



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Influencia de la tipología edificatoria y la morfología urbana en la demanda energética de la vivienda plurifamiliar en Barcelona

MBArch – ARQUITECTURA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

ETSAB – ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA

UPC - UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Septiembre 2022

Alumna: Sol García Mitjans

Tutora: Judit López Besora



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Influencia de la tipología edificatoria y la morfología urbana en la demanda energética de la vivienda plurifamiliar en Barcelona

MBArch – ARQUITECTURA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

ETSAB – ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA

UPC - UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Septiembre 2022

Alumna: Sol García Mitjans

Tutora: Judit López Besora

RESUMEN

La inquietud mundial frente a la eficiencia energética en la edificación se ha acentuado debido al panorama que se advierte en el futuro de clara tendencia al aumento de población en zonas urbanas, obligando a fortalecer el comportamiento energético del sector residencial existente y con ello reducir la demanda energética.

En un contexto en que el entorno urbano es el principal consumidor de energía, el presente trabajo final de master apunta a visibilizar y comprender la influencia de la trama urbana en el comportamiento y demanda energética de ciertas tipologías edificatorias plurifamiliares representativas, tomando como caso de estudio la ciudad de Barcelona.

En primer lugar, se desarrolla un marco conceptual mediante la definición de conceptos y factores que se consideran determinantes para comprender la temática principal, como también los objetivos de la investigación.

En segundo lugar, se desarrolla un estudio comparativo de cuatro tipologías edificatorias reales insertas en dos morfologías urbanas, por medio de la simulación digital de cada una de ellas contemplando el entorno urbano real y luego sin él, en determinados periodos de tiempo. Cabe destacar que las tipologías escogidas comparten características comunes de orientación, consignas de demanda y uso interno.

Los resultados obtenidos, se analizan desde el punto de vista de la demanda energética de calefacción y refrigeración, como también de la transferencia de calor a través del cerramiento, valorando la incidencia del entorno urbano en cada uno de los casos.

Finalmente, los resultados de este estudio indican que el comportamiento térmico provocado por la morfología urbana en las distintas tipologías es variable, siendo significativo en algunas de ellas.

La mayor incidencia térmica se observó en las tipologías dentro de morfologías entre medianeras, no obstante, también se determinan otros factores influyentes en el desempeño térmico para todas las tipologías, como el tipo edificatorio y variables geométricas.

ABSTRACT

The growing concern for energy efficiency in buildings has been accentuated due to the future outlook of a clear trend of population growth in urban areas, forcing the strengthening of the energy performance of the existing residential sector and thus reducing energy demand.

In a context in which the urban environment is the main energy consumer, this master's thesis aims to make visible and understand the influence of the urban fabric on the behavior and energy demand of certain representative multifamily building typologies, taking the city of Barcelona as a case study.

First, a conceptual framework is developed by defining the concepts and factors that are considered decisive for understanding the main theme, as well as the research objectives.

Secondly, a comparative study of four real building typologies inserted in two urban morphologies is developed, by means of the digital simulation of each one of them contemplating the real context and then without it, in certain periods of time. It should be noted that the chosen typologies share common characteristics of orientation, demand and internal use.

The results obtained are analyzed from the point of view of heating and cooling energy demand, as well as heat transfer through the envelope, assessing the impact of the urban context in each of the cases. In addition, and based on the previous study, the thesis proposes to analyze in greater depth the interior thermal behavior of one of the typologies through the variation of its envelope, by means of three scenarios of theoretical changes.

Finally, the results of this study indicate that the thermal behavior caused by urban morphology in the different typologies was significant in some of them. Thus, the greatest thermal incidence was found in the typologies within the morphologies between party walls; however, the most influential factor for all the typologies located in an urban environment was the type of building.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación del tema	2
1.2 Hipótesis	2
1.3 Objetivo	2
1.4 Estado del arte	3
1.5 Metodología	4
1.6 Alcances y limitaciones	4
2. DEMANDA ENERGETICA EN LA VIVIENDA	6
2.1 Factores climáticos	6
2.2 Contexto urbano	7
2.3 El edificio	7
3. BARCELONA	10
3.1 Características de la ciudad	10
3.2 Morfología urbana	11
3.2.1 Morfologías urbanas en Barcelona	11
3.3 Tipologías edificatorias	13
3.3.1 Tipologías edificatorias en Barcelona	13
4. CASOS DE ESTUDIO	16
4.1 Adosado estrecho 1910 Eixample	20
4.1.1 Breve reseña histórica	21
4.1.2 Morfología urbana	21
4.1.3 Forma	21
4.1.4 Características constructivas	22
4.2 Lineal aislado 1960 Sant Martí	24
4.2.1 Breve reseña histórica	25
4.2.2 Morfología urbana	25
4.2.3 Forma	25
4.2.4 Características constructivas	26
4.3 Torre aislada 1972 Sarrià-Sant Gervasi	28
4.3.1 Breve reseña histórica	29
4.3.2 Morfología urbana	29
4.3.3 Forma	29
4.3.4 Características constructivas	30
4.4 Adosado ancho 1982 Eixample	32
4.4.1 Breve reseña histórica	33
4.4.2 Morfología urbana	33
4.4.3 Forma	33
4.4.4 Características constructivas	34

4.5 Cuadros comparativos	36
5. RESULTADOS DE DEMANDA ENERGETICA POR TIPOLOGIA	39
5.1 Metodología Elaboración de modelos tridimensionales	39
5.1.1 Datos de entrada	40
5.2 Demanda de energía	42
5.2.1 Demanda anual	42
5.2.2 Demanda mes a mes por tipología	45
5.3 Transferencia de calor a través de la envolvente	47
5.3.1 Análisis anual	49
5.3.2 Análisis enero y julio por tipología	51
5.4 Posibles escenarios de intervención en base a la demanda de energía	58
6. CONCLUSIONES	62
7. REFERENCIAS	63
8. ANEXOS	67

1. INTRODUCCION

Existe una creciente preocupación a nivel mundial por la tendencia actual de consumo energético, y el impacto negativo que este tiene en el medio ambiente, que se ha visto acentuada en los últimos años debido a su progresiva demanda. Esto ha llevado a plantear diversas medidas y acuerdos a nivel internacional para disminuir estos efectos adversos

En este contexto, el impacto de la demanda energética del sector urbano es inminente, ya que según el Informe Mundial de las Ciudades de la ONU, para el año 2050, un 68% de la población mundial vivirá en ciudades (World Cities Report, 2022), lo que se traduce en un crecimiento masivo de la demanda energética, debido a que las ciudades consumen el 78% de la energía mundial (UN, 2022).

En los sectores urbanizados, la edificación es responsable del 35% del consumo de energía global (130 EJ), de los cuales 22% (GlobalABC, 2020) es responsabilidad de los edificios residenciales. Si nos situamos en el caso de la ciudad de Barcelona, el predominio de los edificios de vivienda en relación con la demanda de energía es más acentuada, ya que el sector doméstico tuvo un 28% del total de energía final consumida correspondiente a 4.749 GWh en el 2008 (PECQ *prop.*, 2020).

En cuanto a los edificios existentes, estos actualmente representan el 90% de los edificios que seguirán en pie en el 2050, los cuales fueron construidos antes de 2001 en su gran mayoría. Por lo tanto, la renovación y rehabilitación del parque inmobiliario existente es fundamental para cumplir con los objetivos de una Europa climáticamente neutra para 2050 (BPIE, 2021).

Es por esto que resulta evidente que el sector de la construcción se destaca como un sector de grandes posibilidades de mejora significativa y resulta fundamental poner el foco en las oportunidades del sector residencial existente desde el punto de vista energético, más que en los edificios nuevos.

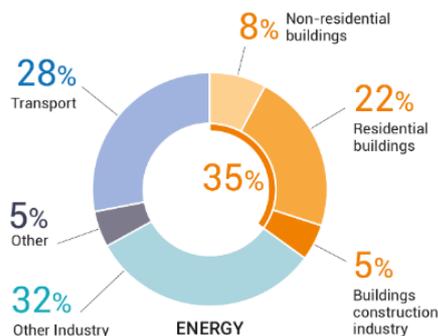


Figura 1.1 Cuota mundial de energía final de edificios y construcción ("2020 Global status report for buildings and construction")

1.1 Justificación del tema

El interés en el análisis del rendimiento energético de edificios existentes va en aumento debido al potencial que tiene este sector en la reducción de energía. El hecho de que además sectores urbanizados como las ciudades tendrán un aumento considerable de población en los próximos años, da cuenta de la importancia de enfocar el análisis térmico interior más allá de un edificio aislado o abstracto, incluyendo su contexto inmediato para comprender su alcance cualitativo real.

Específicamente, la vivienda plurifamiliar es un sector representativo sobre todo en ciudades mayormente compactas como es el caso de Barcelona, dado que el 98% de las viviendas son plurifamiliares (INE, 2020).

Por lo tanto, se considera pertinente aportar en el estudio térmico de las tipologías edificatorias desde un enfoque que evidencie el vínculo entre el edificio y la morfología urbana en casos reales y que, de igual forma, puedan ser extrapolables por barrios o zonas.

1.2 Hipótesis

Se estudiará la demanda de energía térmica interna y la transferencia de energía a través del cerramiento de un edificio plurifamiliar, entendido como el vínculo entre el ambiente interior y su contexto inmediato, para el caso de Barcelona.

En base a lo anterior se proponen las siguientes hipótesis/preguntas:

- ¿Qué influencia tiene la configuración morfológica del entorno urbano para cada uno de los tipos edificatorios escogidos?
- ¿Cuál es la trama urbana que más influye sobre la demanda interna de los edificios plurifamiliares analizados?
- ¿Cuánto es la demanda de energía anual para cada uno de las tipologías edificatorias?

1.3 Objetivo

El objetivo general es la evaluación energética de 4 tipologías edificatorias de vivienda plurifamiliar situadas en 2 tramas urbanas de Barcelona.

Los Objetivos específicos son:

- Determinar en qué medida influye la morfología urbana en cada una de las tipologías edificatorias escogidas en cuanto a su demanda energética (refrigeración, calefacción) y su Intercambio energético a través de la envolvente.
- Establecer relaciones comparativas entre las diferentes tipologías, identificando los elementos más representativos en el intercambio energético con el exterior.

1.4 Estado del arte

Para situarnos en contexto, el estudio energético a distintas escalas es un tema que ha sido investigado desde distintos puntos de vista.

Desde una escala global, S. Steadman (1979) fue uno de los primeros en teorizar sobre el vínculo entre las implicancias energéticas en la demanda de energía y la urbanización a gran escala. discutió los alcances energéticos de distintos patrones urbanos como 'línea' y 'mancha', diferenciándolos en cuanto a sus repercusiones energéticas tanto en el transporte como en los interiores.

A escala de edificio residencial y desde el punto de vista del comportamiento térmico, diversos estudios de la última década han abordado este tema con distintas aproximaciones, podemos encontrar análisis por medio de arquetipos arquitectónicos, edificios de referencia o por tipologías constructivas.

Por ejemplo, en cuanto al enfoque arquetípico, el estudio de Aguacil (et. al, 2017) analiza el parque edificatorio europeo y español, teniendo como objetivo la aplicación de una metodología del coste optimo a escala territorial, comparando diferentes escenarios de rehabilitación por medio de un modelo teórico que representa diferentes tipologías de construcción. Este enfoque, si bien es amplio y generaliza, no considera las particularidades propias del contexto.

Otros estudios en cambio, utilizan un solo edificio de viviendas existente, sobre el cual experimentan diferentes sistemas constructivos alternativos al edificio real (de forma teórica), para determinar medidas de optimización energéticas. Un ejemplo de este acercamiento es el proyecto de investigación "efficacia" (Sendra, JJ. et al., 2011) realizado en Sevilla, en el cual se analiza el consumo por vivienda, desarrollando variados modelos virtuales de ese mismo edificio.

Con respecto al enfoque metodológico ligado a edificios reales desde una mirada tipológica, encontramos por ejemplo al proyecto "Tabula" (Ballarini, 2014), que trabaja con edificios comunes para Italia, República Checa, Dinamarca, Alemania y Grecia. Los autores del proyecto desarrollaron tipologías de construcción nacionales que representan el parque de edificios residenciales de sus países, individualizadas según el período de construcción y área total del edificio. Si bien es un proyecto que ha sido muy exitoso en esos países, no representa necesariamente a otros países como España, o a una especificidad del stock inmobiliario particular.

Continuando en la línea de tipologías edificatorias relacionadas al periodo de construcción, pero ahora centrándonos en el caso específico de Barcelona, el estudio técnico desarrollado por la agencia de energía y el ayuntamiento (PECQ *prop.* 2020) plantea tipologías edificatorias residenciales según la evolución constructiva a lo largo de la historia, identificando 5 periodos históricos que comparten distintos parámetros como materialidad. En este caso, además se desarrolla una serie de propuestas de rehabilitación evaluadas según el consumo energético, coste económico e impacto ambiental.

Este enfoque tipológico del ayuntamiento, será utilizado de base y referencia para la presente investigación, abordando la problemática de las tipologías dispuestas en este estudio, pero será complementado al incorporar una evaluación de la incidencia de la trama urbana, para cada una de ellas, en la demanda energética.

Para el desarrollo del presente trabajo, se considera necesario relacionar tipologías edificatorias existentes con las características formales del tejido urbano en el cual está inserto, y de esta forma tener un análisis

concreto y real -por sobre uno arquetípico-, pero que al mismo tiempo pueda ser ampliado a otras zonas de similares características.

Bajo ese punto de vista, el artículo desarrollado por LSE (Rode, 2014), basado en las ciudades de París, Berlín, Londres y Estambul, tiene un enfoque similar al propuesto, ya que hace un análisis térmico de viviendas (en este caso unifamiliares y colectivas) incluyendo una base morfología real, pero utiliza solo un modelo de envolvente térmica para todos con los mismos materiales, creando “muestras idealizadas” que finalmente pueden llevar a descontextualizarlas de su entorno.

1.5 Metodología

El desarrollo metodológico sintetizado, que será utilizado en la presente tesina se desarrolla de la siguiente manera:

- a) Investigar Antecedentes: Definiciones y marco conceptual, estudios similares existentes para corroborar idoneidad de análisis.
- b) Selección de casos de estudio: Tomando como caso de análisis la ciudad de Barcelona, se seleccionan 2 tramas urbanas y 4 tipologías edificatorias plurifamiliares que responden a distintos sistemas constructivos (2 tipologías para cada trama urbana).
- c) Elaboración de modelos tridimensionales Utilizando el software DesignBuilder, se modela cada una de las tipologías escogidas con y sin su entorno urbano, para luego llevar a cabo un proceso de simulación en distintas épocas del año.
- d) Análisis de resultados: Los resultados de la simulación se comparan entre sí utilizando como unidad comparativa los valores de energía por metro cuadrado construido de cada tipología.
 - Se analiza la influencia del entorno en cada una de las tipologías por medio de la demanda energética (calefacción y refrigeración) y las particularidades de la transferencia de calor de la envolvente con el exterior.
 - Se proponen escenarios de intervención en base a la demanda de energía de una de las tipologías estudiadas
- e) Conclusiones
- f) Anexos

1.6 Alcances y limitaciones

Para poder abordar los objetivos del trabajo dentro del tiempo establecido, se definen ciertos factores para limitar los alcances de la tesina, utilizando circunstancias comunes usuales que sean comparables entre sí. Para empezar, el análisis se basa en una zona climática única (zona climática C), específicamente en la ciudad de Barcelona, y sobre esta base se desarrollaron casos representativos de la ciudad.

Debido a las múltiples tipologías edificatorias que pueden desarrollarse según distintos enfoques, en este caso particular se tomó como referencia el enfoque tipológico desarrollado por (PECQ, 2020), que los agrupa según su año de construcción, aunque para el desarrollo del presente estudio además se tomó en cuenta la incidencia de las tramas urbanas, como también las características constructivas reales de cada caso analizado. Al respecto, se analizaron 4 tipos constructivos.

Para este fin, los casos escogidos tienen características comunes como orientación, ubicación dentro de la manzana, uso residencial. Adicionalmente, se unificaron factores tales como el uso interno, horarios y

cantidad de personas para la comparación del balance energético. En consecuencia, cabe destacar, que la aplicación de otro tipo de combinaciones o parámetros generaría diversos escenarios a los desarrollados.

Por último, es importante señalar que, otro tipo de factores como económicos y culturales también pueden incidir en el uso interno de las viviendas y por tanto en su desempeño energético.

2. DEMANDA ENERGETICA EN LA VIVIENDA

La **demanda energética** es el total de energía requerida para cumplir con determinadas condiciones interiores en un periodo de tiempo definido, podrá ser de refrigeración o calefacción dependiendo de la época del año.

El comportamiento ambiental de las viviendas, y junto con esto, su demanda energética, está condicionado por la **transferencia de calor a través de la envolvente** entre el ambiente interior y exterior producto de la diferencia de temperatura entre ambos, provocando pérdidas y ganancias energéticas.

Dependerá de diversos factores que intervienen bajo diferentes escalas. Van desde las características climáticas, pasando por las circunstancias de emplazamiento, hasta llegar a los que son propios del edificio tales como las características arquitectónicas, el tipo constructivo (Owens, 1992). y la ocupación o actividad de sus ocupantes (cargas internas).

A continuación, se describen a grandes rasgos las escalas de influencia que condicionan el desempeño energético del ambiente interior yendo de lo más macro hasta lo micro, los cuales se tomaron en cuenta para el análisis posterior.

2.1 Factores climáticos

Las preexistencias de cada territorio están determinadas por ciertas características ambientales (Serra, Coch, 1995):

Meteorológicas (radiación, vientos, precipitaciones, etc.)

Geográficas (altura, relación con masas de tierra y agua)

Topográficas (morfologías del terreno)

Biológicas (fauna y vegetación)

Desde el punto de vista climático, las pre existencias más influyentes en las características de un territorio son: la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa del aire, los vientos y precipitaciones.

Dependiendo de la ubicación geográfica, los climas varían de cálidos a fríos, secos a húmedos y cambian según la época del año. Los cambios estacionales que puedan ocurrir en una determinada localización, por lo tanto, afectarán las características ambientales de dicho lugar.

Para efectos de esta investigación, se estudiarán casos dentro de la misma zona climática (Barcelona, zona climática "C") con el objetivo de homologar estas características y que el desarrollo sea planteado bajo un clima único.

2.2 Contexto urbano

La configuración del entorno construido es considerada como una escala intermedia. Tiene diversas causas y procesos, las cuales serán presentadas más adelante en el apartado de morfología urbana. Por lo pronto, es necesario introducirla como una de las dimensiones espaciales que se relacionan con el edificio y que también condiciona la demanda energética interna de las viviendas en mayor o menor medida.

Al respecto, S. Owens (1986) fue una de las pioneras en esta temática, reconociendo en sus investigaciones la influencia de la trama urbana en el ambiente energético de los edificios; indagó el vínculo entre la energía, la forma urbana y la planificación de la ciudad tomando como referencia el caso de Londres, donde propone considerar la energía en el proceso de planificación urbana.

La orientación, ubicación, el diseño de trama, altura relativa y el paisajismo, pueden optimizar las ganancias solares de cierto espacio urbano, y por lo tanto influir en la necesidad de calefacción o refrigeración mediante fuentes de energía convencionales (Owens, 1992).

De esta manera, el entorno urbano será el generador de condiciones particulares de cada emplazamiento, propiciando fenómenos localizados como microclimas, con características distintas a las de la zona territorial en que se encuentra.

En cuanto a la presente investigación, se considerarán las tramas urbanas reales de los casos de estudio escogidos, con el objetivo de comprobar su incidencia energética.

2.3 El edificio

Llegando a la escala más pequeña, el edificio es el elemento que relaciona el interior con el exterior por medio de su envolvente, entendida como un elemento que envuelve físicamente el edificio, separándolo del ambiente exterior. Funciona como una piel permeable frente a las manifestaciones energéticas exteriores en el cual se produce un intercambio constante de energía que determina las características ambientales interiores.

Diversos aspectos son los que influyen finalmente en el balance de flujos energéticos y en la demanda interna, estos son:

Características generales del proyecto

Hacen referencia a conceptos generales del edificio que juegan un rol más amplio y abstracto. Son características volumétricas y geométricas que definen la forma general de un proyecto y su relación con el exterior (Serra, Coch, 1995).

COMPACIDAD: Este concepto se refiere a la relación entre el volumen del edificio y la superficie que lo rodea. Este coeficiente tiene un rango de 0 a 1, donde 1 es una máxima compacidad, es decir la de la esfera.

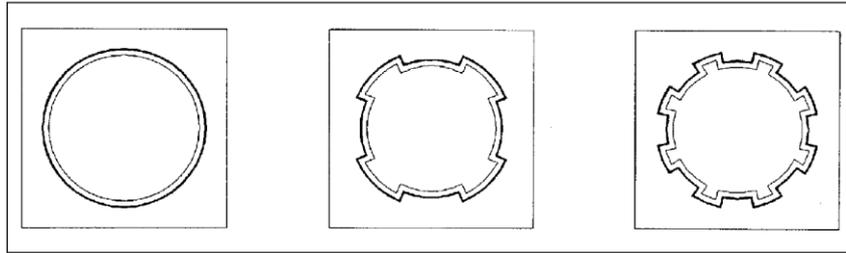


Figura 2.1 Grados de compacidad de un Edificio (Serra y Coch ,1995. *Arquitectura y energía natural*)

ASENTAMIENTO: Característica de la piel del edificio, que indica el grado de contacto entre la superficie de piel del proyecto con el terreno.

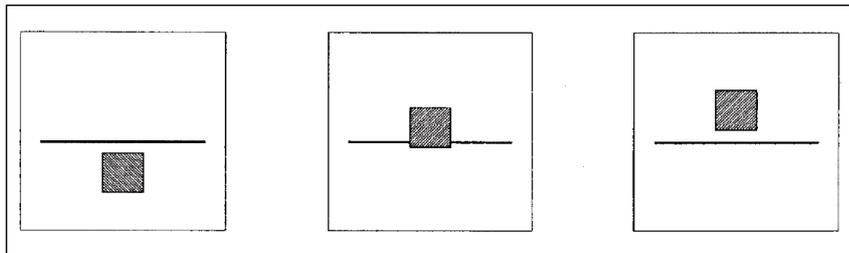


Figura 2.2 Grados de asentamiento de un Edificio (Serra y Coch ,1995. *Arquitectura y energía natural*)

ADOSAMIENTO: Característica de la piel del edificio, que indica el grado de contacto entre la superficie de piel del proyecto con la superficie de otros locales o vecinos.

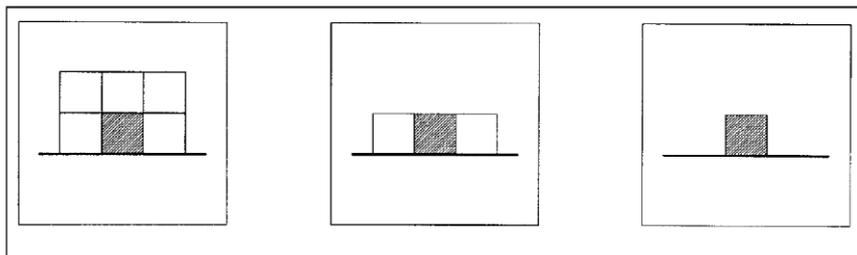


Figura 2.3 Grados de adosamiento de un Edificio (Serra y Coch ,1995. *Arquitectura y energía natural*)

Para efectos de esta investigación, las características geométricas de los casos reales serán presentadas como parte del análisis comparativo entre ellas.

Características específicas del proyecto

Son particulares de cada edificio, toman en consideración la situación espacial de sus componentes y como esta circunstancia influye en el comportamiento interior.

En cuanto a la relación del edificio dentro de la trama en que está inserto, la orientación incidirá directamente en la cantidad de cargas por radiación solar con que contará dicho edificio y, por lo tanto, influye en la demanda de calefacción o refrigeración según la época del año.

En ese sentido, la orientación que tenga el bloque, junto a la de cada una de sus fachadas, será de suma importancia en la relación que tenga con el asoleamiento y ventilación.

En el caso de las superficies acristaladas, la orientación y el porcentaje de aberturas será esencial para delimitar la energía radiante que penetrará al interior, y con ello, obtener ganancias solares según las variaciones estacionales.

Asimismo, el sistema constructivo de la envolvente de una vivienda es de suma importancia, ya que, por un lado, condiciona el Intercambio por transmisión de la envolvente según las características y espesores de los materiales utilizados, y por otro, propicia el intercambio térmico por infiltraciones que intervienen en la demanda total en mayor o menor medida.

En la presente investigación, el tipo constructivo específico de cada caso de estudio será clave para dimensionar su incidencia en el balance térmico interno, para estos efectos, los casos de estudio tendrán la misma orientación dentro de cada manzana.

Aportes internos

Los habitantes, juegan un rol fundamental en el desempeño térmico interior debido a los aportes internos generados por el uso de una vivienda. Estos aportes son variables, y dependen principalmente de los ocupantes, de los equipos con que cuenta la vivienda y la iluminación artificial.

Las cargas térmicas por ocupación son las ganancias térmicas que se obtienen directamente de las personas que habitan el inmueble, y dependerá de la cantidad de habitantes como de los perfiles de uso y horarios de ellos.

Los equipos e iluminación por su parte, también generan ganancias internas por medio del uso que los habitantes le den. En ese sentido, también dependerán del horario de uso, como de su cantidad y características.

Las ganancias internas en este trabajo final de master, serán consideradas idénticas en todos los casos, tomando como referencia los valores "típicos" del CTE (Código Técnico de la Edificación), con la finalidad de los tipos constructivos y morfologías urbanas sean las que hagan la diferencia.

Como síntesis de este apartado, se desprende que la vivienda plurifamiliar es un ente complejo, en el cual los elementos que influyen en la demanda energética son mucho más amplios que el propio edificio, y que se presentan como una secuencia de escalas de influencia.

3 BARCELONA

3.1 Características generales de la ciudad

Ubicación y clima

Situada en la latitud 41°23'N, es la capital de la región de Cataluña ubicada al Noreste de España. Sus límites naturales son el Mar Mediterráneo, los ríos Besòs y Llobregat, y la Serra de Collserola.

El clima de Barcelona es mediterráneo litoral con temperaturas medias anuales de 18°C, una oscilación estacional es de 14°C y una oscilación diaria media de 6.4°C. Sus precipitaciones son más intensas durante el otoño y la primavera.

