. Elaborada en taller; con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE EN 12210 Totalmente montada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

Vidrio estandar 4+6+4 U=3,3 W/m2 K	440,55 €
Vidrio de baja emisividad 4+9+4 U=2,1 W/m2 K	449,62 €
Vidrio de baja emisividad 4+12+4 U=1,8 W/m2 K	450,48 €

M2 de puerta de madera con vidrio en colegio tipo B

Carpintería exterior para puerta de madera abisagrada, de apertura hacia el interior, con 35% de superficie de vidrio, formada por dos hojas practicables y dos fijos laterales, hoja de 78x78 mm de sección y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior; con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 43 mm y máximo de 54 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo $U_{h,m} = 1,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; acabado mediante sistema de barnizado opaco; herraje perimetral de cierre y seguridad con nivel de seguridad WK1 según UNE-FN 1627 con premarco.

Vidrio estandar 4+6+4 U=3,3 W/m2 K	391,12 €
Vidrio de baja emisividad 4+9+4 U=2,1 W/m2 K	395,66 €
Vidrio de baja emisividad 4+12+4 U=1,8 W/m2 K	396,08 €

M2 de puerta de madera con vidrio en colegio tipo C1-I

Carpintería exterior para puerta de madera abisagrada, de apertura hacia el interior, con 35% de superficie de vidrio, formada por dos hojas practicables y dos fijos laterales, hoja de 78x78 mm de sección y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm; con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 43 mm y máximo de 54 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo $U_{h,m} = 1,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; acabado mediante sistema de barnizado opaco; herraje perimetral de cierre y seguridad con nivel de seguridad WK1 según UNE-FN 1627 con premarco.

Vidrio estandar 4+6+4 U=3,3 W/m2 K	391,12 €
Vidrio de baja emisividad 4+9+4 U=2,1 W/m2 K	395,66 €
Vidrio de baja emisividad 4+12+4 U=1,8 W/m2 K	396,08 €

M2 de puerta de madera con vidrio en colegio tipo C1-III

Carpintería exterior para puerta de madera abisagrada, de apertura hacia el interior, con 50% de superficie de vidrio, formada por dos hojas practicable, hoja de 78x78 mm de sección y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm; con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 32 mm y máximo de 42 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo $U_{h,m} = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; acabado mediante sistema de barnizado opaco; herraje perimetral de cierre y seguridad con nivel de seguridad WK1, según UNE-EN 1627; con premarco.

Vidrio estandar 4+6+4 U=3,3 W/m2 K	481,46 €
Vidrio de baja emisividad 4+9+6 U=2,3 W/m2 K	487,94 €
Vidrio de baja emisividad 4+12+4 U=1,8 W/m2 K	488,55 €

M2 de puerta metálica opaca c/aislamiento

Puerta de entrada de una hoja de 52 mm de espesor, acabado pintado con resina de epoxi en color a elegir de la carta RAL formada por dos chapas de acero galvanizado de 1 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia rellena de poliuretano, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con garras de anclaje a obra, cerradura con un punto de cierre, premarco de acero galvanizado con garras de anclaje a obra y tapajuntas, sellado perimetral de juntas por medio de un cordón de silicona neutra. Elaborada en taller, con ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

274,38 €

M2 desmontaje de carpintería

Desmontaje de carpintería situada en fachada, con medios manuales, sin deteriorar los elementos constructivos a los que está sujeta, carga manual sobre camión o contenedor y transportea vertedero.

5,64 €

COLEGIOS D, E1 Y E2	
PARTIDA	PRECIO
M2 de aislamiento térmico en cubiertas planas	
Aislamiento térmico por el exterior en cubiertas planas transitables, con paneles de poliestireno extruido (XPS) de distintos espesores y conductividades, incluso parte proporcional de elementos de sujeción y corte del aislante. Incluso demolición de la protección pesada (solado fijo) y de la capa antipunzonante de la cubierta y restauración posterior tras la disposición del aislante.	
XPS e:30mm $\lambda=0,034$ W/m K	36,26 €
XPS e:50mm $\lambda=0,034$ W/m K	39,33 €
XPS e:60mm $\lambda=0,034$ W/m K	40,87 €
XPS e:80mm $\lambda=0,029$ W/m K	42,84 €
M2 de falso techo de escayola con aislamiento	
Falso techo realizado con paneles de 60x60, liso acústico de 8,5kg/m2 de peso, a base de escayola, fibra de vidrio y perlita, con aislamiento de material y espesor variable, con sustentación escalonada a base de perfil primario y secundario, lacados, rematado perimetralmente con perfil angular y suspendido mediante tirantes roscados de varilla galvanizada de diámetro 3mm. según NTF/RTP-17	
MW e:60mm $\lambda=0,034$	39,49 €
MW e:80mm $\lambda=0,034$	42,83 €
MW e:100mm $\lambda=0,034$	46,16 €
M2 de SATE (Sist. de Aislamiento Térmico Exterior)	
Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE-ETICS), suministrado e instalado conforme a su correspondiente Documento de Idoneidad Técnica Europeo (DITE), compuesto por: aislamiento térmico a base de paneles rígidos de poliestireno extruido (XPS) o lana mineral (MW) de distintos espesores y conductividad, fijados al soporte mediante mortero de cemento con resinas y aditivos y espigas de anclaje mecánico dispuestas en el perímetro, esquinas y centro de los paneles. Capa de refuerzo y base de acabado formada por una malla de fibra de vidrio convencional con tratamiento anti cal, con una abertura de malla de 4x4mm, una resistencia a tracción (urdimbre) > 15000 N/50 mm y >1000 N/50mm tras el envejecimiento y un granaje de entre 145 y 165 g/m2, embebida en el centro de una capa de 5 cm de espesor de mortero industrial de albañilería M-10 aplicado con una llana y solapes de malla de 10cm en las juntas, cantoneras, accesorios y perfiles de goteo. Capa de acabado impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua, formada por un revoco mineral de 1mm de espesor acabado liso realizado con mortero mixto de cal, áridos de granulometría compensada, pigmentos y resinas hidrófugas con marcado CE según EN-UNE-998-1. Todo ello incluyendo la parte proporcional de la periferia de arranque, cantoneras, formación de juntas, jambas y dinteles, remates y accesorios necesarios para la completa instalación del sistema conforme al DITE	
XPS e:30mm $\lambda=0,034$ W/mK, resistencia térmica 0,88 m2K/W	55,46 €
XPS e:40mm $\lambda=0,034$ W/mK, resistencia térmica 1,18 m2K/W	56,70 €
XPS e:80mm $\lambda=0,034$ W/mK, resistencia térmica 2,35 m2K/W	61,67 €
M2 de falso techo exterior con aislamiento (Suelos en contacto con el aire exterior)	
Falso techo realizado con placas de cemento con acabado de mortero y pintura GRC, atornilladas a una estructura doble de acero galvanizado de maestras 60/27, con sustentación escalonada a base de perfil primario y secundario, rematado perimetralmente con perfil angular, con aislamiento de material y espesor variable.	
XPS e:50mm $\lambda=0,034$ W/m K	57,71 €
XPS e:60mm $\lambda=0,034$ W/m K	59,25 €
M2 de ventana corredera de PVC, c. persiana	
Ventana de PVC, dos hojas correderas, compuesta de marco, hoja y junquillos, acabado foliado en las dos caras, color a elegir, perfiles de 80 mm de anchura, soldados a inglete, que incorporan tres cámaras interiores, tanto en la sección de la hoja como en la del marco, para mejora del aislamiento térmico; galce con pendiente del 5% para facilitar el desagüe; con refuerzos interiores, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 1,3$ W/(m ² K); espesor máximo del acristalamiento: 28 mm; compuesta por marco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados, con premarco. Cajón de persiana térmico incorporado (monoblock), persiana enrollable de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor, equipada con todos sus accesorios. Incluso limpieza del premarco ya instalado, alojamiento y calzado del marco en el premarco, fijación del marco al premarco con tornillos de acero galvanizado garras de fijación, sellado perimetral de la junta exterior entre marco y obra, por medio de un cordón de silicona neutra, incluida la colocación en obra del premarco, fijado con tornillos y ajuste final en obra. Elaborada en taller; con clasificación a la permeabilidad al aire clase 3, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE EN 12210 Totalmente montada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).	
Vidrio estandar 4+6+4 U=3,3 W/m2 K	466,84 €
Vidrio de baja emisividad 4+9+4 U=2,3 W/m2 K	477,20 €
Vidrio de baja emisividad 4+12+4 U=2 W/m2 K	478,18 €

M2 Ventana abatible PVC, c. persiana

Ventana de PVC, de hojas abatibles, compuesta de marco, hoja y junquillos, acabado foliado en las dos caras, color a elegir, perfiles de 70 mm de anchura, soldados a inglete, que incorporan cinco cámaras interiores, tanto en la sección de la hoja como en la del marco, para mejora del aislamiento térmico; galce con pendiente del 5% para facilitar el desagüe; con refuerzos interiores, juntas de estanqueidad de EPDM manilla y herrajes; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; espesor máximo del acristalamiento: 40 mm; compuesta por marco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados, con premarco. Cajón de persiana térmico incorporado (monoblock), persiana enrollable de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor, equipada con todos sus accesorios. Incluso limpieza del premarco ya instalado, alojamiento y calzado del marco en el premarco, fijación del marco al premarco con tornillos de acero galvanizado garras de fijación, sellado perimetral de la junta exterior entre marco y obra, por medio de un cordón de silicona neutra, incluida la colocación en obra del premarco, fijado con tornillos y ajuste final en obra. Elaborada en taller; con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE EN 12210 Totalmente montada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio). Transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Vidrio estándar 4+6+4 U=3,3 W/m ² K	444,91 €
Vidrio de baja emisividad 4+8+4 U=2,3 W/m ² K	455,27 €
Vidrio de baja emisividad 4+10+4 U=2 W/m ² K	456,25 €

M2 Ventana fija PVC, c. persiana

Ventanal fijo de PVC, acabado foliado en las dos caras, color a elegir, perfiles de 70 mm de anchura, soldados a inglete, que incorporan cinco cámaras interiores, tanto en la sección de la hoja como en la del marco, para mejora del aislamiento térmico; galce con pendiente del 5% para facilitar el desagüe; con refuerzos interiores; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; espesor máximo del acristalamiento: 40 mm; compuesta por marco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados, con premarco. Cajón de persiana térmico mejorado incorporado (monoblock), persiana enrollable de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor, equipada con todos sus accesorios. Incluso limpieza del premarco ya instalado, alojamiento y calzado del marco en el premarco, fijación del marco al premarco con tornillos de acero galvanizado garras de fijación, sellado perimetral de la junta exterior entre marco y obra, por medio de un cordón de silicona neutra, incluida la colocación en obra del premarco, fijado con tornillos y ajuste final en obra. Elaborada en taller; con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase E750, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE-EN 12210 Totalmente montada y probada.

Vidrio estándar 4+6+4 U=3,3 W/m ² K	254,21 €
Vidrio de baja emisividad 4+9+4 U=2,3 W/m ² K	264,57 €
Vidrio de baja emisividad 4+12+4 U=2 W/m ² K	265,55 €

M2 de puerta metálica con vidrio

Puerta de entrada metálica de dos hojas de 52 mm de espesor, con 60% de superficie de vidrio, acabado pintado con resina de epoxi en color, formada por dos chapas de acero galvanizado de 1 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia rellena de poliuretano en las zonas opaca, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con garras de anclaje a obra, cerradura con tres puntos de cierre, fijo superior premarco de acero galvanizado con garras de anclaje a obra y tapajuntas, sellado perimetral de juntas por medio de un cordón de silicona neutra. Elaborada en taller, con ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

Vidrio estándar 4+6+4 U=3,3 W/m ² K	443,80 €
Vidrio de baja emisividad 4+9+4 U=2,3 W/m ² K	451,58 €
Vidrio de baja emisividad 4+12+4 U=2 W/m ² K	452,31 €

M2 de puerta metálica opaca c/aislamiento

Puerta de entrada de dos hojas de 52 mm de espesor, acabado pintado con resina de epoxi en color, formada por dos chapas de acero galvanizado de 1 mm de espesor, plegadas, troqueladas con un cuarterón superior y otro inferior a dos caras, ensambladas y montadas, con cámara intermedia rellena de poliuretano, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con garras de anclaje a obra, cerradura con tres puntos de cierre, fijo superior premarco de acero galvanizado con garras de anclaje a obra y tapajuntas, sellado perimetral de juntas por medio de un cordón de silicona neutra. Elaborada en taller, con ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

417,66 €

M2 desmontaje de carpintería

Desmontaje de carpintería situada en fachada, con medios manuales, sin deteriorar los elementos constructivos a los que está sujeta, carga manual sobre camión o contenedor y transportea vertedero

5,64 €

ANEXO D

TABLAS DEL CÁLCULO DEL COSTE GLOBAL A 30 AÑOS

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

Contenido del anexo

D1. Tablas de cálculo del coste global a 30 años de los distintos paquetes de medidas según cada colegio tipo

D.1. Tablas de cálculo del coste global a 30 años de los distintos paquetes de medidas según cada colegio tipo

B-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		N0	N1-HQE	N2-HQE	N3-HQE	N2-H	N2-F	N2-Q	N2-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H
Inversión inicial												
Honorarios profesionales		15.883,82 €	16.192,07 €	16.838,56 €	10.346,64 €	3.820,97 €	2.024,45 €	14.167,62 €	12.371,10 €	5.845,42 €	10.177,95 €	
Presupuesto contratista		158.838,21 €	161.920,68 €	168.395,56 €	103.466,45 €	38.209,71 €	20.244,52 €	141.676,16 €	123.710,96 €	58.454,23 €	101.779,46 €	
Impuestos		13.977,76 €	14.249,02 €	14.817,93 €	9.105,05 €	3.362,45 €	1.781,52 €	12.467,50 €	10.886,56 €	5.143,97 €	8.956,59 €	
Otros		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		188.699,79 €	192.361,77 €	200.042,05 €	122.918,14 €	45.393,14 €	24.050,49 €	168.311,28 €	146.968,63 €	69.443,63 €	120.914,00 €	
Coste anual												
Coste energía		18.393,66 €	14.369,30 €	13.874,44 €	16.390,22 €	17.095,90 €	17.138,50 €	15.107,75 €	15.144,89 €	15.844,02 €	16.484,16 €	
Coste de mantenimnt.		498,24 €	507,91 €	528,18 €	324,55 €	119,85 €	63,50 €	444,40 €	388,05 €	183,36 €	319,26 €	
TOTAL COSTE ANUAL		18.393,66 €	14.867,53 €	14.382,35 €	16.714,77 €	17.215,76 €	17.202,01 €	15.552,16 €	15.532,94 €	16.027,38 €	16.803,42 €	
Valor residual de las medidas												
SATE		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Aisl. Cubierta		3.959,88 €	4.253,05 €	4.545,34 €	0,00 €	0,00 €	4.253,05 €	0,00 €	4.253,05 €	4.253,05 €	4.253,05 €	
Aisl.int		8.027,25 €	8.027,25 €	9.059,77 €	0,00 €	8.027,25 €	0,00 €	8.027,25 €	0,00 €	8.027,25 €	0,00 €	
Ventanas		11.974,05 €	12.172,52 €	12.191,21 €	12.172,52 €	0,00 €	0,00 €	12.172,52 €	12.172,52 €	0,00 €	11.974,05 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL		- €	23.961,19 €	24.452,82 €	25.796,31 €	12.172,52 €	8.027,25 €	16.425,57 €	16.425,57 €	12.280,30 €	11.974,05 €	
Coste global a 30 años		551.809,79 €	610.764,59 €	599.379,41 €	587.874,11 €	612.188,60 €	535.838,55 €	535.857,61 €	614.676,16 €	537.984,68 €	613.042,54 €	
Coste global a 30 años/m ²		925,70 €	1.024,60 €	1.005,50 €	986,20 €	1.026,99 €	898,94 €	1.031,16 €	1.000,72 €	902,51 €	1.028,42 €	
Superficie útil (m ²)		596,10										

B-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ
Inversión inicial												
Honorarios profesionales		3.820,97 €	1.884,90 €	13.998,92 €	12.062,85 €	5.705,87 €	10.362,53 €	4.312,45 €	2.163,58 €	14.674,97 €	12.526,11 €	6.476,03 €
Presupuesto contratista		38.209,71 €	18.849,04 €	139.989,17 €	120.628,50 €	57.058,75 €	103.625,25 €	43.124,49 €	21.635,82 €	146.749,74 €	125.261,07 €	64.760,31 €
Impuestos		3.362,45 €	1.658,72 €	12.319,05 €	10.615,31 €	5.021,17 €	9.119,02 €	3.794,96 €	1.903,95 €	12.913,98 €	11.022,97 €	5.698,91 €
Otros		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		45.393,14 €	22.392,65 €	166.307,14 €	143.306,65 €	67.785,79 €	123.106,80 €	51.231,89 €	25.703,36 €	174.388,69 €	148.810,16 €	76.935,25 €
Coste anual												
Coste energía		17.464,04 €	17.151,61 €	15.597,14 €	15.255,22 €	16.221,99 €	16.240,56 €	16.785,66 €	16.988,85 €	14.651,13 €	14.843,39 €	15.386,31 €
Coste de mantenimnt.		119,85 €	59,12 €	439,11 €	378,38 €	178,98 €	325,05 €	135,27 €	67,87 €	460,32 €	392,91 €	203,14 €
TOTAL COSTE ANUAL		17.583,89 €	17.210,74 €	16.036,25 €	15.633,61 €	16.400,97 €	16.565,61 €	16.920,93 €	17.056,71 €	15.111,45 €	15.236,31 €	15.589,45 €
Valor residual de las medidas												
SATE		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Aisl. Cubierta		0,00 €	3.959,88 €	0,00 €	3.959,88 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	4.545,34 €	0,00 €	4.545,34 €	4.545,34 €
Aisl.int		8.027,25 €	0,00 €	8.027,25 €	0,00 €	8.027,25 €	0,00 €	9.059,77 €	0,00 €	9.059,77 €	0,00 €	9.059,77 €
Ventanas		0,00 €	0,00 €	11.974,05 €	11.974,05 €	0,00 €	12.191,21 €	0,00 €	0,00 €	12.191,21 €	12.191,21 €	0,00 €
TOTAL VALOR RESIDUAL		8.027,25 €	3.959,88 €	20.001,30 €	15.933,94 €	11.987,13 €	12.191,21 €	9.059,77 €	4.545,34 €	21.250,97 €	16.736,55 €	13.605,11 €
Coste global a 30 años		564.882,61 €	534.754,89 €	627.393,45 €	596.380,90 €	547.827,71 €	607.883,80 €	549.800,12 €	532.859,40 €	606.431,24 €	589.162,81 €	531.013,58 €
Coste global a 30 años/m ²		947,63 €	897,09 €	1.052,50 €	1.000,47 €	919,02 €	1.019,77 €	922,33 €	893,91 €	1.017,33 €	988,36 €	890,81 €
Superficie útil (m ²)		596,10										