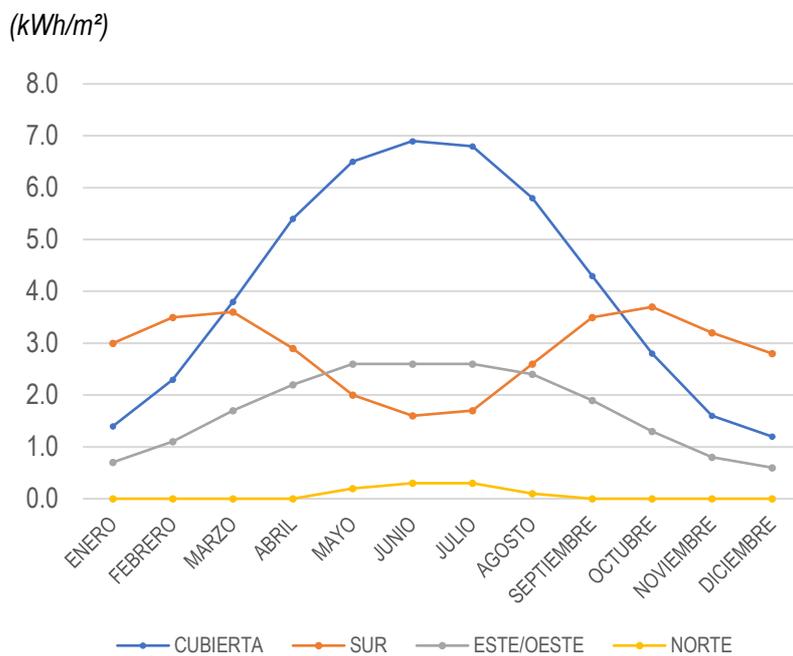


Figura 3.1 Radiación Media Diaria por Orientación en Barcelona (kWh/m²)

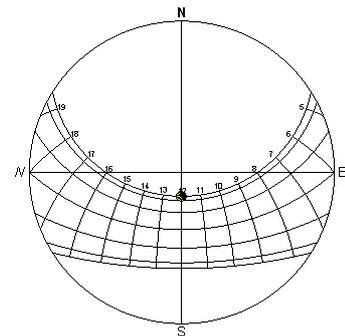


Figura 3.2 Estereográfico Barcelona

En cuanto a la radiación solar, es variable durante el año como se observa en la figura 3.1. En los meses de verano presenta sus mayores niveles de radiación en el plano horizontal de cubierta con 7 kWh/m² día, mientras que en los meses de invierno el plano con mayor incidencia de radiación solar es vertical de orientación sur, con 3.5 kWh/m² día.

La figura 3.2, muestra la trayectoria solar y el ángulo de incidencia solar. La altura máxima del sol en el solsticio de verano (21 julio) es de 72°, mientras que la altura mínima del sol es de 25° en el solsticio de invierno (ambos al mediodía)

3.2 Morfología urbana

Las agrupaciones humanas a lo largo de la historia, se relacionan con el entorno natural formando comunidades, las cuales son el resultado de variables históricas, culturales y sociales particulares de cada grupo humano.

La morfología urbana se entiende como el estudio analítico de la evolución de la forma urbana en el tiempo, de su tejido urbano y los componentes edificados, que se van relacionando también con el diseño de ciudad, generando patrones reconocibles que vinculan a las edificaciones construidas y el espacio aledaño (como calles, parques), con las relaciones que ahí se generan por medio de la organización social y estructuras políticas (Moudon, 1997).

El paisaje urbano representa una estructura de soporte de las relaciones espaciales, se conforma por un conjunto de barrios, que a su vez se constituye por un conjunto de manzanas de características similares. El barrio se presenta entonces como una unidad morfológica y estructural caracterizado por un cierto paisaje urbano, y con un contenido social propio que definen sus límites (Rossi, 1955).

Por su parte, la división del suelo, la parcelación y la relación con las vías van configurando la ciudad, condiciona en muchos casos la edificación erigida. El diseño del suelo es fundamental en la definición de la forma urbana, imagen edificatoria, el orden viario, y la diversidad funcional.

La necesidad de considerar el contexto morfológico es fundamental para el desarrollo de investigaciones del comportamiento térmico interno de los edificios, ya que puede repercutir en el potencial solar de un emplazamiento y, por lo tanto, dar respuesta a las hipótesis iniciales de la investigación, que pretende cuantificar esta incidencia en ciertos casos reales.

3.2.1 Morfologías urbanas en Barcelona

Barcelona es una metrópolis compacta y polinuclear, que contiene asentamientos heterogéneos en cuanto a origen y morfología, conformados sobre un territorio muy caracterizado geográficamente (por medio de montaña, río y mar), y vinculados entre sí a través de una red de infraestructura (Font, 1997).

La diversidad de tejidos urbanos son resultado del crecimiento y evolución de la ciudad a lo largo del tiempo. Por esto, se considera pertinente conocer la historia de la ciudad y sus modificaciones territoriales para interiorizarse en la variedad de la morfológica construida.

La trama urbana de Barcelona tiene límites reconocibles que van desde la ciudad medieval, hasta la contemporánea fuertemente marcada por el proceso de industrialización.

En 1859 el núcleo histórico amurallado, de calles estrechas y trama irregular, ya no daba abasto por el aumento de la población debido al auge industrial, sumado al hacinamiento e insalubridad que eso conllevaba. Por lo cual se derriban las murallas permitiendo la expansión urbana fuera de esos límites. Se aprueba el plan de reforma y ensanche (eixample) de Ildefons Cerdà, que prevé la extensión de la ciudad por la llanura y que iba a permitir conquistar el territorio extendido entre el casco antiguo amurallado –hiper-densificado– y los múltiples núcleos urbanos desarrollados a su alrededor (Gausa, 2021).

El plan del ensanche siguió una ordenación de isla cerrada configurada en base a una malla ortogonal de calles paralelas con una inclinación de 45° respecto al norte. La mayoría de las construcciones típicas del ensanche se construyen entre siglos, con fachadas alineadas a la calle, que promovió el crecimiento de la ciudad de forma continua y compacta.

El acelerado crecimiento del ensanche iba de forma paralela a la progresiva incorporación de los municipios y pequeños pueblos aledaños a finales del siglo XIX y principios del XX (como Sarriá, les Corts, Sants, Horta, entre otros) con núcleos que tenían tejidos urbanos antiguos ya consolidados, y bastante compactos. La malla del ensanche se iba ajustando en las zonas de unión, en el caso de Sarriá, por ejemplo, el crecimiento residencial tuvo predominio de formación edificatoria aislada plurifamiliar en la parte baja y unifamiliar en la parte alta (MUHBA, 2016).

Luego de la guerra civil española, y de la segunda guerra mundial, Barcelona comienza una etapa de crecimiento económico e industrial, y con ello la construcción de polígonos de vivienda para hacer frente a la grave crisis social de la vivienda en tiempos de fuerte crecimiento migratorio (MUHBA, 2016). Las zonas de polígonos normalmente son edificaciones aisladas, de bloque alargado rodeado de espacio público.

En 1976 entra en vigor el Plan General Metropolitano (PGM) que tiene como objetivo la ordenación urbanística del área metropolitana y que perdura hasta hoy.

VALORACIÓN TEJIDOS URBANOS – Vivienda plurifamiliar

A partir de la evolución morfológica de Barcelona, la caracterización de la forma urbana permite obtener información sobre las edificaciones basada en las características físicas de un tejido.

Para el desarrollo de este estudio, se utiliza la base de datos del Plan director Urbanístico Metropolitano (Crosas, 2015), el cual identifica 3 grandes familias morfológicas de tejido residencial plurifamiliar según sus características formales, como muestra la figura 3.3.

- Edificación adosada: Bloques perimetrales, con edificaciones entre medianeras y fachada continua alineada frente a la calle.
- Edificación aislada: Bloques separados entre sí. Predomina el espacio abierto, que puede ser público o privado.
- Edificación histórica: Casco histórico y núcleos antiguos. Su edificación entre medianeras, pero con redes viarias irregulares que constituyen casos singulares.

La definición de los casos de estudio que se analizarán posteriormente, representarán contextos urbanos diferentes integrados dentro de dichas familias tipológicas.

SIMBOLOGIA

Edificación adosada



Edificación aislada



Edificación histórica

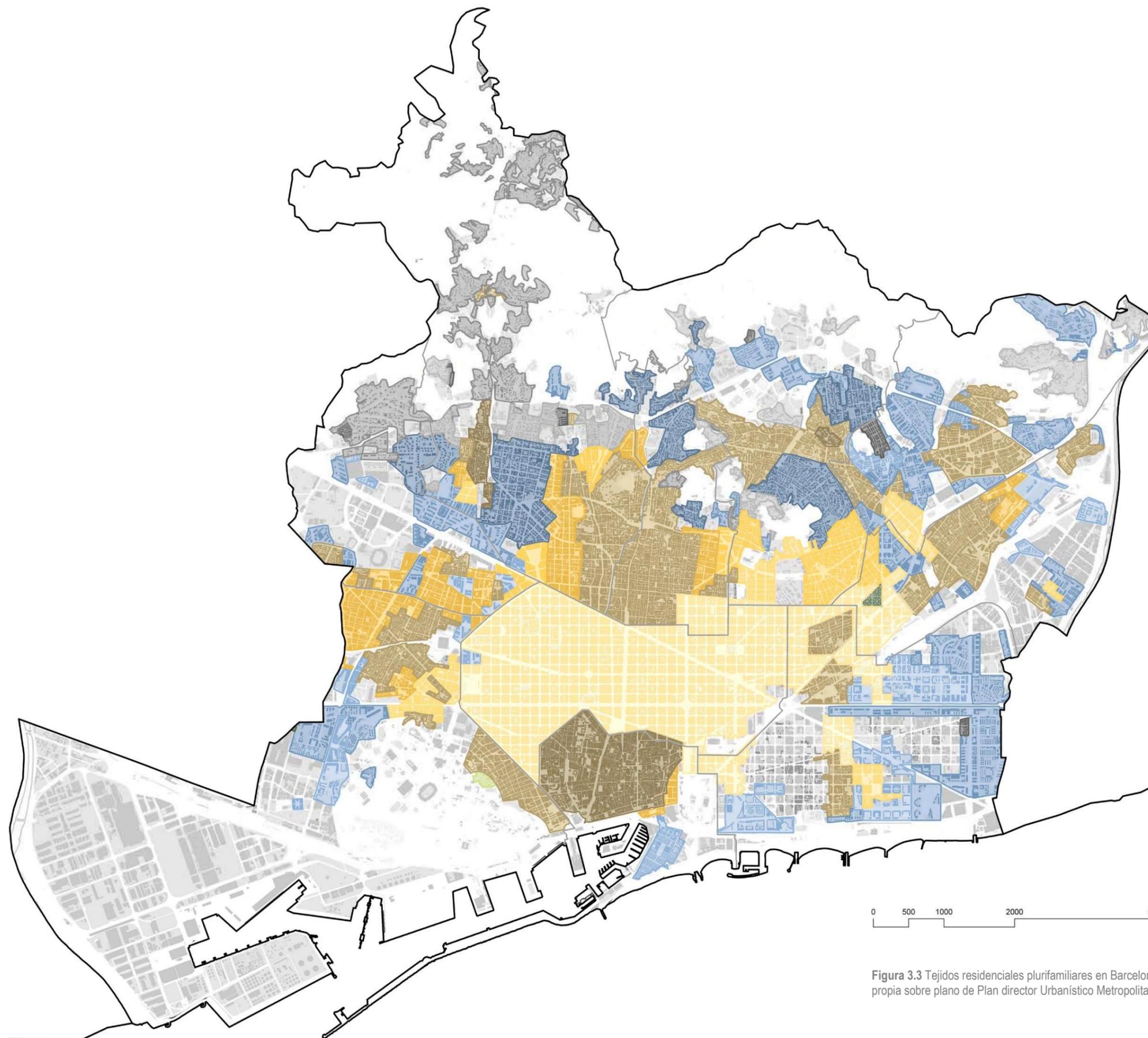


Figura 3.3 Tejidos residenciales plurifamiliares en Barcelona (Elaboración propia sobre plano de Plan director Urbanístico Metropolitano (PDU))

3.3 Tipologías edificatorias

Según la RAE, la tipología “es el estudio y clasificación de tipos que se practica en diversas ciencias”. Llevando este significado al ámbito de la edificación específicamente, se entiende como una clasificación de parámetros comúnmente encontrados en edificios, bajo distintos criterios para su definición (Ballarini, 2014), permitiendo agruparlos conceptualmente. Los criterios de agrupación pueden ser variados, tales como año de construcción, materialidad, etc.

Desde el punto de vista urbano, las tipologías edificatorias son las que conforman físicamente las unidades morfológicas -desarrolladas en el apartado anterior- de este modo, ambas están estrechamente relacionadas entre sí, y contribuyen en conjunto a la identidad formal de un tejido urbano (Aymonino, 1972).

3.3.1 Tipologías edificatorias en Barcelona

Para desarrollar un estudio que pretenda identificar problemáticas en el comportamiento energético de los edificios, es necesario emplear una clasificación tipológica de ellos. En el caso de la presente investigación, se utilizó como referencia la clasificación de tipologías constructivas residenciales realizada por el ayuntamiento de Barcelona (PECQ *prop.* 2020) graficadas en la figura 3.4. En la cual se estructuran principalmente según la época de su construcción y, con ello, de las características semejantes de la materialidad de la envolvente.

Se escoge esta caracterización tipológica, debido a que el año de construcción tiene relación con el tipo constructivo y, por tanto, una repercusión directa en el comportamiento térmico de las edificaciones (PMEB, 2002).

Esta relación se determina en gran parte por la incorporación de exigencias normativas en los sistemas constructivos de las viviendas a lo largo del tiempo y la evolución del uso de materialidades constructivas.

En el caso español, la implementación de la NBE-CT 79 (Norma básica de la edificación, condiciones térmicas en los edificios) introdujo exigencias térmicas mínimas de aislamiento térmico, que luego en el año 2006 con el CTE vigente hasta hoy, se profundizan estableciendo un importante avance en cuanto a los requerimientos de aislamiento y de demanda energética en la habitabilidad.

En síntesis, las tipologías edificatorias son las siguientes:

Antes de 1870 (H1-H2)

Casco histórico. Se conforma de parcelas estrechas y profundas, en conjunto con el tamaño de las ventanas en fachada, no permiten un asoleamiento abundante. Se caracteriza por métodos constructivos de muros de carga de barro y mampostería, para luego en siglo XIX predominar la fábrica de ladrillo macizo. Desde el punto de vista térmico, son más bien frías en invierno y calurosas en verano por la falta de aislamiento.

1870 – 1930 (H3 H4)

Conforman las viviendas principalmente del ensanche del Plan Cerdà a mediados del siglo XIX, se superpone a la parcelación agrícola, dando lugar a solares más grandes que los de los barrios antiguos. Los métodos constructivos todavía se asemejan a anteriores (muros de carga de ladrillo, vigas de madera).

La vivienda habitual se organiza en torno a un pasillo largo de fachada a fachada, funciona bastante bien en términos de la ventilación natural a pesar de su profundidad. La anchura de la parcela permite que los

bloques tengan doble orientación, favoreciendo el soleamiento, Aparecen patios interiores y las galerías en el centro de la manzana.

1940 – 1979 (H5 H6)

A partir de 1945 y hasta la década de los setenta aparece la figura del “polígono” como actuación global de urbanización y construcción, habitualmente de casas baratas, pequeñas y sencillas, destinados a absorber la mano de obra inmigrante. La amplitud de las calles permite un buen soleamiento (según la orientación).

Se consolida la estructura de hormigón (conviviendo inicialmente con los muros de carga), los cierres se aligeran (la cámara de aire adopta el papel de aislante que hasta entonces tenía la masa de las fachadas), desaparecen los cielos rasos sustituidos por las bovedillas prefabricadas enyesadas directamente, etc. No tienen aislamiento.

Hacia finales de los años sesenta desaparecen prácticamente los muros de carga y aparecen los techos reticulares y las jácenas planas en detrimento de las jácenas de canto.

1980 – 2000 (H7)

En 1979, se promulga la primera norma térmica estatal (NBE-CT-79) que persigue el ahorro energético, a pesar de las bajas exigencias de las mencionadas normas de aislamiento, la habitabilidad de las viviendas mejora.

Son años en los que los métodos constructivos no evolucionan demasiado, ya que, aparte de la mejora del aislamiento, se construye más o menos como en los años precedentes.

2000 – 2007 en adelante (H8 -H9)

La manera constructiva ha experimentado también un cambio significativo gracias a las diversas normas y directivas que han abordado el tema del ahorro y la eficiencia energética en la edificación.

En el ámbito comunitario, cabe mencionar la Directiva 2002/91CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Su objetivo es actuar sobre todo en cuanto a cálculos energéticos y requisitos mínimos de eficiencia, certificación energética e inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado.

El Código Técnico de la Edificación (aprobado por Real Decreto 314/2006, es el marco normativo mediante el cual se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas las sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad. Algunas de las exigencias básicas que regula son la seguridad en caso de incendio, la protección frente al ruido y el ahorro energético.

SIMBOLOGIA

Antes de 1870

H1

H2

1870 - 1939

H3

H4

1940 - 1979

H5

H6

1980 - 2000

H7

2000 - 2007

H8

Edificación histórica

H9

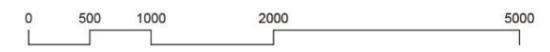
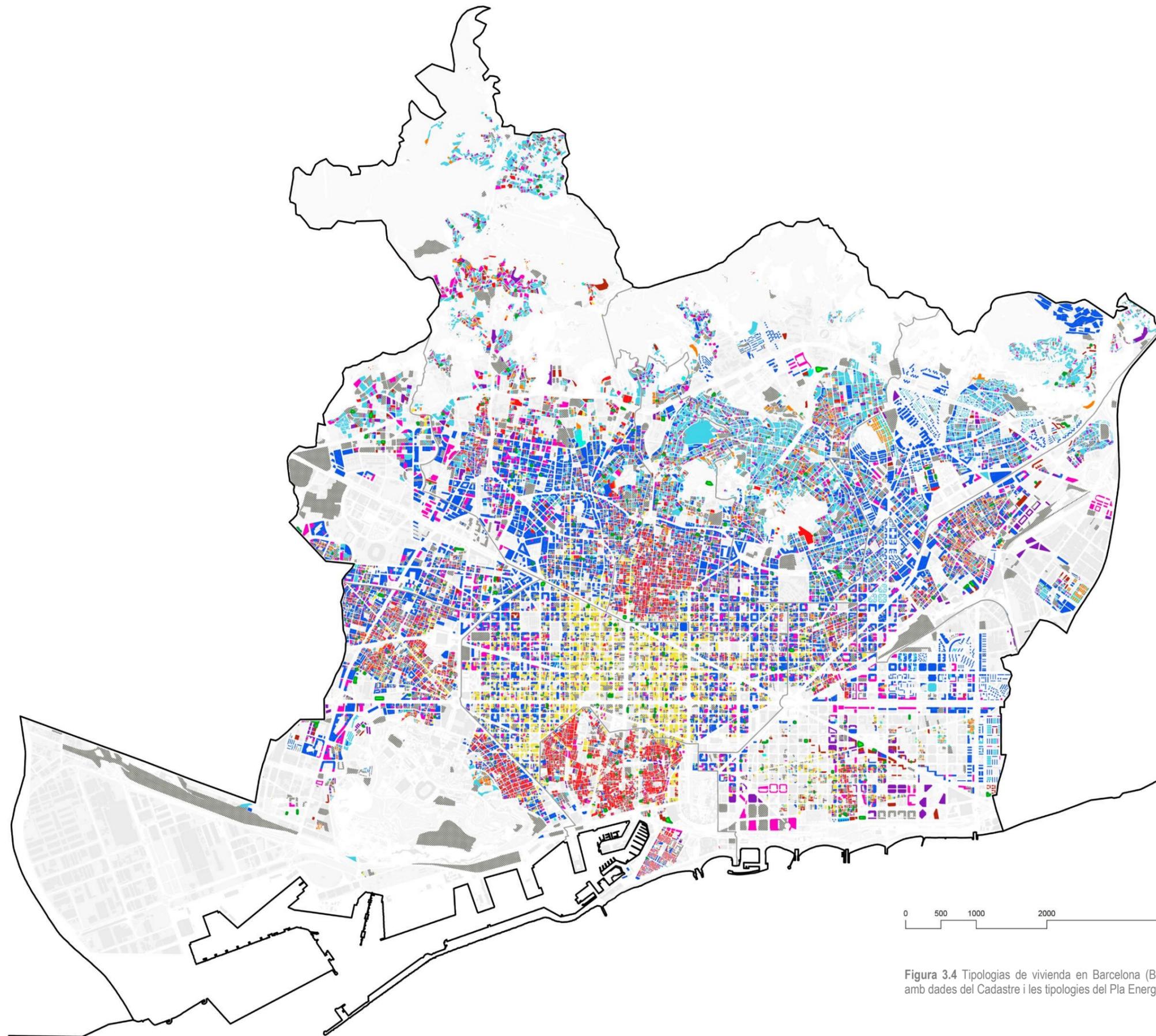


Figura 3.4 Tipologias de vivienda en Barcelona (Barcelona Regional amb dades del Cadastre i les tipologies del Pla Energètic de Barcelona)

TIPOLOGIA	CODIGO	BREVE DESCRIPCION
Antes de 1870	(H1 - H2)	Viviendas en el casco antiguo
1870 - 1939	(H3 - H4)	Viviendas de pre guerra
1940 - 1979	(H5 - H6)	Vivienda de postguerra desarrollo y expansión en polígonos
1980 - 2000	(H7)	Vivienda post normas térmicas
2000 - 2007	(H8)	Viviendas tendencias año 2000
2007 en adelante	(H9)	Viviendas post CTE

Figura 3.5 Resumen tipologías

Del techo residencial en Barcelona (62.774.888 m²), un 89,4% queda representado por las tipologías edificatorias definidas (56.133.904 m²). Destaca la tipología H6 como la tipología mayoritaria, que representa un 51% de los metros cuadrados de techo de vivienda de Barcelona. Ver figura 3.5

	m ² habitatges	%	nombre d'habitatges	%
H1	5.257.842	9%	79.607	11%
H2	642.895	1%	10.667	1%
H3	7.304.277	13%	84.315	12%
H4	136.048	0%	2.041	0%
H5	5.701.109	10%	87.023	12%
H6	28.566.816	51%	358.393	50%
H7	6.544.407	12%	72.975	10%
H8	1.980.510	4%	24.894	3%
Total	56.133.904		719.915	

Figura 3.6 Representatividad tipologías.
Fuente: PECQ

4 CASOS DE ESTUDIO

Como se ha comentado anteriormente, para comprobar la hipótesis inicial y con ello el desarrollo integral del trabajo, es indispensable llevarlo a cabo por medio de un análisis real y concreto del entorno urbano, el cual será caracterizado por variables existentes y no arquetípicas. No obstante, será representativo del parque edificatorio de vivienda plurifamiliar para el caso de Barcelona, utilizando como referencia las bases de datos de tipologías edificatorias y morfologías urbanas del Ayuntamiento.

La definición de los casos de estudio se conforma por la elección de unidades morfológicas urbanas y de las tipologías constructivas de los periodos históricos de Barcelona presentadas anteriormente.

En primer lugar, sobre la morfología presentada en el apartado 3.2, se seleccionan tejidos urbanos de dos familias morfológicas representativas (adosada, aislada) como punto de partida y que, además, tuviesen la misma orientación de su trama para poder realizar una comparación posterior bajo las mismas circunstancias, eliminando variables.

Las tramas urbanas escogidas por barrio enumeradas a continuación, se muestran en las figuras 4.1 y 4.2:

Edificación adosada

Eixample | *L'Antiga Esquerra de l'Eixample*

Eixample | *El Fort Pienc*

Edificación aislada

Sant Martí | *El besós i Maresme (polígonos residenciales)*

Sarrià – Sant Gervasi | *Tres Torres*

En segundo lugar, para la elección de las tipologías presentadas en el apartado 3.3, se dio prioridad a las tipologías que tuviesen mayor representatividad respecto al conjunto de vivienda plurifamiliar en Barcelona, como también mayor potencial térmico, ya que la mayoría fue construida según normativa previa al código técnico de la edificación.

Adicionalmente, todas las tipologías seleccionadas se encuentran insertas dentro de las familias morfológicas antes señaladas y tienen una ubicación central dentro de cada manzana, con acceso principal sur oeste hacia la calle.

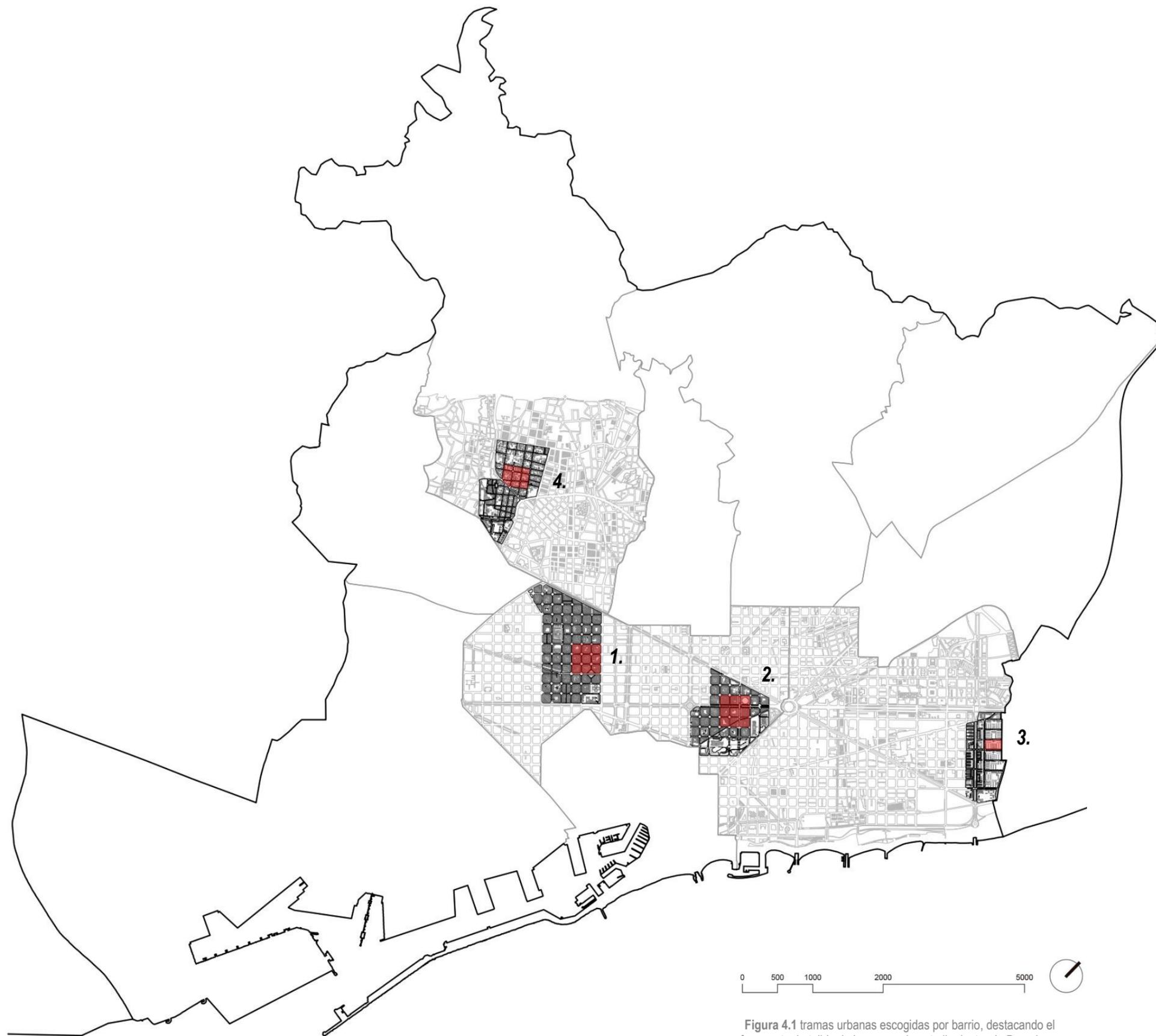


Figura 4.1 tramas urbanas escogidas por barrio, destacando el fragmento de tejido de los casos de estudio dentro de Barcelona.