C1-1_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS												
	NO	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H	
Horarios profesionales:		11.300,97 €	11.713,85 €	12.060,18 €	6.946,87 €	1.456,93 €	3.310,04 €	8.403,80 €	10.256,91 €	4.766,98 €	6.832,43 €	
Presupuesto contrata		113.009,69 €	117.138,47 €	120.601,85 €	69.468,69 €	14.569,33 €	33.100,45 €	84.038,02 €	102.569,14 €	47.669,78 €	68.324,34 €	
Impuestos		9.944,85 €	10.308,19 €	10.612,96 €	6.113,24 €	1.282,10 €	2.912,84 €	7.395,35 €	9.026,08 €	4.194,94 €	6.012,54 €	
Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
TOTAL INVERSIÓN	- €	134.255,51 €	139.160,50 €	143.274,99 €	82.528,80 €	17.308,37 €	39.323,33 €	99.837,17 €	121.852,13 €	56.631,70 €	81.169,32 €	
Coste energía	22.729,52 €	12.722,89 €	12.678,71 €	12.091,69 €	21.604,93 €	21.836,37 €	14.693,29 €	20.725,46 €	13.529,77 €	13.841,17 €	21.558,64 €	
Coste de mantenim.		354,48 €	367,44 €	378,30 €	217,91 €	45,70 €	103,83 €	263,61 €	321,73 €	149,53 €	214,32 €	
TOTAL COSTE ANUAL	22.729,52 €	13.077,37 €	13.046,14 €	12.469,99 €	21.822,83 €	21.882,07 €	14.797,11 €	20.989,06 €	13.851,51 €	13.990,69 €	21.772,96 €	
SATE		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Aisl. Cubierta		6.474,54 €	6.953,88 €	7.431,78 €	0,00 €	0,00 €	6.953,88 €	0,00 €	6.953,88 €	6.953,88 €	0,00 €	
Aisl int		2.913,14 €	3.060,78 €	3.287,85 €	0,00 €	3.060,78 €	0,00 €	3.060,78 €	0,00 €	3.060,78 €	0,00 €	
Ventanas		8.038,16 €	8.172,79 €	8.185,46 €	8.172,79 €	0,00 €	0,00 €	8.172,79 €	8.172,79 €	0,00 €	8.038,16 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL	- €	17.425,84 €	18.187,45 €	18.905,09 €	8.172,79 €	3.060,78 €	6.953,88 €	11.233,57 €	15.126,66 €	10.014,66 €	8.038,16 €	
Coste global a 30 años	681.885,46 €	509.150,90 €	512.357,29 €	498.469,56 €	729.041,03 €	670.709,62 €	476.282,89 €	718.275,46 €	522.270,73 €	466.337,88 €	726.319,85 €	
Coste global a 30 años/m ²	1.187,83 €	886,93 €	892,52 €	868,32 €	1.269,97 €	1.168,36 €	829,67 €	1.251,22 €	909,78 €	812,35 €	1.265,23 €	
Superficie útil (m ²)	574,06											

C1-1_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS												
	N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ	
Horarios profesionales:	1.386,66 €	3.081,88 €	8.219,09 €	9.914,31 €	4.468,53 €	6.957,64 €	1.565,02 €	3.537,53 €	8.522,66 €	10.495,17 €	5.102,54 €	
Presupuesto contrata	13.866,55 €	30.818,79 €	82.190,90 €	99.143,13 €	44.685,34 €	69.576,41 €	15.650,16 €	35.375,28 €	85.226,57 €	104.951,69 €	51.025,44 €	
Impuestos	1.220,26 €	2.712,05 €	7.232,80 €	8.724,60 €	3.932,31 €	6.122,72 €	1.377,21 €	3.113,02 €	7.499,94 €	9.235,75 €	4.490,24 €	
Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
TOTAL INVERSIÓN	16.473,47 €	36.612,72 €	97.642,79 €	117.782,04 €	53.086,19 €	82.656,78 €	18.592,39 €	42.025,83 €	101.249,16 €	124.682,60 €	60.618,22 €	
Coste energía	21.958,40 €	14.714,33 €	20.793,84 €	13.483,49 €	13.957,94 €	21.527,08 €	21.697,50 €	14.454,48 €	20.511,90 €	13.213,12 €	13.486,64 €	
Coste de mantenim.	43,50 €	96,67 €	257,81 €	310,99 €	140,17 €	218,24 €	49,09 €	110,96 €	267,34 €	329,21 €	160,05 €	
TOTAL COSTE ANUAL	22.001,90 €	14.811,00 €	21.051,65 €	13.794,47 €	14.098,11 €	21.745,32 €	21.746,59 €	14.565,45 €	20.779,23 €	13.542,33 €	13.646,70 €	
SATE	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Aisl. Cubierta	0,00 €	6.474,54 €	0,00 €	6.474,54 €	6.474,54 €	0,00 €	0,00 €	7.431,78 €	0,00 €	7.431,78 €	7.431,78 €	
Aisl int	2.913,14 €	0,00 €	2.913,14 €	0,00 €	2.913,14 €	0,00 €	3.287,85 €	0,00 €	3.287,85 €	0,00 €	3.287,85 €	
Ventanas	0,00 €	0,00 €	8.038,16 €	8.038,16 €	0,00 €	8.185,46 €	0,00 €	0,00 €	8.185,46 €	8.185,46 €	0,00 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL	2.913,14 €	6.474,54 €	10.951,30 €	14.512,69 €	9.387,68 €	8.185,46 €	3.287,85 €	7.431,78 €	11.473,31 €	15.617,24 €	10.719,63 €	
Coste global a 30 años	673.617,19 €	474.468,11 €	718.240,93 €	517.103,57 €	466.641,67 €	726.831,03 €	667.702,36 €	471.557,42 €	713.152,88 €	515.335,27 €	459.299,48 €	
Coste global a 30 años/m ²	1.173,43 €	826,51 €	1.251,16 €	900,78 €	812,88 €	1.266,12 €	1.163,12 €	821,44 €	1.242,30 €	897,70 €	800,09 €	
Superficie útil (m ²)	574,06											

C1-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		NO	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H
Inversión inicial												
	Honorarios profesionales	12.097,63 €	12.423,67 €	12.759,80 €	8.743,69 €	1.150,89 €	2.529,09 €	9.894,57 €	11.272,78 €	3.679,98 €	8.591,99 €	
	Presupuesto contratada	120.976,34 €	124.236,69 €	127.597,96 €	87.436,87 €	11.508,88 €	25.290,94 €	98.945,75 €	112.727,81 €	36.799,82 €	85.919,86 €	
	Impuestos	10.645,92 €	10.932,83 €	11.228,62 €	7.694,44 €	1.012,78 €	2.225,60 €	8.707,23 €	9.920,05 €	3.238,38 €	7.560,95 €	
	Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	TOTAL INVERSIÓN	143.719,89 €	147.593,19 €	151.586,38 €	103.875,00 €	13.672,54 €	30.045,64 €	117.547,55 €	133.920,64 €	43.718,19 €	102.072,80 €	
Coste anual												
	Coste energía	24.255,09 €	15.827,30 €	15.546,47 €	15.003,53 €	22.715,56 €	23.277,22 €	18.307,25 €	16.727,40 €	17.335,15 €	22.738,61 €	
	Coste de mantenimnt.	379,47 €	389,70 €	400,24 €	274,27 €	36,10 €	79,33 €	310,37 €	353,60 €	115,43 €	269,51 €	
	TOTAL COSTE ANUAL	24.255,09 €	16.206,78 €	15.936,17 €	15.403,78 €	22.989,83 €	18.386,58 €	22.048,07 €	17.081,00 €	17.450,58 €	23.008,12 €	
Valor residual de las medidas												
	Aisl. Cubierta	4.946,98 €	5.313,22 €	5.678,37 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	5.313,22 €	5.313,22 €	0,00 €
	Aisl. int.	2.417,83 €	2.417,83 €	2.728,83 €	0,00 €	2.417,83 €	0,00 €	2.417,83 €	0,00 €	2.417,83 €	2.417,83 €	0,00 €
	Ventanas	10.108,22 €	10.286,69 €	10.303,49 €	10.286,69 €	0,00 €	0,00 €	10.286,69 €	10.286,69 €	0,00 €	10.108,22 €	
	TOTAL VALOR RESIDUAL	17.473,03 €	18.017,75 €	18.710,69 €	10.286,69 €	2.417,83 €	5.313,22 €	12.704,52 €	15.599,91 €	7.731,05 €	10.108,22 €	
	Coste global a 30 años	727.652,70 €	612.450,17 €	607.660,65 €	594.989,04 €	783.283,30 €	710.654,48 €	576.329,87 €	630.750,73 €	559.504,46 €	782.208,08 €	
	Coste global a 30 años/m ²	925,92 €	779,33 €	773,23 €	757,11 €	996,71 €	904,29 €	733,37 €	802,61 €	711,96 €	995,34 €	
	Superficie útil (m ²)	785,87										

C1-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ
Inversión inicial												
	Honorarios profesionales	1.150,89 €	2.354,76 €	9.742,87 €	10.946,75 €	3.505,65 €	8.757,97 €	1.298,92 €	2.702,91 €	10.056,89 €	11.460,87 €	4.001,83 €
	Presupuesto contratada	11.508,88 €	23.547,60 €	97.428,74 €	109.467,47 €	35.056,48 €	87.579,68 €	12.989,22 €	27.029,06 €	100.568,90 €	114.608,74 €	40.018,28 €
	Impuestos	1.012,78 €	2.072,19 €	8.573,73 €	9.633,14 €	3.084,97 €	7.707,01 €	1.143,05 €	2.378,56 €	8.850,06 €	10.085,57 €	3.521,61 €
	Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TOTAL INVERSIÓN	13.672,54 €	27.974,55 €	115.745,34 €	130.047,35 €	41.647,10 €	104.044,66 €	15.431,19 €	32.110,53 €	119.475,85 €	136.155,18 €	47.541,72 €
Coste anual												
	Coste energía	23.399,64 €	18.307,25 €	21.842,83 €	16.782,13 €	17.450,36 €	22.608,99 €	23.130,33 €	18.125,79 €	21.489,99 €	16.442,25 €	16.930,46 €
	Coste de mantenimnt.	36,10 €	73,86 €	305,61 €	343,37 €	109,96 €	274,72 €	40,74 €	84,78 €	315,46 €	359,50 €	125,53 €
	TOTAL COSTE ANUAL	23.435,74 €	18.381,11 €	22.148,44 €	17.125,50 €	17.560,32 €	22.883,71 €	23.171,07 €	18.210,57 €	21.805,45 €	16.801,75 €	17.055,99 €
Valor residual de las medidas												
	SATE	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Aisl. Cubierta	0,00 €	4.946,98 €	0,00 €	4.946,98 €	4.946,98 €	0,00 €	0,00 €	5.678,37 €	0,00 €	5.678,37 €	5.678,37 €
	Aisl. int.	2.417,83 €	0,00 €	2.417,83 €	0,00 €	2.417,83 €	0,00 €	2.728,83 €	0,00 €	2.728,83 €	0,00 €	2.728,83 €
	Ventanas	0,00 €	0,00 €	10.108,22 €	10.108,22 €	0,00 €	10.303,49 €	0,00 €	0,00 €	10.303,49 €	10.303,49 €	0,00 €
	TOTAL VALOR RESIDUAL	2.417,83 €	4.946,98 €	12.526,05 €	15.055,19 €	7.364,81 €	10.303,49 €	2.728,83 €	5.678,37 €	13.032,32 €	15.981,87 €	8.407,20 €
	Coste global a 30 años	714.326,87 €	574.460,97 €	767.672,52 €	628.757,12 €	561.091,94 €	780.252,44 €	707.834,56 €	572.749,38 €	760.607,12 €	624.225,79 €	550.814,21 €
	Coste global a 30 años/m ²	908,96 €	730,99 €	976,84 €	800,08 €	713,98 €	992,85 €	900,70 €	728,81 €	967,85 €	794,31 €	700,90 €
	Superficie útil (m ²)	785,87										

C1_III_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		N0	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H
Inversión inicial	Honorarios profesionales		27.996,17 €	28.628,09 €	29.643,40 €	18.966,72 €	5.012,17 €	4.649,20 €	23.978,89 €	23.615,92 €	9.661,37 €	18.588,09 €
	Presupuesto contrata		279.961,68 €	286.280,90 €	296.433,98 €	189.667,21 €	50.121,69 €	46.491,99 €	239.788,90 €	236.159,20 €	96.613,69 €	185.880,89 €
	Impuestos		24.636,63 €	25.192,72 €	26.086,19 €	16.690,71 €	4.410,71 €	- €	21.101,42 €	20.782,01 €	8.502,00 €	16.357,52 €
	Otros		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		- €	332.594,48 €	340.101,71 €	352.163,57 €	225.324,65 €	59.544,57 €	55.232,49 €	284.869,22 €	280.557,13 €	114.777,06 €	220.826,50 €
Coste anual	Coste energía	64.657,89 €	50.462,83 €	48.983,25 €	47.326,29 €	61.735,02 €	60.247,38 €	56.804,45 €	57.251,95 €	54.171,85 €	52.402,00 €	62.267,19 €
	Coste de mantenim.		878,17 €	897,99 €	929,84 €	594,94 €	157,22 €	145,83 €	752,16 €	740,77 €	303,05 €	583,06 €
	TOTAL COSTE ANUAL	64.657,89 €	51.341,00 €	49.881,25 €	48.256,13 €	62.329,96 €	60.404,60 €	56.950,28 €	58.004,11 €	54.912,62 €	52.705,05 €	62.850,25 €
Valor residual de las medidas	Alsl. Cubierta		9.235,10 €	9.767,23 €	10.470,94 €	0,00 €	0,00 €	9.767,23 €	0,00 €	9.767,23 €	9.767,23 €	0,00 €
	Alsl int		10.529,77 €	10.529,77 €	11.884,17 €	0,00 €	10.529,77 €	0,00 €	10.529,77 €	0,00 €	10.529,77 €	0,00 €
	Ventanas		21.868,34 €	22.313,79 €	22.355,72 €	22.313,79 €	0,00 €	0,00 €	22.313,79 €	22.313,79 €	0,00 €	21.868,34 €
	TOTAL VALOR RESIDUAL	- €	41.633,21 €	42.610,78 €	44.710,84 €	22.313,79 €	10.529,77 €	9.767,23 €	32.843,56 €	32.081,01 €	20.296,99 €	21.868,34 €
Coste global a 30 años		1.939.736,75 €	1.831.191,26 €	1.793.928,28 €	1.755.136,59 €	2.072.909,75 €	1.861.152,89 €	1.753.973,64 €	1.992.148,85 €	1.895.854,77 €	1.675.631,68 €	2.084.465,65 €
Coste global a 30 años/m ²		884,72 €	832,38 €	815,44 €	797,81 €	942,25 €	846,00 €	797,28 €	905,54 €	861,77 €	761,67 €	947,51 €
Superficie útil (m ²)		2199,95										

C1_III_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ
Inversión inicial	Honorarios profesionales	5.012,17 €	4.395,91 €	23.600,26 €	22.984,00 €	9.408,08 €	19.002,36 €	5.656,87 €	4.984,17 €	24.659,23 €	23.986,53 €	10.641,03 €
	Presupuesto contrata	50.121,69 €	43.959,10 €	236.002,58 €	229.839,99 €	94.080,79 €	190.023,64 €	56.568,66 €	49.841,67 €	246.592,30 €	239.865,31 €	106.410,34 €
	Impuestos	4.410,71 €	3.868,40 €	20.768,23 €	20.225,92 €	8.279,11 €	16.722,08 €	4.978,04 €	4.386,07 €	21.700,12 €	21.108,15 €	9.364,11 €
	Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		59.544,57 €	52.223,41 €	280.371,07 €	273.049,91 €	111.767,98 €	225.748,08 €	67.203,57 €	59.211,91 €	292.951,66 €	284.959,99 €	126.415,48 €
Coste anual	Coste energía	61.170,61 €	56.824,60 €	58.683,14 €	54.353,27 €	53.369,57 €	61.424,59 €	59.308,03 €	56.639,15 €	56.014,26 €	53.700,16 €	51.103,84 €
	Coste de mantenim.	157,22 €	137,89 €	740,28 €	720,95 €	295,11 €	596,06 €	177,44 €	156,34 €	773,50 €	752,40 €	333,78 €
	TOTAL COSTE ANUAL	61.327,83 €	56.962,49 €	59.423,43 €	55.074,22 €	53.664,68 €	62.020,65 €	59.485,48 €	59.485,48 €	56.795,49 €	56.787,76 €	54.452,56 €
Valor residual de las medidas	SATE	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Alsl. Cubierta	0,00 €	9.235,10 €	0,00 €	9.235,10 €	9.235,10 €	0,00 €	0,00 €	10.470,94 €	0,00 €	10.470,94 €	10.470,94 €
	Alsl int	10.529,77 €	0,00 €	10.529,77 €	0,00 €	10.529,77 €	0,00 €	11.884,17 €	0,00 €	11.884,17 €	0,00 €	11.884,17 €
	Ventanas	0,00 €	0,00 €	21.868,34 €	21.868,34 €	0,00 €	22.355,72 €	0,00 €	0,00 €	22.355,72 €	22.355,72 €	0,00 €
TOTAL VALOR RESIDUAL		10.529,77 €	9.235,10 €	32.398,11 €	31.103,44 €	19.764,87 €	22.355,72 €	11.884,17 €	10.470,94 €	34.239,90 €	32.826,66 €	22.355,11 €
Coste global a 30 años		1.888.849,59 €	1.751.863,07 €	2.030.675,79 €	1.894.173,04 €	1.701.943,48 €	2.064.011,93 €	1.839.883,68 €	1.752.605,77 €	1.962.344,66 €	1.885.710,02 €	1.647.189,16 €
Coste global a 30 años/m ²		858,59 €	796,32 €	923,06 €	861,01 €	773,63 €	938,21 €	836,33 €	796,66 €	892,00 €	857,16 €	748,74 €
Superficie útil (m ²)		2199,95										

C2-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS												
	NO	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H	
Honorarios profesionales		12.909,86 €	13.146,42 €	13.471,96 €	11.302,70 €	1.111,28 €	732,43 €	12.413,98 €	12.095,14 €	1.843,72 €	11.077,47 €	
Presupuesto contrata		129.098,61 €	131.464,17 €	134.719,61 €	113.027,02 €	11.112,81 €	7.324,34 €	124.139,83 €	120.351,36 €	18.437,16 €	110.774,71 €	
Impuestos		11.360,68 €	11.568,85 €	11.855,33 €	9.946,38 €	977,93 €	644,54 €	10.924,30 €	10.590,92 €	1.622,47 €	9.748,17 €	
Otros		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
TOTAL INVERSIÓN		153.369,14 €	156.179,44 €	160.046,90 €	134.276,09 €	13.202,02 €	8.701,32 €	147.478,11 €	142.977,42 €	21.903,34 €	131.600,36 €	
Coste energía	15.293,17 €	11.532,23 €	10.916,96 €	10.423,01 €	13.752,59 €	12.667,44 €	15.143,93 €	11.149,97 €	13.574,46 €	12.562,49 €	14.172,40 €	
Coste de mantenimnt.		404,95 €	412,37 €	422,58 €	354,54 €	34,86 €	22,97 €	389,40 €	377,51 €	57,83 €	347,47 €	
TOTAL COSTE ANUAL	15.293,17 €	11.937,18 €	11.329,33 €	10.845,59 €	14.107,13 €	12.702,30 €	15.166,91 €	11.539,37 €	13.951,98 €	12.620,32 €	14.519,87 €	
SATE		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Aisl. Cubierta		1.538,73 €	1.538,73 €	1.668,87 €	0,00 €	0,00 €	1.538,73 €	0,00 €	1.538,73 €	1.538,73 €	0,00 €	
Aisl int		2.310,83 €	2.334,62 €	2.843,85 €	0,00 €	2.334,62 €	0,00 €	2.334,62 €	0,00 €	2.334,62 €	0,00 €	
Ventanas		13.032,32 €	13.297,30 €	13.322,24 €	13.297,30 €	0,00 €	0,00 €	13.297,30 €	13.297,30 €	0,00 €	13.032,32 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL	- €	16.881,88 €	17.170,65 €	17.834,96 €	13.297,30 €	2.334,62 €	1.538,73 €	15.631,92 €	14.836,02 €	3.873,35 €	13.032,32 €	
Coste global a 30 años	458.795,25 €	494.602,60 €	478.888,62 €	467.579,62 €	544.193,71 €	391.936,45 €	463.169,76 €	478.027,18 €	546.700,65 €	396.639,72 €	554.164,27 €	
Coste global a 30 años/m ²	873,20 €	941,35 €	911,44 €	889,92 €	1.035,73 €	745,95 €	879,62 €	909,80 €	1.040,50 €	754,90 €	1.054,71 €	
Superficie útil (m ²)	525,42											

C2-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS												
	N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ	
Honorarios profesionales	1.099,95 €	732,43 €	12.177,43 €	11.809,91 €	1.832,39 €	11.323,90 €	1.353,67 €	794,38 €	12.677,58 €	12.118,29 €	2.148,06 €	
Presupuesto contrata	10.999,55 €	7.324,34 €	121.774,26 €	118.099,06 €	18.323,89 €	113.239,04 €	13.536,75 €	7.943,83 €	126.775,78 €	121.182,86 €	21.480,57 €	
Impuestos	967,96 €	644,54 €	10.716,14 €	10.392,72 €	1.612,50 €	9.965,04 €	1.191,23 €	699,06 €	11.156,27 €	10.664,09 €	1.890,29 €	
Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
TOTAL INVERSIÓN	13.067,46 €	8.701,32 €	144.667,82 €	140.301,68 €	21.768,79 €	134.527,98 €	16.081,65 €	9.437,26 €	150.609,63 €	143.965,24 €	25.518,92 €	
Coste energía	12.868,68 €	15.143,93 €	11.759,46 €	13.934,57 €	12.750,25 €	13.568,68 €	12.448,87 €	15.142,97 €	10.733,05 €	13.386,70 €	12.349,70 €	
Coste de mantenimnt.	34,50 €	22,97 €	381,98 €	370,45 €	57,48 €	355,20 €	42,46 €	24,92 €	397,67 €	380,12 €	67,38 €	
TOTAL COSTE ANUAL	12.903,19 €	15.166,91 €	12.141,44 €	14.305,02 €	12.807,73 €	13.923,89 €	12.491,34 €	15.167,89 €	11.130,71 €	13.766,82 €	12.417,08 €	
SATE	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Aisl. Cubierta	0,00 €	1.538,73 €	0,00 €	1.538,73 €	1.538,73 €	0,00 €	0,00 €	1.668,87 €	0,00 €	1.668,87 €	1.668,87 €	
Aisl int	2.310,83 €	0,00 €	2.310,83 €	0,00 €	2.310,83 €	0,00 €	2.843,85 €	0,00 €	2.843,85 €	0,00 €	2.843,85 €	
Ventanas	0,00 €	0,00 €	13.032,32 €	13.032,32 €	0,00 €	13.322,24 €	0,00 €	0,00 €	13.322,24 €	13.322,24 €	0,00 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL	2.310,83 €	1.538,73 €	15.343,15 €	14.571,05 €	3.849,56 €	13.322,24 €	2.843,85 €	1.668,87 €	16.166,09 €	14.991,11 €	4.512,73 €	
Coste global a 30 años	397.852,19 €	462.169,76 €	493.567,85 €	554.881,28 €	402.151,06 €	538.922,39 €	387.977,85 €	462.804,97 €	541.978,88 €	393.518,53 €	748,96 €	
Coste global a 30 años/m ²	757,21 €	879,62 €	939,38 €	1.056,07 €	765,39 €	1.025,70 €	738,41 €	880,83 €	891,41 €	1.031,52 €	1.054,71 €	
Superficie útil (m ²)	525,42											

C2-III_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		Costes IN0	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H
Inversión inicial			17.964,92 €	18.275,91 €	18.931,99 €	14.568,08 €	2.452,50 €	1.255,33 €	17.020,58 €	15.823,41 €	3.707,83 €	14.279,54 €
Presupuesto contrata			179.649,24 €	182.759,09 €	189.319,91 €	145.680,84 €	24.524,99 €	12.553,27 €	170.205,82 €	158.234,11 €	37.078,25 €	142.795,37 €
Impuestos			15.809,13 €	16.082,80 €	16.660,15 €	12.819,91 €	2.158,20 €	1.104,69 €	14.978,11 €	13.924,60 €	3.262,89 €	12.565,99 €
Otros			- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		- €	213.423,29 €	217.117,80 €	224.912,05 €	173.068,84 €	29.135,68 €	14.913,28 €	202.204,52 €	187.982,12 €	44.048,96 €	169.640,90 €
Coste anual			28.004,44 €	18.799,71 €	17.905,48 €	24.340,05 €	23.102,83 €	27.430,46 €	19.249,44 €	23.787,06 €	22.430,85 €	25.020,78 €
Valor residual de las medidas			563,52 €	573,27 €	593,85 €	456,97 €	76,93 €	39,38 €	533,89 €	496,34 €	116,31 €	447,91 €
Coste global a 30 años		- €	28.004,44 €	19.372,98 €	18.499,33 €	24.797,01 €	23.179,76 €	27.469,83 €	19.783,34 €	24.283,41 €	22.547,16 €	25.468,69 €
Superficie útil (m ²)		954,92										

C2-III_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ
Inversión inicial			2.430,06 €	1.255,33 €	16.709,60 €	3.685,39 €	14.595,25 €	2.975,24 €	1.361,50 €	17.570,49 €	15.956,75 €	4.336,74 €
Presupuesto contrata			24.300,60 €	12.553,27 €	167.095,97 €	36.853,87 €	145.952,46 €	29.752,44 €	13.615,00 €	175.704,91 €	159.567,47 €	43.367,45 €
Impuestos			2.138,45 €	1.104,69 €	14.704,45 €	3.243,14 €	12.843,82 €	2.618,22 €	1.198,12 €	15.462,03 €	14.041,94 €	3.816,34 €
Otros			- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN			28.869,11 €	14.913,28 €	198.510,01 €	43.782,40 €	173.391,53 €	35.345,90 €	16.174,62 €	208.737,43 €	189.566,15 €	51.520,53 €
Coste anual			23.325,08 €	27.433,96 €	20.278,41 €	22.667,10 €	24.075,80 €	22.492,10 €	27.395,46 €	18.339,47 €	23.507,07 €	21.818,37 €
Valor residual de las medidas			76,23 €	39,38 €	524,14 €	115,60 €	457,82 €	93,33 €	42,71 €	551,14 €	500,53 €	136,03 €
Coste global a 30 años			23.401,30 €	27.473,33 €	20.802,55 €	22.782,70 €	24.533,62 €	22.585,43 €	27.438,17 €	18.890,61 €	24.007,60 €	21.954,40 €
Superficie útil (m ²)		954,92										

D-L COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		Costes IN0	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H
Inversión inicial			4.782,14 €	4.863,68 €	4.983,89 €	3.121,19 €	763,46 €	979,03 €	3.884,65 €	4.100,22 €	1.742,48 €	3.056,36 €
Presupuesto contrata			47.821,44 €	48.636,76 €	49.838,86 €	31.211,92 €	7.634,57 €	9.790,27 €	38.846,49 €	41.002,19 €	17.424,84 €	30.563,56 €
Impuestos			4.208,29 €	4.280,03 €	4.385,82 €	2.746,65 €	671,84 €	861,54 €	3.418,49 €	3.608,19 €	1.533,39 €	2.689,59 €
Otros			- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		- €	56.811,87 €	57.780,47 €	59.208,56 €	37.079,76 €	9.069,87 €	11.630,84 €	46.149,63 €	48.710,60 €	20.700,71 €	36.309,51 €
Coste anual		4.535,44 €	3.023,53 €	2.918,48 €	2.870,22 €	3.956,30 €	3.544,68 €	4.464,09 €	2.956,00 €	3.914,64 €	3.485,88 €	4.037,66 €
Coste de mantenim.			150,00 €	152,56 €	156,33 €	97,90 €	23,95 €	30,71 €	121,85 €	128,61 €	54,66 €	95,87 €
TOTAL COSTE ANUAL		4.535,44 €	3.173,53 €	3.071,04 €	3.026,55 €	4.054,20 €	3.568,63 €	4.494,80 €	3.077,86 €	4.043,25 €	3.540,54 €	4.133,53 €
Valor residual de las medidas			0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Aisl. Cubierta			2.056,78 €	2.056,78 €	2.155,91 €	0,00 €	0,00 €	2.056,78 €	0,00 €	2.056,78 €	2.056,78 €	0,00 €
Aisl. int.			0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Ventanas			3.595,71 €	3.671,99 €	3.679,17 €	3.671,99 €	0,00 €	0,00 €	3.671,99 €	3.671,99 €	0,00 €	3.595,71 €
TOTAL VALOR RESIDUAL		- €	5.652,49 €	5.728,77 €	5.835,08 €	3.671,99 €	0,00 €	2.056,78 €	3.671,99 €	5.728,77 €	2.056,78 €	3.595,71 €
Coste global a 30 años		136.063,22 €	146.365,31 €	144.182,98 €	144.169,90 €	155.033,89 €	116.128,83 €	144.417,98 €	134.813,34 €	164.279,45 €	124.860,11 €	156.719,77 €
Coste global a 30 años/m ²		675,99 €	727,17 €	716,33 €	716,27 €	770,24 €	576,95 €	717,50 €	669,78 €	816,17 €	620,33 €	778,62 €
Superficie útil (m ²)		201,28										

D-L COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		Costes IN0	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H
Inversión inicial			4.782,14 €	4.863,68 €	4.983,89 €	3.121,19 €	763,46 €	979,03 €	3.884,65 €	4.100,22 €	1.742,48 €	3.056,36 €
Presupuesto contrata			47.821,44 €	48.636,76 €	49.838,86 €	31.211,92 €	7.634,57 €	9.790,27 €	38.846,49 €	41.002,19 €	17.424,84 €	30.563,56 €
Impuestos			4.208,29 €	4.280,03 €	4.385,82 €	2.746,65 €	671,84 €	861,54 €	3.418,49 €	3.608,19 €	1.533,39 €	2.689,59 €
Otros			- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		- €	56.811,87 €	57.780,47 €	59.208,56 €	37.079,76 €	9.069,87 €	11.630,84 €	46.149,63 €	48.710,60 €	20.700,71 €	36.309,51 €
Coste anual		4.535,44 €	3.023,53 €	2.918,48 €	2.870,22 €	3.956,30 €	3.544,68 €	4.464,09 €	2.956,00 €	3.914,64 €	3.485,88 €	4.037,66 €
Coste de mantenim.			150,00 €	152,56 €	156,33 €	97,90 €	23,95 €	30,71 €	121,85 €	128,61 €	54,66 €	95,87 €
TOTAL COSTE ANUAL		4.535,44 €	3.173,53 €	3.071,04 €	3.026,55 €	4.054,20 €	3.568,63 €	4.494,80 €	3.077,86 €	4.043,25 €	3.540,54 €	4.133,53 €
Valor residual de las medidas			0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Aisl. Cubierta			2.056,78 €	2.056,78 €	2.155,91 €	0,00 €	0,00 €	2.056,78 €	0,00 €	2.056,78 €	2.056,78 €	0,00 €
Aisl. int.			0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Ventanas			3.595,71 €	3.671,99 €	3.679,17 €	3.671,99 €	0,00 €	0,00 €	3.671,99 €	3.671,99 €	0,00 €	3.595,71 €
TOTAL VALOR RESIDUAL		- €	5.652,49 €	5.728,77 €	5.835,08 €	3.671,99 €	0,00 €	2.056,78 €	3.671,99 €	5.728,77 €	2.056,78 €	3.595,71 €
Coste global a 30 años		136.063,22 €	146.365,31 €	144.182,98 €	144.169,90 €	155.033,89 €	116.128,83 €	144.417,98 €	134.813,34 €	164.279,45 €	124.860,11 €	156.719,77 €
Coste global a 30 años/m ²		675,99 €	727,17 €	716,33 €	716,27 €	770,24 €	576,95 €	717,50 €	669,78 €	816,17 €	620,33 €	778,62 €
Superficie útil (m ²)		201,28										

D-L COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		Costes IN0	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H
Inversión inicial			4.782,14 €	4.863,68 €	4.983,89 €	3.121,19 €	763,46 €	979,03 €	3.884,65 €	4.100,22 €	1.742,48 €	3.056,36 €
Presupuesto contrata			47.821,44 €	48.636,76 €	49.838,86 €	31.211,92 €	7.634,57 €	9.790,27 €	38.846,49 €	41.002,19 €	17.424,84 €	30.563,56 €
Impuestos			4.208,29 €	4.280,03 €	4.385,82 €	2.746,65 €	671,84 €	861,54 €	3.418,49 €	3.608,19 €	1.533,39 €	2.689,59 €
Otros			- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		- €	56.811,87 €	57.780,47 €	59.208,56 €	37.079,76 €	9.069,87 €	11.630,84 €	46.149,63 €	48.710,60 €	20.700,71 €	36.309,51 €
Coste anual		4.535,44 €	3.023,53 €	2.918,48 €	2.870,22 €	3.956,30 €	3.544,68 €	4.464,09 €	2.956,00 €	3.914,64 €	3.485,88 €	4.037,66 €
Coste de mantenim.			150,00 €	152,56 €	156,33 €	97,90 €	23,95 €	30,71 €	121,85 €	128,61 €	54,66 €	95,87 €
TOTAL COSTE ANUAL		4.535,44 €	3.173,53 €	3.071,04 €	3.026,55 €	4.054,20 €	3.568,63 €	4.494,80 €	3.077,86 €	4.043,25 €	3.540,54 €	4.133,53 €
Valor residual de las medidas			0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Aisl. Cubierta			2.056,78 €	2.056,78 €	2.155,91 €	0,00 €	0,00 €	2.056,78 €	0,00 €	2.056,78 €	2.056,78 €	0,00 €
Aisl. int.			0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Ventanas			3.595,71 €	3.671,99 €	3.679,17 €	3.671,99 €	0,00 €	0,00 €	3.671,99 €	3.671,99 €	0,00 €	3.595,71 €
TOTAL VALOR RESIDUAL		- €	5.652,49 €	5.728,77 €	5.835,08 €	3.671,99 €	0,00 €	2.056,78 €	3.671,99 €	5.728,77 €	2.056,78 €	3.595,71 €
Coste global a 30 años		136.063,22 €	146.365,31 €	144.182,98 €	144.169,90 €	155.033,89 €	116.128,83 €	144.417,98 €	134.813,34 €	164.279,45 €	124.860,11 €	156.719,77 €
Coste global a 30 años/m ²		675,99 €	727,17 €	716,33 €	716,27 €	770,24 €	576,95 €	717,50 €	669,78 €	816,17 €	620,33 €	778,62 €
Superficie útil (m ²)		201,28										