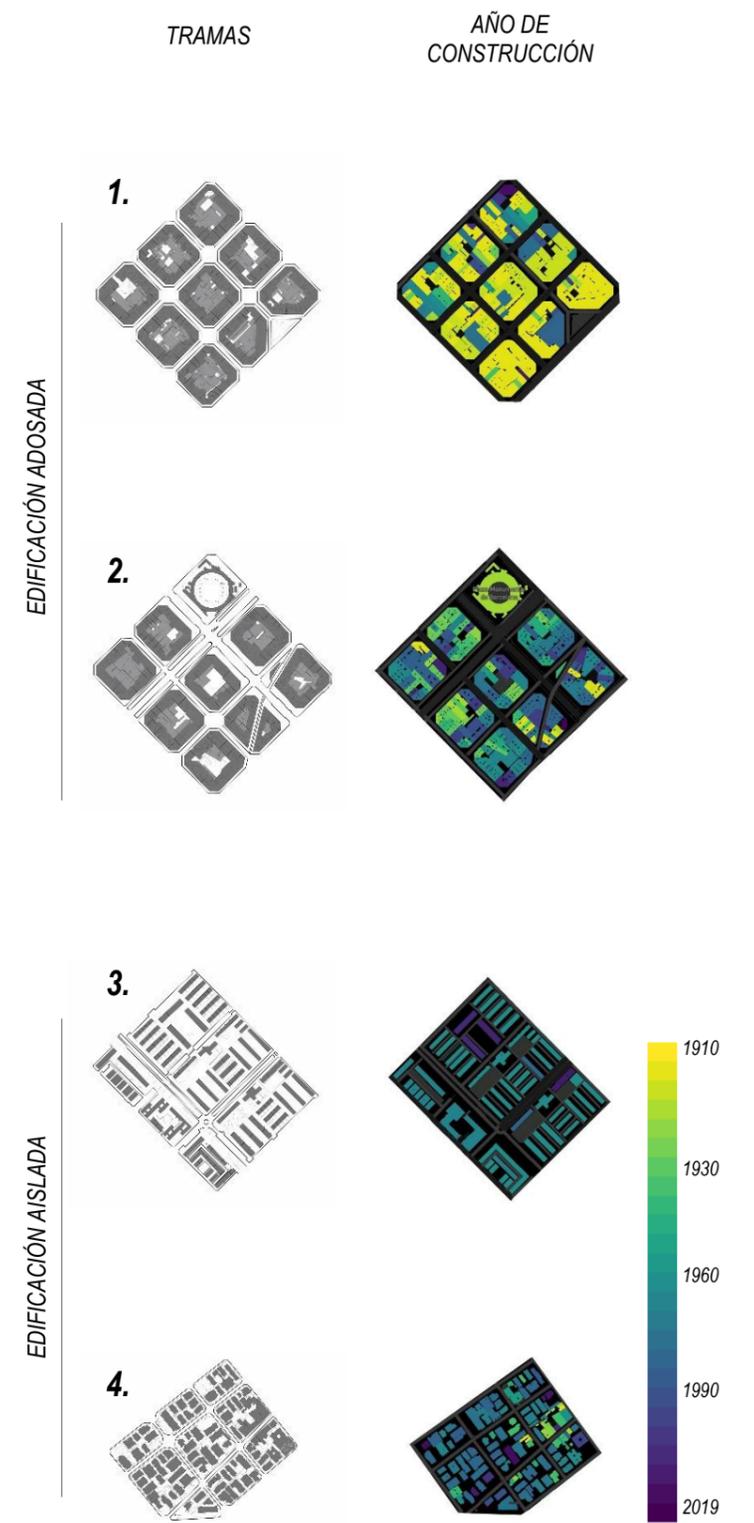


Figura 4.2 Muestra de tejidos urbanos seleccionados y sus familias morfológicas y cercano y años de construcción del entorno. Elaboración propia en base a <https://tracesmap.org/>

En síntesis, las 4 tipologías edificatorias escogidas presentadas de forma cronológica, son:

1870 – 1939 (H3-H4)

Año de construcción específico: **1910 | Adosado de fachada estrecha**

Ubicada en el distrito Eixample, barrio L'Antiga Esquerra de l'Eixample

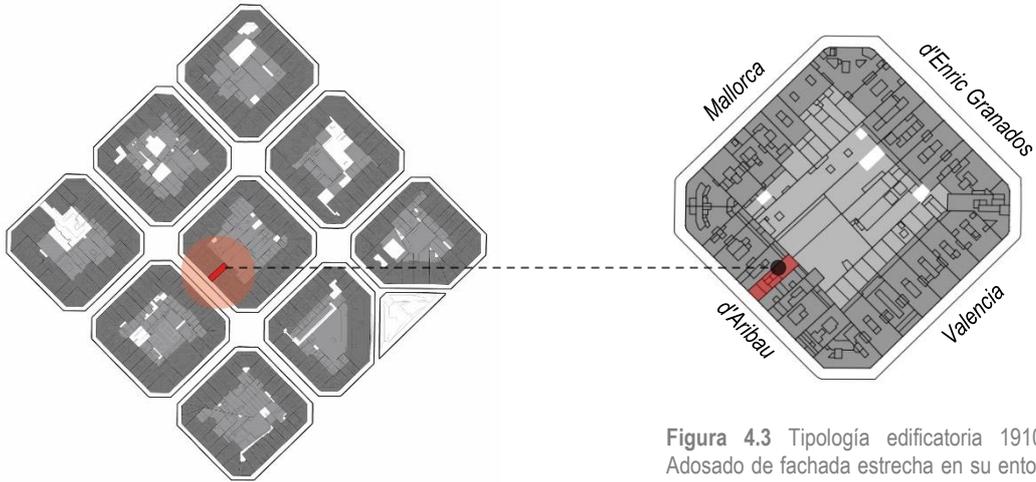


Figura 4.3 Tipología edificatoria 1910 | Adosado de fachada estrecha en su entorno morfológico cercano y manzana

1940 – 1979 (H5-H6)

Año de construcción específico: **1960 | Lineal aislado**

Ubicada en distrito de Sant Martí, barrio Besós i Maresme

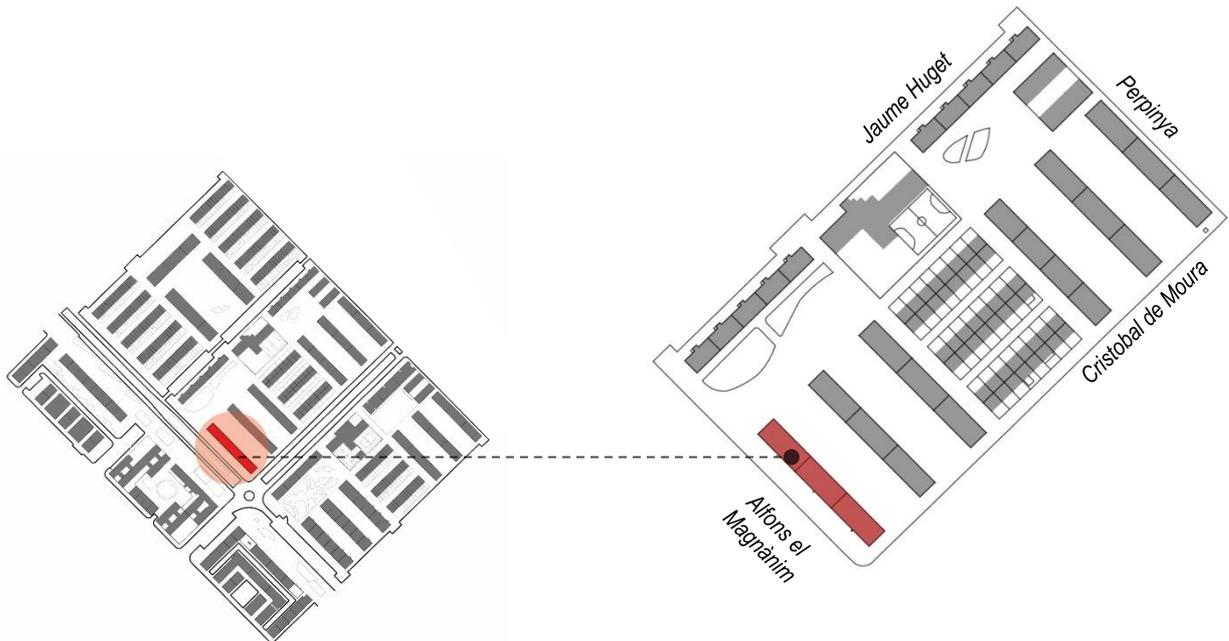


Figura 4.4 Tipología edificatoria 1960 | Lineal aislado en su entorno morfológico cercano y manzana



Año de construcción específico: **1972 | Torre aislada**

Ubicada en distrito de Sarrià-Sant Gervasi, barrio de Tres Torres

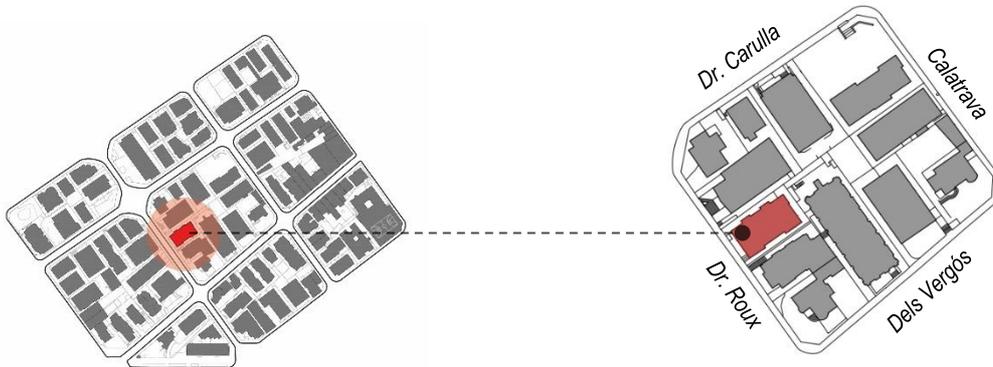


Figura 4.5 Tipología edificatoria 1972 | Torre aislada en su entorno morfológico cercano y manzana

1980 – 2000 (H7)

Año de construcción específico: **1982 | Adosado de fachada ancha**

Ubicada en distrito de Eixample, barrio El Fort Pienc

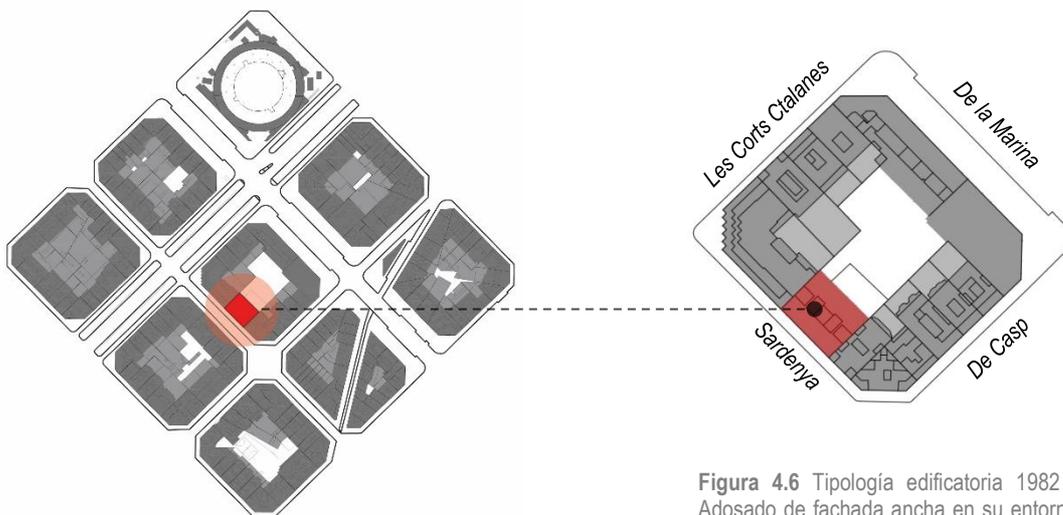
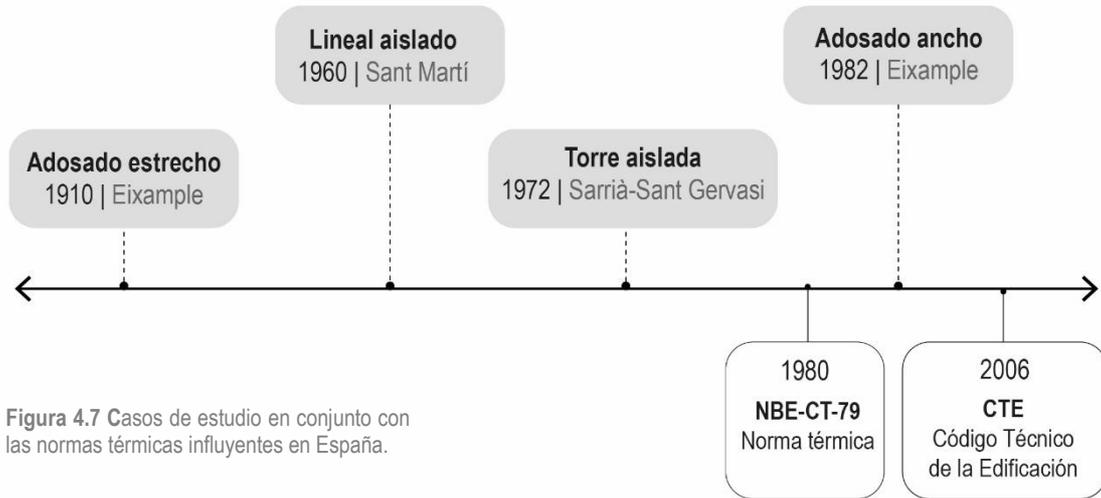


Figura 4.6 Tipología edificatoria 1982 | Adosado de fachada ancha en su entorno morfológico cercano y manzana



En síntesis, los casos de estudio se ubican dentro de una línea temporal como muestra la figura 4.7.



En el siguiente apartado se presentarán de manera específica los 4 casos de vivienda plurifamiliar propuestos, de forma gráfica en primer lugar y luego una síntesis escrita de cada uno con sus principales características.

4.1 Adosado estrecho

1910 | Eixample

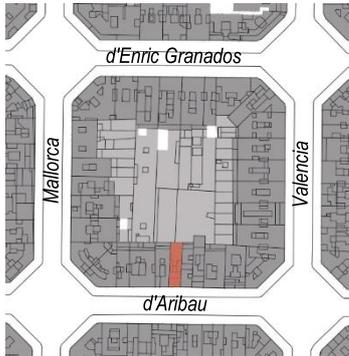


Figura 4.9 Tipología dentro de la manzana



Figura 4.10 Fotografías del caso de estudio

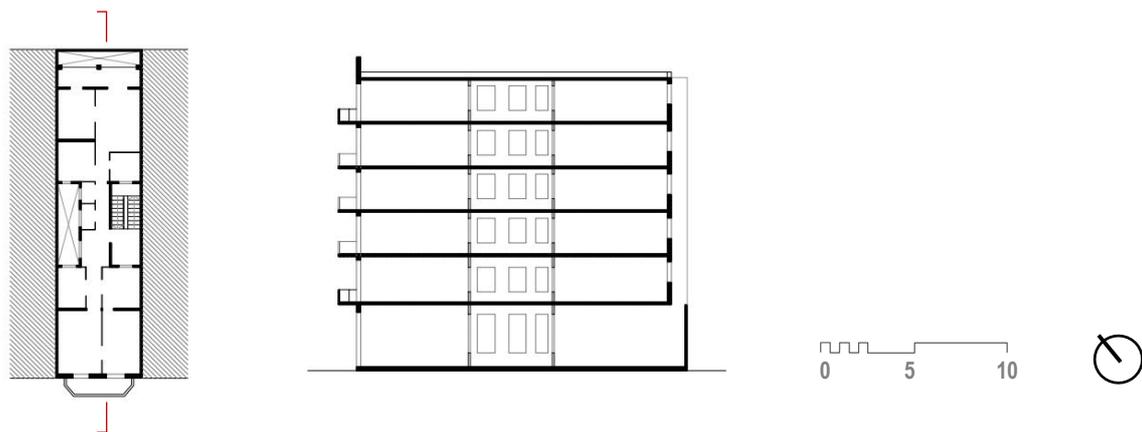


Figura 4.8 Planta y corte tipología
(Elab. Propia en base a planos de archivo contemporáneo)

INFORMACION GENERAL

Niveles	PB+5 niveles
Superficie construida	814 m ²
Superficie de suelo	150 m ²
Superficie global	1,594 m ²
Superficie de fachada	461 m ²
% Acristalado	28%

AS: Asentamiento
AD: Adosamiento
C: Compacidad

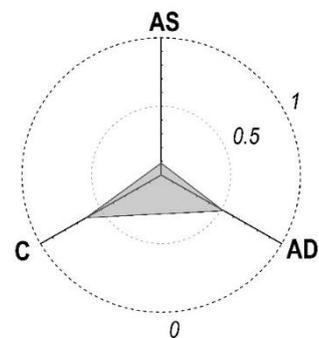


Figura 4.11 Esquema de características geométricas

4.1.1 Breve reseña histórica

El plan urbanístico del Eixample desarrollado por Idelfons Cerdà, fue concebido en 1867, como respuesta a las condiciones insalubres y sobre población de la ciudad histórica amurallada.

Se proponía como un sistema operativo –preciso, riguroso y adaptable en el tiempo– que permitía extenderse sobre la virtual “tabula rasa” de la llanura agrícola, adaptándose a sus accidentes y preexistencias. Promovió el crecimiento de la ciudad de forma continua y compacta.

La progresiva urbanización del Eixample se desarrolló junto con un proceso de reparcelación, formando una extensa malla ortogonal de calles paralelas y perpendiculares al mar, ajustada a la realidad geográfica de la llanura y al patrón sensiblemente ritmado de sus cursos hídricos (Gausa, 2021).

4.1.2 Morfología urbana

Se constituye por medio de una retícula ortogonal con una inclinación de 45°n, conformada por manzanas cerradas achaflanadas, de fachada continua alineada al eje vial con dimensiones de 113x113m, y calles de 20 m de ancho. Inicialmente contemplaba un espacio verde al interior de la manzana, pero se fue diluyendo en el tiempo debido a la presión urbanística.

4.1.3 Forma

El modelo edificatorio de Eixample se desarrolla a partir de la tipología adosada, el cual se establece entre medianeras en ambos extremos.

En particular, el caso escogido tiene una fachada estrecha, es decir, que proporcionalmente cuenta con menor superficie de fachada respecto al otro caso adosado. Cuenta con un patio interior lateral y desde la planta baja se retranquea 1.15 m en su fachada nor este

La proporción respecto a la profundidad es $\frac{1}{4}$, con 6.25 m de ancho y 24 m de largo. El porcentaje de acristalamiento de las fachadas expuestas es de 28%.

En cuanto a las características geométricas y volumétricas, es la tipología con mayor adosamiento con un valor de 0.55 y la menos asentada con un valor de 0.10. Tiene una compacidad de 0.63.

4.1.4 Características constructivas

Se obtiene la información de los materiales utilizados en el paquete constructivo en la memoria de cada tipología, la cual se consiguió en el Arxiu municipal contemporani de Barcelona (en caso de necesitar información complementaria, se utilizan los materiales comunes según la época de construcción señalados en el levantamiento tipológico de PECQ (2020).

Luego, los valores de transmitancia de cada material se calcularon con los datos técnicos del Catálogo de Elementos Constructivos de CTE.

Notas:

La transmitancia tiene en cuenta las resistencias superficiales

No se señala la conductividad de todos los elementos debido a que el catálogo para ciertos elementos como el ladrillo, considera también el mortero, por lo cual entregan directamente la resistencia final de la capa.

CUBIERTA ADOSADO ESTRECHO				Transmitancia térmica
	Espesor	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica R	[W/m ² C]
	[m]	[W/m°C]	[m ² C/W]	
	RASILLA CON MORTERO DE CAL	0.03	1.00	0.03
	TABIQUE CONEJERO	0.15		
EXT	MORTERO DE ARIDOS LIGEROS *	0.15	0.65	0.23
INT	RASILLA CON MORTERO DE CAL	0.03	1.00	0.03
		0.18		0.14
			0.40	R total

*Se estructura entre vigas de madera

FACHADA ADOSADO ESTRECHO				Transmitancia térmica
	Espesor	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica R	[W/m ² C]
	[m]	[W/m°C]	[m ² C/W]	
EXT	REVOCO	0.01	0.18	0.06
	LADRILLO MACIZO	0.29		0.17
INT	ENLUCIDO	0.01	0.57	0.02
		0.31		0.17
			0.41	R total

SOLERA SOBRE TERRENO ADOSADO ESTRECHO				Transmitancia térmica
	Espesor	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica R	[W/m ² C]
	[m]	[W/m°C]	[m ² C/W]	
INT	BALDOSA	0.02	2.30	0.01
	MORTERO DE ARIDOS LIGEROS	0.25	0.65	0.38
		0.27		0.22
			0.61	R total

VENTANAS				Transmitancia térmica
	Espesor	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica R	[W/m ² C]
	[m]	[W/m°C]	[m ² C/W]	
	VIDRIO SIMPLE MARCO MADERA	0.03		5.60

Figura 4.12 Transmitancia térmica de los componentes de la envolvente

4.2 Lineal aislado

1960 | Sant Martí



Figura 4.14 Tipología dentro de la manzana



Figura 4.15 Fotografías del caso de estudio

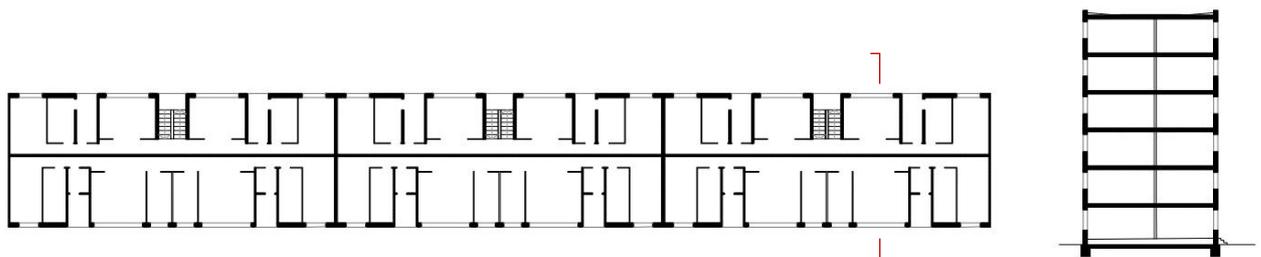


Figura 4.13 Planta tipología y corte (Elab. Propia en base a planos de archivo contemporáneo)



INFORMACION GENERAL

Niveles	PB+5 niveles
Superficie construida	4,162 m ²
Superficie de suelo	694 m ²
Superficie global	4,099 m ²
Superficie de fachada	2,711 m ²
% Acristalado	19%

AS: Asentamiento
AD: Adosamiento
C: Compacidad

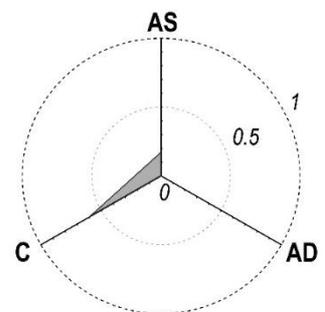


Figura 4.16 Esquema de características geométricas

4.2.1 Breve reseña histórica

Luego de la segunda guerra mundial, España tuvo un incipiente desarrollo económico y con ello un crecimiento del desarrollo industrial, lo que se tradujo en grandes flujos migratorios hacia la ciudad. Para darle respuesta a esta creciente necesidad de viviendas para los trabajadores de las zonas industriales, desde 1945 a 1970 aproximadamente, se desarrollaron proyectos de viviendas económicas llamados “polígonos” (PECQ, 2020).

Específicamente, el caso de estudio escogido se encuentra ubicado en el Sur Oeste del Besòs, suburbio de la periferia norte de Barcelona, y que fue incorporado a finales del siglo XIX a ella (Miret, 2013). Esta zona, estuvo ligada a la agricultura primeramente hasta el siglo XVII y luego se convirtió en uno de los principales sectores industriales de Barcelona.

4.2.2 Morfología urbana

La morfología urbana de esta zona, es el resultado de la superposición de la parcelación agrícola con la ampliación de la parcela de Cerdà, que no llegó a completarse en este sector.

Se compone principalmente de calles amplias y manzanas con bloques aislados con separación entre edificios e interior de manzana recorrible.

La manzana de estudio específicamente, cuenta con bloques alargados de 5 niveles aislados entre sí y con espacios públicos abiertos en todo su entorno, sin embargo, se presenta como un espacio intersticial sin grandes consideraciones de diseño.

4.2.3 Forma

Bloque “A” de 69 m de largo por 9.25 m de ancho, compuesto por planta baja + 5 niveles, conformado por 72 viviendas. Con un porcentaje de acristalamiento de 19%

En cuanto a las características geométricas y volumétricas, tiene un asentamiento de 0.17 y una compacidad de 0.61, sin adosamiento.