D-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS												
	NO	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H	
Horarios profesionales:		40.889,40 €	41.682,98 €	42.657,49 €	28.645,95 €	7.258,54 €	5.778,49 €	35.904,49 €	34.424,44 €	13.037,03 €	28.011,11 €	
Presupuesto contrata		408.894,01 €	416.829,80 €	426.574,89 €	286.459,49 €	72.585,43 €	57.784,88 €	359.044,92 €	344.244,37 €	130.370,31 €	280.111,11 €	
Impuestos		35.982,67 €	36.681,02 €	37.538,59 €	25.208,44 €	6.387,52 €	5.085,07 €	31.595,95 €	30.293,50 €	11.472,59 €	24.649,78 €	
Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
TOTAL INVERSIÓN	- €	485.766,08 €	495.193,80 €	506.770,96 €	340.313,87 €	86.231,49 €	68.648,43 €	426.545,36 €	408.962,31 €	154.879,92 €	332.771,99 €	
Coste energía	36.194,25 €	23.805,39 €	22.304,06 €	21.474,55 €	30.838,99 €	28.596,29 €	35.505,13 €	23.064,65 €	30.434,37 €	27.927,65 €	31.820,09 €	
Coste de mantenimt.		1.282,60 €	1.307,49 €	1.338,06 €	898,55 €	227,68 €	181,26 €	1.126,24 €	1.079,81 €	408,94 €	878,64 €	
TOTAL COSTE ANUAL	36.194,25 €	25.087,99 €	23.611,55 €	22.812,61 €	31.737,54 €	28.823,98 €	35.686,39 €	24.190,89 €	31.514,18 €	28.336,59 €	32.698,73 €	
SATE		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Aisl. Cubierta		12.139,68 €	12.139,68 €	12.724,78 €	0,00 €	0,00 €	12.139,68 €	0,00 €	12.139,68 €	12.139,68 €	0,00 €	
Aisl int.		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Ventanas		32.954,25 €	33.701,12 €	33.771,42 €	33.701,12 €	0,00 €	0,00 €	33.701,12 €	33.701,12 €	0,00 €	32.954,25 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL	- €	45.093,93 €	45.840,80 €	46.496,20 €	33.701,12 €	0,00 €	12.139,68 €	33.701,12 €	45.840,80 €	12.139,68 €	32.954,25 €	
Coste global a 30 años	1.085.827,57 €	1.193.311,84 €	1.157.699,64 €	1.144.653,05 €	1.258.739,08 €	950.950,81 €	1.127.100,43 €	1.118.570,87 €	1.308.546,91 €	992.838,06 €	1.280.779,78 €	
Coste global a 30 años/m ²	544,75 €	598,67 €	580,80 €	574,26 €	631,49 €	477,08 €	565,45 €	561,17 €	656,48 €	498,10 €	642,55 €	
Superficie útil (m ²)	1993,27											

D-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS												
	N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ	
Horarios profesionales:	7.099,80 €	5.778,49 €	35.110,91 €	33.789,60 €	12.878,29 €	28.705,71 €	7.894,79 €	6.056,99 €	36.600,50 €	34.762,70 €	13.951,78 €	
Presupuesto contrata	70.998,02 €	57.784,88 €	351.109,13 €	337.895,98 €	128.782,90 €	287.057,10 €	78.947,86 €	60.569,93 €	366.004,96 €	347.627,03 €	139.517,79 €	
Impuestos	6.247,83 €	5.085,07 €	30.897,60 €	29.734,85 €	11.332,90 €	25.261,02 €	6.947,41 €	5.330,15 €	32.208,44 €	30.591,18 €	12.277,57 €	
Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
TOTAL INVERSIÓN	84.345,65 €	68.648,43 €	417.117,64 €	401.420,43 €	152.994,09 €	341.023,83 €	93.790,05 €	71.957,08 €	434.813,89 €	412.980,91 €	165.747,13 €	
Coste energía	29.154,27 €	35.505,13 €	24.718,02 €	31.126,45 €	28.444,55 €	30.454,70 €	28.208,62 €	35.491,39 €	22.224,18 €	30.117,32 €	27.546,66 €	
Coste de mantenimt.	222,70 €	181,26 €	1.101,34 €	1.059,90 €	403,96 €	900,43 €	247,64 €	189,99 €	1.148,07 €	1.090,42 €	437,63 €	
TOTAL COSTE ANUAL	29.376,98 €	35.686,39 €	25.819,36 €	32.186,35 €	28.848,51 €	31.355,13 €	28.456,26 €	35.681,38 €	23.372,25 €	31.207,75 €	27.984,29 €	
SATE	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Aisl. Cubierta	0,00 €	12.139,68 €	0,00 €	12.139,68 €	12.139,68 €	0,00 €	0,00 €	12.724,78 €	0,00 €	12.724,78 €	12.724,78 €	
Aisl int.	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Ventanas	0,00 €	0,00 €	32.954,25 €	32.954,25 €	32.954,25 €	33.771,42 €	0,00 €	0,00 €	33.771,42 €	33.771,42 €	0,00 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL	0,00 €	12.139,68 €	32.954,25 €	45.093,93 €	12.139,68 €	33.771,42 €	0,00 €	12.724,78 €	33.771,42 €	46.496,20 €	12.724,78 €	
Coste global a 30 años	965.654,96 €	1.127.100,43 €	1.158.744,26 €	1.321.917,01 €	1.006.309,85 €	1.247.906,22 €	947.477,84 €	1.129.673,77 €	1.102.209,89 €	1.302.717,09 €	992.551,03 €	
Coste global a 30 años/m ²	484,46 €	565,45 €	581,33 €	663,19 €	504,85 €	626,06 €	475,34 €	566,74 €	552,97 €	653,56 €	497,95 €	
Superficie útil (m ²)	1993,27											

D-III_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS												
	NO	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H	
Honorarios profesionales		24.270,33 €	24.754,47 €	25.544,22 €	15.808,97 €	6.203,13 €	2.742,37 €	22.012,10 €	18.551,34 €	8.945,50 €	15.460,49 €	
Presupuesto contrata		242.703,27 €	247.544,70 €	255.442,24 €	158.089,72 €	62.031,30 €	27.423,68 €	220.121,02 €	185.513,40 €	89.454,98 €	154.604,88 €	
Impuestos		21.357,89 €	21.783,93 €	22.478,92 €	13.911,90 €	5.458,75 €	2.413,28 €	19.370,65 €	16.325,18 €	7.872,04 €	13.605,23 €	
Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
TOTAL INVERSIÓN	- €	288.331,48 €	294.083,11 €	303.465,38 €	187.810,59 €	73.693,19 €	32.579,33 €	261.503,78 €	220.389,92 €	106.272,52 €	183.670,59 €	
Coste energía	27.435,80 €	16.931,04 €	15.742,66 €	14.762,85 €	25.576,20 €	21.576,42 €	24.901,10 €	19.261,79 €	22.975,18 €	18.780,00 €	25.743,44 €	
Coste de mantenimnt.		761,30 €	776,49 €	801,26 €	495,89 €	194,58 €	86,02 €	690,47 €	581,91 €	280,60 €	484,96 €	
TOTAL COSTE ANUAL	27.435,80 €	17.692,34 €	16.519,15 €	15.564,13 €	26.072,08 €	21.771,00 €	24.987,12 €	19.952,26 €	23.557,09 €	19.060,60 €	26.228,40 €	
SATE		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Aisl. Cubierta		5,761,28 €	5,761,28 €	6,209,21 €	0,00 €	0,00 €	5,761,28 €	0,00 €	5,761,28 €	5,761,28 €	0,00 €	
Aisl.int		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Ventanas		18.188,81 €	18.598,79 €	18.637,38 €	18.598,79 €	0,00 €	0,00 €	18.598,79 €	18.598,79 €	0,00 €	18.188,81 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL	- €	23.950,09 €	24.360,07 €	24.846,60 €	18.598,79 €	0,00 €	5.761,28 €	18.598,79 €	24.360,07 €	5.761,28 €	18.188,81 €	
Coste global a 30 años	823.073,93 €	795.151,50 €	765.297,58 €	745.542,54 €	951.374,34 €	726.823,06 €	776.431,79 €	841.472,81 €	902.742,46 €	672.329,32 €	952.333,80 €	
Coste global a 30 años/m ²	573,20 €	553,75 €	532,96 €	519,21 €	662,55 €	506,17 €	540,72 €	586,01 €	628,68 €	468,22 €	663,22 €	
Superficie útil (m ²)	1435,93											

D-III_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS												
	N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ	
Honorarios profesionales	6.067,47 €	2.742,37 €	21.527,96 €	18.202,86 €	8.809,84 €	15.841,78 €	6.746,86 €	2.955,59 €	22.588,64 €	18.797,36 €	9.702,45 €	
Presupuesto contrata	60.674,71 €	27.423,68 €	215.279,59 €	182.028,56 €	88.098,39 €	158.417,77 €	67.468,61 €	29.555,85 €	225.886,38 €	187.973,62 €	97.024,47 €	
Impuestos	5.339,37 €	2.413,28 €	18.944,60 €	16.018,51 €	7.752,66 €	13.940,76 €	5.937,24 €	2.600,91 €	19.878,00 €	16.541,68 €	8.538,15 €	
Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
TOTAL INVERSIÓN	72.081,56 €	32.579,33 €	255.752,15 €	216.249,93 €	104.660,89 €	188.200,31 €	80.152,71 €	35.112,35 €	268.353,03 €	223.312,66 €	115.265,06 €	
Coste energía	22.055,96 €	24.915,43 €	19.988,80 €	23.162,85 €	19.280,93 €	25.398,34 €	21.242,96 €	24.754,20 €	18.715,75 €	22.645,15 €	18.279,30 €	
Coste de mantenimnt.	190,32 €	86,02 €	675,28 €	570,98 €	276,34 €	496,92 €	211,63 €	92,71 €	708,55 €	589,63 €	304,34 €	
TOTAL COSTE ANUAL	22.246,29 €	25.001,45 €	20.664,08 €	23.733,83 €	19.557,27 €	25.895,25 €	21.454,59 €	24.846,91 €	19.424,30 €	23.234,77 €	18.583,64 €	
SATE	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Aisl. Cubierta	0,00 €	5,761,28 €	0,00 €	5,761,28 €	5,761,28 €	0,00 €	0,00 €	6,209,21 €	0,00 €	6,209,21 €	0,00 €	
Aisl.int	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Ventanas	0,00 €	0,00 €	18.188,81 €	18.188,81 €	0,00 €	18.637,38 €	0,00 €	0,00 €	18.637,38 €	18.637,38 €	0,00 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL	0,00 €	5.761,28 €	18.188,81 €	23.950,09 €	5.761,28 €	18.637,38 €	0,00 €	6.209,21 €	18.637,38 €	24.846,60 €	6.209,21 €	
Coste global a 30 años	739.470,15 €	776.861,45 €	857.485,82 €	904.314,69 €	685.617,66 €	946.420,57 €	723.790,49 €	774.310,30 €	832.444,68 €	895.509,31 €	666.565,07 €	
Coste global a 30 años/m ²	514,98 €	541,02 €	597,16 €	629,78 €	477,47 €	659,10 €	504,06 €	539,24 €	579,73 €	623,64 €	464,20 €	
Superficie útil (m ²)	1435,93											

E1-I_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS												
	NO	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H	
Honorarios profesionales:		-	-	5.083,19 €	3.441,52 €	-	700,20 €	3.441,52 €	4.141,71 €	-	3.370,11 €	
Presupuesto contrata		-	-	50.831,87 €	34.415,16 €	-	7.001,97 €	34.415,16 €	41.417,13 €	-	33.701,07 €	
Impuestos		-	-	4.473,20 €	3.028,53 €	-	616,17 €	3.028,53 €	3.644,71 €	-	2.965,69 €	
Otros		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL INVERSIÓN		-	-	60.388,26 €	40.885,21 €	-	8.318,34 €	40.885,21 €	49.203,55 €	-	40.036,88 €	
Coste energía	4.189,30 €	-	-	2.684,62 €	3.590,82 €	-	4.116,07 €	#IVALOR!	3.518,47 €	-	3.658,41 €	
Coste de mantenimt.	-	-	-	159,45 €	107,95 €	-	21,96 €	107,95 €	129,92 €	-	105,71 €	
TOTAL COSTE ANUAL	4.189,30 €	-	-	2.844,07 €	3.698,77 €	-	4.138,04 €	#IVALOR!	3.648,38 €	-	3.764,12 €	
SATE		-	-	0,00 €	0,00 €	-	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-	0,00 €	
Aisl. Cubierta		-	-	1.595,42 €	0,00 €	-	1.471,00 €	0,00 €	1.471,00 €	-	0,00 €	
Aisl int		-	-	0,00 €	0,00 €	-	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-	0,00 €	
Ventanas		-	-	4.056,75 €	4.048,84 €	-	0,00 €	4.048,84 €	4.048,84 €	-	3.964,83 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL	-	-	-	5.652,17 €	4.048,84 €	-	1.471,00 €	4.048,84 €	5.519,85 €	-	3.964,83 €	
Coste global a 30 años	125.679,04 €	-	-	140.059,11 €	147.799,56 €	-	130.988,47 €	#IVALOR!	153.135,24 €	-	148.995,58 €	
Coste global a 30 años/m ²	843,48 €	-	-	939,99 €	991,94 €	-	879,12 €	#IVALOR!	1.027,75 €	-	999,97 €	
Superficie útil (m ²)	149,00											

E1-I_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS												
	N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ	
Honorarios profesionales:		700,20 €	-	4.070,30 €	700,20 €	3.448,24 €	875,53 €	759,42 €	4.323,77 €	4.207,66 €	1.634,95 €	
Presupuesto contrata		7.001,97 €	-	40.703,05 €	7.001,97 €	34.482,38 €	8.755,30 €	7.594,19 €	43.237,68 €	42.076,57 €	16.349,48 €	
Impuestos		616,17 €	-	3.581,87 €	616,17 €	3.034,45 €	770,47 €	668,29 €	3.804,92 €	3.702,74 €	1.438,75 €	
Otros		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL INVERSIÓN	-	8.318,34 €	-	48.355,22 €	8.318,34 €	40.965,07 €	10.401,29 €	9.021,89 €	51.366,36 €	49.986,97 €	19.423,19 €	
Coste energía	-	4.119,61 €	-	3.590,50 €	#IVALOR!	3.551,04 €	3.446,65 €	4.074,85 €	2.799,64 €	3.436,01 €	3.333,97 €	
Coste de mantenimt.	-	21,96 €	-	127,68 €	21,96 €	108,16 €	27,46 €	23,82 €	135,63 €	131,98 €	51,28 €	
TOTAL COSTE ANUAL	-	4.141,58 €	-	3.718,18 €	#IVALOR!	3.659,20 €	3.474,11 €	4.098,68 €	2.935,27 €	3.568,00 €	3.385,26 €	
SATE	-	0,00 €	-	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Aisl. Cubierta	-	1.471,00 €	-	1.471,00 €	1.471,00 €	0,00 €	0,00 €	1.595,42 €	0,00 €	1.595,42 €	1.595,42 €	
Aisl int	-	0,00 €	-	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Ventanas	-	0,00 €	-	3.964,83 €	0,00 €	4.056,75 €	0,00 €	0,00 €	4.056,75 €	4.056,75 €	0,00 €	
TOTAL VALOR RESIDUAL	-	1.471,00 €	-	5.435,83 €	1.471,00 €	4.056,75 €	0,00 €	1.595,42 €	4.056,75 €	5.652,17 €	1.595,42 €	
Coste global a 30 años	-	131.094,69 €	-	154.464,68 €	#IVALOR!	146.684,35 €	114.624,67 €	130.386,75 €	135.367,72 €	151.374,74 €	119.385,49 €	
Coste global a 30 años/m ²	-	879,83 €	-	1.036,68 €	#IVALOR!	984,46 €	769,29 €	875,08 €	908,51 €	1.015,94 €	801,24 €	
Superficie útil (m ²)	149,00											

E1-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		NO	N1-HQF	N2-HQF	N3-HQF	NZ-H	NZ-F	NZ-Q	NZ-HF	N2-HQ	N2-FQ	N1-H
Inversión inicial												
Honorarios profesionales		10.149,13 €	10.315,45 €	12.503,34 €	7.961,86 €	130,83 €	2.222,77 €	8.092,68 €	10.184,63 €	2.353,60 €	7.795,53 €	
Presupuesto contrata		101.491,33 €	103.154,55 €	125.033,38 €	79.618,55 €	1.308,26 €	22.227,74 €	80.926,81 €	101.846,29 €	23.535,99 €	77.955,34 €	
Impuestos		8.931,24 €	9.077,60 €	11.002,94 €	7.006,43 €	115,13 €	1.956,04 €	7.121,56 €	8.962,47 €	2.071,17 €	6.860,07 €	
Otros		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		120.571,70 €	122.547,60 €	148.539,66 €	94.586,84 €	1.554,21 €	26.406,55 €	96.141,05 €	120.993,39 €	27.960,76 €	92.610,94 €	
Coste anual												
Coste energía		15.257,21 €	13.815,96 €	13.651,29 €	14.001,97 €	15.254,37 €	14.925,18 €	13.998,52 €	13.655,89 €	14.923,42 €	14.126,96 €	
Coste de mantenimnt.			318,35 €	323,57 €	249,74 €	4,10 €	69,72 €	253,85 €	319,47 €	73,83 €	244,53 €	
TOTAL COSTE ANUAL		15.257,21 €	14.134,31 €	13.974,86 €	14.251,71 €	15.258,47 €	14.994,91 €	14.252,37 €	13.975,35 €	14.997,25 €	14.371,49 €	
Valor residual de las medidas												
SATE			0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Aisl. Cubierta			4.669,69 €	4.669,69 €	5.064,65 €	0,00 €	0,00 €	4.669,69 €	0,00 €	4.669,69 €	4.669,69 €	0,00 €
Aisl.int.			0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Ventanas			9.171,22 €	9.366,89 €	9.385,31 €	9.366,89 €	0,00 €	0,00 €	9.366,89 €	9.366,89 €	0,00 €	9.171,22 €
TOTAL VALOR RESIDUAL		- €	13.840,91 €	14.036,58 €	14.449,96 €	9.366,89 €	0,00 €	4.669,69 €	9.366,89 €	14.036,58 €	4.669,69 €	9.171,22 €
Coste global a 30 años		457.716,20 €	530.760,16 €	527.756,83 €	463.195,39 €	512.771,36 €	459.308,35 €	471.584,01 €	514.345,22 €	526.217,45 €	473.208,56 €	514.584,33 €
Coste global a 30 años/m ²		496,44 €	575,66 €	572,40 €	502,38 €	556,15 €	498,17 €	511,48 €	557,86 €	570,73 €	513,24 €	558,12 €
Superficie útil (m ²)		922,00										