4.2.4 Características constructivas

Se obtiene la información de los materiales utilizados en el paquete constructivo en la memoria de cada tipología, la cual se consiguió en el Arxiu municipal contemporani de Barcelona (en caso de necesitar información complementaria, se utilizan los materiales comunes según la época de construcción señalados en el levantamiento tipológico de PECQ (2020).

Luego, los valores de transmitancia de cada material se calcularon con los datos técnicos del Catálogo de Elementos Constructivos de CTE.

Notas:

La transmitancia tiene en cuenta las resistencias superficiales

No se señala la conductividad de todos los elementos debido a que el catálogo para ciertos elementos como el ladrillo, considera también el mortero, por lo cual entregan directamente la resistencia final de la capa.

CUBIERTA LINEAL AISLADO		Espesor [m]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Resistencia térmica R [m ² C/W]	Transmitancia térmica [W/m ² C]
EXT	RASILLA (TEJA ARCILLA)	0.03	1.00	0.03	1.82
	TELA ASFALTICA	0.00	0.05	0.02	
	RASILLA (TEJA ARCILLA)	0.03	1.00	0.03	
	CAMARA DE AIRE	0.15		0.14	
INT	ENTREVIGADO CERAMICO	0.25		0.20	
		0.45		0.14	Rsi+Rse Ascendente
				0.55	R total

FACHADA Y MURO PORTANTE LINEAL AISLADO		Espesor [m]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Resistencia térmica R [m ² C/W]	Transmitancia térmica [W/m ² C]
EXT	REVOCO	0.01	0.18	0.06	1.46
	LADRILLO PERFORADO	0.15		0.18	
	CAMARA DE AIRE	0.03		0.17	
	LADRILLO HUECO SENCILLO	0.05		0.09	
INT	ENLUCIDO	0.01	0.57	0.02	
		0.25		0.17	Rsi+Rse INT/EXT
				0.68	R total

SOLERA SOBRE TERRENO LINEAL AISLADO		Espesor [m]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Resistencia térmica R [m ² C/W]	Transmitancia térmica [W/m ² C]
INT	BALDOSA	0.02	2.30	0.01	1.55
	MORTERO DE CAL	0.02	1.30	0.02	
	BLOQUE CERAMICO HUECO	0.05		0.09	
	CAMARA DE AIRE HORIZONTAL	0.40		0.20	
	BLOQUE HORMIGON HUECO	0.15		0.11	
		0.64		0.22	Rsi+Rse Descendente
				0.64	R total

VENTANAS		Espesor [m]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Resistencia térmica R [m ² C/W]	Transmitancia térmica [W/m ² C]
	VIDRIO SIMPLE MARCO MADERA	0.03			5.60

Figura 4.17 Transmitancia térmica de los componentes de la envolvente

4.3 Torre aislada

1972 | Sarrià-Sant Gervasi



Figura 4.19 Tipología dentro de la manzana



Figura 4.20 Fotografías del caso de estudio

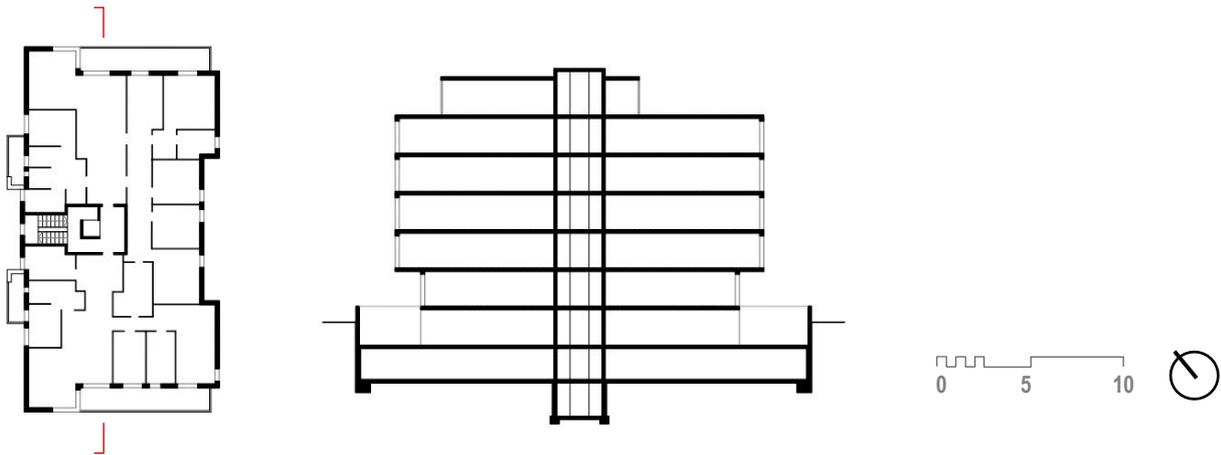


Figura 4.18 Planta y corte tipología (Elab. Propia en base a planos de archivo contemporáneo)

INFORMACION GENERAL

Niveles	PB+6 niveles
Superficie construida	2,692 m ²
Superficie de suelo	571 m ²
Superficie global	3,176 m ²
Superficie de fachada	1,567 m ²
% Acristalado	20%

AS: Asentamiento
AD: Adosamiento
C: Compacidad

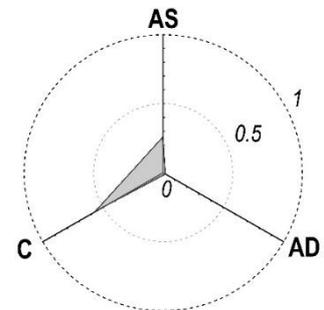


Figura 4.21 Esquema de características geométricas

4.3.1 Breve reseña histórica

El distrito de Sarrià-Sant Gervasi, fue de los últimos pueblos anexarse a Barcelona, en el año 1921. Se extiende desde la sierra de Collserola hasta la Diagonal, es heterogéneo en cuanto a su historia y formación, ya que es de los sectores más antiguos (s. XVIII – XIV), que tienen su origen en pequeños pueblos de artesanos y segundas viviendas de veraneo (Sánchez, 2013).

El caso de estudio escogido se encuentra específicamente en el barrio de las Tres Torres, zona periférica que se empezó a urbanizar por iniciativa de unos vecinos de Sants (los hermanos Romaní y Climent Mas), fueron ellos quienes construyeron tres torres, las que dieron nombre al lugar (web ajuntament.barcelona.cat). Con el tiempo se construyeron otras torres señoriales y viviendas aisladas plurifamiliares.

4.3.2 Morfología urbana

Se caracteriza por edificaciones aisladas que marcan el perímetro de la cuadra de forma discontinua, las cuales se rodean de espacios abiertos al interior de la manzana que son privados. La manzana de estudio específicamente, tiene edificaciones de 6 a 7 niveles

4.3.3 Forma

Consta de un total de 8 plantas: 2 sótanos, semisótano, entresuelo, tres plantas de pisos y ático, y cuenta con un porcentaje de acristalamiento de 20%.

En cuanto a las características geométricas y volumétricas, es una de las tipologías con mayor asentamiento con 0.25 junto con el bloque de fachada ancha de Eixample. Tiene un adosamiento de 0.08 que se presenta en el subterráneo ya que colinda con un muro medianero, a pesar que el resto de la torre sea aislada. Su compacidad es de 0.58.

4.3.4 Características constructivas

Se obtiene la información de los materiales utilizados en el paquete constructivo en la memoria de cada tipología, la cual se consiguió en el Arxiu municipal contemporani de Barcelona (en caso de necesitar información complementaria, se utilizan los materiales comunes según la época de construcción señalados en el levantamiento tipológico de PECQ (2020).

Luego, los valores de transmitancia de cada material se calcularon con los datos técnicos del Catálogo de Elementos Constructivos de CTE.

Notas:

La transmitancia tiene en cuenta las resistencias superficiales

No se señala la conductividad de todos los elementos debido a que el catálogo para ciertos elementos como el ladrillo, considera también el mortero, por lo cual entregan directamente la resistencia final de la capa.

CUBIERTA TORRE AISLADA				Transmitancia térmica
	Espesor	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica R	[W/m ² °C]
	[m]	[W/m ² °C]	[m ² °C/W]	
EXT	RASILLA (TEJA ARCILLA)	0.03	1.00	0.03
	TELA ASFALTICA	0.00	0.05	0.02
	MORTERO DE NIVELACION	0.15	0.41	0.37
	HORMIGON CELULAR	0.20	1.35	0.15
INT	ENLUCIDO	0.025	0.57	0.04
		0.41		0.14
			0.75	Rsi+Rse Ascendente R total

FACHADA TORRE AISLADA				Transmitancia térmica
	Espesor	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica R	[W/m ² °C]
	[m]	[W/m ² °C]	[m ² °C/W]	
EXT	LADRILLO PERFORADO VISTO	0.15		0.18
	CAMARA DE AIRE	0.05		0.18
	TABIQUE CERAMICO	0.08		0.18
INT	ENLUCIDO	0.025	0.57	0.04
		0.31		0.17
			0.75	Rsi+Rse INT/EXT R total

SOLERA SOBRE TERRENO TORRE AISLADA				Transmitancia térmica
	Espesor	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica R	[W/m ² °C]
	[m]	[W/m ² °C]	[m ² °C/W]	
INT	PLAQUETA CERAMICA	0.02	1.00	0.02
	MORTERO	0.02	0.70	0.03
INT	HORMIGON ARMADO	0.20	2.50	0.08
	GRAVA	0.20	2.00	0.10
		0.24		0.22
			0.45	Rsi+Rse Descendente R total

VENTANAS				Transmitancia térmica
	Espesor	Conductividad térmica λ	Resistencia térmica R	[W/m ² °C]
	[m]	[W/m ² °C]	[m ² °C/W]	
	VIDRIO SIMPLE MARCO MADERA	0.03		5.60

Figura 4.22 Transmitancia térmica de los componentes de la envolvente

4.4 Adosado ancho

1982 | Eixample



Figura 4.24 Tipología dentro de la manzana



Figura 4.25 Fotografías del caso de estudio

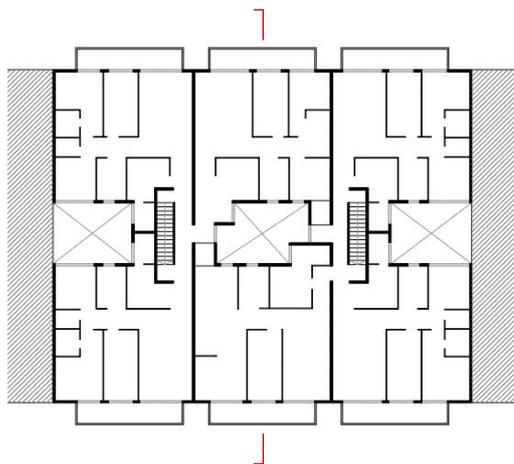
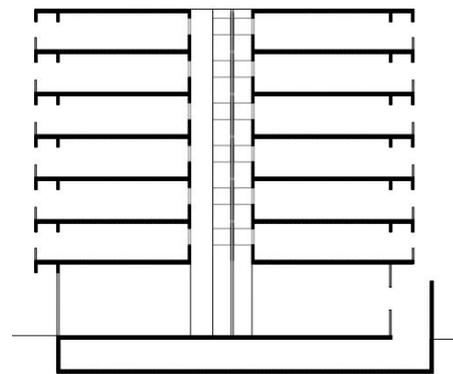


Figura 4.23 Planta y corte tipología (Elab. Propia en base a planos de archivo contemporáneo)



INFORMACION GENERAL

Niveles	PB+6 niveles
Superficie construida	5,403 m ²
Superficie de suelo	736 m ²
Superficie global	5,255 m ²
Superficie de fachada	2,641 m ²
% Acristalado	31%

AS: Asentamiento
AD: Adosamiento
C: Compacidad

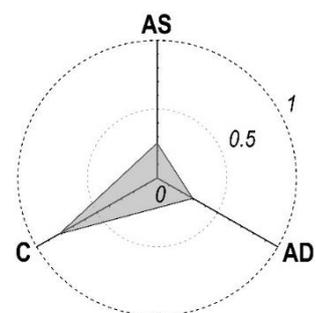


Figura 4.26 Esquema de características geométricas

4.4.1 Breve reseña histórica

(Ver punto 4.1)

4.4.2 Morfología urbana

(Ver punto 4.1 para la morfología urbana general de Eixample)

La manzana de estudio específicamente, se encuentra en una zona donde la altura generalmente es de 6 a 7 niveles.

4.4.3 Forma

Es adosado de fachada ancha, de hecho, el largo de su fachada es mayor que su profundidad, 30.36x24m. respectivamente. Cuenta con 3 patios interiores, dos laterales junto a los muros medianeros y uno central. Y tienen un porcentaje de acristalamiento de 31%.

En cuanto a las características geométricas y volumétricas, es la tipología con mayor compacidad con 0.81, y en cuanto al asentamiento y adosamiento tiene un 0.25 y 0.30 respectivamente.

4.4.4 Características constructivas

Se obtiene la información de los materiales utilizados en el paquete constructivo en la memoria de cada tipología, la cual se consiguió en el Arxiu municipal contemporani de Barcelona (en caso de necesitar información complementaria, se utilizan los materiales comunes según la época de construcción señalados en el levantamiento tipológico de PECQ (2020).

Luego, los valores de transmitancia de cada material se calcularon con los datos técnicos del Catálogo de Elementos Constructivos de CTE.

Notas:

La transmitancia tiene en cuenta las resistencias superficiales

No se señala la conductividad de todos los elementos debido a que el catálogo para ciertos elementos como el ladrillo, considera también el mortero, por lo cual entregan directamente la resistencia final de la capa.

CUBIERTA BLOQUE ADOSADO EIXAMPLE		Espesor [m]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Resistencia térmica R [m ² C/W]	Transmitancia térmica [W/m ² C]
EXT	RASILLA (TEJA ARCILLA)	0.03	1.00	0.03	1.29
	TELA ASFALTICA	0.00	0.05	0.02	
	MORTERO DE NIVELACION	0.15	0.41	0.37	
	HORMIGON LIGERO	0.20	1.15	0.17	
	ENLUCIDO	0.025	0.57	0.04	
		0.41		0.14	
				0.77	Rsi+Rse Ascendente R total

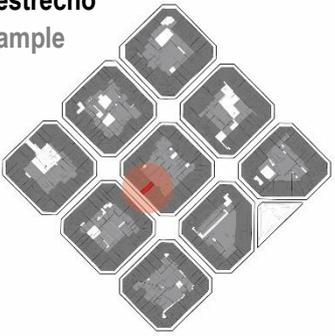
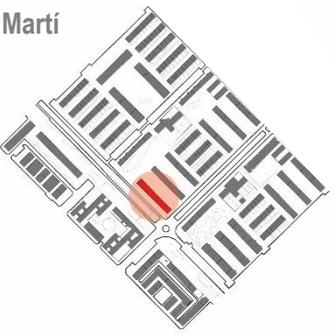
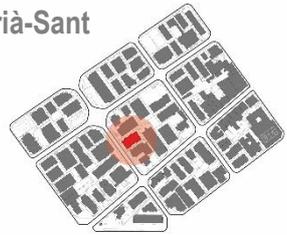
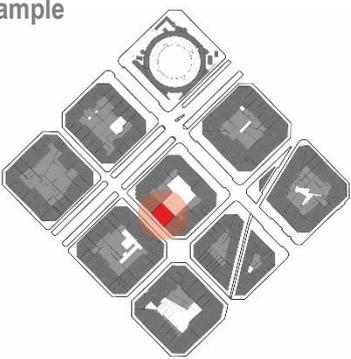
FACHADA BLOQUE ADOSADO EIXAMPLE		Espesor [m]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Resistencia térmica R [m ² C/W]	Transmitancia térmica [W/m ² C]
EXT	LADRILLO PERFORADO VISTO	0.15		0.23	0.43
	POLIURETANO EXPANDIDO	0.05	0.03	1.67	
	CAMARA DE AIRE	0.05		0.15	
	LADRILLO HUECO SENCILLO	0.05		0.09	
INT	ENLUCIDO	0.01	0.57	0.02	
		0.31		0.17	Rsi+Rse INT/EXT R total
				2.32	

SOLERA SOBRE TERRENO BLOQUE ADOSADO EIXAMPLE		Espesor [m]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Resistencia térmica R [m ² C/W]	Transmitancia térmica [W/m ² C]
INT	PLAQUETA CERAMICA	0.02	1.00	0.02	2.23
	MORTERO	0.02	0.70	0.03	
	RADIER HORMIGON	0.20	2.50	0.08	
	GRAVA	0.20	2.00	0.10	
		0.24		0.22	
				0.45	Rsi+Rse Descendente R total

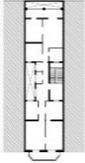
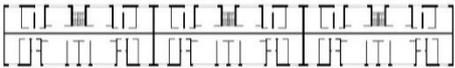
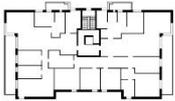
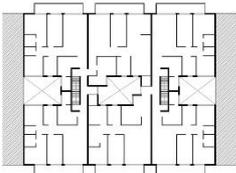
VENTANAS		Espesor [m]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Resistencia térmica R [m ² C/W]	Transmitancia térmica [W/m ² C]
	VIDRIO SIMPLE MARCO MADERA	0.03			5.60

Figura 4.27 Transmitancia térmica de los componentes de la envolvente

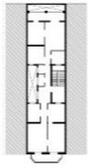
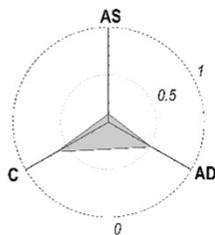
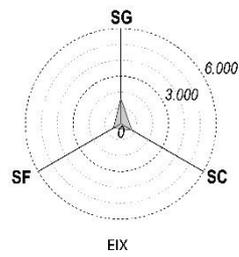
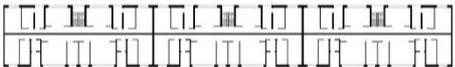
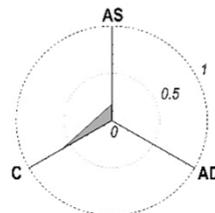
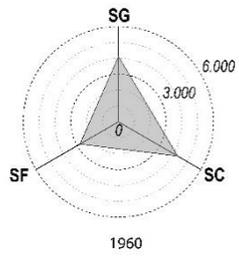
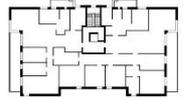
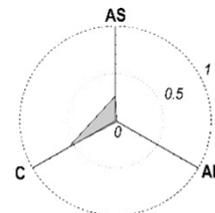
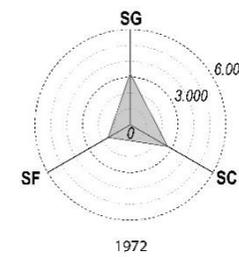
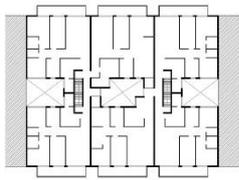
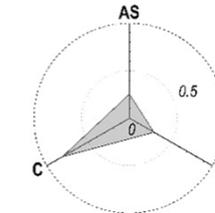
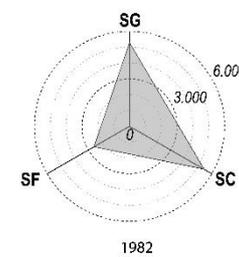
4.5 Cuadro resumen manzana

	Año de edificaciones			Morfología Urbana
	(1900 1960)	(1960 1977)	(1978 2000)	
<p>Adosado estrecho 1910 Eixample</p> 	X	x	x	<p><u>Edificación Adosada</u> Edificio largo y angosto, con fachada continua.</p>
<p>Lineal aislado 1960 Sant Martí</p> 	--	X	X	<p><u>Edificación Aislada</u> Polígonos de vivienda con separación entre edificios, interior de manzana recorrible.</p>
<p>Torre aislada 1972 Sarrià-Sant</p> 	x	X	X	<p><u>Edificación Aislada</u> Torres aisladas que marcan el perímetro de la cuadra de forma discontinua. Interior de manzana privado</p>
<p>Adosado ancho 1982 Eixample</p> 	X	X	X	<p><u>Edificación Adosada</u> Fachada ancha y continua, 3 patios interiores.</p>

4.6 Cuadro resumen edificio de vivienda

	% Acristalamiento	Transmitancia térmica [W/m ² °C]			
		Cubierta	Muros	Piso	Ventanas
<p>Adosado estrecho 1910 Eixample</p> 	28%	2.50	2.42	1.63	5.6
<p>Lineal aislado 1960 Sant Martí</p> 	19%	1.80	1.46	1.55	5.6
<p>Torre aislada 1972 Sarrià-Sant</p> 	20%	1.34	1.33	2.23	5.6
<p>Adosado ancho 1982 Eixample</p> 	31%	1.29	0.43	2.23	5.6

4.7 Cuadro resumen edificio de vivienda

	Características geométricas	Superficies
<p>Adosado estrecho 1910 Eixample</p> 		
<p>Lineal aislado 1960 Sant Martí</p> 		
<p>Torre aislada 1972 Sarrià-Sant</p> 		
<p>Adosado ancho 1982 Eixample</p> 		

AS: Asentamiento
AD: Adosamiento
C: Compacidad

SG: Sup. Global
SC: Sup. Construida
SF: Sup. Fachada

5 RESULTADOS DE DEMANDA ENERGETICA POR TIPOLOGIA

5.1 Metodología | Elaboración de modelos tridimensionales

Los resultados de las demandas y flujos energéticos de cada tipología, se obtuvieron por medio de simulaciones dinámicas realizada con el software DesignBuilder (que utiliza EnergyPlus como motor de simulación), y desarrolladas en un periodo de análisis a lo largo del año, con énfasis en el mes más frío y el mes más cálido. Esto, por la importancia de evaluar el comportamiento térmico en un clima con variaciones estacionales como es el caso de Barcelona.

Como se ha mencionado, el análisis se enfoca en el comportamiento térmico interior de las viviendas de forma particular, y también comparativa entre ellas. De este modo, para propiciar un diagnóstico comparativo, los resultados obtenidos se presentarán por m² construidos.

Respecto al modelado tridimensional, se efectuó de forma independiente cada una de las tipologías considerando en primera instancia los entornos urbanos respectivos, para posteriormente analizarlas sin él. Esto, con el fin de dar cuenta de la incidencia del contexto en cada caso, como también de su desempeño térmico particular. Para las tipologías adosadas, se consideraron los vecinos adosados como bloques adiabáticos. (figura 4.28 y 4.29)

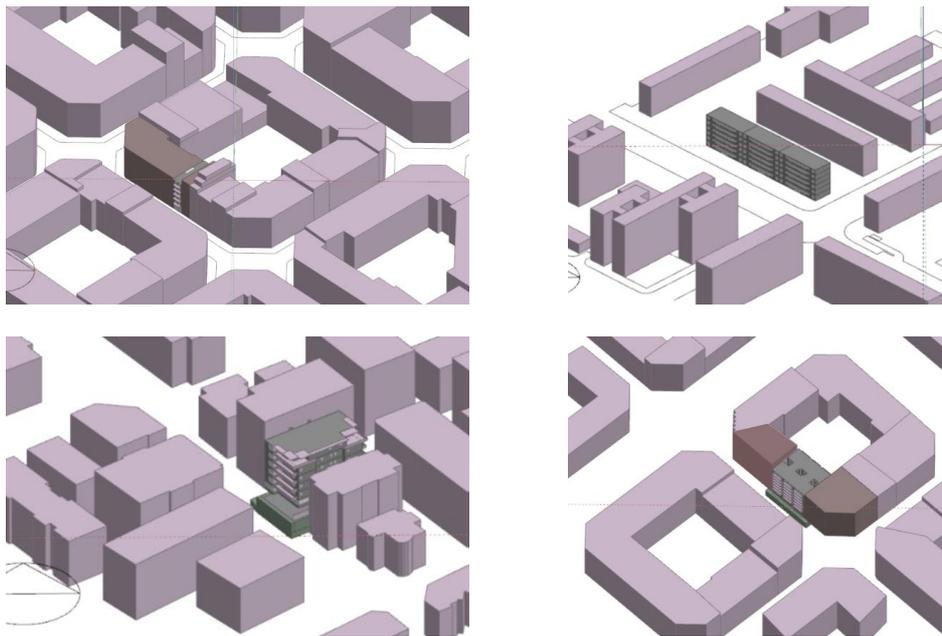


Figura 4.28 Imágenes de los modelos digitales con entorno urbano

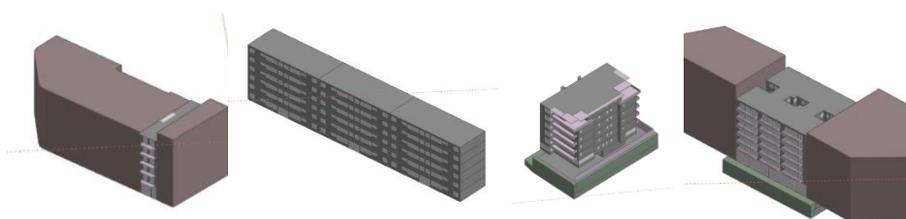


Figura 4.29 Imágenes de los modelos digitales sin entorno urbano

Los modelos digitales de cada tipología se generaron en base a la información obtenida en el Archivo Contemporáneo de Barcelona (situado en la calle Carrer del Bisbe Caçador, número 4 de Barcelona), en donde se obtuvo la memoria constructiva y los planos de arquitectura de cada tipología.

En cuanto a las tramas urbanas, esta se modeló en base a los planos obtenidos del instituto cartográfico y geológico de Cataluña, complementado por visitas insitu y Google street view para corroborar las alturas aledañas. No se consideró la vegetación presente en el lugar.

5.1.1 Datos de entrada

Previo a la simulación, se establece una configuración común para todos los modelos, lo que es fundamental para poder enfocar el análisis a los objetivos planteados inicialmente, como también para disminuir variables y favorecer los diagnósticos por medio de la comparación.

Se utilizan los datos climáticos del generador meteonorm para la ciudad de Barcelona, los cuales no hacen referencia al microclima de manera precisa, ya que se toman de bases de datos existentes, lo más cercanas posible al lugar de estudio.

Se utilizaron consignas o valores para determinar las rutinas operativas durante todo el año, que serán fijos y comunes para todas las tipologías.

Refrigeración: Para los meses de junio, julio, agosto y septiembre, se configura de lunes a domingo 25°C como consigna principal entre las 15:00 y 22:00 hrs. Como consigna secundaria se fijan 27°C desde las 08:00 am hasta las 15:00 hrs.

Calefacción: Se consideró en los meses contrarios a los utilizados en refrigeración, específicamente: enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre. Se configura de lunes a domingo 20°C como consigna principal entre las 15:00 y 22:00 hrs. Como consigna secundaria se fijan 17°C desde las 00:00 a 15:00 hrs y 22:00 a 00:00 hrs.

HVAC: Considera sistemas mecánicos “ideales” eléctricos que suministran la energía de calentamiento y enfriamiento, así como caudales de ventilación, necesarios para mantener las consignas de temperatura interior. Los sistemas se consideran como auto dimensionados como opción predeterminada

Ventilación nocturna: Se considera 6 (ren/h) solo en los meses junio, julio, agosto y septiembre desde las 22:00 hrs hasta las 08:00 hrs, para que no interfiera con la configuración de refrigeración.

Infiltración: 0.7 (ren/h)

Cargas térmicas internas: 4.40 W/m², iluminación 4.40 W/m², ambos con el horario de la plantilla residencial CTE equipos e iluminación. (00:00-07:00: 10%, 07:00-18:00: 30%, 18:00-19:00:50%, 19:00-23:00:100%, 23:00-00:00: 50%)

Ocupación: se definen 4 personas por vivienda según la opción mayoritaria presente en el último censo. La plantilla utilizada fue la residencial CTE de ocupación entre lunes y viernes como horario laboral (8:00-15:00: 20%, 15:00-22:00: 50%, 22:00-08:00: 100%). Sábado y domingo se consideró a las personas dentro de la vivienda.

Protecciones solares

Se utilizaron los dispositivos de sombreado de ventanas exteriores standard de EnergyPlus, específicamente las persianas de tablillas al exterior con lamas de reflectividad media y conductividad de 0.9 w/mk) programadas solo para los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

5.2 Demanda de energía

Una vez establecidos los datos de entrada comunes para todas las tipologías, se realizaron las simulaciones para determinar la demanda energética en kWh/m² de superficie construida, que incluye refrigeración y calefacción.

5.2.1 Demanda anual

Se presentan los resultados del año completo identificando calefacción y refrigeración de las 4 tipologías en su estado actual, como se muestra en la figura 5.1.

SIMULACIÓN CON ENTORNO URBANO

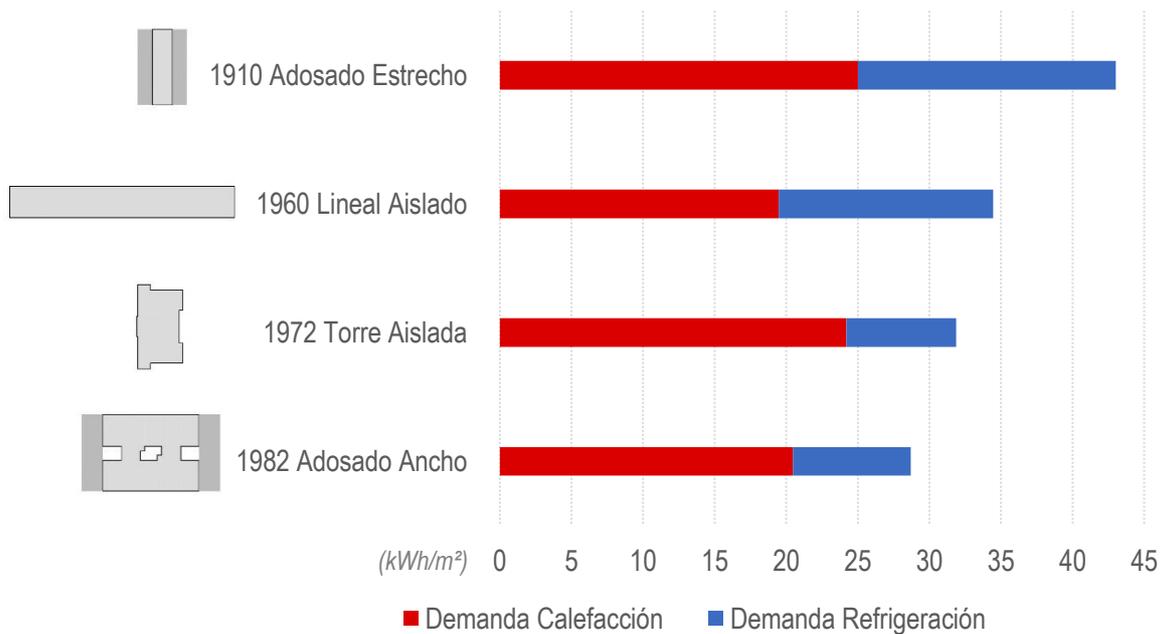


Figura 5.1 Comparativa de la demanda anual incluyendo entorno urbano en todas las tipologías

Se observa que las demandas totales de energía (calefacción + refrigeración) tienen una relación directa con el tipo constructivo ya que disminuyen a medida que el año de construcción es más reciente.

Por consiguiente, la tipología que requiere mayor demanda total es el bloque Adosado Estrecho (1910) con un total de 43 kWh/m² año, aun siendo la tipología con mayor adosamiento (cuenta con menor superficie expuesta). No obstante, es una de las que tiene mayor porcentaje de acristalamiento y mayor transmitancia térmica en los muros.

En cambio, el bloque Adosado Ancho (1982) presenta la menor demanda total con 28.7 kWh/m² año, siendo un 35% menor que la tipología de mayor demanda. Esto era de esperarse ya que es la única tipología post normas térmicas (NBE CT-79), y a su vez la tipología con mayor compacidad. Sin embargo, es la que tiene más patios internos.

Si se valora la demanda energética de forma independiente entre calefacción y refrigeración, se observa que ya no hay una relación lineal entre ellas y los años de construcción, si no que comienzan a notarse diferencias entre las particularidades de cada tipología.

La diferencia interna entre calefacción y refrigeración de cada tipología se acentúa en las tipologías más nuevas: Torre Aislada (1972) y Adosada Ancho (1982), la cuales tienen una diferencia de 36% entre la demanda de calefacción y refrigeración.

Demanda de calefacción

La demanda energética para calefacción en todos los casos es mayor a la demanda de enfriamiento de las viviendas plurifamiliares analizadas, con valores entre los 19.5 kWh/m² año y 25 kWh/m² año.

Las tipologías con mayor demanda de calefacción anual se sitúan en distintas familias morfológicas. En primer lugar, está el bloque Adosado Estrecho (1910), con una demanda de calefacción de 25 kWh/m², seguido por la Torre Aislada (1972) con una demanda de 24.2 kWh/m² año.

Por otro lado, Los que resultan con menor demanda de calefacción son el bloque Lineal Aislado (1960) con 19.5 kWh/m² año, siendo un 25 % menor que la demanda de (1910). Luego, el bloque Adosado Ancho (1982) resulta con 20.5 kWh/m² año. Al ser adosada y construida post NBE CT-79, la aislación de sus muros favorece una menor demanda energética en los meses fríos.

Demanda refrigeración

La demanda de refrigeración en todas las tipologías analizadas es entre un 30% y 70% menor que la demanda de calefacción, en un rango que va entre 7.7 kWh/m² año a 18 kWh/m² año.

En este caso, se observa una relación con la tipología constructiva, ya que en las tipologías más antiguas hay una mayor demanda de refrigeración, que va disminuyendo en las más recientes.

Como hemos dicho antes, la demanda de refrigeración es mayor en las tipologías más antiguas, en donde la mayor demanda se presenta en el bloque Adosado Estrecho (1910) con 18 kWh/m² año. El cual cuenta con un sistema constructivo de mayor transmitancia térmica, como también uno de los porcentajes de acristalamiento mayores. Sin embargo, es la tipología con mayor adosamiento. Le sigue el bloque Lineal Aislado (1960) con 15 kWh/m² año.

Por otro lado, la menor demanda de refrigeración se encuentra en la tipología Torre Aislada (1972), con 7.7 kWh/m² año, y en el bloque Adosado Ancho (1982) post NBE CT-79 con 8.2 kWh/m² año.

SIMULACIÓN SIN ENTORNO URBANO

En la figura 5.2 se presentan los resultados comparativos entre tipologías en el mismo periodo anual, pero ahora incluyendo los resultados de demanda energética en kWh/m² de superficie construida sin considerar el contexto urbano. Cabe destacar, que para las tipologías adosadas se mantienen solo los volúmenes adiabáticos laterales en la simulación.

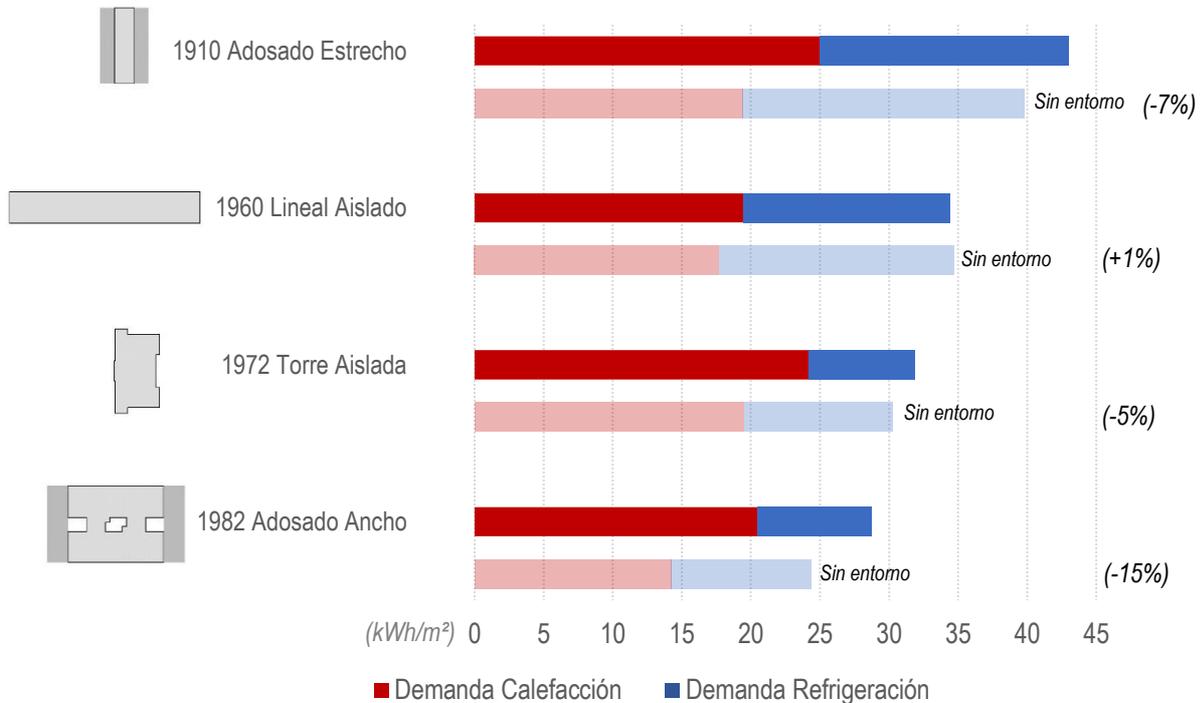


Figura 5.2 Comparativa de la demanda anual con entorno y sin entorno urbano en todas las tipologías

Demanda total sin entorno urbano

Las demandas anuales de energía para las tipologías sin considerar su entorno, oscilan entre un -1% hasta un 15% respecto a las demandas total considerando el contexto.

Las tipologías que tienen mayor porcentaje de variación en esta comparativa, son la más antigua y la más nueva respectivamente, siendo ambas de la familia morfológica urbana de edificación adosada.

La demanda total del bloque Adosado Estrecho (1910) disminuye 7% sin contexto, pasando de 43 kWh/m² año a 39.8 kWh/m² año. Mientras que el bloque Adosado ancho (1982) disminuye 15%, pasando de 28.7 kWh/m² año a 24.4 kWh/m² año.

Las tipologías que tienen menor porcentaje de variación en la demanda total, son las que están insertas en tramas de tipos edificatorios aislados. La tipología de bloque Lineal Aislado (1960) es la única que aumenta su demanda sin contexto, pese a variar solo por 1% (0.2 kWh/m² año). Por su parte, la tipología Torre Aislada (1972) varía un 5% (1.6 kWh/m² año de diferencia).

Demanda de calefacción sin entorno urbano

En todas las tipologías, esta demanda disminuye al no considerar el entorno urbano.

La tipología de bloque Adosado Ancho (1982) es la que tiene mayor disminución en calefacción, disminuyendo 44% respecto a su estado con entorno. Esa diferencia equivale a 6.2 kWh/m² año.

La tipología Lineal Aislado (1960) es la que tiene menor disminución en calefacción disminuyendo 10% respecto a su estado con entorno. Esa diferencia equivale a 1.8 kWh/m² año. Debido a que la trama está inserta en una trama urbana de bloques aislados que, en este caso, presentan mayor espacio entre bloques, favoreciendo directamente las ganancias solares

Demanda de refrigeración sin entorno urbano

En todas las tipologías, esta demanda aumenta al no considerar el entorno urbano.

La tipología Torre Aislada (1972) es la que tiene mayor aumento en refrigeración, aumenta 29% respecto a su estado con entorno. Esa diferencia equivale a 3.1 kWh/m² año.

Las tipologías en que menos hay variación de demanda de refrigeración tienen una variación de 12%. En primer lugar, el tipo Adosado Estrecho (1910) aumenta 2.4 kWh/m² año, mientras que el Lineal Aislado (1960) aumenta 2.0 kWh/m² año.

5.2.2 Demanda mes a mes por tipología

A continuación, se muestran las variaciones estacionales de la demanda energética de cada tipología en kWh/m² de superficie construida, considerando su entorno y sin considerarlo. Las demandas presentadas incluyen refrigeración para junio, julio, agosto, septiembre; y calefacción para los otros meses.

Adosado estrecho

1910 | Eixample

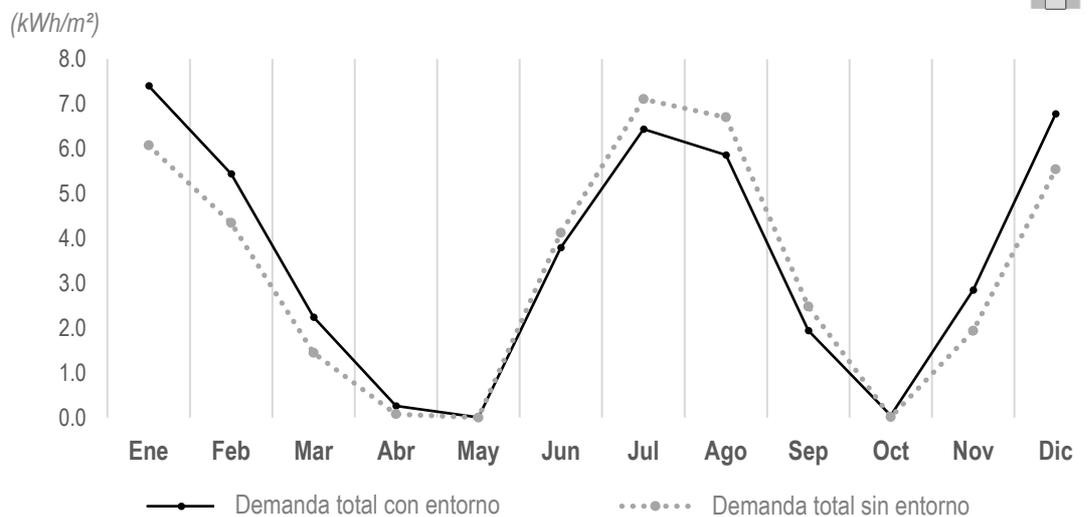


Figura 5.3 Demanda energética mensual tipología 1910, comparativa con entorno y sin entorno urbano

En el mes de enero, la demanda de calefacción disminuye 18% si no se considera entorno urbano. En cuanto a los meses más calurosos de julio y agosto, aumenta la demanda de refrigeración entre 12% a 14% sin considerar entorno.

Lineal aislado
1960 | Sant Martí

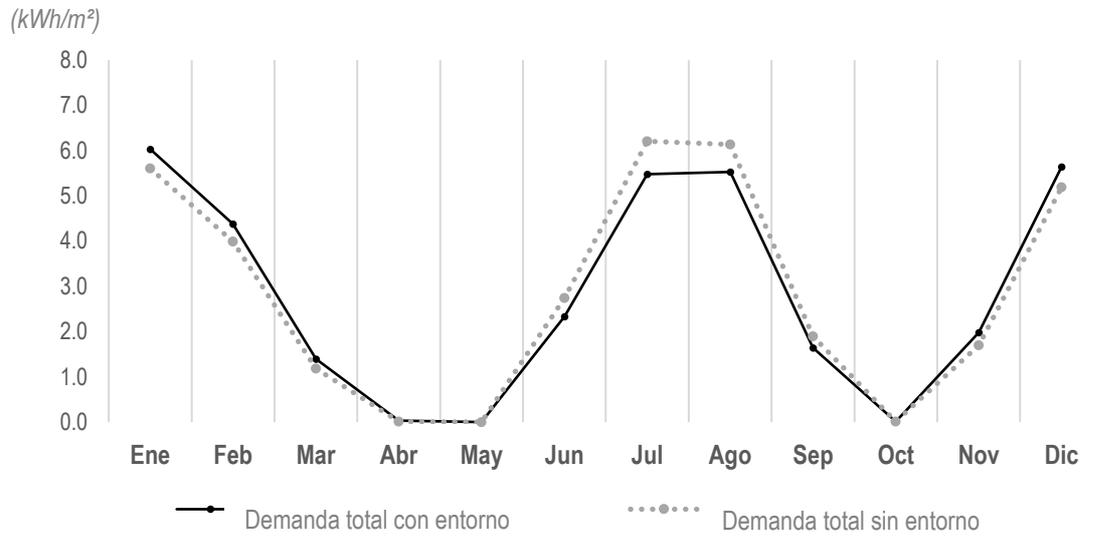


Figura 5.4. Demanda energética mensual tipología 1960, comparativa con entorno y sin entorno urbano

En el mes de enero, la demanda de calefacción disminuye 9% si no se considera entorno urbano. En cuanto al mes de julio, aumenta la demanda de refrigeración 13% sin considerar entorno.

Torre aislada
1972 | Sarrià-Sant Gervasi

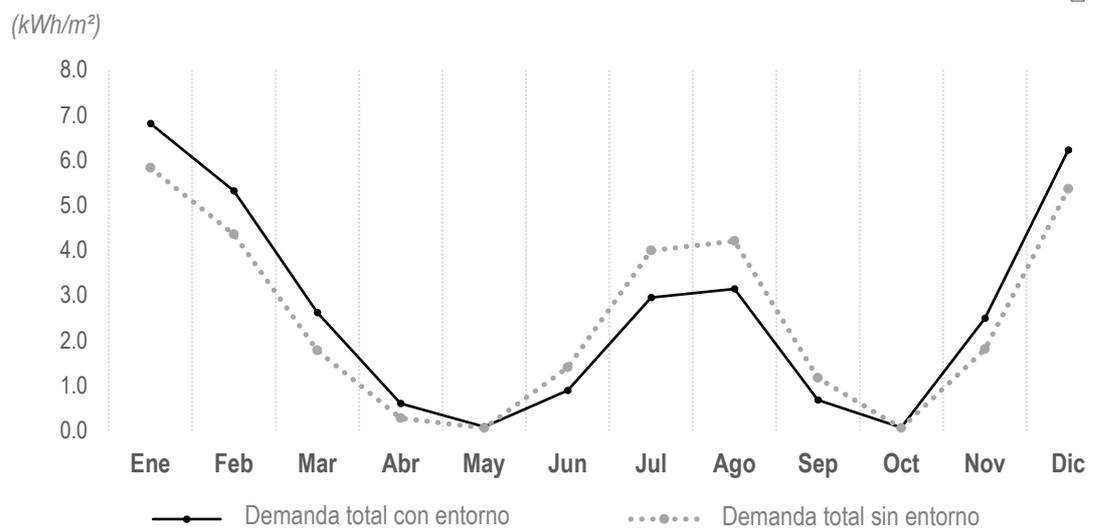


Figura 5.5 Demanda energética mensual tipología 1972, comparativa con entorno y sin entorno urbano

En el mes de enero, la demanda de calefacción disminuye 14% si no se considera entorno urbano. En cuanto al mes de julio, aumenta la demanda de refrigeración 35% sin considerar entorno.

Adosado ancho
1982 | Eixample

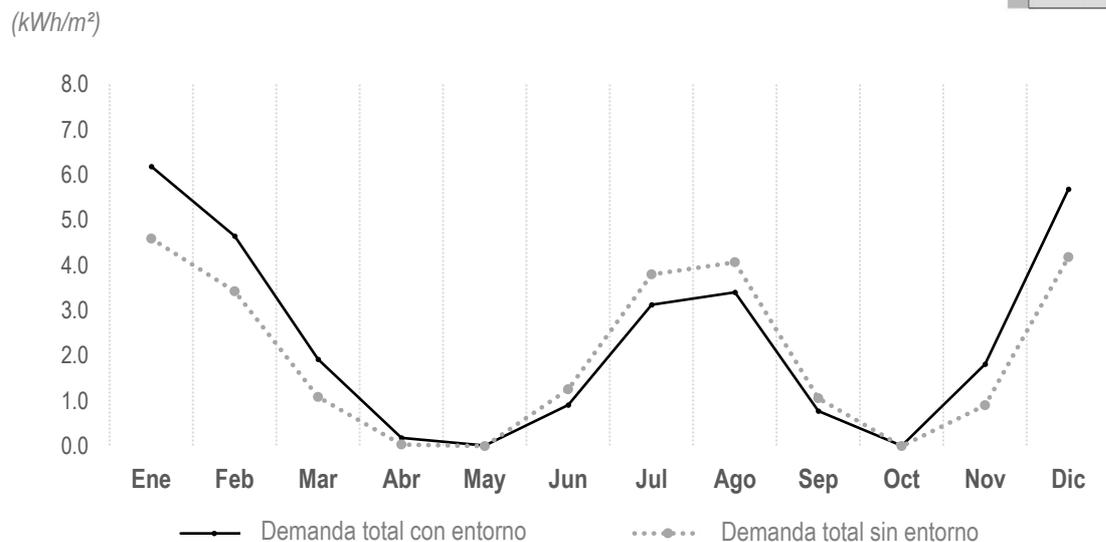
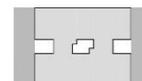


Figura 5.6 Demanda energética mensual tipología 1982, comparativa con entorno y sin entorno urbano

En el mes de enero, la demanda de calefacción disminuye 26% si no se considera entorno urbano. En cuanto al mes de julio, aumenta la demanda de refrigeración 21% sin considerar entorno.

Como síntesis del presente apartado de demanda energética a lo largo del año, vemos que, si no se considerara el entorno urbano en un análisis térmico, se estaría infravalorando la demanda de invierno y sobrevalorando la demanda de verano en todos los casos. Sin embargo, si consideramos la demanda anual, hay un porcentaje de influencia del entorno que puede ser influyente en algunas tipologías dependiendo de la familia morfológica en la cual se inserta.

5.3 Transferencia de calor a través de la envolvente

Luego del análisis de la demanda energética de las tipologías en el apartado anterior, a continuación, se presentará la distribución de la transferencia de calor de los cerramientos en kWh/m² de superficie construida. Como ya se ha comentado, la envolvente de los edificios -en este caso de vivienda- se conforma por acristalamiento, muro, suelo y cubierta.

En primer lugar, la figura 5.7 presenta gráficamente las transmitancias térmicas de los elementos que conforman la envolvente; junto con el balance energético anual de cada uno de ellos, obtenidos por la simulación en DesignBuilder. Cabe señalar que que en el apartado 5.3.2 se desarrollará cada elemento en invierno y verano.

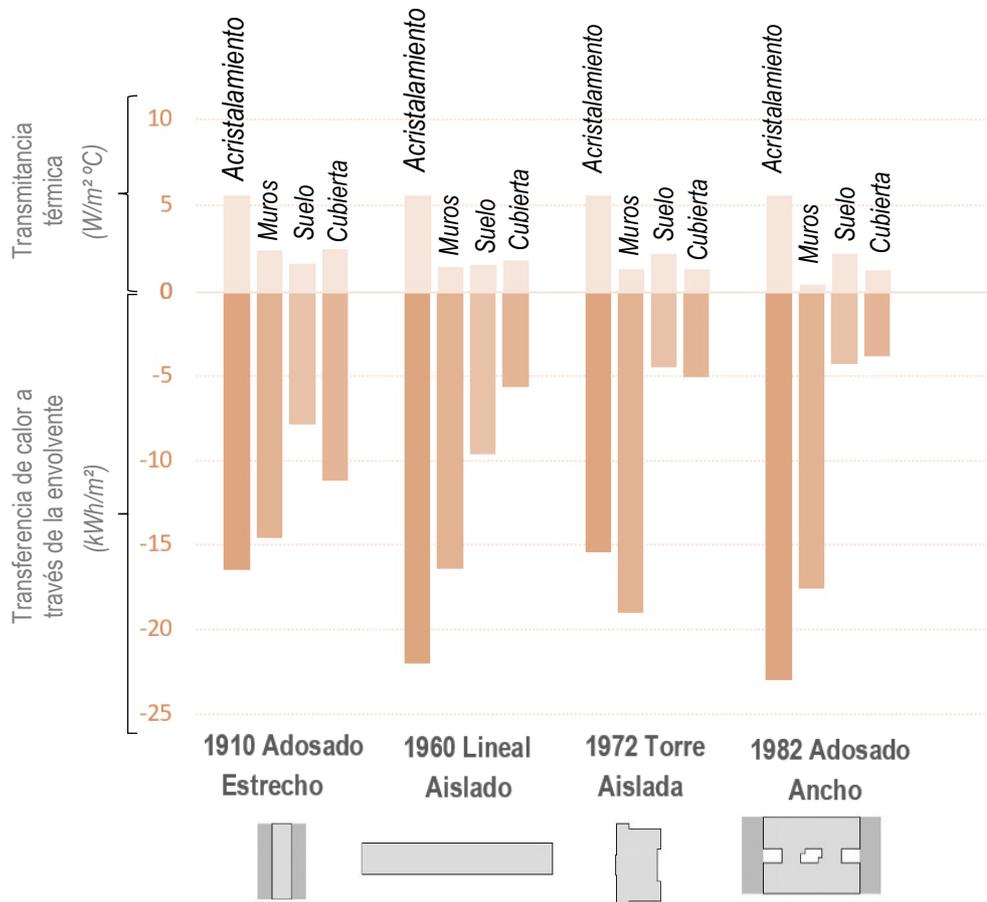


Figura 5.7 Transmitancia térmica (W/m² °C) y transferencia de calor anual (kWh/m²), de los elementos de la envolvente para cada tipología.