E1-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		N1-F	N1-Q	N1-HF	N1-HQ	N1-FQ	N3-H	N3-F	N3-Q	N3-HF	N3-HQ	N3-FQ
Inversión inicial												
Honorarios profesionales		130,83 €	2.222,77 €	7.926,36 €	10.018,31 €	2.353,60 €	7.977,51 €	2.115,05 €	2.410,77 €	10.092,57 €	10.388,28 €	4.525,83 €
Presupuesto contrata		1.308,26 €	22.227,74 €	79.263,60 €	100.183,08 €	23.535,99 €	79.775,12 €	21.150,54 €	24.107,72 €	100.925,66 €	103.882,84 €	45.258,26 €
Impuestos		115,13 €	1.956,04 €	6.975,20 €	8.816,11 €	2.071,17 €	7.020,21 €	1.861,25 €	2.121,48 €	8.881,46 €	9.141,69 €	3.982,73 €
Otros		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		1.554,21 €	26.406,55 €	94.165,15 €	119.017,49 €	27.960,76 €	94.772,84 €	25.126,84 €	28.639,97 €	119.899,69 €	123.412,87 €	53.766,82 €
Coste anual												
Coste energía		15.253,76 €	14.940,73 €	14.139,80 €	13.821,17 €	14.933,84 €	13.885,47 €	12.967,85 €	14.764,92 €	11.248,62 €	13.372,36 €	10.785,33 €
Coste de mantenimnt.		4,10 €	69,72 €	248,63 €	314,25 €	73,83 €	250,24 €	66,34 €	75,62 €	316,58 €	325,86 €	141,96 €
TOTAL COSTE ANUAL		15.257,86 €	15.010,46 €	14.388,43 €	14.135,42 €	15.007,66 €	14.135,70 €	13.034,19 €	14.840,54 €	11.565,20 €	13.698,22 €	10.927,29 €
Valor residual de las medidas												
SATE		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Aisl. Cubierta		0,00 €	4.669,69 €	0,00 €	4.669,69 €	4.669,69 €	0,00 €	0,00 €	5.064,65 €	0,00 €	5.064,65 €	5.064,65 €
Aisl.int.		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Ventanas		0,00 €	0,00 €	9.171,22 €	9.171,22 €	0,00 €	9.385,31 €	0,00 €	0,00 €	9.385,31 €	9.385,31 €	0,00 €
TOTAL VALOR RESIDUAL		0,00 €	4.669,69 €	9.171,22 €	13.840,91 €	4.669,69 €	9.385,31 €	0,00 €	5.064,65 €	9.385,31 €	14.449,96 €	5.064,65 €
Coste global a 30 años		459.290,07 €	472.050,59 €	516.646,81 €	529.239,06 €	473.521,00 €	509.458,65 €	416.152,69 €	468.791,44 €	457.470,30 €	519.909,42 €	376.521,00 €
Coste global a 30 años/m ²		498,15 €	511,99 €	560,35 €	574,01 €	513,58 €	552,56 €	451,36 €	508,45 €	496,17 €	563,89 €	408,37 €
Superficie útil (m ²)		922,00										

E1-III_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS													
	NO	N1-HFSQ	N2-HFSQ	N3-HFSQ	NZ-H	NZ-S	NZ-Q	NZ-HS	N2-HQ	N2-SQ	N1-H	N1-H	N1-H
Inversión inicial		20.227,81 €	20.542,52 €	26.962,69 €	15.318,25 €	1.746,13 €	3.478,15 €	17.064,38 €	18.796,40 €	5.224,28 €	15.003,53 €	15.003,53 €	15.003,53 €
Coste anual		202.278,06 €	205.425,25 €	269.626,87 €	153.182,49 €	17.461,28 €	34.781,47 €	170.643,77 €	187.963,96 €	52.242,75 €	150.035,30 €	150.035,30 €	150.035,30 €
Valor residual de las medidas		17.800,47 €	18.077,42 €	23.727,16 €	13.480,06 €	1.536,59 €	3.060,77 €	15.016,65 €	16.540,83 €	4.597,36 €	13.203,11 €	13.203,11 €	13.203,11 €
Coste global a 30 años		240.306,33 €	244.045,19 €	320.316,72 €	181.980,80 €	20.744,00 €	41.320,39 €	202.724,80 €	223.301,19 €	62.064,39 €	178.241,94 €	178.241,94 €	178.241,94 €
Superficie útil (m ²)		35.929,95 €	33.119,79 €	25.211,16 €	33.596,92 €	35.899,82 €	35.482,00 €	33.555,89 €	33.163,54 €	35.440,97 €	34.001,77 €	34.001,77 €	34.001,77 €
Coste global a 30 años/m ²		634,50 €	644,37 €	845,75 €	480,50 €	54,77 €	109,10 €	535,27 €	589,60 €	163,87 €	470,62 €	470,62 €	470,62 €
Superficie útil (m ²)		34.109,47 €	33.764,16 €	26.056,91 €	34.077,41 €	35.954,59 €	35.591,10 €	34.091,15 €	33.753,14 €	35.604,84 €	34.472,39 €	34.472,39 €	34.472,39 €
Coste global a 30 años/m ²		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Superficie útil (m ²)		7.307,03 €	7.307,03 €	7.925,05 €	0,00 €	0,00 €	7.307,03 €	0,00 €	7.307,03 €	7.307,03 €	7.307,03 €	7.307,03 €	7.307,03 €
Coste global a 30 años		17.651,21 €	18.021,47 €	18.056,32 €	18.021,47 €	0,00 €	0,00 €	18.021,47 €	18.021,47 €	18.021,47 €	17.651,21 €	17.651,21 €	17.651,21 €
Superficie útil (m ²)		24.958,24 €	25.328,50 €	25.981,37 €	18.021,47 €	0,00 €	7.307,03 €	18.021,47 €	25.328,50 €	7.307,03 €	17.651,21 €	17.651,21 €	17.651,21 €
Superficie útil (m ²)		1.077.898,54 €	1.238.632,26 €	1.231.641,35 €	1.186.281,72 €	1.099.381,72 €	1.101.746,44 €	1.207.437,97 €	1.210.566,83 €	1.122.902,69 €	1.194.762,51 €	1.194.762,51 €	1.194.762,51 €
Superficie útil (m ²)		493,27 €	566,83 €	563,63 €	492,42 €	542,87 €	504,18 €	552,55 €	553,98 €	513,86 €	546,75 €	546,75 €	546,75 €
Superficie útil (m ²)		2185,21											

E1-III_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS													
	N1-S	N1-Q	N1-HS	N1-HQ	N1-SQ	N3-H	N3-FS	N3-Q	N3-HFS	N3-HQ	N3-FSQ	N1-H	N1-H
Inversión inicial		1.746,13 €	3.478,15 €	16.749,66 €	18.481,69 €	5.224,28 €	7.842,49 €	3.772,32 €	7.842,49 €	19.120,20 €	11.614,81 €	11.614,81 €	11.614,81 €
Coste anual		17.461,28 €	34.781,47 €	167.496,58 €	184.816,78 €	52.242,75 €	78.424,88 €	37.723,23 €	78.424,88 €	191.201,99 €	116.148,11 €	116.148,11 €	116.148,11 €
Valor residual de las medidas		1.536,59 €	3.060,77 €	14.739,70 €	16.263,88 €	4.597,36 €	6.901,39 €	3.319,64 €	20.407,52 €	16.825,77 €	10.221,03 €	10.221,03 €	10.221,03 €
Coste global a 30 años		20.744,00 €	41.320,39 €	198.985,94 €	219.562,33 €	62.064,39 €	93.168,76 €	44.815,20 €	275.501,52 €	227.147,96 €	137.983,96 €	137.983,96 €	137.983,96 €
Superficie útil (m ²)		35.864,40 €	35.505,24 €	33.918,59 €	33.554,15 €	35.430,07 €	29.898,86 €	35.236,15 €	26.182,88 €	32.684,54 €	29.005,95 €	29.005,95 €	29.005,95 €
Coste global a 30 años/m ²		54,77 €	109,10 €	525,40 €	579,79 €	163,87 €	481,43 €	118,33 €	727,43 €	599,75 €	364,33 €	364,33 €	364,33 €
Superficie útil (m ²)		35.919,17 €	35.614,34 €	34.443,99 €	34.133,87 €	35.593,95 €	30.144,86 €	35.354,48 €	26.910,31 €	33.284,29 €	29.370,28 €	29.370,28 €	29.370,28 €
Coste global a 30 años		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Superficie útil (m ²)		0,00 €	7.307,03 €	0,00 €	7.307,03 €	0,00 €	7.925,05 €	0,00 €	7.925,05 €	7.925,05 €	7.925,05 €	7.925,05 €	7.925,05 €
Coste global a 30 años		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Superficie útil (m ²)		0,00 €	0,00 €	17.651,21 €	17.651,21 €	18.056,32 €	18.056,32 €	18.056,32 €	18.056,32 €	18.056,32 €	18.056,32 €	18.056,32 €	18.056,32 €
Coste global a 30 años		0,00 €	7.307,03 €	17.651,21 €	24.958,24 €	7.307,03 €	18.056,32 €	7.925,05 €	18.056,32 €	25.981,37 €	7.925,05 €	7.925,05 €	7.925,05 €
Superficie útil (m ²)		1.098.319,21 €	1.102.443,62 €	1.214.654,38 €	1.218.620,25 €	1.122.575,76 €	1.179.593,83 €	1.097.524,49 €	1.064.754,41 €	1.199.695,40 €	1.011.167,16 €	1.011.167,16 €	1.011.167,16 €
Superficie útil (m ²)		502,61 €	504,50 €	555,85 €	557,67 €	513,72 €	539,81 €	502,25 €	487,25 €	549,01 €	462,73 €	462,73 €	462,73 €
Superficie útil (m ²)		2185,21											

E2-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		NO	N1-HFSQ	N2-HFSQ	N3-HFSQ	NZ-H	NZ-S	NZ-Q	NZ-HS	N2-HQ	N2-SQ	N1-H
Inversión inicial	Honorarios profesionales	-	26.667,26 €	27.048,97 €	36.711,75 €	17.641,33 €	1.740,77 €	7.666,88 €	19.382,10 €	25.308,20 €	9.407,65 €	17.259,61 €
	Presupuesto contrata		266.672,61 €	270.489,74 €	367.117,53 €	176.413,26 €	17.407,71 €	76.668,77 €	193.820,97 €	253.082,03 €	94.076,49 €	172.596,12 €
	Impuestos		23.467,19 €	23.803,10 €	32.306,34 €	15.524,37 €	1.531,88 €	6.746,85 €	17.056,25 €	22.271,22 €	8.278,73 €	15.188,46 €
	Otros		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TOTAL INVERSIÓN		316.807,06 €	321.341,82 €	436.135,62 €	209.578,95 €	20.680,36 €	91.082,50 €	300.661,45 €	111.762,87 €	205.044,19 €	
Coste anual	Coste energía	44.324,72 €	40.963,35 €	40.625,83 €	31.708,74 €	41.651,37 €	44.272,84 €	43.317,47 €	41.608,30 €	40.674,15 €	43.269,16 €	41.944,79 €
	Coste de mantenimnt.		836,49 €	848,46 €	1.151,56 €	553,37 €	54,60 €	240,49 €	607,97 €	793,86 €	295,10 €	541,39 €
	TOTAL COSTE ANUAL	44.324,72 €	41.799,84 €	41.474,30 €	32.860,30 €	42.204,74 €	44.327,44 €	43.557,96 €	42.216,27 €	41.468,01 €	43.564,25 €	42.486,18 €
	SATE		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Valor residual de las medidas	Aisl. Cubierta		16.106,89 €	16.106,89 €	17.469,18 €	0,00 €	0,00 €	16.106,89 €	0,00 €	16.106,89 €	16.106,89 €	0,00 €
	Aisl.int.		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Ventanas		20.305,43 €	20.754,50 €	20.796,77 €	20.754,50 €	0,00 €	20.754,50 €	20.754,50 €	20.754,50 €	0,00 €	20.305,43 €
TOTAL VALOR RESIDUAL	- €	36.412,31 €	36.861,39 €	38.265,95 €	20.754,50 €	0,00 €	16.106,89 €	16.106,89 €	20.754,50 €	36.861,39 €	16.106,89 €	20.305,43 €
Coste global a 30 años		1.329.741,74 €	1.534.389,82 €	1.528.709,29 €	1.383.678,72 €	1.454.966,54 €	1.350.503,65 €	1.381.714,56 €	1.475.993,04 €	1.507.840,25 €	1.402.583,59 €	1.459.324,12 €
Coste global a 30 años/m ²		464,27 €	535,72 €	533,73 €	483,10 €	507,99 €	471,51 €	482,41 €	515,33 €	526,45 €	489,70 €	509,51 €
Superficie útil (m ²)		2864,18										

E2-II_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		N1-S	N1-Q	N1-HS	N1-HQ	N1-SQ	N3-H	N3-FS	N3-Q	N3-HFS	N3-HQ	N3-FSQ
Inversión inicial	Honorarios profesionales	1.740,77 €	7.666,88 €	19.000,38 €	24.926,49 €	9.407,65 €	17.677,26 €	10.719,16 €	8.315,33 €	28.396,42 €	25.992,59 €	19.034,49 €
	Presupuesto contrata	17.407,71 €	76.668,77 €	190.003,83 €	249.264,89 €	94.076,49 €	176.772,59 €	107.191,65 €	83.153,29 €	283.964,24 €	259.925,88 €	190.344,04 €
	Impuestos	1.531,88 €	6.746,85 €	16.720,34 €	21.935,31 €	8.278,73 €	15.555,99 €	9.432,87 €	7.317,49 €	24.988,85 €	22.873,48 €	16.750,35 €
	Otros	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TOTAL INVERSIÓN	20.680,36 €	91.082,50 €	225.724,56 €	296.126,69 €	111.762,87 €	210.005,83 €	127.343,68 €	337.349,51 €	98.786,11 €	308.791,94 €	226.129,79 €
Coste anual	Coste energía	44.242,38 €	43.369,36 €	41.866,01 €	41.042,12 €	43.285,34 €	41.397,66 €	37.467,01 €	42.736,02 €	33.953,29 €	39.849,70 €	35.854,98 €
	Coste de mantenimnt.	54,60 €	240,49 €	596,00 €	781,88 €	295,10 €	554,49 €	336,23 €	260,83 €	890,73 €	815,32 €	597,07 €
	TOTAL COSTE ANUAL	44.296,98 €	43.609,85 €	42.462,01 €	41.824,01 €	43.580,43 €	41.952,16 €	37.803,24 €	42.596,85 €	34.844,02 €	40.665,03 €	36.452,05 €
	SATE	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Valor residual de las medidas	Aisl. Cubierta	0,00 €	16.106,89 €	0,00 €	16.106,89 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	17.469,18 €	0,00 €	17.469,18 €	0,00 €
	Aisl.int.	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Ventanas	0,00 €	0,00 €	20.305,43 €	20.305,43 €	0,00 €	20.796,77 €	0,00 €	20.796,77 €	20.796,77 €	20.796,77 €	0,00 €
TOTAL VALOR RESIDUAL	0,00 €	16.106,89 €	20.305,43 €	36.412,31 €	16.106,89 €	20.796,77 €	0,00 €	17.469,18 €	1.361.873,21 €	38.265,95 €	17.469,18 €	
Coste global a 30 años	1.349.589,84 €	1.383.271,12 €	1.479.279,35 €	1.514.434,59 €	1.403.068,89 €	1.447.773,79 €	1.261.440,97 €	1.371.222,46 €	1.490.476,79 €	1.302.222,14 €	1.302.222,14 €	
Coste global a 30 años/m ²	471,20 €	482,96 €	516,48 €	528,75 €	489,87 €	505,48 €	440,42 €	478,75 €	475,48 €	520,39 €	454,66 €	
Superficie útil (m ²)	2864,18											

E2-III_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		N0	N1-HFSQ	N2-HFSQ	N3-HFSQ	NZ-H	NZ-S	NZ-Q	NZ-HS	N2-HQ	N2-SQ	N1-H
Inversión inicial												
Honorarios profesionales			27.202,08 €	27.654,32 €	36.216,98 €	21.580,22 €	308,49 €	5.765,61 €	21.888,71 €	27.345,83 €	6.074,10 €	21.127,98 €
Presupuesto contrato			272.020,76 €	276.543,19 €	362.169,77 €	215.802,20 €	3.084,88 €	57.656,12 €	218.887,08 €	273.458,32 €	60.740,99 €	211.279,77 €
Impuestos			23.937,83 €	24.335,80 €	31.870,94 €	18.990,59 €	271,47 €	5.073,74 €	19.262,06 €	24.064,33 €	5.345,21 €	18.592,62 €
Otros			- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN			323.160,66 €	328.533,31 €	430.257,69 €	256.373,02 €	3.664,83 €	68.495,47 €	260.037,85 €	324.868,48 €	72.160,30 €	251.000,36 €
Coste anual												
Coste energía		35.645,20 €	34.029,89 €	33.382,06 €	25.085,54 €	33.403,04 €	35.641,86 €	35.792,61 €	33.398,65 €	33.395,43 €	35.785,93 €	33.991,97 €
Coste de mantenim.			853,26 €	867,45 €	1.136,04 €	676,92 €	9,68 €	180,85 €	686,60 €	857,77 €	190,53 €	662,73 €
TOTAL COSTE ANUAL		35.645,20 €	34.883,16 €	34.249,51 €	26.221,58 €	34.079,96 €	35.651,53 €	35.973,47 €	34.085,25 €	34.253,20 €	35.976,46 €	34.654,70 €
Valor residual de las medidas												
SATE			0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Aisl. Cubierta			12.112,63 €	12.112,63 €	13.138,05 €	0,00 €	0,00 €	12.112,63 €	0,00 €	12.112,63 €	12.112,63 €	0,00 €
Aisl int			0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Ventanas			24.856,44 €	25.388,49 €	25.438,58 €	25.388,49 €	0,00 €	0,00 €	25.388,49 €	25.388,49 €	0,00 €	24.856,44 €
TOTAL VALOR RESIDUAL		- €	36.969,07 €	37.501,12 €	38.576,63 €	25.388,49 €	0,00 €	12.112,63 €	25.388,49 €	37.501,12 €	12.112,63 €	24.856,44 €
Coste global a 30 años		1.069.355,94 €	1.332.686,26 €	1.318.517,57 €	1.178.328,52 €	1.253.383,42 €	1.073.210,82 €	1.135.586,84 €	1.257.206,83 €	1.314.963,42 €	1.139.341,47 €	1.265.784,99 €
Coste global a 30 años/m ²		347,83 €	433,48 €	428,87 €	383,27 €	407,69 €	349,08 €	369,37 €	408,93 €	427,72 €	370,59 €	411,72 €
Superficie útil (m ²)		3074,39										

E2-III_ COSTES GLOBALES A 30 AÑOS		N1-S	N1-Q	N1-HS	N1-HQ	N1-SQ	N3-H	N3-FS	N3-Q	N3-HFS	N3-HQ	N3-FSQ
Inversión inicial												
Honorarios profesionales			5.765,61 €	21.436,46 €	26.893,59 €	6.074,10 €	21.622,79 €	8.340,47 €	6.253,71 €	29.963,27 €	27.876,50 €	14.594,18 €
Presupuesto contrato		3.084,88 €	57.656,12 €	214.364,64 €	268.935,88 €	60.740,99 €	216.227,92 €	83.404,74 €	62.537,11 €	299.632,66 €	278.765,03 €	145.941,85 €
Impuestos		271,47 €	5.073,74 €	18.864,09 €	23.666,36 €	5.345,21 €	19.028,06 €	7.339,62 €	5.503,27 €	26.367,67 €	24.531,32 €	12.842,88 €
Otros			- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
TOTAL INVERSIÓN		3.664,83 €	68.495,47 €	254.665,20 €	319.495,83 €	72.160,30 €	256.878,77 €	99.084,83 €	74.294,08 €	355.963,60 €	331.172,86 €	173.378,91 €
Coste anual												
Coste energía		35.638,51 €	35.780,30 €	33.978,60 €	34.040,97 €	35.766,93 €	33.058,67 €	28.625,94 €	35.898,69 €	25.289,29 €	33.018,42 €	28.577,10 €
Coste de mantenim.		9,68 €	180,85 €	672,41 €	843,59 €	190,53 €	678,25 €	261,62 €	196,16 €	939,88 €	874,42 €	457,78 €
TOTAL COSTE ANUAL		35.648,19 €	35.961,15 €	34.651,01 €	34.884,55 €	35.957,46 €	33.736,93 €	28.887,56 €	36.094,85 €	26.229,17 €	33.892,84 €	29.034,89 €
Valor residual de las medidas												
SATE		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Aisl. Cubierta		0,00 €	12.112,63 €	0,00 €	0,00 €	12.112,63 €	0,00 €	0,00 €	13.138,05 €	0,00 €	13.138,05 €	13.138,05 €
Aisl int		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Ventanas		0,00 €	0,00 €	24.856,44 €	24.856,44 €	24.856,44 €	25.438,58 €	0,00 €	0,00 €	25.438,58 €	25.438,58 €	0,00 €
TOTAL VALOR RESIDUAL		0,00 €	12.112,63 €	24.856,44 €	36.969,07 €	12.112,63 €	25.438,58 €	0,00 €	13.138,05 €	1.117.400,07 €	38.576,63 €	13.138,05 €
Coste global a 30 años		1.073.110,57 €	1.135.217,32 €	1.269.339,14 €	1.329.063,34 €	1.138.771,47 €	1.243.548,05 €	965.711,72 €	1.144.001,56 €	1.117.400,07 €	1.309.381,45 €	1.031.287,53 €
Coste global a 30 años/m ²		349,05 €	369,25 €	412,88 €	432,30 €	370,41 €	404,49 €	314,11 €	372,11 €	363,45 €	425,90 €	335,44 €
Superficie útil (m ²)		3074,39										

ANEXO E

BIBLIOGRAFÍA

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

Contenido del anexo

- Bibliografía sobre eficiencia energética
- Bibliografía sobre colegios
- Documentación encontrada en Archivos Históricos

E. Bibliografía

E1. Eficiencia energética

E1.1. Catálogos y registros

IVE - Instituto Valenciano de la Edificación (2011). *Catálogo de soluciones constructivas de rehabilitación*. Valencia: Generalitat Valenciana.

IVE - Instituto Valenciano de la Edificación (2016). Catálogo de tipología edificatoria residencial. Valencia: Generalitat Valenciana

IDAE - Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. *Registro de Empresas de Servicios Energéticos*: <http://www.idae.es/index.php/mod.empresasservicios/mem.fbusquedaEmpresas/relmenu.168>, (consultada en junio de 2014)

E1.2. Libros, artículos y otras publicaciones

A.A.V.V. (2009). *Guía para cambios de hábitos de consumo*. Ed: IDAE.

A.A.V.V. (2013). *Solarízate. La auditoría energética del Centro*. Ed: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, IDAE y Greenpeace.

Antonini, E., Boscolo, M., Cappelletti, P., & Romagnoni, P. (2009). *Schools refurbishment: results of an energy motoring campaign*. Proceedings of the 4th Energy Forum, 139-143.

Arambula Lara, R., Pernigotto, G., Cappelletti, F., Romagnoni, P., & Gasparella, A. (2015). *Energy audit of schools by means of cluster analysis*. Energy and Buildings(95), 160-171.

Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R. F., Mauro, G. M., & Vanoli, G. P. (2017). *Energy retrofit of educational buildings: Transient energy simulations, model calibration and multi-objective optimization towards nearly-zero-energy performance*. Energy and buildings(144), 303-309.

Ascione, F., De Masi, R. F., De Rossi, F., Ruggiero, S., & Vanoli, G. P. (2017). *NZEB target for existing buildings: case study of historical educational building in Mediterranean climate*. Energy procedia(140), 194-206.

AVEN (2003). *Guía de ahorro y eficiencia energética en los municipios de la comunidad valenciana*. Valencia Ed: AVEN_Agencia Valenciana de la Energía.

AVEN (2009). *Guía de Servicios Energéticos para Administraciones locales*. Valencia Ed: AVEN_Agencia Valenciana de la Energía.

Ayuntamiento de Pamplona (2006). *Red de colegios fotovoltaicos de Pamplona. Una guía para el conocimiento de la energía solar en la escuela*. Ed: Ayuntamiento de Pamplona.

Barbhuiya, S., & Barbhuiya, S. (2013). *Thermal comfort and energy consumption in a UK educational*. Building and Environment(68), 1-11.

Beusker, E., Story, Christian, & Pollalis, S. (2012). *Estimation model and benchmarks for heating energy consumption of schools and sport facilities in Germany*. Building and environment(49), 324-335.

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

Boarin, P. (2010). *Edilizia Scolastica. Riqualificazione energetica e ambientale. Metodologie operative, requisiti, strategie ed esempi per gli interventi sul patrimonio esistente*. Monfalcone (Gorizia): Ed: EdicomEdizioni.

Bosh González, M. (2015). *Eficiència energètica en edificis d'ús docent en la ciutat mediterrània. Cas a estudi, ciutat de Barcelona*. Tesis de doctorado. Barcelona: Universidad Politecnica de Cataluña.

BPIE (2010). *Cost Optimality: Discussing methodology and challenges within the recast energy performance of buildings directive*. Bruselas: Buildings Performance Institute Europe (BPIE).

BPIE (2012). *Energy efficiency policies in buildings: A review of financial instruments used at Member State level*. Bruselas: Buildings Performance Institute Europe (BPIE).

BPIE (2013). *Implementing the cost-optimal methodology in EU countries. Lessons Learned from three case studies*. Bruselas: Buildings Performance Institute Europe (BPIE).

Buvik, K., Andersen, G., & Tangen, S. (2014). *Ambitious renovation of a historical school building in cold climate*. Energy procedia(48), 1442-1448.

Calice, C. (2013). *Riqualificazione energetica nel settore terziario. Casi di studio strategie d'intervento*. Tesi di Dottorato. Roma: Università Sapienza di Roma.

Calice, C., Clemente, C., Santoli, L., & Fraticelli, F. (2012). *Guidelines for the retrofit of the school building stock for sustainable urban regeneration of the city of Rome*. Conference: The Sustainable City VII. WIT Transactions on Ecology and the Environment (155)

Capozzoli, A., Grassi, D., & Causone, F. (2015). *Estimation models of heating energy consumption in schools for local authorities planning*. Energy and Buildings(105), 302-313.

Castro Vázquez, José Manuel (2016). *Rehabilitación energética de centros escolares. Estrategias para alcanzar edificios rehabilitados de consumo casi nulo en zonas climáticas C1, C2 y D1*. En: Libro de comunicaciones III Congreso de Energía casi Nula. Madrid: Grupo Terma Red.

Castro Vázquez, José Manuel (2017). *La rehabilitación energética en la arquitectura escolar. Hacia el edificio rehabilitado nZEB*. Tesis de doctorado. Ed: Universidad de La Coruña.

Comunidad de Madrid (2010). *Guía de auditorías energéticas en centros docentes*. Ed.: Comunidad de Madrid.

Comunidad de Madrid (2010). *Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes*. Ed.: Comunidad de Madrid.

Corgnati, S., Corrado, V., & Filippi, M. (2008). *A method for heating consumption assessment in existing buildings: A field survey concerning 120 Italian schools*. Energy and buildings(40), 801-809.

Cuchí, A., & Sweatman, P., 2011. *Una visión-país para el sector de la edificación en España. Hoja de ruta para un nuevo sector de la edificación*. Grupo de Trabajo Sobre Rehabilitación (GTR).

Cuchí, A., & Sweatman, P., 2012. *Una visión-país para un nuevo sector de la edificación en España*. Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación (GTR).

Cuchí, A., & Sweatman, P., 2013. Informe GTR 2014. *Estrategia para la rehabilitación. Claves para transformar el sector de la edificación en España*. Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación (GTR).

- Dalla Mora, T., Righi, A., Peron, F., & Romagnoni, P. (2017). *Cost-Optimal measures for renovation of existing school buildings towards nZEB*. *Energy procedia*(140), 288-302.
- Dall’O, G., & Sarto, L. (2013). *Potential and limits to improve energy efficiency in space heating in existing school buildings in northern Italy*. *Energy and buildings*(67), 298-308.
- Dascalaki, E. G., & Sermpetzoglou, V. G. (2011). *Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools*. *Energy and building*(43), 718-727.
- De la Fuente Pérez, V. (2015). *Propuesta de niveles de exigencia de eficiencia energética en el parque residencial de la Comunidad Valenciana según la metodología del coste óptimo*. Tesis doctoral. Valencia: Universitat Jaume I.
- Demanele, C., Tweddell, T., & Davies, M. (2010). *Bridging the gap between predicted and actual energy performance in schools*. *World renewable energy congress XI* (págs. 1-6). Abu Dhabi, UAE: WREN.
- Desideri, U., Daniela, L., Arcioni, L., & Sdringola, P. (2012). *European project Educa-RUE: An example of energy efficiency paths in educational buildings*. *Applied energy*(97), 384-395.
- Dias Pereira, L., Raimondo, D., Corgnati, S. P., & Gameiro Da Silva, M. (2014). *Energy consumption in schools – A review paper*. *Renewable and sustainable energy reviews*(40), 911-922.
- Dimoudi, A., & Kostarela, P. (2009). *Energy monitoring and conservation potential in school buildings in the C’ Climatic zone of Greece*. *Renewable Energy*(34), 289-296.
- Doulos, L., Kontadakis, A., Sinou, M., & Tsangrassoulis, A. (2019). *Minimizing energy consumption for artificial lighting in a typical classroom of a Hellenic public school aiming for near Zero Energy Building using LED DC luminaires and daylight harvesting systems*. *Energy and buildings*(194), 201-217.
- Edwards B., 2005. *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona: Ed. Gustavo Gili.
- Erhorn-Kluttig, H, Doster, S., Erhorn, H. (2016) *EU FP7 School of the Future brochure*. Ed: Fraunhofer Institute for Building Physics.
- Ferrari, S., & Romeo, C. (2017). *Retrofitting under protection constraints according to the nearly Zero Energy Building (nZEB) target: the case of an Italian cultural heritage’s school building*. *Energy procedia*(140), 495-505.
- Gaitani, N., Cases, L., Mastrapostoli, E., & Eliopoulou, E. (2015). *Paving the way to nearly zero energy schools in Mediterranean*. *Energy procedia*(78), 3348-3353.
- Gaitani, N., Lehmann, C., Santamouris, M., Mihalakakou, G., & Patargias, P. (2010). *Using principal component and cluster analysis in the heating evaluation of the school building sector*. *Applied energy*(87), 2079-2086.
- García-Hooghuis, A., & Neila, F., 2013. *Modelos de transposición de las Directivas 2002/91/CE y 2010/31/UE “Energy Performance Building Directive” en los Estados miembros de la UE. Consecuencias e implicaciones*. *Informes de la construcción*(65 (531)), 289-300.
- Guerrero, M. et Rebolé, L.(2006) *Guía de la energía para centros escolares de la Comunidad de Navarra*. Ed. Fundación Centro de Recursos Ambientales de Navarra - CRANA.

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

Hernández, P., Burke, K., & Lewis, J. (2008). *Development of energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: An example for Irish primary schools*. *Energy and buildings*(40), 249-254.

Hong, T., Koo, C. K., & Jeong, K. (2012). *A decision support model for reducing electric energy consumption in elementary school facilities*. *Applied energy*(95), 253-266.

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2010). *Guía técnica de eficiencia energética en iluminación: Centros docentes*. Madrid.

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2016). *Informe anual de consumos energéticos. Año 2014. Consumo de energía final del sector servicios*. Obtenido en: <http://www.idae.es/index.php/idpag.802/relcategoria.1368/relmenu.363/mod.pags/mem.detalle>. (Consultado en abril 2016)

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2020). *Guía práctica para la gestión de ayudas a la rehabilitación energética de edificios*. Obtenido en: <http://www.idae.es> (Consultado en abril 2021)

Junta de Castilla y León (2013). *Manual de eficiencia energética en centros docentes: uso y mantenimiento*. Ed: Junta de Castilla y León.

Junta de Castilla y León (2013). *Manual de eficiencia energética en centros docentes: rehabilitación*. Ed: Junta de Castilla y León. 1111

Katafygiotou, M., & Serghides, D. (2014). *Analysis of structural elements and energy consumption of schoolbuilding stock in Cyprus: Energy simulations and upgrade scenarios of a typical school*. *Energy and buildings*(72), 8-16.

Kim, D., Kim, Y., & Lee, S. (2019). *Development of an energy benchmarking database based on cost-effective energy performance indicators: Case study on public buildings in South Korea*. *Energy and buildings*(191), 104-106.

Lane, J., Floress, K., & Rickert, M. (2014). *Development of school energy policy and energy education plans: A comparative case study in three Wisconsin school communities*. *Energy policy*(65), 323-331

Leone, C. (2013). *Retrofit energetico. Linee guida per la riduzione dei consumi e miglioramento delle condizioni ambientali nell'edilizia scolastica*. Tesi di Dottorato. Roma: Università Sapienza di Roma.

Lou, S., Tsang, E. K., Li, D. H., Lee, E. W., & Lam, J. C. (2017). *Towards zero energy school building designs in Hong Kong*. *Energy procedia*(105), 182-187.

Lourenço, P., Duarte Pinheiro, M., & Heitor, T. (2014). *From indicators to strategies: Key Performance Strategies for sustainable energy use in Portugal*. *Energy and buildings*(85), 212-224.

Managan, K., & Sweatman, P. (2010). *Financiación de mejoras energéticas en edificios: una revisión de las políticas y los modelos de negocio internacionales de eficiencia energética y alternativas regulatorias para España*. Madrid: Climate Strategy & Partners.

Margiotta, F., & Fasano, G. (2015). *Il complesso scolastico un possibile modello per distretto energetico*. Seminario "Architecture per la formazione". Roma.

Marrone, P., Gori, P., Asdrubali, F., Evangelisti, L., Calcagnini, L., & Grazieschi, G. (2018). *Energy Benchmarking in Educational Buildings through Cluster Analysis of Energy Retrofitting*. *Energies*,

11(3), 649.

Mishra, A. K., & Ramgopal, M. (2015). *A comparison of student performance between conditioned and naturally ventilated classrooms*. *Building and Environment*(84), 181-188.

Pepe, D., Rossetti, M. (2014). *La riqualificazione energetico-ambientale degli edifici scolastici*. Ed: Maggioli editore.

Raatikainen, M., Skön, J.-P., Leiviskä, K., & Kolehmainen, M. (2016). *Intelligent analysis of energy consumption in school buildings*. *Applied energy*(165), 416-429.

Reiss, J. (2014). *Energy retrofitting of school buildings to achieve plus energy and 3-litre building standards*. *Energy procedia*(48), 1503-1511.

Rospi, G., Cardinale, N., Intini, F., & Negro, E. (2017). *Analysis of the energy performance strategies of school buildings sitein the Mediterranean climate: A case study the schools of Matera city*. *Energy and buildings*(152), 52-60.

Ruá, M., & López-Mesa, B., (2012). *Certificación energética de edificios en España y sus implicaciones económicas*. *Informes de la construcción*(64 (527)), 307-318.