La relación no es lineal en todos los casos ya que la transferencia de calor a través de la envolvente depende de varios factores y de las características propias de cada tipología. Sin embargo, el tipo constructivo y con ello la transmitancia térmica de los elementos es influyente. En el caso de los muros, por ejemplo, si bien la transmitancia térmica va disminuyendo conforme los años de construcción, se observa que la tipología con menor transmitancia (1982) no es la que resulta con menos pérdidas a través de los muros, esto puede deberse a la repercusión de factores físicos, como patios interiores

5.3.1 Análisis anual

Para determinar la distribución de la transferencia de calor a través de la envolvente, en este apartado se analiza el total del año en kWh/m² de superficie construida comparativamente entre tipologías, como se muestran en la figura 5.8. Las variables analizadas son las ganancias solares, la Infiltración + ventilación, y el intercambio energético por transmisión total (suma de los elementos de la envolvente: acristalamiento, cubierta, muros y suelo).

SIMULACIÓN CON ENTORNO URBANO

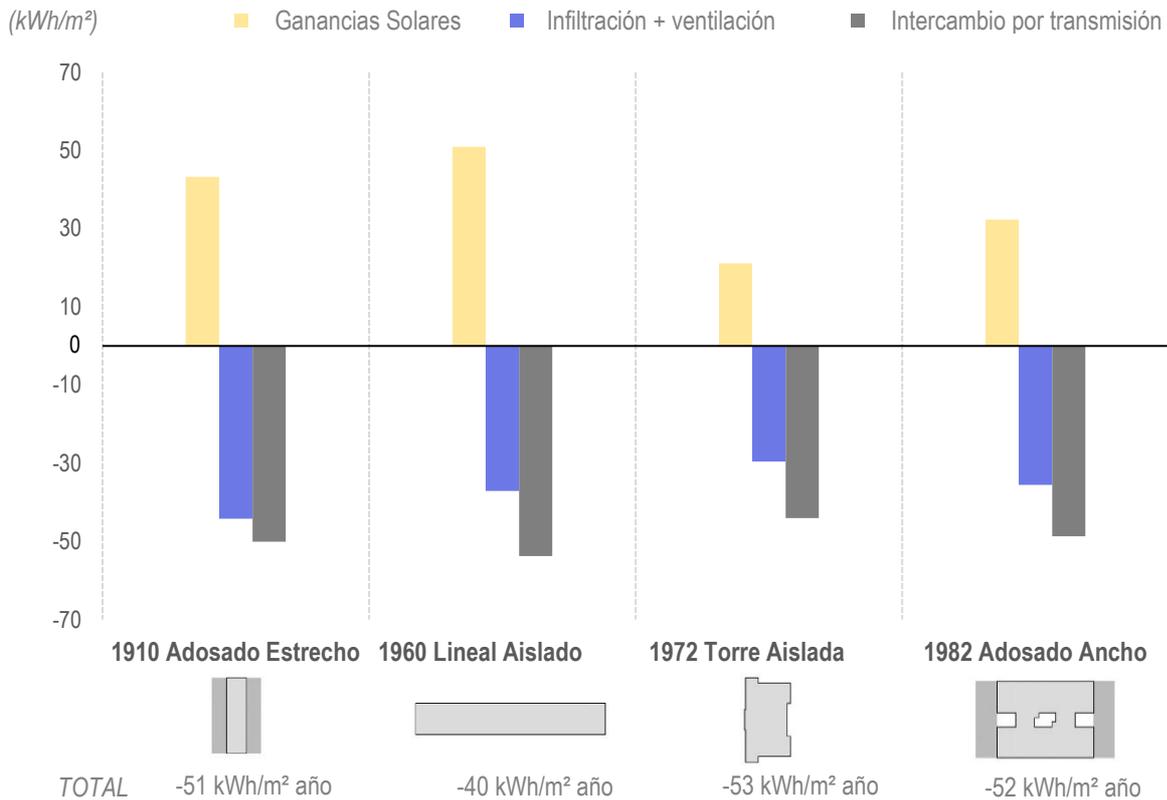


Figura 5.8 Transferencia de calor a través de la envolvente: Ganancia solares, Infiltración + Ventilación, y Transmitancia anual (incluye Intercambio térmico por transmisión del acristalamiento, cubierta, muros y suelo) en todas las tipologías.

Se observa que todas las tipologías tienen como resultado más pérdidas que ganancias energéticas por medio de la envolvente. La tipología que resulta con un balance más cercano a 0, es la Lineal Aislado (1960), con -40 kWh/ m² año, mientras que la tipología que queda con mayor pérdida es Torre Aislada (1972) con -53 kWh/ m² año.

Ganancias solares

No necesariamente se relacionan con el porcentaje vidriado, si no que depende en gran medida de las obstrucciones del entorno (dando por hecho que la orientación es igual para todas). Esto explica por qué el bloque Lineal Aislado (1960) que tiene el menor porcentaje de ventanas con un 19%, recibe las mayores ganancias solares equivalentes a 51 kWh/ m² año, ya que se ubica en un contexto urbano de amplios espacios abiertos y separación entre edificios.

En contraste, la tipología que recibe menos ganancias solares es la Torre Aislada (1972), la cual, al igual que el caso anterior también es parte de la familia morfológica aislada, pero en este caso su trama urbana es de edificaciones próximas que obstruyen la radiación solar. Si bien tiene un porcentaje de acristalamiento

similar al caso anterior, recibe menos de la mitad de ganancias solares con 21 kWh/ m² año. Por esto, es la tipología con mayores necesidades de calefacción anual.

Perdidas por infiltración y ventilación natural

Todas las tipologías tienen una permeabilidad al aire igual (0.7 de infiltración), la misma programación de ventilación y las mismas ventanas de vidrio simple con marco de madera, por lo tanto, en este punto podemos observar el peso que tiene la ventilación programada que se relaciona al porcentaje de acristalamiento de cada uno, el cual tiene una directa relación.

Intercambio térmico por transmisión

Las tipologías que más pierden por transmisión son las tipologías más antiguas, destacando el bloque Lineal Aislado (1960) con -54 kWh/ m² año.

En cambio, las tipologías que menos pierden por transmisión son las más recientes, destacando la Torre Aislada (1972), que pierde -44 kWh/ m² año, siendo un 20% menos respecto a bloque lineal (1960). Esta tipología tiene menores pérdidas incluso que la tipología post normas térmicas, debido a su alta compacidad y ningún patio interior.

SIMULACIÓN SIN ENTORNO URBANO

En la figura 5.9 se presentan los resultados comparativos de la transferencia de calor a través de la envolvente entre tipologías dentro del mismo periodo anual, incluyendo además los resultados de las mismas variables sin considerar el contexto urbano, ambas en kWh/m² de superficie construida. Cabe destacar, que para las tipologías adosadas se mantienen solo los volúmenes adiabáticos laterales en la simulación.

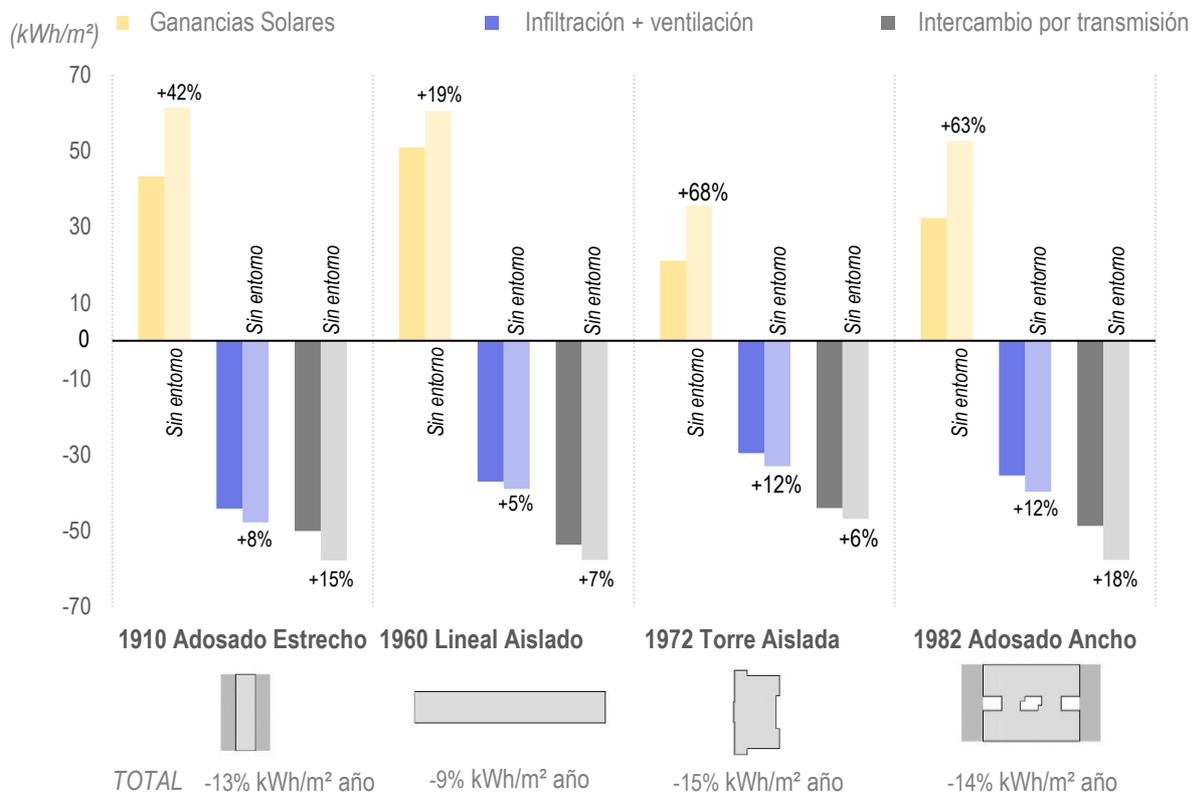


Figura 5.9 Transferencia de calor a través de la envolvente: Ganancia solares, Infiltración + Ventilación, y Transmitancia anual (incluye Intercambio térmico por transmisión del acristalamiento, cubierta, muros y suelo). Con entorno urbano, y sin entorno urbano en todas las tipologías.

Ganancias solares

La influencia del contexto en las ganancias solares es la más notoria, sobre todo en las dos últimas tipologías las cuales son las que tienen menor ganancia solar considerando el entorno. En el caso de la Torre Aislada (1972), las ganancias solares aumentaron un 68% pasando de 21 kWh/m² año a 36 kWh/ m² año. Mientras que el bloque Adosado Ancho (1982) aumenta un 63%, de 32 kWh/ m² año a 53 kWh/ m² año, ya que a pesar de estar inserta en una trama urbana entre medianeras, tiene mayor porcentaje de acristalamiento tomando en cuenta la superficie expuesta de fachada.

Por otro lado, la tipología con menor incidencia del contexto en las ganancias solares es el bloque Lineal Aislado (1960) con una variación del 20%, pasando de 51 kWh/ m² año a 61 kWh/ m² año. En comparación a la otra tipología con trama urbana aislada, su variación sin contexto es una tercera parte. Por lo cual se puede afirmar que las familias morfológicas no tienen relación directa con las ganancias solares, si no que afecta la particularidad del entorno de cada tipología.

Perdidas por infiltración y ventilación natural

El rango de variación con y sin contexto en todas las tipologías va desde un 5% a un 12%, siendo el bloque Lineal Aislado (1960) el que menos cambia, y el bloque Adosado Ancho (1982) el que más.

Intercambio térmico por transmisión

El porcentaje de aumento de pérdidas en el intercambio térmico de la envolvente sin entorno urbano es entre 6% a 18% respecto a los resultados con entorno.

La mayor incidencia se encuentra en las 2 tipologías con morfología adosada: Adosado Estrecho (1910) y Adosado Ancho (1982), las cuales que varían 15% y 18% respectivamente.

En cambio, las que resultan con menor influencia son las 2 tipologías con morfología aislada: Torre Aislada (1972) y Lineal Aislado (1960), las cuales que varían 6% y 7% respectivamente

En síntesis, considerar o no el entorno en la modelización influye sobre todo en el resultado de las ganancias solares que son muy considerables, llegando hasta un 68% de variación. Las cuales tienen relación con las obstrucciones específicas de cada tipología más que a la familia morfológica de su entorno urbano.

En cambio, el aumento de pérdidas en el Intercambio térmico por transmisión anual, si se vincula a la morfología urbana más que a las tipologías.

5.3.2 Análisis enero y julio por tipología

En este apartado las variables analizadas también son las ganancias solares, la Infiltración + ventilación, y el intercambio energético por transmisión, pero este último se divide en los elementos que conforman la envolvente (cubierta, muros, suelo y acristalamiento), para determinar la distribución de la transferencia de calor de los cerramientos para cada tipología, en el mes más frío (enero) y el mes más cálido (julio).

Luego, se grafica solo la magnitud del intercambio por transmisión de la envolvente en kWh/m² de superficie construida para cada mes.

Adosado estrecho

1910 | Eixample

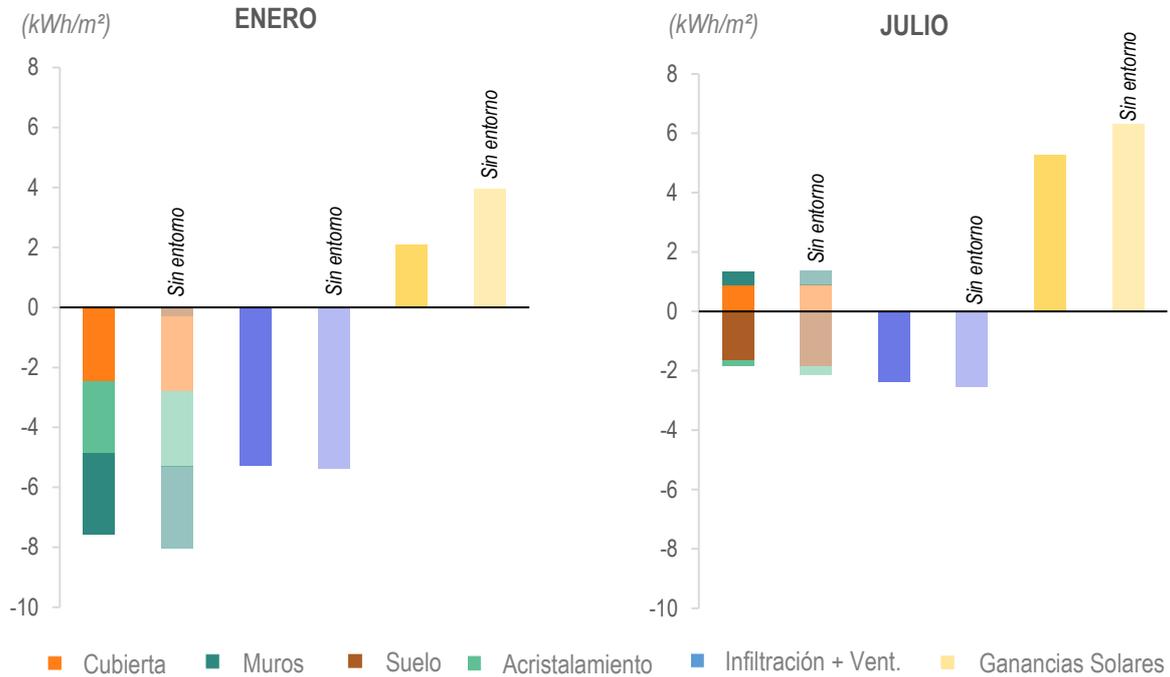


Figura 5.10 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero en tipología 1910, con entorno urbano y sin entorno urbano

Figura 5.12 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de julio en tipología 1910, con entorno urbano y sin entorno urbano

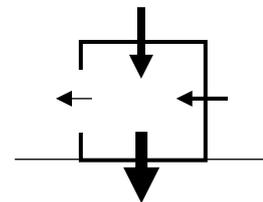
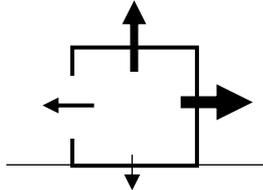


Figura 5.11 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente en enero tipología 1910 (no se tienen en cuenta las ganancias solares)

Figura 5.13 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente en julio tipología 1910 (no se tienen en cuenta las ganancias solares)

En enero, el componente más significativo en el Intercambio térmico por transmisión es el muro, con -2.7 kWh/m^2 considerando entorno y -2.8 kWh/m^2 sin entorno, pese a ser el elemento que menor influencia tiene del entorno (1%).

En julio, el componente más significativo en el Intercambio térmico por transmisión es el suelo, con -1.66 kWh/m^2 considerando entorno y -1.84 kWh/m^2 sin entorno, lo que equivale a un aumento de pérdidas en un 11%.

Las ganancias solares, aumentan al doble cuando no se considera el contexto debido al ángulo solar de este mes.

Las ganancias solares, aumentan 20% cuando no se considera el contexto, pasando de 5 kWh/m^2 a 6 kWh/m^2

Lineal aislado
1960 | Sant Martí

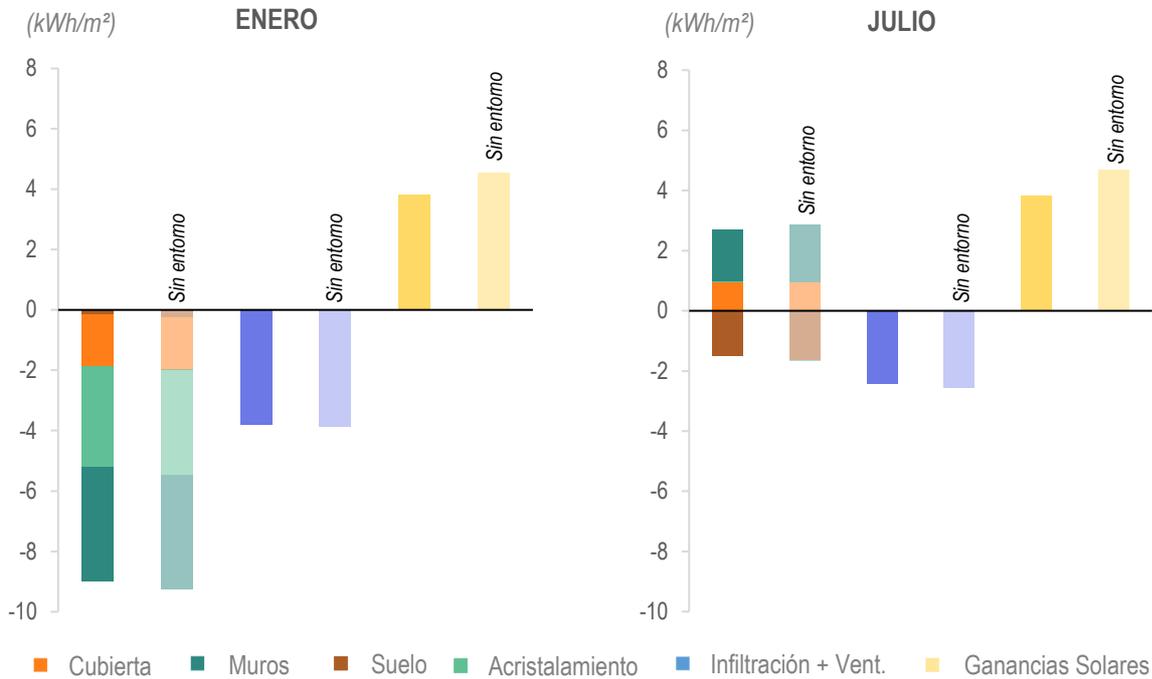


Figura 5.14 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero en tipología 1960, con entorno urbano y sin entorno urbano

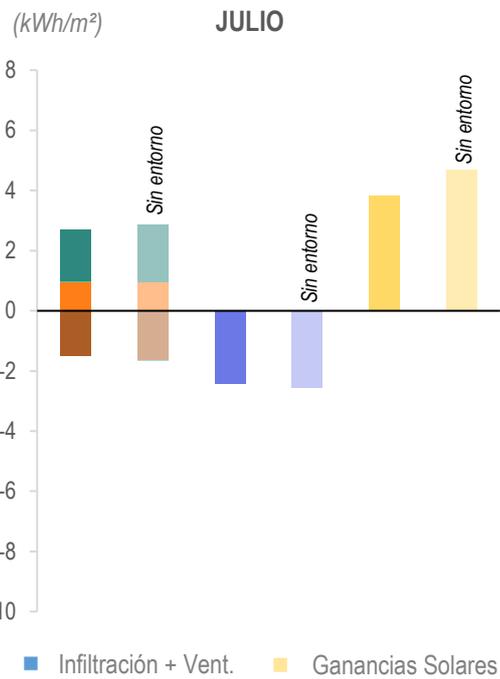


Figura 5.16 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de julio en tipología 1960, con entorno urbano y sin entorno urbano

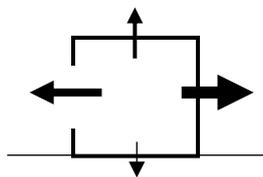


Figura 5.15 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente en enero tipología 1960 (no se tienen en cuenta las ganancias solares)

En enero, el componente más significativo en el Intercambio térmico por transmisión es el muro, con -3.8 kWh/m^2 considerando entorno, manteniéndose igual sin entorno.

Las ganancias solares, aumentan un 20% cuando no se considera entorno urbano.

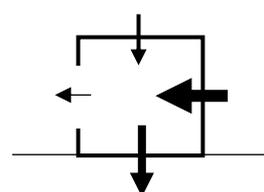


Figura 5.17 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente en julio tipología 1960 (no se tienen en cuenta las ganancias solares)

En julio, el componente más significativo del Intercambio térmico por transmisión son los muros, seguido por el suelo. El primero tiene ganancias de 2 kWh/m^2 y el segundo tiene pérdidas de -1.5 kWh/m^2 que aumentan 7% cuando no se considera el entorno

Las ganancias solares, aumentan un 20% sin entorno, aumentando 1 kWh/m^2 .

Torre aislada
1972 | Sarrià-Sant Gervasi

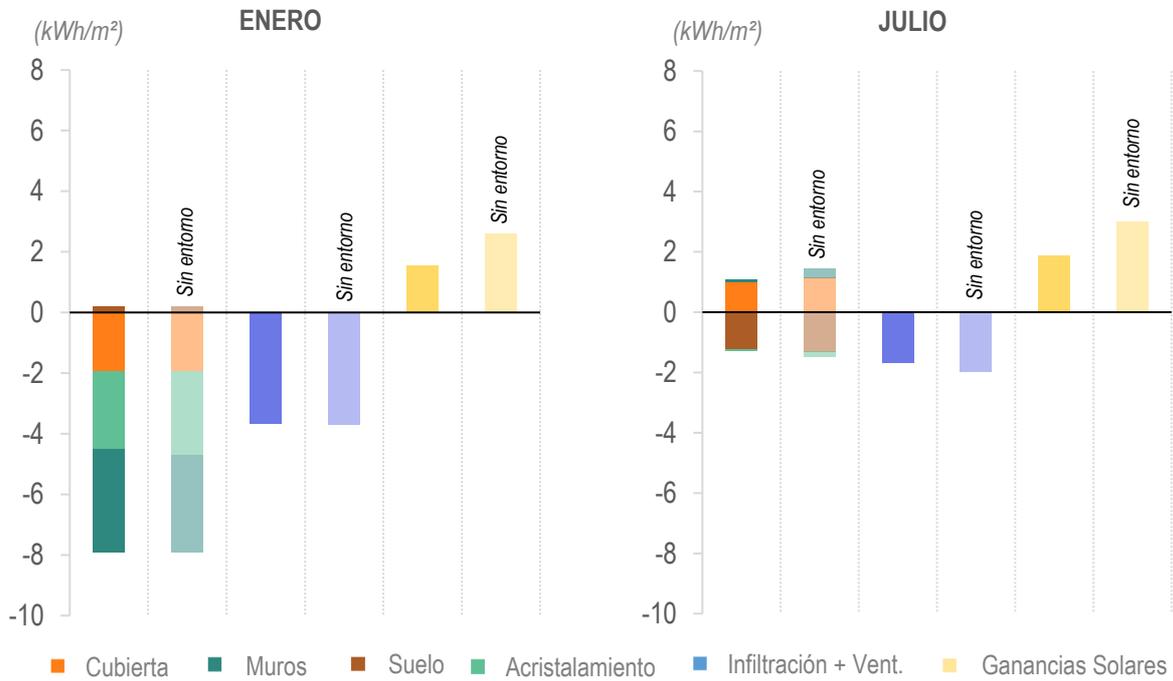


Figura 5.18 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1960

Figura 5.20 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de julio, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1960

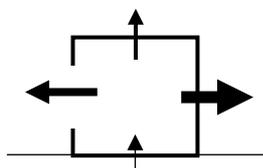


Figura 5.19 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1960

En enero, el componente más significativo en el Intercambio térmico por transmisión es el muro, con pérdidas de -3.4 kWh/m², que disminuyen 6% sin considerar entorno urbano.

Las ganancias solares, aumentan 69% cuando no se considera entorno urbano.

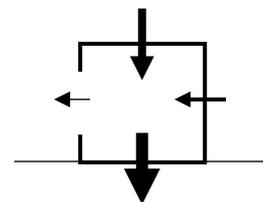


Figura 5.21 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1960

En julio, esta tipología es la que tiene menor intercambio térmico de la envolvente, siendo el componente más significativo en el Intercambio térmico por transmisión los muros, con pérdidas de -1.23 kWh/m², las cuales aumentan 7% sin considerar entorno.