Santamouris, M., Mihalakakou, G., Patargias, P., Gaitani, N., & Sfakianaki, K. (2007). *Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings*. *Energy and buildings*(39) Pages 45-51

Santoli, L., Fraticelli, F., Fornari, F., & C., C. (2014). *Energy performance assessment and a retrofit strategies in publicschool buildings in Rome*. *Energy and buildings*(68), 196-202.

Sauchellia, M., Maseraa, G., D'Antonab, G., & Manzolinib, G. (2014). *ISIS Facchinetti: a nearly zero energy retrofit in Italy*. *Energy procedia*, 48, 1326-1335.

Sekki, T., Airaksinen, M., & Saari, A. (2015). *Measured energy consumption of educational buildings in a Finnishcity*. *Energy and buildings*, 105-115.

Stein B et al. (2012) *Typology Approaches for Non-Residential Buildings in Five European Countries. Existing Information, Concepts and Outlook*. Obtenido vía Proyecto europeo EPISCOPE. http://episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA_TR3_D9_NonResidential-Buildings.pdf. (Consultado en abril 2016)

Stocker, E., Tschurtschenthaler, M., & Shrott, L. (2015). *Cost-optimal renovation and energy performance: Evidence fromexisting school buildings in the Alps*. *Energy and buildings*(100), 20-26.

Subhi Alshamrani, O., Galal, K., & Alkass, S. (2014). *Integrated LCAeLEED sustainability assessment model for structure*. *Building and environment*(80), 61-70.

Tae-Woo, K., Kang-Guk, L., & Won-Hwa, H. (2012). *Energy consumption characteristics of the elementary schools in South Korea*. *Energy and buildings*(54), 480-489.

Thewes, A., Maas, S., Scholzen, F., Waldmann, D., & Zürbes, A. (2014). *Field study on the energy consumption of school buildings inLuxembourg*. *Energy and buildings*(68), 460-470.

Turunen, M., Toyinbo, O., Putus, T., Nevalainen, A., Shaughnessy, R., & Haverinen-Shaughnessy, U. (2014). *Indoor environmental quality in school buildings, and the health andwellbeing of students*. *International journal of hygiene and environmental health*(217), 733-739.

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

U.S. EPA - Agencia estadounidense de protección del medio ambiente (2011). *Guía estadounidense para el desarrollo e implementación de programas de reducción de los gases de efecto invernadero*. Ed. U.S. EPA

Winiger, S., Herkel, S., & Haroske, G. (2014). *Power generation using district heat: Energy efficient retrofitted plus-energy school Rostock*. *Energy procedia*(48), 1519-1528.

WWF (2010). *Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020*. WWF/Adena.

WWF (2012). *Retos u oportunidades de financiación para la rehabilitación energética de viviendas en España*. WWF/Adena.

Wassouf, M. (2019). *La arquitectura y los retos del carbono: contribuir activamente con edificios pasivos*. *Revista_CIC*-551.

Zeiler, W., & Boxem, G. (2013). *Net-zero energy building schools*. *Renewable energy*(49), 282-286.

Normativa, planes y políticas

Comunicación de la Comisión Europea, 18 de abril de 2013 (COM/2013/225 final) “Informe de la Comisión al parlamento europeo y al consejo de: Respaldo financiero a la eficiencia energética de los edificios”. Obtenido en: <https://eur-lex.europa.eu>

Comunicación de la Comisión Europea, 30 de noviembre de 2016 (COM/2016/860 final) “Energía limpia para todos los europeos”. Obtenido en: <https://eur-lex.europa.eu>

Comunicación de la Comisión Europea, 28 de noviembre 2018 (COM/2018/773 final) “Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo para una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra”. Obtenido en: <https://eur-lex.europa.eu>

Comunicación de la Comisión Europea, 11 de diciembre 2019. (COM/2019/640 final) “Pacto Verde Europeo”. Obtenido en: <https://eur-lex.europa.eu>

Comunicación de la Comisión Europea, del 4 de marzo de 2020 (COM/2020/80 final) modificada el 17 de septiembre de 2020 (COM/2020/563 final) “Propuesta de REGLAMENTO del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1999 («Ley del Clima Europea»)” (en fase de propuesta en septiembre 2020). Obtenido en: <https://eur-lex.europa.eu>

Comunicación de la Comisión Europea, 17 de septiembre de 2020 (COM/2020/562 final) “Intensificar la ambición climática de Europa para 2030: Invertir en un futuro climáticamente neutro en beneficio de nuestros ciudadanos” Obtenido en: <https://eur-lex.europa.eu>

Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Obtenido de Diario Oficial de la Unión Europea: <http://eur-lex.europa.eu>

Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de Mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición). Obtenido de Diario Oficial de la Unión Europea: <http://eur-lex.europa.eu>

Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética (DEE), 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. Obtenido de Diario Oficial de la Unión Europea: <http://eur-lex.europa.eu>

Directiva 2018/844/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, que modifica las Directivas 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, y la 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética. Obtenido de Diario Oficial de la Unión Europea: <http://eur-lex.europa.eu>

Directiva 2018/2001/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (versión refundida). Obtenido de Diario Oficial de la Unión Europea: <http://eur-lex.europa.eu>

Directiva 2018/2002/UE del Parlamento Europeo y Consejo, 11 de diciembre de 2018. por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. Obtenido de Diario Oficial de la Unión Europea: <http://eur-lex.europa.eu> Jefatura del Estado, 27 de junio de 2013. Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. Obtenido del Boletín Oficial del Estado: <http://www.boe.es/boe/dias/2013/06/27/pdfs/BOE-A-2013-6938.pdf>

Estrategia Valenciana de Cambio Climático y Energía 2020-2030. En fase de Información y participación pública en noviembre de 2020. Obtenido en: <http://www.agroambient.gva.es/es/web/cambio-climatico> (Última consulta noviembre 2020).

Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. Boletín Oficial del Estado núm. 153, de 27 de junio de 2013.

Ley del Cambio Climático y Transición Ecológica de la Comunidad Valenciana (En fase de borrador en noviembre de 2020). Obtenido en: <http://www.agroambient.gva.es/es/web/cambio-climatico> (Última consulta noviembre 2020).

Naciones Unidas, 2015. *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas*. Obtenido en Web Oficial de las Naciones Unidas: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>

Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética para el horizonte 2011-2020 Aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros de fecha 29 de julio de 2011. Obtenido en: https://energia.gob.es/es-es/Novedades/Paginas/PAAEE_2011_2020.aspx y https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11905_PAEE_2011_2020._A2011_A_a1e6383b.pdf (Consultado en septiembre 2017).

Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de la Comunidad Valenciana 2001-2010. Resumen ejecutivo. Obtenido en: http://agenergia.org/wp-content/uploads/2018/06/1234518784_Plan_ahorro_eficiencia_CValencia_resumen-1.pdf (Última consulta en junio 2019).

Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de los Edificios Públicos de la Generalitat. Acuerdo del Consell de 15 de junio de 2012 (2012/6063). Obtenido en Diario Oficial de la Generalitat Valenciana núm. 6800 de 20 de junio de 2012.

Plan de ahorro y eficiencia energética, fomento de las energías renovables y el autoconsumo en los edificios, infraestructuras y equipamientos del sector público de la Generalitat. Acuerdo del Consell (2017/214). Obtenido en Diario Oficial de la Generalitat Valenciana núm. 7957 de 13 de

enero de 2017

Plan de Energía Sostenible de la Comunidad Valenciana 2020 (PESCV2020). Obtenido en: https://energia.ivace.es/index.php?option=com_content&view=article&id=6674:plan-de-energia-sostenible-de-la-cv-2020&catid=319&Itemid=100454&lang=es (Última consulta junio 2019).

Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2017-2020. Obtenido en web oficial de la UE: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es_neeap_2017_es.pdf (Consultado en octubre 2018).

Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. Obtenido en: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>. (Consultado en junio 2020).

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado núm. 74, de 28 de marzo de 2006. Web del Código Técnico de la Edificación: <http://www.codigotecnico.org>.

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Boletín Oficial del Estado núm. 207, de 29 de agosto de 2007.

Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbana, 2013-2016. Boletín Oficial del Estado núm. 86, de 10 de abril de 2013.

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Boletín Oficial del Estado núm. 89, de 13 de abril de 2013.

Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. Boletín Oficial del Estado núm. 38, de 13 de febrero de 2016.

Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. Boletín Oficial del Estado núm. 242, de 6 de octubre de 2018.

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado núm. 83, de 6 de abril de 2019.

Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica. Boletín Oficial del Estado núm. 175, de 24 de junio de 2020.

Real Decreto 737/2020, de 4 de agosto, por el que se regula el programa de ayudas para actuaciones de rehabilitación energética en edificios existentes y se regula la concesión directa de las ayudas de este programa a las comunidades autónomas y ciudades de Ceuta y Melilla.

Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y el Consejo, de 11 de diciembre de 2018,

sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.o 663/2009 y (CE) n.o 715/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE y 2013/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo y las Directivas 2009/119/CE y (UE) 2015/652 del Consejo, y se deroga el Reglamento (UE) n.o 525/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo. Obtenido en: <https://eur-lex.europa.eu>

Reglamento delegado (UE) n° 244/2012 de la comisión, de 16 de enero de 2012, que complementa la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, estableciendo un marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos y Directrices que lo acompañan. Obtenido en <https://eur-lex.europa.eu>.

Unión Europea, UE (2016). Energía limpia para todos los Europeos (Clean Energy For All Europeans). Obtenido en Web Oficial de la Unión Europea: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans> (Consultado en enero 2018)

Unión Europea, UE (2019). Pacto Verde Europeo (European Green Deal). Obtenido en Web Oficial de la Unión Europea: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es (Consultado en Julio 2020)

E1.3. Proyectos europeos

CHECT IT OUT. Obtenido en: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/check-it-out> (Consultado en julio 2019)

CERTUS. Obtenido en: <http://certus-project.eu/> y <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/certus> (Consultado en julio 2019)

DATAMINE. Obtenido en: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/datamine> (Consultado en julio 2019)

EBC - Energie Buildings and Communities Programme. Project N°56: Cost-Effective Energy & CO2 Emissions Optimization in Building Renovation. Obtenido en: <https://www.iea-ebc.org/projects/completed> (Consultado en julio 2019)

EDISON. Obtenido en: <http://www.project-edison.eu> (Consultado en julio de 2019)

ENERCITIES. Obtenido en: <https://www.enercities.eu> (Consultado en julio 2019)

ENTRANZE. Obtenido en: <https://www.entranze.eu> y <https://entranze-scenario.enerdata.net> (Consultado en noviembre de 2020)

EURONET 50/50 max. Obtenido en: <http://www.euronet50-50max.eu/es/> y <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/euronet-50-50-max.aspx> (Consultado en julio 2019)

SCHOOL OF THE FUTURE, Toward Zero Emission with High Performance Indoor Environment. Obtenido en: <https://www.school-of-the-future.eu> (Consultado en julio 2019)

SMARTSPACES. Obtenido en: <https://ses.jrc.ec.europa.eu/smartspaces-0> y <http://www.smartspaces.eu/> (Consultado en julio 2019)

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

RENEW-SCHOOL. Obtenido en: <http://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/renew-school> y <http://www.renew-school.eu/en/home/> (Consultado en julio 2019)

RETROFIT-KIT . Obtenido en: <http://retrofit.energieinstitut.at/> (Consultado en septiembre 2016)

REPUBLICZEB. Obtenido en: <http://www.republiczeb.org> (Consultado en noviembre de 2020)

TABULA. Obtenido en: <http://episcope.eu/> (Consultado en septiembre 2016)

VERY SCHOOL. Obtenido en: <http://euronet50-50max.eu/es/>(Consultado en julio de 2019)

ZEMedS (Zero Energy MEDITerranean Schools). Obtenido en: <https://www.zemedes.eu> (Consultado en julio de 2019)

E 1.4. Otros proyectos e intervenciones nacionales

Ayuntamiento de Alicante (2020). Nota de prensa: . Obtenido en: <https://www.alicante.es/es/noticias/ayuntamiento-va-colocar-paneles-solares-33-colegios-publicos-alicante>. (Consultado en Septiembre de 2020)

Ayuntamiento de Alicante (2019). Pliego de prescripciones técnica de Proyecto de Mejora eficiencia energética en centros escolares de la ciudad de Alicante. Fase 1. Tres lotes. Expt 101/19. Obtenido en: https://contrataciondelestado.es/wps/portal!/ut/p/b0/04_Sj9CPykssy0xPLMn-Mz0vMAfljU1JTC3Iy87KtUIJLEnNyUuNzMpMzSxKTgQr0w_Wj9KMyU1zLcvQjS4N9v-bODg91SQrzMMyxMVQ0KcnOL08ptbfWBDEcAglyTzQ!!/ (Consultado en Septiembre de 2020)

Ayuntamiento de Madrid (2013). Contratación de servicios energéticos en colegios públicos. Artículo de internet. Obtenido en: <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medioambiente/Contratacion-de-servicios-energeticos-en-colegios-publicos/?vgnnextfmt=default&vgnextoid=ffe66a6d3ea45410VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnnextchannel=3edd31d3b28fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD> (Consultado en julio 2020)

Ayuntamiento de Madrid (2013). Pliego de prescripciones técnicas particulares del Contrato de suministro, servicios energéticos y mantenimiento con garantía total de instalaciones en los centros consumidores de energía integrados por los edificios y equipamientos incluidos en 22 colegios del Ayuntamiento de Madrid, Número de expediente 300/2013/00248. Obtenido en: <https://sede.madrid.es/portal/site/tramites/> (Consultado en septiembre 2020)

Ayuntamiento de Paterna, Valencia (2019). Artículo de internet. <https://www.paterna.es/es/actualidad/noticias/paterna-instalara-placas-solares-en-5-colegios-publicos-para-hacerlos-autosuficientes-energeticamente.html> (Consultado en junio 2020)

Asociación Española de Valorización Energética de Biomasa – AVEBIOM - (2017). Informes sobre casos de éxito. Artículo de internet. Obtenido en: <https://observatoriobiomasa.es/informes/casosDe Exitos> (Consultado en julio 2020)

Ayuntamiento de Córdoba (2018). Suministro e instalación de elementos para la mejora energética en diferentes colegios públicos: https://contrataciondelestado.es/wps/portal!/ut/p/b0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljU1JTC3Iy87KtUIJLEnNyUuNzMpMzSxKTgQr0w_Wj9KMyU1zLcvQjUwPNA1OC08oDnMvygvNDIoyrVA3Myx1tbfULcnMdAS67Zds! (Consultado en julio 2020)

Diputación Provincial de Córdoba (2019). Pliego de prescripciones técnicas del Proyecto de Contratación de las obras de rehabilitación energética de la envolvente térmica en el CEIP Nuestra Señora de la Piedad de Iznájar (Córdoba). Obtenido en: https://contrataciondelestado.es/wps/portal/!ut/p/b0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljU1JTC3Iy87KtUJJEEnNyUuNzMpMzSxKT-gQr0w_Wj9KMyU1zLcvQjq0o9S7PMoyIN0v3MMyxMVQ0KcnOL08ptbfWBDEcAszzpeA!!/ (Consultado en septiembre 2020)

Generalitat de Catalunya (2009). Adjudicación de 108 colegios http://economia.gencat.cat/web/.content/documents/arxiu/11.12.09_icfe.pdf (Consultado en junio 2020)

Pujol, B. (2019) Proyectos: rehabilitación energética de CEIP El Garrofer, Viladecans (Barcelona). Obtenido en: <http://bertapujol.com/portfolio/rehabilitacio-d-edifici-escolar-a-viladecans/?lang=es> (Consultado en julio 2020)

E2. Colegios

E2.1. Catálogos y registros

Generalitat Valenciana. Consellería de Educación, Cultura y Deportes. Guía de centros docentes. <http://www.cece.gva.es/ocd/areacd/es/guiadecentros.asp> (consultada en noviembre 2020)

Generalitat Valenciana. Instituto Valenciano de estadística. <http://www.ive.es/> (consultada en noviembre de 2020)

MECD - Ministerio de Educación, Ciencia y Deporte (2020). Estadística de las Enseñanzas no universitarias. Resultados - Curso 2019-2020. Sistema Educativo. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (<http://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/educacion/no-universitaria.html> (consultada en noviembre de 2020)

MEFP - Ministerio de Educación y Formación Profesional (2020). Estadística de las Enseñanzas no universitarias. Resultados - Curso 2019-2020. Sistema Educativo. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

E2.2. Libros y revistas

A.A.V.V. (1971). *Premio nacional de arquitectura*. Nueva forma: arquitectura, urbanismo, diseño, ambiente, arte, nº 70, pág. 68

A.A.V.V. (1979). *Concurso de soluciones arquitectónicas para centros escolares*. Obradoiro, revista de arquitectura, nº 4 y 5, págs. 20-25

A.A.V.V. (2002). *Registro general de arquitectura del s.XX de la Comunidad Valenciana*. Vol 1 y 2. Valencia: Generalitat Valenciana, COACV e IVE.

A.A.V.V. (2004). *Centro de Educación Infantil y Primaria e Instituto de Educación Secundaria “Rodríguez-Fornos”*. En: *Arquitectura escolar 1*. Valencia: General Ediciones de Arquitectura.

A.A.V.V. (2009). *9 unidades de educación infantil en el C.E.I.P. Paré Catalá*. En: *Arquitectura escolar 5*. Valencia: General Ediciones de Arquitectura.

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

A.A.V.V. (2009). *Colegio Santos Justo y Pastor. En: Arquitectura escolar 4*. Valencia: General Ediciones de Arquitectura.

Añón Abajas, R. M. (2005). *La arquitectura de las Escuelas Primarias Municipales de Sevilla hasta 1937*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Consejería de Obras Públicas y Transportes.

Aragó, L., Azkárraga, J. M., Salazar, J. (2010). *Guía Urbana. Valencia 1931-1939, La ciudad en la II República*. Valencia: PUV, Publicaciones Universidad de Valencia.

Ayuntamiento de Valencia (1967). *Boletín de Información Municipal de Valencia*. nº Extraordinario. Valencia.