Las ganancias solares, aumentan 60% cuando no se considera entorno urba

Adosado ancho
1982 | Eixample

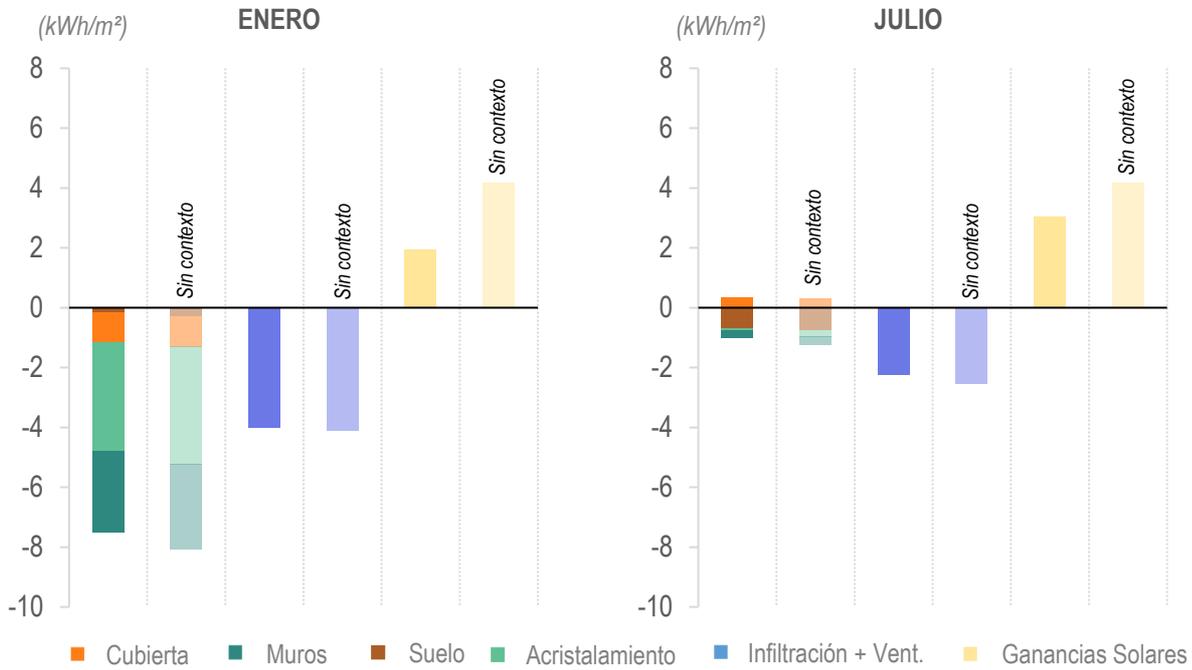
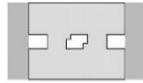


Figura 5.23 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1960

Figura 5.25 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1960

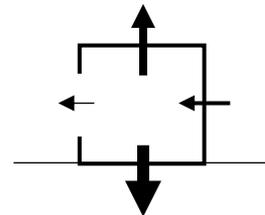
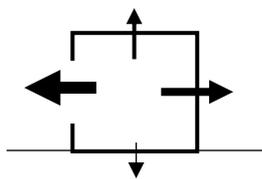


Figura 5.22 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1960

Figura 5.24 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1960

En enero, el componente más significativo en el Intercambio térmico por transmisión es el acristalamiento, con pérdidas de -3.6 kWh/m^2 que aumentan 8% sin considerar entorno urbano.

En julio, el componente más significativo del Intercambio térmico por transmisión es el suelo con -0.69 kWh/m^2 , que aumenta 9% sus pérdidas al no considerar entorno urbano.

Las ganancias solares se duplican cuando no se considera entorno urbano, pasando de 2 kWh/m^2 a 4 kWh/m^2 .

Las ganancias solares aumentan 37% cuando no se considera entorno urbano, pasando de 3 kWh/m^2 a 4.2 kWh/m^2 .

Síntesis general del análisis enero y julio por tipología

Los resultados de las simulaciones para ambos meses muestran que el orden de magnitud de la transferencia de calor en los elementos de la envolvente es variable.

Para el mes de enero, el Intercambio térmico por transmisión fue la variable más influyente en el balance de pérdidas y ganancias con el exterior, destacando principalmente los muros en todos los casos, exceptuando a la tipología post código térmico, que tuvo mayor influencia en el acristalamiento, siendo la tipología con mayor porcentaje de ventanas.

El rango de pérdidas por muro para todas las tipologías fue entre -2.7 kWh/m^2 y -3.79 kWh/m^2 , con una influencia del entorno urbano que no sobrepasó el 6% de diferencia sobre todo en las dos tipologías más recientes. Seguidamente, las pérdidas por el acristalamiento fueron entre -2.4 kWh/m^2 y 3.6 kWh/m^2 , con una influencia del contexto entre de 5% a 8%, siendo mayor en las dos tipologías más recientes.

En el mes de julio, las ganancias solares son la variable más influyente en el intercambio de calor con el exterior, y desde el punto de vista de la transmisión de los elementos de la envolvente, el suelo fue el elemento con mayor incidencia con pérdidas entre -0.69 kWh/m^2 a -1.66 kWh/m^2 , las cuales aumentaron entre un 7% a 11% cuando no se consideró entorno urbano (a excepción del bloque lineal (1960), que tuvo mayores pérdidas por los muros).

Por lo tanto, para los meses cálidos según lo observado en los casos de estudio, el suelo es uno de los elementos que disipa mayor calor, dependiendo de la transmitancia térmica más que en el grado de asentamiento de la edificación.

5.4 Posibles escenarios de intervención en base a la demanda de energía

Previo a las conclusiones generales de la presente investigación y en vista de los análisis térmicos desarrollados en apartados anteriores, se propone profundizar una de las tipologías estudiadas y plantear dos escenarios habituales en rehabilitación según el PMEB (2002) sobre lo construido.

Lo anterior, con el fin de aportar argumentos para la disminución de la demanda energética en una tipología determinada, en caso de futuras intervenciones.

La tipología edificatoria seleccionada fue el bloque Lineal aislado (1960), el cual es una de las tipologías que presentó importantes demandas energéticas, y que cuenta con una presencia importante tanto en Barcelona como en otras ciudades.

5.4.1 Escenarios propuestos

VENTANAS CON DOBLE VIDRIO

Se propone reemplazar las ventanas de vidrio simple a ventanas de vidrio doble con un marco de madera de menor transmitancia térmica, tal como muestra la figura 5.26.

Ventana actual

Elemento	Espesor [m]
VIDRIO SIMPLE, MARCO MADERA PINTADA	0.003
Transmitancia térmica [W/m²°C] 5.60	

↓

Ventana propuesta

Elemento	Espesor [m]
VIDRIO DOBLE 4/12/4 MARCO DE ROBLE	0.02
Transmitancia térmica [W/m²°C] 2.80	

Figura 5.26 Transmitancia térmica de la ventana actual y propuesta

AISLAMIENTO EXTERIOR EN MUROS

Se propone aislar térmicamente los muros al exterior como muestra la figura 5.27, para eliminar puentes térmicos entre pisos y no intervenir las áreas útiles interiores.

Muro actual

Elemento	Espesor [m]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Resistencia térmica [m ² °C/W]
REVOCO	0.01	0.18	0.06
LADRILLO PERFORADO	0.15		0.21
CAMARA DE AIRE	0.03		0.17
LADRILLO HUECO SENCILLO	0.05		0.09
ENLUCIDO	0.01	0.57	0.02
	0.77		0.17 <i>Rsi+Rse</i>
			0.71

Transmitancia térmica [W/m ² °C]	1.40
---	-------------



Muro propuesto

Elemento	Espesor [m]	Conductividad térmica λ [W/m°C]	Resistencia térmica [m ² °C/W]
REVESTIMIENTO MINERAL	0.01	0.22	0.01
MORTERO TERMICO	0.03	0.05	0.80
LADRILLO PERFORADO	0.15		0.21
CAMARA DE AIRE	0.03		0.17
LADRILLO HUECO SENCILLO	0.05		0.09
ENLUCIDO	0.01	0.57	0.02
	0.28		0.17 <i>Rsi+Rse</i>
			1.46

Transmitancia térmica [W/m ² °C]	0.68
---	-------------

Figura 5.27 Transmitancia térmica del muro actual y propuesto

5.4.2 Demanda Anual

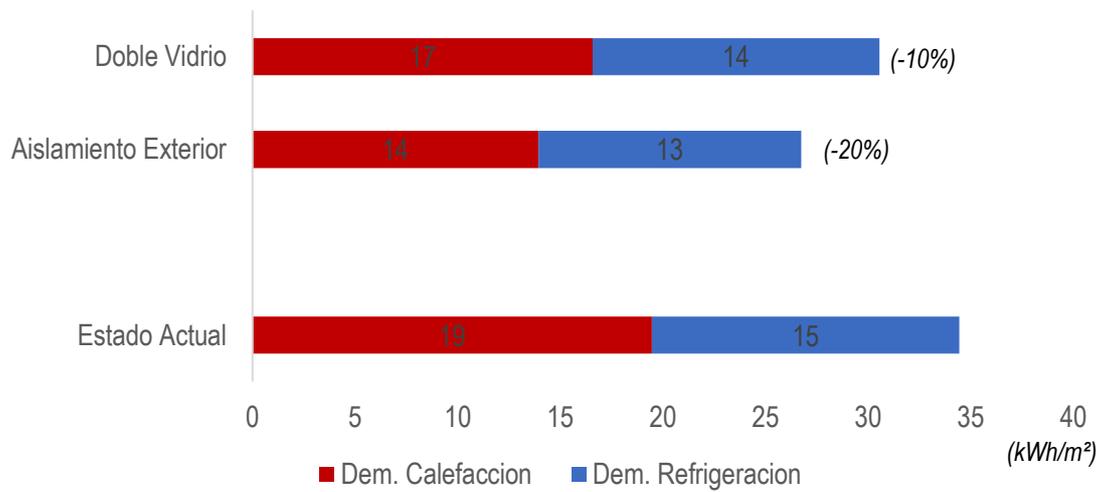


Figura 5.28 Comparativa de la demanda anual para las propuestas y el estado actual

Ambas propuestas disminuyen la demanda total anual, siendo el escenario con aislamiento exterior el que disminuye más llegando a un 20% (detalle de demanda en anexos).

5.4.3 Intercambio térmico por transmisión por acristalamiento

VENTANAS CON DOBLE VIDRIO

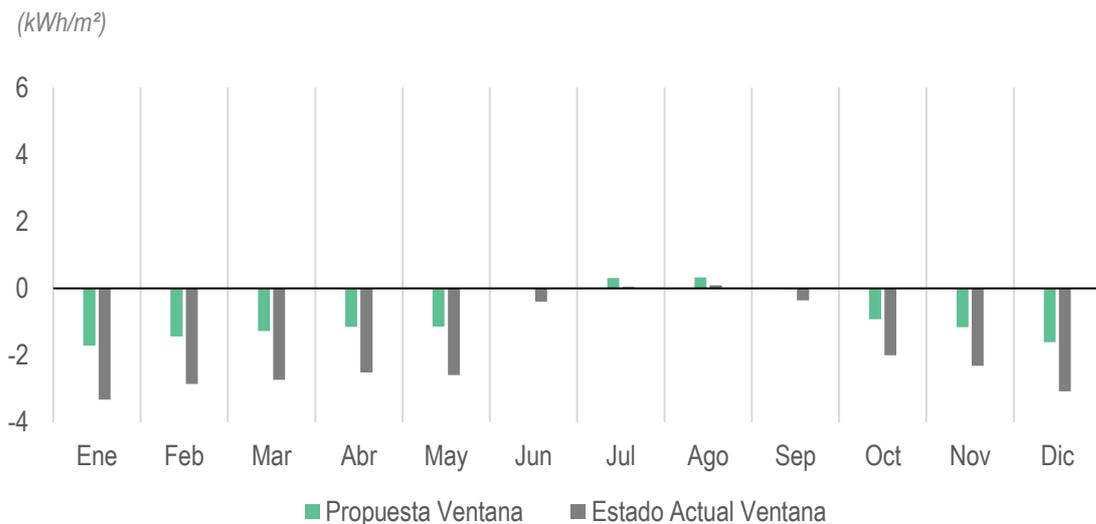


Figura 5.29 Transferencia de calor a través del acristalamiento. Comparativa entre propuesta de ventana y ventana actual

La figura 5.29 muestra que las pérdidas disminuyen a la mitad en los meses fríos. En cambio, en julio y agosto se produce una ganancia de hasta 0.33 kWh/m² mes, que eran cercanas a 0 kWh/m² mes en el estado actual.

AISLAMIENTO EXTERIOR EN MUROS

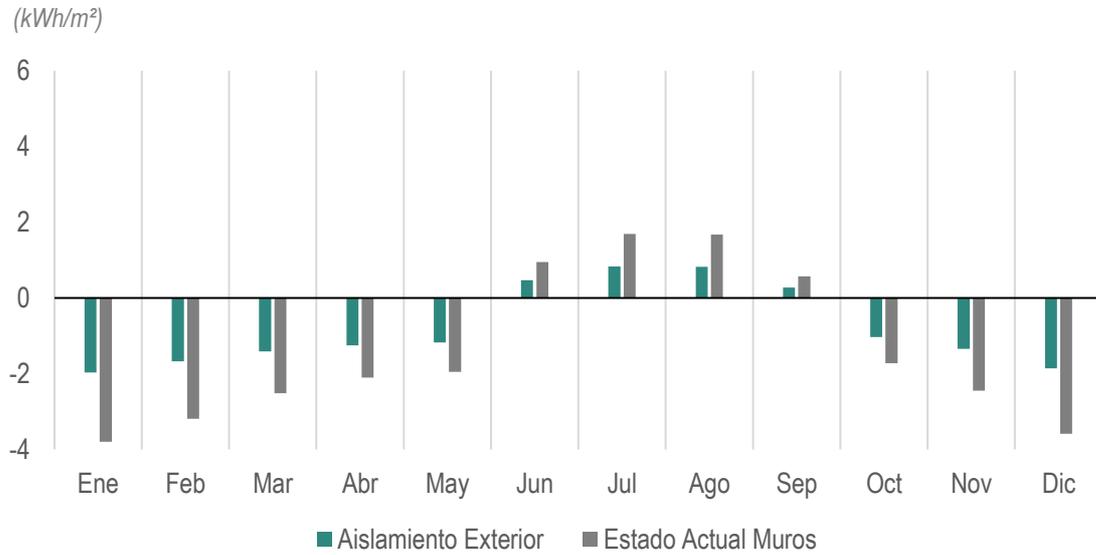


Figura 5.30 Transferencia de calor a través del acristalamiento. Comparativa entre propuesta de ventana y ventana actual

En la figura 5.30 se puede observar que las pérdidas disminuyen a la mitad en la mayoría de los meses del año, tanto en temporada fría como cálida.

Si bien ambas propuestas disminuyen la demanda energética, la propuesta de aislamiento exterior disminuye un 10% más que la propuesta de doble vidrio. En los meses de invierno, ambas reducen a la mitad las pérdidas en cuanto a la transferencia de calor a través del elemento modificado (vidrio y muro respectivamente). Sin embargo, en los meses de verano se producen ganancias en la propuesta de doble acristalamiento y se reducen las pérdidas por muros en la propuesta de aislamiento exterior.

6. CONCLUSIONES

La demanda energética anual para las 4 tipologías estudiadas, se relaciona directamente con su tipología constructiva, independiente de su entorno urbano y particularidades formales. A mayor antigüedad de la tipología, mayor es su demanda anual, y a menor antigüedad, menor es su demanda anual. En cambio, las demandas específicas de calefacción y refrigeración no responden a este orden cronológico necesariamente, si no que en esos casos influye mayormente el contexto y la forma de cada tipología.

La morfología urbana influye de forma variable en la demanda energética interior de las tipologías edificatorias, según la familia morfológica en la cual se localizan. Las tipologías ubicadas en tejidos morfológicos de bloques adosados -en especial la de mayor ancho de fachada- tienen una influencia considerable en su demanda interna. Mientras que las tipologías ubicadas en tejidos morfológicos de edificación aislada no tienen una influencia sustantiva.

Esta misma relación de influencia morfológica se observó también en el intercambio térmico por transmisión de la envolvente, la cual es mayor en las tipologías de bloques adosados.

En cuanto al balance energético total a través de la envolvente, desde un punto de vista global se comprobó que, a diferencia de la demanda energética total, no tiene relación directa con las tipologías constructivas, si no que en este punto influyen otras variables como las particularidades del entorno y características geométricas de las tipologías que condicionan ciertos elementos que conforman la envolvente, más que en valores generales.

Se concluye que es importante tener en cuenta un enfoque morfológico en los análisis térmicos ya que si no se considera el entorno urbano se estaría infravalorando la demanda de invierno y sobrevalorando la demanda de verano en todos los casos. Además, el entorno urbano influye sobre todo en el resultado de las ganancias solares que son muy considerables, las cuales además responden a las particularidades de los tejidos y obstrucciones específicas de cada tipología.

Finalmente, los análisis anteriores posibilitan la evaluación de las tipologías constructivas vinculadas a su entorno, proporcionando información que puede ser utilizada en un futuro para optar por ciertas estrategias de intervención en una tipología particular. No obstante, hay múltiples variables que se pueden seguir desarrollando considerando el potencial de los sectores urbanizados y los vínculos a diferentes escalas que ahí se generan.

6. REFERENCIAS

6.1 Listado de figuras

Figura 1.1 Cuota mundial de energía final de edificios y construcción (“2020 Global status report for buildings and construction”)

Figura 2.1 Grados de compacidad de un Edificio (Serra y Coch ,1995. *Arquitectura y energía natural*)

Figura 2.2 Grados de asentamiento de un Edificio (Serra y Coch ,1995. *Arquitectura y energía natural*)

Figura 2.3 Grados de adosamiento de un Edificio (Serra y Coch ,1995. *Arquitectura y energía natural*)

Figura 3.1 Radiación Media Diaria por Orientación en Barcelona

Figura 3.2 Estereográfico

Figura 3.3 Tejidos residenciales plurifamiliares en Barcelona (Elaboracion propia sobre plano de Plan director Urbanístico Metropolitano (PDU))

Figura 3.4 Tipologías de vivienda en Barcelona (Barcelona Regional amb dades del Cadastre i les tipologies del Pla Energètic de Barcelona)

Figura 3.5 Resumen tipologías

Figura 3.6 Representatividad tipologías

Figura 4.1 Tramas urbanas escogidas por barrio, destacando el fragmento de tejido de los casos de estudio, dentro de Barcelona

Figura 4.2 Muestra de tejidos urbanos seleccionados y sus familias morfológicas

Figura 4.3 Tipología edificatoria 1910 | Adosado de fachada estrecha en su entorno morfológico cercano y años de construcción del entorno

Figura 4.4 Tipología edificatoria 1960 | Lineal aislado en su entorno morfológico cercano y años de construcción del entorno

Figura 4.5 Tipología edificatoria 1972 | Torre aislada en su entorno morfológico cercano y años de construcción del entorno

Figura 4.6 Tipología edificatoria 1982 | Adosado de fachada ancha en su entorno morfológico cercano y años de construcción del entorno

Figura 4.7 Línea de tiempo de los casos de estudio en conjunto con las normas térmicas influyentes en España.

Figura 4.8 Planta tipología

(Elab. Propia en base a planos de archivo contemporáneo)

Figura 4.9 Tipología dentro de la manzana

Figura 4.10 Fotografías del caso de estudio

Figura 4.11 Esquema de características geométricas

Figura 4.12 Transmitancia térmica de los componentes de la envolvente

Figura 4.13 Planta tipología (Elab. Propia en base a planos de archivo contemporáneo)

Figura 4.14 Tipología dentro de la manzana

Figura 4.15 Fotografías del caso de estudio

Figura 4.16 Esquema de características geométricas

Figura 4.17 Transmitancia térmica de los componentes de la envolvente

Figura 4.18 Planta tipología (Elab. Propia en base a planos de archivo contemporáneo)

Figura 4.19 Tipología dentro de la manzana

Figura 4.20 Fotografías del caso de estudio

Figura 4.21 Esquema de características geométricas

Figura 4.22 Transmitancia térmica de los componentes de la envolvente

Figura 4.23 Planta tipología (Elab. Propia en base a planos de archivo contemporáneo)

Figura 4.24 Tipología dentro de la manzana

Figura 4.25 Fotografías del caso de estudio

Figura 4.26 Esquema de características geométricas

Figura 4.27 Transmitancia térmica de los componentes de la envolvente

Figura 4.28 Imágenes de los modelos digitales con entorno urbano

Figura 4.29 Imágenes de los modelos digitales sin entorno urbano

Figura 5.1 Comparativa de la demanda anual incluyendo entorno urbano en todas las tipologías

Figura 5.2 Comparativa de la demanda anual con entorno y sin entorno urbano en todas las tipologías

Figura 5.3 Demanda energética mensual tipología 1910, comparativa con entorno y sin entorno urbano

Figura 5.4. Demanda energética mensual tipología 1960, comparativa con entorno y sin entorno urbano

Figura 5.5 Demanda energética mensual tipología 1972, comparativa con entorno y sin entorno urbano

Figura 5.6 Demanda energética mensual tipología 1982, comparativa con entorno y sin entorno urbano

Figura 5.7 Transmitancia térmica ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$) y transferencia de calor anual (kWh/m^2), de los elementos de la envolvente para cada tipología.

Figura 5.8 Transferencia de calor a través de la envolvente: Ganancia solares, Infiltración + Ventilación, y Transmitancia anual (incluye Intercambio térmico por transmisión del acristalamiento, cubierta, muros y suelo) en todas las tipologías.

Figura 5.9 Transferencia de calor a través de la envolvente: Ganancia solares, Infiltración + Ventilación, y Transmitancia anual (incluye Intercambio térmico por transmisión del acristalamiento, cubierta, muros y suelo).

Con entorno urbano, y sin entorno urbano en todas las tipologías.

Figura 5.10 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1910

Figura 5.11 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1910

Figura 5.12 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1910

Figura 5.13 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1910

Figura 5.14 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1960

Figura 5.15 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1960

Figura 5.16 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1960

Figura 5.17 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1960

Figura 5.18 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1960

Figura 5.19 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1960

Figura 5.20 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1960

Figura 5.21 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1960

Figura 5.22 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1960

Figura 5.23 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1960

Figura 5.24 Transferencia de calor a través de la envolvente para el mes de enero, con entorno urbano y sin entorno urbano. Tip. 1960

Figura 5.25 Esquema de magnitud del intercambio por transmisión en la envolvente (no se tienen en cuenta las ganancias solares) Tip. 1960

Figura 5.26 Transmitancia térmica de la ventana actual y propuesta

Figura 5.27 Transmitancia térmica del muro actual y propuesto

Figura 5.28 Comparativa de la demanda anual para las propuestas y el estado actual

Figura 5.29 Transferencia de calor a través del acristalamiento. Comparativa entre propuesta de ventana y ventana actual

Figura 5.30 Transferencia de calor a través del acristalamiento. Comparativa entre propuesta de ventana y ventana actual

6.2 Bibliografía

Aguacil S, Lufkin S, Rey E, Cuchi A. (2017) "Application of the cost-optimal methodology to urban renewal projects at the territorial scale based on statistical data—A case study in Spain".

AMB "Área Metropolitana de Barcelona.

Aymonino, C. (1972) "Orígenes y desarrollo de la ciudad moderna".

Ballarini, I., Corgnati, S. P., & Corrado, V. (2014). "Use of reference buildings to assess the energy saving potentials of the residential building stock: The experience of TABULA Project".

BPIE (2021) "Buildings Performance Institute Europe".

Crosas, C (2015) "Metropolis Barcelona, Área Metropolitana Barcelona".

Curreli, A. (2015) "El acceso solar a la escala del tejido urbano: el enfoque morfológico y el método comparativo aplicados al caso de Barcelona" Tesis doctoral UPC.

Font Arellano, A. (1997). "Anatomía de una metrópoli discontinua: la Barcelona metropolitana". Papers. Regió Metropolitana de Barcelona.

Garcia, S. et al (2014) "Environmental assessment at the urban level combining LCA-GIS methodologies: A case study of energy retrofits in the Barcelona metropolitan area".

Gausa, M. (2021) "Barcelona: Cohesión y división en la evolución (geo)urbana de una ciudad ambivalentemente compacta".

Global status report for buildings and construction (2020). Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector. United Nations Environment Programme. GlobalABC). <https://globalabc.org/news/launched-2020-global-status-report-buildings-and-construction>.

Miret, N. Serra, P. (2013) "El papel de la inmigración extranjera en el cambio social y urbano del Besòs i el Maresme, un barrio periférico de Barcelona. Interrogaciones a partir de un estudio exploratorio".

Moudon, A. V. (1997): "Urban morphology as an emerging interdisciplinary field".

MUHBA .Ajuntament de Barcelona (2016). "Pla especial urbanistic per a l'ordenació dels Establiments d'allotjament turistic, albergs de Joventut, residencies col.lectives d'allotjament temporal y habitatges d'ús turistic a la ciutat de Barcelona"
<https://ajuntament.barcelona.cat/museuhistoria/cartahistorica/index.html?lang=es#map=13.263400366141585/240089.23/5069579.76/1956/0/0/0/0>

Naciones Unidas. "Accion por el clima: Las ciudades y la contaminación contribuyen al cambio climático".<https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/cities-pollution>

Oliveira,V (2016) "Urban Morphology", Springer International Publishing.

Owens, S. (1992). "Energy, environmental sustainability and land-use planning. In Sustainable development and urban form". London: Pion.

Owens, S (1986). "Energy, planning and urban form".

PECQ (2020) "Estudi Tècnic rehabilitació energètica edificis a Barcelona". Agencia d' energia Barcelona.

PECQ (2020) "Propostes a la rehabilitació energètica d'habitatges a Barcelona. Estudi Tècnic" .Agencia d' energia Barcelona.

PMEB (2002) "Pla de Millora Energètica de Barcelona".

Rode, P. Keim,C. Robazza, G et. al (2014) "Cities and Energy Urban Morphology and Residential Heat-Energy Demand". London School of Economics.

Rossi, A (1955). "Consideraciones sobre la morfología urbana y la tipología de la construcción".

Sánchez, N. (2007 – 2013). "TFM Evolución de la segregación espacial en Barcelona Análisis y políticas urbanas". UPC.

Sendra, JJ. Et al. (2011) "Proyecto de investigación "eficacia" ". Instituto universitario de Arquitectura y ciencias de la construcción de la universidad de Sevilla (IUACC).

Serra, R., H. Coch, (1995). "Arquitectura y energía natura", Edicions UPC, Barcelona.

Steadman, R.G. (1979) "The Assessment of Sultriness: Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. Journal of Applied Meteorology".