Delgado Criado, B. (1994). *Historia de la Educación en España y América*. s.l.:Ed. Morata.

Dirección General de Arquitectura (1958). *Concurso de prototipos para escuelas graduadas*. Revista Nacional de Arquitectura, Issue 194, pp. 1-11.

“Concurso de Escuelas”, Revista Nacional de Arquitectura, n. 183, 1957.

Cruz Sayavera, S. (2016). El sistema educativo durante el franquismo: las leyes de 1945 y 1970. Revista Aequitas, nº 8, pp. 35-62.

García-Durán de Lara, J. (1972). *Cinco notas sobre la oferta de plazas escolares*. Cuadernos de arquitectura y urbanismo. Educación y arquitectura escolar I, Issue 88, pp. 12-15.

Gómez Alonso, C. J. (2015). *Construcciones escolares en Valencia .1920-1939*. Tesis de doctorado. Valencia: Universidad de Politécnica de Valencia

Insausti, P. & Llopis, A. (1995). *Arquitectura escolar pública: obres i projectes 1985-1995*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Irlés Parreño, R. (2015). *Arquitectura escolar en Elche 1939-1979*. Tesis de doctorado. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

IVE - Instituto Valenciano de la Edificación (2012) *Catálogo de tipología edificatoria residencial*. Ámbito: España. Valencia: Generalitat Valenciana.

Lahoz Abad, P. (1993-94). *Los modelos escolares de la Oficina técnica para la construcción de escuelas*. En A.A.V.V., Historia de la educación, Vols. XII-XIII, págs. 121-148.

Lázaro Flores, E. (1975). *Historia de las construcciones escolares en España*. Revista de Educación, Issue 240, pp. 114-126.

Llopis Alonso, A. (2000). *Valencia en los años finales de la década de 1950. Ejemplos de modernidad en la arquitectura pública. En: Historia de la ciudad Vol.3. Arquitectura y transformación urbana de la ciudad de Valencia*. Valencia: Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana y Universidad de Valencia.

Llopis Alonso, A., & Perdigón Fernández, L., (2011). *Cartografía histórica de la ciudad de Valencia (1608-1944)*. Valencia.

Martinez Marcos, A. (2010). *Congresos internacionales de arquitectura escolar: viajes de ida y vuelta en busca de la escuela moderna*. Pamplona, Universidad de Navarra, pp. 239-248.

MEN - Ministerio de Educación Nacional (1945) *Ley de Enseñanza Primaria de 17 de julio de*

1945. Publicado en BOE de 18-07-1945.

MEN - Ministerio de Hacienda y Educación Nacional (1953). *Ley sobre construcciones escolares, de 22 de diciembre de 1953*. Publicado en BOE nº 358, de 24-12-1953, pp. 7570-7573.

MEC - Ministerio de Educación y Ciencia (1960). *Orden de 11 de marzo de 1960 por la que se crean Escuelas Nacionales, dependientes del Patronato Municipal Escolar de Valencia*. Publicado en BOE nº 67, de 18 de marzo de 1960, p. 3417

MEC - Ministerio de Educación y Ciencia (1960). *Orden de 16 de mayo de 1960 por la que se crean Escuelas nacionales dependientes del Patronato Escolar de Valencia*. Publicado en BOE nº 126, de 26 de mayo de 1960, p. 7099

MEC - Ministerio de Educación y Ciencia (1960). *Orden del 21 de junio de 1960 por la que se crean Escuelas nacionales de enseñanza primaria dependientes del Patronato Municipal Escolar de Valencia*. Publicado en BOE nº 162, de 7 de julio de 1960, p. 9406

MEC - Ministerio de Educación y Ciencia (1960). *Orden del 3 de agosto de 1960 por la que se crean Escuelas nacionales dependientes del Patronato Municipal Escolar de Valencia*. Publicado en BOE nº 194, de 13 de agosto de 1960, pp. 11436-11437

MEC - Ministerio de Educación y Ciencia (1960). *Orden de 29 de agosto de 1960 por la que se crean Escuelas nacionales de régimen general en Valencia*. Publicado en BOE nº 226, de 20 de septiembre de 1960, páginas 13192-13193

MEC - Ministerio de Educación y Ciencia (1960). *Orden de 21 de octubre de 1960, por la que se crean Escuelas Nacionales dependientes del Patronato Municipal Escolar de Valencia*. Publicado en BOE nº 261, de 31 de octubre de 1960, p. 15088

MEC - Ministerio de Educación y Ciencia (1968). *Orden por la que se crean Escuelas Nacionales en Valencia (capital)*. BOE nº 313, de 30-12-1968, p. 18952.

MEC - Ministerio de Educación y Ciencia (1971) *Programa de necesidades docentes para la redacción de proyectos de Centros de EGB y Bachillerato*. Publicado en BOE de 20-02-1971.

MEC - Ministerio de Educación y Ciencia (1979). *Pacto de la Moncloa, Informe sobre el programa de construcciones escolares*. Colección Planificación Educativa y Construcciones escolares nº1. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.

MEC - Ministerio de Educación y Ciencia (1979)-2. *Programa de construcciones escolares industrializadas 1978*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia

MHEN - Ministerio de Hacienda y Educación Nacional (1956). *Ley de 17 de julio de 1956 por la que se autoriza emisión de Deuda, por la cantidad total de 2.500.000.000 de pesetas, con destino a un plan quinquenal de construcciones escolares*. Publicado en BOE nº 200, de 18-07-1956, pp. 4683 a 4684.

MIPBA - Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes (1905). Real decreto de 28 de abril de 1905 sobre arquitectura escolar e Instrucción técnico-higiénica relativa a la construcción de escuelas. Madrid.

MIPBA - Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes (1908). *Real decreto de 19 de noviembre de 1908 sobre Colección de Planos de Escuelas*. Madrid: Imprenta del Colegio Nacional de Sordo-

Propuesta de clasificación tipológica de colegios con criterios de eficiencia energética. Estudio del caso de la ciudad de Valencia a través de la metodología del coste óptimo.

mudos y Ciegos.

MIPBA - Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes (1912). *Planos modelos de escuelas graduadas con presupuestos reducidos*. Madrid: Imprenta del Colegio Nacional de Sordo-mudos y Ciegos.

MIPBA - Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes (1913). *Arquitectura escolar. Instrucciones y planos modelos para escuelas graduadas de 6 o de 12 secciones*. Madrid: Imprenta del Colegio Nacional de Sordo-mudos y Ciegos.

Navarro Sandalinas, R. (1990). *La enseñanza primaria durante el franquismo(1936-1975)*. Barcelona: ed. PPU. SA

Ortueta Hilberath, E. (1997). *Modelos de escuelas de educación primaria pública avalados por el Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes*. Norba-arte (XVII), 165-191.

Rodríguez Méndez, F. J. (2004). *Arquitectura escolar 1857-1936. Madrid como paradigma*. Tesis de doctorado. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Sánchez Muñoz, D. (2011). *Arquitectura en Valencia. 1939-1957*. Tesis de doctorado. Valencia: Universidad de Valencia.

Sánchez Muñoz, D. & Benito Goerlich, D. (2012). *Arquitectura y espacio urbano en Valencia, 1939-1957*. Valencia: Ayuntamiento de Valencia. Universidad de Valencia.

Serrano Lanzarote, B (2010). *Informe sobre el estado de conservación del edificio que alberga el colegio público Luis Vives*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. (Informe no publicado)

Taberner Pastor, F., Alcalde Blanquer, C., Arraiz García, N. & Icaro, C. T. d. A. d. V. (2007). *Guía de Arquitectura de Valencia*. Valencia: Icaro. Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia.

Taberner Pastor, F. (2007). Prólogo. En: *Guía de arquitectura de Valencia*. Valencia: Icaro. Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia.

Teixidor de Otto, M.J. (1976). *Proyectos de reforma urbana en Valencia. Planes de ensanche*. Ciudad y territorio: Revista de ciencia urbana, nº 1, pp. 73-82

Viñao, A. (2004). *Espacios escolares, funciones y tareas: la ubicación de la dirección escolar en la escuela graduada*. En Revista española de pedagogía, v.62, nº228, pp. 209-304.

Viñao, A. (2008). *Escolarización, edificios y espacios escolares*. Monográfico. En CEE Participación Educativa, nº 7, pp 16-27.

E.3. Archivos

E3.1. Archivo Histórico Municipal de Valencia

Código	Colegio	Referencia- Título	Fecha
AH MV-1	Cervantes	AH MV/ Fomento. Instrucción pública. Escuelas graduadas. "Colegio cervantes 1908"	1908
AH MV-2	Jaime Balmes	AH MV/ Fomento. Instrucción pública. Escuelas graduadas. 1911 "Proyecto de grupo escolar para Ruzafa".	1911
AH MV-3	Luis Vives	AH MV/ Fomento. Instrucción pública. "Proyecto de grupo escolar para Distrito del Hospita. C/ Cuenca"	1911
AH MV-4	Doctor Olóriz	AH MV/ Fomento. Ensanche. Licencias de obras 1916. Caja 3 H-M. "Solicitud de licencia para edificar el grupos escolar "Oloriz" en C/ Marchalenes. Planos."	1916
AH MV-5	Doctor Olóriz	AH MV/ Fomento. Instrucción pública. 1917. Caja 1. Expt. 7209. "Donación por la Junta Constructora de la escuela Olóriz al Exm. Ayuntamiento de un edificio con destino a escuela"	1917
AH MV-6	Cervantes	AH MV/ Fomento. Instrucción pública. 1933. "Proyecto de ampliación para grupo escolar Cervantes"	1933
AH MV-7	Cervantes	AH MV/ Fomento. Instrucción pública. Ensanche 1935. Caja 9 (240). Expt: 152. "Prolongación del grupo escolar Cervantes hasta la calle continuación del Turia"	1935
AH MV-8	Padre Manjón	AH MV / Fomento. Instrucción pública. Grupos escolares 1942/1949. Proyecto para grupo escolar del Barrio de la Torre.	1944
AH MV-9	Salvador Tuset	AH MV. Fomento. Instrucción pública. Grupos escolares 1942/1949. "Proyecto para grupo escolar en Benicalap"	1947
AH MV-10	Nuestra Señora de los Desamparados	AH MV /Fomento. Instrucción pública. Grupos escolares. 1948. Proyecto para la construcción del grupo escolar Nuestra Señora de los Desamparados en los Jardines de Serranos	1948
AH MV-11	Padre Manjón	AH MV / Fomento. Instrucción pública. Grupos escolares. 1948. Revisión de precios en la construcción del grupo escolar "Manjon" en el Barrio de la Torre	1948
AH MV-12	Pare Catalá	AH MV /Expte. 2594/81 Caja 147 "Colegio Nacional "Padre Catalá" Proyecto de acondicionamiento del patio"	1981

E3.2. Archivo Histórico de la Comunidad Valenciana

Código	Colegio	Referencia- Título	Fecha
AHCV-1	Fausto Martínez	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10267-2: "Valencia, San Marcelino. C.P. 16 uds. EGB Fausto Matias. EGB 8 uds."	1972
AHCV-2	Arts- Santo Cáliz	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10119-5: "Valencia. C.P. Sto. Cáliz Obras RAM año 1975-1981"	1975
AHCV-3	Villar Palasí	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes / Sig. 9/10131-3: "Valencia: C.P. Villar Palasí, 2uds. Preescolar, año 76"	1976
AHCV-4	Luis Vives	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10450-11: "Valencia. C.P. Luis Vives, ampliación 4 uds., RAM 77"	1977
AHCV-5	Rafael Mateu	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/15523: "Valencia. C.P. (Ctra. Malilla), Construcción 8 uds. E.G.B. CIDESA"	1978
AHCV-6	Pare Catalá	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10425-4: "Valencia-Benimaclet, C.P. Padre Catalá, 5 uds. Preescolar RAM78"	1978
AHCV-7	Torrefiel	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12755-2: "Valencia, CP Torrefiel, ampliación de 4 unidades de EGB"	1978
AHCV-8	Torrefiel	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10415-2: "Valencia. C.P. Torrefiel, ampliación 4 uds. E.G.b. RAM 78"	1978
AHCV-9	Rafael Altamira	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12448-1: "Valencia. C.P. C/Quart de les Valls, construcción de un centro de 8 unidades de EGB"	1979
AHCV-10	Gaspar Gil Polo	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12445-2: "Valencia. C.P. Gil Polo, ampliación de 10 unidades de EGB"	1979
AHCV-11	Nicolau Primitiu	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12443: "Valencia. C.P. (Barrio San Isidro), construcción de 8 unidades de EGB"	1979
AHCV-12	Gaspar Gil Polo	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12409-3: "Valencia. C.P. Gil Polo, ampliación 2ª fase"	1980
AHCV-13	Gaspar Gil Polo	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12411-5: "Valencia. C.P. Gil Polo, ampliación de 10 unidades"	1980
AHCV-14	Gaspar Gil Polo	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10421-4: "Valencia. 2ª Fase, ampliación C.P. Gil Polo, RAM 80, ..."	1980

AHCV-15	Rafelbuñol	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12409-2: "Valencia. C.P., ampliación de 4 unidades"	1980
AHCV-16	Manuel Montoya	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12460-2: "Valencia. C.P. Vicente Hervás, reparación general"	1981
AHCV-17	Nuestra Señora del Carmen	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12460-5: "Valencia. C.P.Nuestra Señora del Carmen, reparaciones varias"	1981
AHCV-18	Bartolomé Cossio	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12420-6: "Valencia. C.P. C/Reig Genovés, construcción de 8 unidades"	1981
AHCV-19	Nicolau Primitiu	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10426-2:"Valencia. C.P. Nicolau Primitiu 4ud. RAM 82"	1982
AHCV-20	Arq. Santiago Calatrava	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes / Sig. 9/10335-7: "Valencia-Benimaclet, C.P. Elias Tormo, construcción 4 uds"	1983
AHCV-21	Eliseo Vidal	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10494-3:"Valencia. C.P. Eliseo Vidal construcción 16 uds. E.G.B."	1983
AHCV-22	La Fonteta	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10509-2:"Valencia. C.P. Julio Romero, construcción 8 uds. E.G.B."	1983
AHCV-23	Castellar Oliveral	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10369-2:"Valencia-Castellar, C.P. Vte.López construcción. 4 uds. Preescolar"	1983
AHCV-24	Rafael Berenguer	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10452-2:"Valencia. 8 uds. E.G.B. C.P.Berenguer Ferrer, RAM 83"	1983
AHCV-25	Max Aub	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes / Sig. 9/10521-3: "Valencia, 16 uds. E.G.B. C/ Padre Urbano, C.P. Max Aub"	1984
AHCV-26	Max Aub	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes / Sig. 9/10522: "Valencia, 16 uds. E.G.B. C/ Padre Urbano, C.P. Max Aub"	1984
AHCV-27	Carles Salvador	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10410-1:"Valencia, aulario 2 uds. C.P. C.- Salvador"	1984
AHCV-28	La Fonteta	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10508-3:"Valencia. C.P. Julio Romero, construcción 4 uds. año 85."	1985
AHCV-29	Federico García Lorca	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10510:"Valencia. C.P. C/Clariano, 16 uds. E.G.B. año 1985"	1985
AHCV-30	Pare Catalá	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10491-5:"Valencia, C.P. P Catalá, C. Aulario 2 uds, año 85"	1985

AHCV-31	Antonio Machado	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10587-6: "Valencia, Hermanos Machado, 1 aula, 2 uds. preescolar (resolución contrato)"	1985
AHCV-32	Luis Guarner	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10512-3: "Valencia. C.P. C/Nicasio Benlloch, construcción 16 uds E.G.B."	1985
AHCV-33	Luis Guarner	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10513-1: "Valencia. C.P. C/Nicasio Benlloch, construcción 16 uds E.G.B."	1985
AHCV-34	Prof. Santiago Grisolla	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12462-1: "Valencia. C.P. C/Ingeniero Janini, reformado a construcción de 16+4+2 unidades de EGB"	1986
AHCV-35	Prof. Santiago Grisolla	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/12461: "Valencia. C.P. C/Ingeniero Janini, construcción de 16+4+2 unidades de EGB"	1986
AHCV-36	Pablo Neruda	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10548-3: "Valencia, C.P. Pablo Neruda (C/Ingeniero J. Benlloch) construcción de 24 uds. EGB"	1988
AHCV-37	Pablo Neruda	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10549: "Valencia, C.P. Pablo Neruda (C/Ingeniero J. Benlloch) construcción de 24 uds. EGB"	1988
AHCV-38	Cavite Isla del Hierro	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10548-2: "Valencia. C.P. C/Cavite, construcción de 16 uds. EGB + 4 preesco + 2.E.E"	1988
AHCV-39	El Grau	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/10579: "Valencia. C.P. Avda. Baleares, construcción centro 8+2+1"	1988
AHCV-40	Mestalla	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes / Sig. 9/20972: "Valencia, C.P. Avda. Aragón "Construc. 16+4+2" Carpeta C (facturas, Control C.) e instalaciones. PAVYCOR"	1989
AHCV-41	Pare Catalá	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/15482-2: "Valencia, C.P. P Catalá. Construcción 2 uds. Preescolar+ 1 E.E. RIAVI"	1989
AHCV-42	Horno de Alcedo	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/14378-2: "Valencia. C.P. Horno de Alcedo, construcción de 8+2+1 unidades de EGB"	1989
AHCV-43	Horno de Alcedo	AHCV / Proyectos de obras / Sig. 9/14379: "Valencia. C.P. Horno de Alcedo, construcción de 8+2+1 unidades de EGB"	1989
AHCV-44	Ciudad de Bolonia	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes/ Sig. 9/20969-2: "Valencia. C.P. CIUDAD DE BOLONIA "Construcción 2 uds preescolar" CAÑERO S.L.- Carpeta A,B,C y Control Calidad"	1990

AHCV-45	Max Aub	AHCV / Exp. de obras finalizadas e informes / Sig. 1993 9/25290: "Valencia. C.P. Max Aub ampliación 2 uds y reformado adicional. TEXSA"
---------	---------	---