World Cities Report (2022). by United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

PAGINAS WEB

Página web: Ajuntament Barcelona: <https://ajuntament.barcelona.cat/sarria-santgervasi/es/el-distrito-y-sus-barrios/les-tres-torres/historia-de-las-tres-torres>

Página web RAE: <https://dle.rae.es/tipología>

Página web Catalunya: <https://www.catalunya.com/barcelona>

Página web instituto cartográfico y geológico de Cataluña <http://www.icc.cat/appdownloads/?c=dlftopo1m>

7. ANEXOS

Tabla resumen: Tipologías, superficies y energía

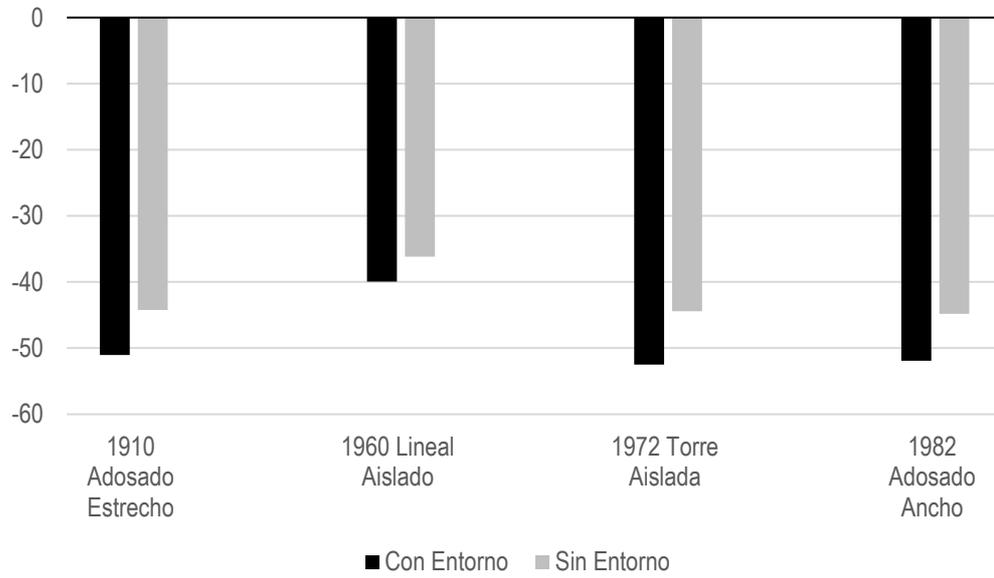
	1910 Adosado Estrecho <i>1870 - 1939 (H3 - H4)</i>	1960 Lineal Aislado <i>1940 - 1979 (H5 - H6)</i>	1972 Torre Aislada <i>1940 - 1979 (H5 - H6)</i>	1982 Adosado Ancho <i>1980 - 2000 (H7)</i>
Demanda energética anual (kWh/m² año)				
Demanda Refrigeración	18	15	8	8
Demanda Calefacción	25	19	24	20
Demanda total	43	34	32	29
Transferencia de calor a través de la envolvente (kWh/m² año)				
Acristalamiento	-16	-22	-15	-23
Muros	-15	-16	-19	-18
Suelo	-8	-10	-4	-4
Cubierta	-11	-6	-5	-4
	-50	-54	-44	-49
Infiltración + ventilación	-44	-37	-30	-36
Ganancias Solares	43	51	21	32
Total	-51	-40	-53	-52
Transmitancia térmica (W/m² °C)				
Acristalamiento	5.60	5.60	5.60	5.60
Muros	2.42	1.46	1.33	0.43
Suelo	1.63	1.55	2.23	2.23
Cubierta	2.50	1.82	1.34	1.29
Superficies (m²)				
Superficie construida	814	4,162	2,692	5,403
Superficie global	1,594	4,099	3,176	5,255
% vidrio	28%	19%	20%	31%

Demanda energética (kWh/m² año)

DEMANDA								
	1910 Adosado Estrecho		1960 Lineal Aislado		1972 Torre Aislada		1982 Adosado Ancho	
	CON CONTEXTO	SIN CONTEXTO	CON CONTEXTO	SIN CONTEXTO	CON CONTEXTO	SIN CONTEXTO	CON CONTEXTO	SIN CONTEXTO
Demanda refrigeración	-14,662	-16,591	-62,342	-70,667	-20,635	-28,973	-44,453	-54,992
Demanda Calefacción	20,342	15,790	81,048	73,622	65,156	52,473	110,550	76,938
/M2								
	1910 Adosado Estrecho		1960 Lineal Aislado		1972 Torre Aislada		1982 Adosado Ancho	
	CON CONTEXTO	SIN CONTEXTO	CON CONTEXTO	SIN CONTEXTO	CON CONTEXTO	SIN CONTEXTO	CON CONTEXTO	SIN CONTEXTO
Demanda Refrigeración	18	20	15	17	8	11	8	10
Demanda Calefacción	25	19	19	18	24	19	20	14
	43.0	39.8	34.5	34.7	31.9	30.3	28.7	24.4
	18.0	20.4	15.0	17.0	7.7	10.8	8.2	10.2
	25.0	19.4	19.5	17.7	24.2	19.5	20.5	14.2

Tabla resumen anual demanda energética

Balance transferencia de calor en envolvente (kWh/m^2 año)
Total (sumando ganancias, infiltración, ventilación, intercambio por transmisión, etc)



Transferencia de calor en envolvente (kWh/m² año)**Detalle**

ANUAL

	1910	1960	1972	1982
Acristalamiento	-16.49	-22.04	-15.46	-23.00
Muros	-14.61	-16.42	-19.06	-17.60
Suelo	-7.85	-9.60	-4.47	-4.31
Cubierta	-11.16	-5.67	-5.07	-3.82
Infiltracion + ventilacion	-44.23	-37.10	-29.56	-35.51
Ganancias Solares	43.28	50.91	21.10	32.32
TOTAL	-51.06	-39.91	-52.51	-51.91

ENERO

	1910	1960	1972	1982
Acristalamiento	-2.37	-3.33	-2.56	-3.62
Muros	-2.72	-3.79	-3.39	-2.71
Suelo	0.03	-0.14	0.21	-0.15
Cubierta	-2.49	-1.73	-1.94	-1.01
Infiltracion + ventilacion	-5	-4	-4	-4
Ganancias Solares	2	4	2	2
TOTAL	-10.74	-9.00	-9.79	-9.56

JULIO

	1910	1960	1972	1982
Acristalamiento	-0.19	0.04	-0.05	-0.08
Muros	0.47	1.70	0.07	-0.23
Suelo	-1.66	-1.52	-1.23	-0.69
Cubierta	0.88	0.96	1.01	0.35
Infiltracion + ventilacion	-2	-2	-2	-2
Ganancias Solares	5	4	2	3
TOTAL	2.41	2.59	0.01	0.15

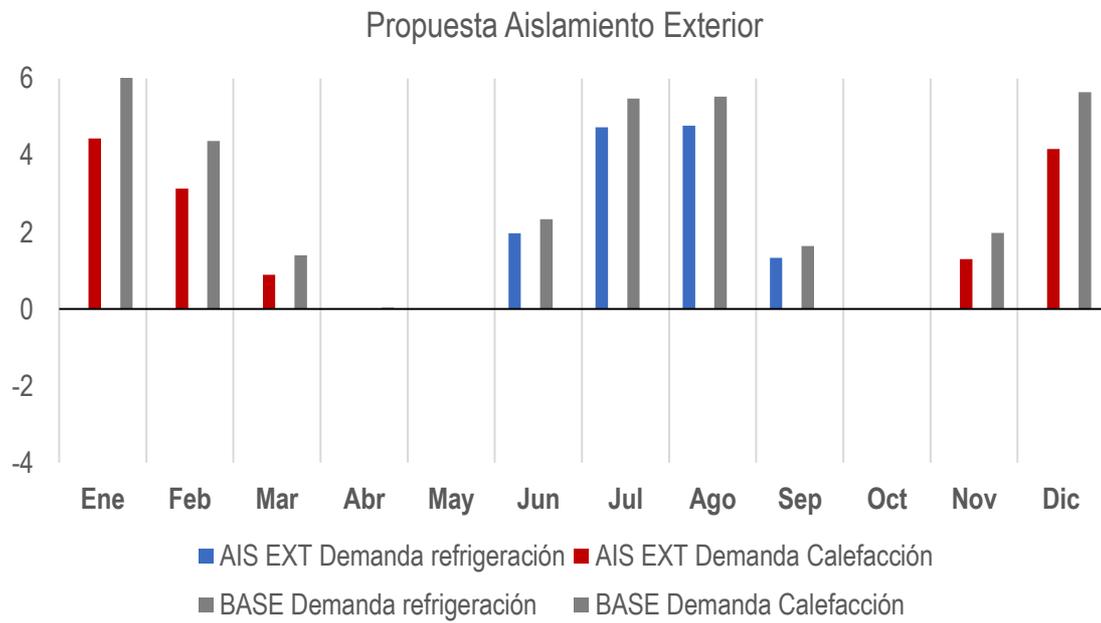
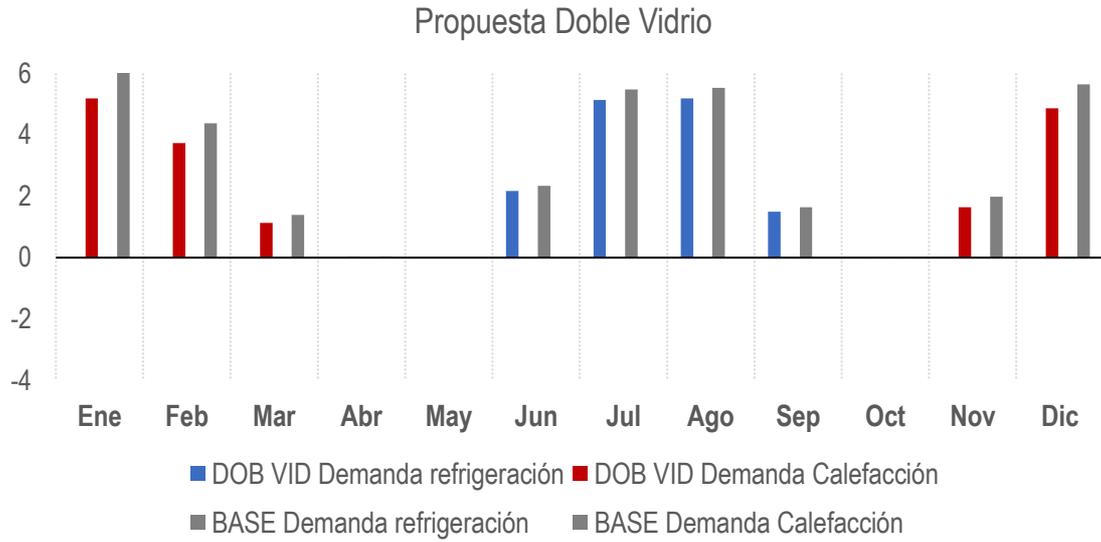
Tabla resumen anual, enero y febrero de transferencia de calor a través del acristalamiento para todas las tipologías, con contexto (C/C) y sin contexto (S/C).

(kWh/m² año)

	Eixample 1910 m² 814			S.O Besós 1960 m² 4,162				
	CON Contexto	SIN Contexto	% Variacion	CON Contexto	SIN Contexto	% Variacion		
Acristalamiento	-13,411	-15,394	115	-91,734	-101,124	110		
Muros	-11,885	-12,776	107	-68,337	-68,029	100		
Suelo	-6,383	-9,526	149	-39,938	-46,268	116		
Cubierta	-9,081	-9,356	103	-23,588	-24,876	105		
Infiltracion + ventilacion	-35,984	-38,908	108	-154,387	-162,160	105		
Ganancias Solares	35,209	49,973	142	211,883	251,884	119		
	-40,760	-47,051	115					
/ m²								
	1910 Adosado Estrecho C/C	1910 Adosado Estrecho S/C	Dif	% Variacion	1960 Lineal Aislado C/C	1960 Lineal Aislado S/C	Dif	% Variacion
Acristalamiento	-16	-19	-2	15	-22	-24	-2	10
Muros	-15	-16	-1	7	-16	-16	0	0
Suelo	-8	-12	-4	49	-10	-11	-2	16
Cubierta	-11	-12	0	3	-6	-6	0	5
Infiltracion + ventilacion	-44	-48	-4	8	-37	-39	-2	5
Ganancias Solares	43	61	18	42	51	61	10	19
	-51.1	-44.2			-40	-36		
	Sarriá 1972 m² 2,692			Eixample 1982 m² 5,403				
	CON Contexto	SIN Contexto	% Variacion	CON Contexto	SIN Contexto	% Variacion		
Acristalamiento	-41,610	-51,287	123	-124,255	-149,803	121		
Muros	-51,296	-49,647	97	-95,082	-108,439	114		
Suelo	-12,036	-13,490	112	-23,262	-30,655	132		
Cubierta	-13,637	-11,801	87	-20,662	-22,981	111		
Infiltracion + ventilacion	-79,564	-88,938	112	-191,843	-214,583	112		
Ganancias Solares	56,802	95,589	168	174,653	284,266	163		
/ m²								
	1972 Torre Aislada C/C	1972 Torre Aislada S/C	Dif	% Variacion	1982 Adosado Ancho C/C	1982 Adosado Ancho S/C	Dif	% Variacion
Acristalamiento	-15	-19	-4	23	-23.0	-28	-5	21
Muros	-19	-18	1	-3	-17.6	-20	-2	14
Suelo	-4	-5	-1	12	-4.3	-6	-1	32
Cubierta	-5	-4	1	-13	-3.8	-4	0	11
Infiltracion + ventilacion	-30	-33	-3	12	-35.5	-40	-4	12
Ganancias Solares	21	36	14	68	32.3	53	20	63
	-53	-44			-52	-45		

Tabla resumen anual (kWh/m² año) de transferencia de calor a través del acristalamiento para todas las tipologías, con contexto (C/C) y sin contexto (S/C).

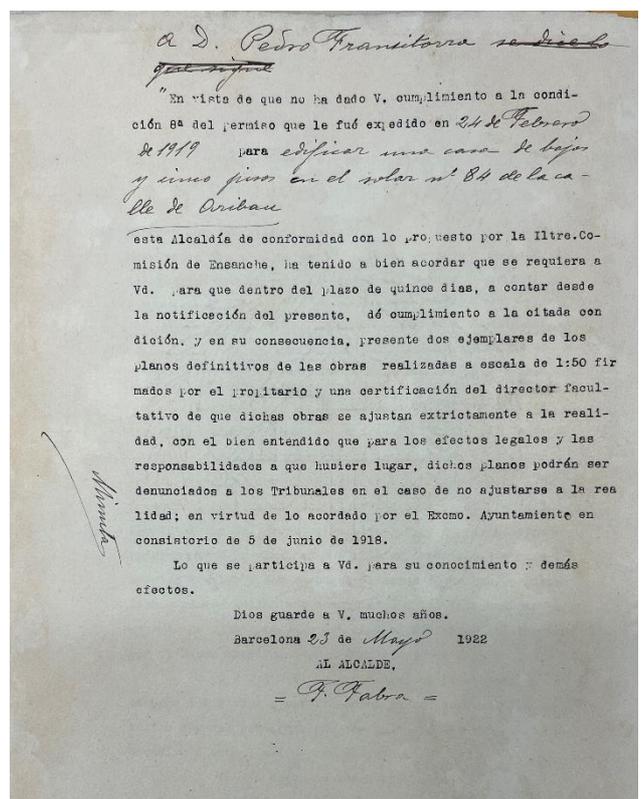
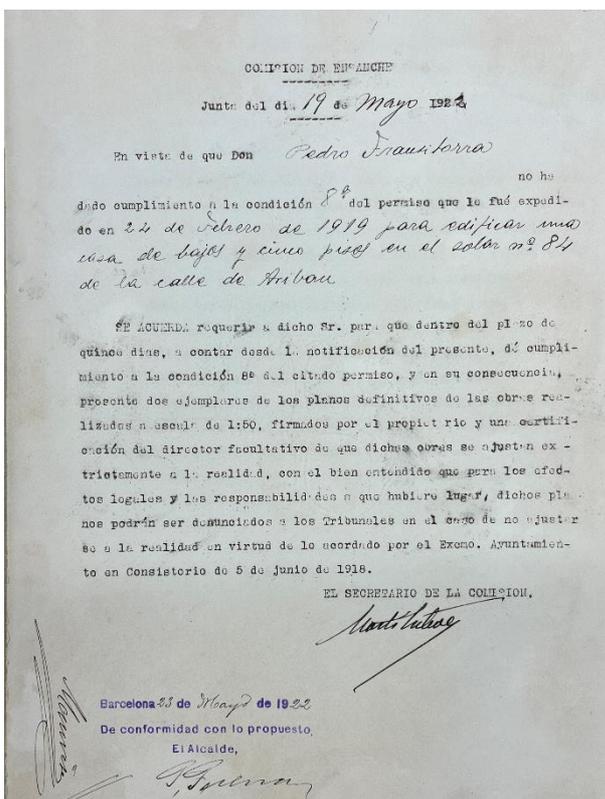
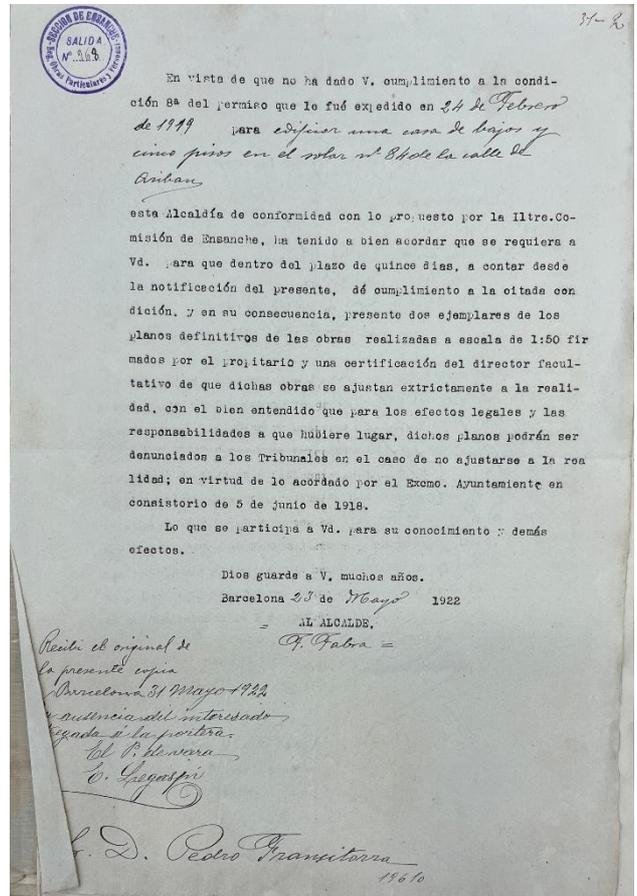
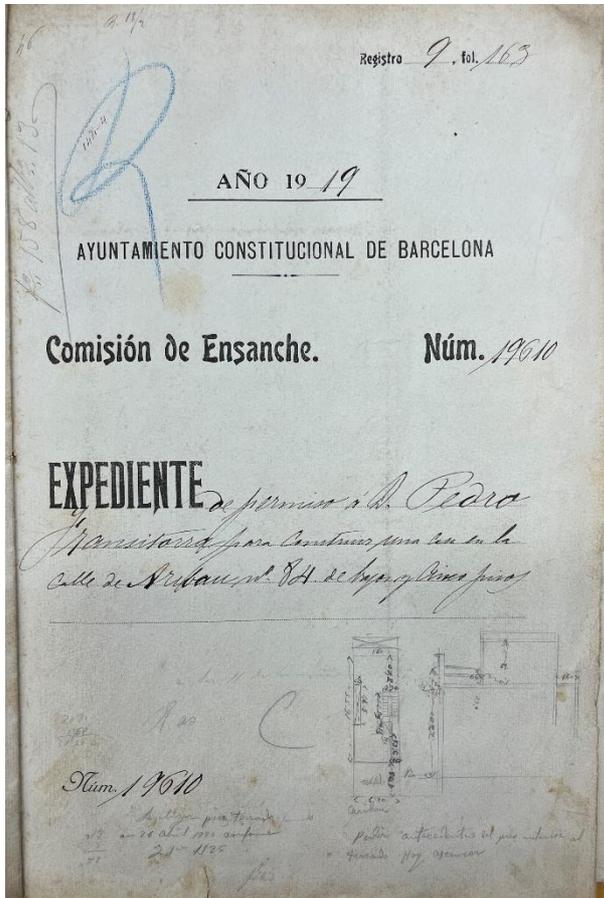
Propuestas



Arxiu municipal contemporani de Barcelona

Adosado estrecho

1910 | Eixample



Lineal aislado
1960 | Sant Martí

Patronato Municipal de la Vivienda
del Excmo. Ayuntamiento de
Barcelona. EDIFICACION PARTICULAR

CONFORME ORDENANZAS.
Barcelona, 29 de Julio de 1959
El Arquitecto Jefe

proyecto de
600 viviendas subvencionadas
en el poblado s.o. del besós
3ª fase. bloque A
emplazamiento escala 1:500

propietario _____ arquitectos _____

Luis G. Barbón y E. Giralt
ARQUITECTOS
Calle de Goya, 46
Barcelona

Salida Decreto 1311
Ley 4 Nov. 1951. Orden 5 Mayo 1952

COLEGIO OFICIAL DE
ARQUITECTOS
DE CATALUÑA Y BALEARES

14 1959
REGISTRADO AL N.º
216772
Barcelona, enero de 1959
arquitectos: L.G.-Barbón
E. Giralt

CONFORME
al Proyecto

PRESUPUESTO DE LAS 600 VIVIENDAS EN EL POBLADO DIRIGIDO DEL S.O.
DEL BESÓS-BARCELONA
(3ª FASE)

Bloque A

- MEMORIA -

La presente Memoria se refiere a la construcción de 432 viviendas compuestas de planta baja y cinco pisos, situadas en el interior del poblado dirigido del S.O. del Besós, con el emplazamiento que figura en el correspondiente plano.

Las viviendas acopladas entre sí forman un bloque de 36,00 metros de largo por 9,35 metros en profundidad. Cada bloque así formado consta de 72 viviendas y el conjunto de los seis bloques que integran el grupo suman las 432 viviendas antes citadas.

En planta baja se han situado 4 viviendas cuya composición consta de Cocina-comedor, dos dormitorios, aseo y lavadero, siendo la distribución de los pisos tipo, por disponer del espacio destinado a vestíbulo de entrada en planta baja que hace que existan dos viviendas con un dormitorio más, la siguiente: 4 viviendas, dos de las cuales con el plan de necesidades antes expuesto de cocina-comedor, dos dormitorios, aseo y lavadero y las otras dos con tres dormitorios, cocina-comedor, aseo y lavadero.

Dada la orientación de los bloques de viviendas estas disfrutan del soleamiento necesario, bien a la salida ó a la puesta del Sol.

Las superficies y volúmenes de las viviendas es el que figura en el siguiente cuadro:

- 3 -

Todas las viviendas antes descritas constan además de un lavadero independiente situado en terraza convenientemente protegida con antepecho, a mayor altura que el resto de la composición del edificio.

CONSTRUCCIÓN.- Similamente a los otros grupos de viviendas, la construcción dentro de las normas que exige la buena edificación y con materiales corrientes en la localidad, carece de alardes decorativos que encarecerían la obra. Solamente en planta baja y con el fin de dar una mayor nobleza a los bloques, se ha proyectado un aplacado de piedra natural en todas las fachadas de los mismos. Los detalles de estos bloques pueden verse en los planos que se adjuntan al Proyecto.

La cimentación será a base de mampostería hormigonada, las paredes de carga se formarán con ladrillo de 15 centímetros, las viguetas serán de material cerámico y la tabiquería irá debidamente enyesada y pintada.

Se han previsto zunchos en cada planta, al objeto de unir la edificación, así como la correspondiente junta de dilatación dada la longitud del bloque.

Las aberturas tanto exteriores como interiores serán a base de carpintería de madera de buena calidad, de los espesores y demás características indicadas en el estado de mediciones y presupuesto correspondiente.

Por lo que respecta a las instalaciones de fontanería y electricidad, serán realizadas siguiendo las normas de las establecidas por las respectivas Compañías suministradoras, y dentro de su sencillez reunirán la perfección necesaria para el buen funcionamiento de los servicios.

- 4 -

El presupuesto aproximado de las obras, por vivienda, se estima del orden de las 75.000.- ptas, incluido en el mismo el beneficio industrial y los honorarios técnicos correspondientes, si bien el detalle exacto del coste de las obras será adjuntado al Proyecto definitivo de las mismas.

Barcelona. Enero de 1959

LOS ARQUITECTOS.

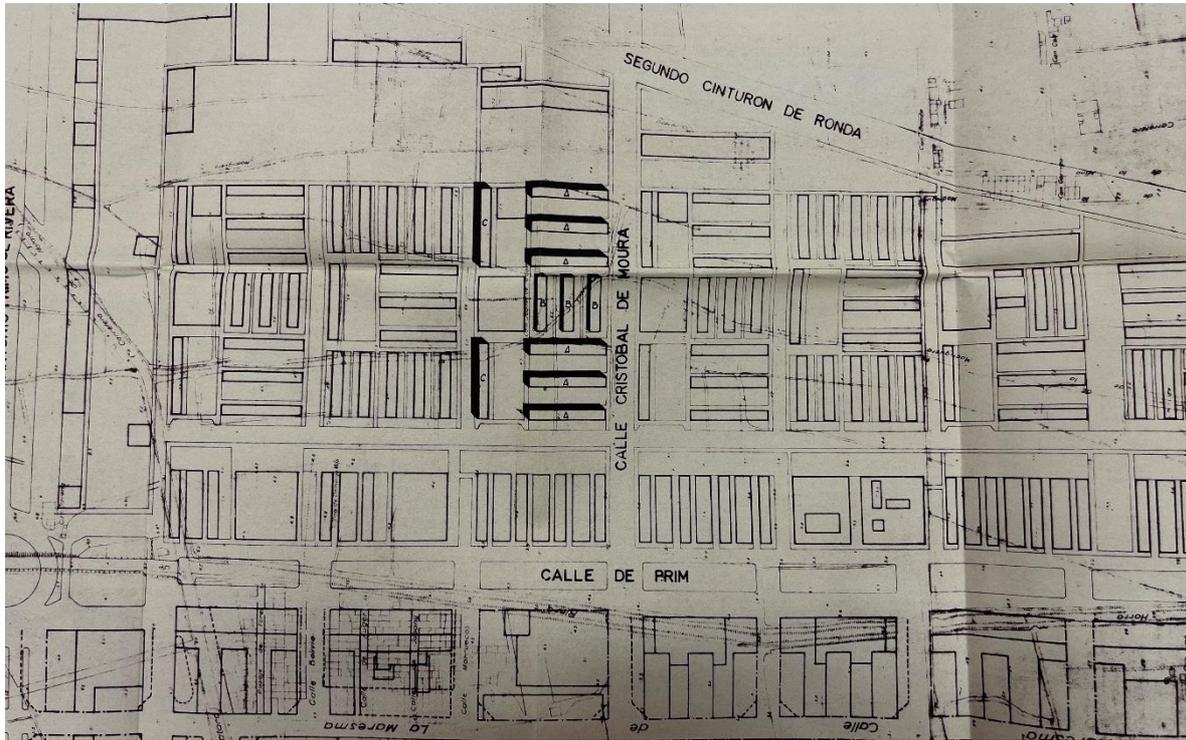
Luis G. Barbón y E. Giralt
ARQUITECTOS
Calle de Goya, 46
Barcelona

Salida Decreto 1311
Ley 4 Nov. 1951. Orden 5 Mayo 1952

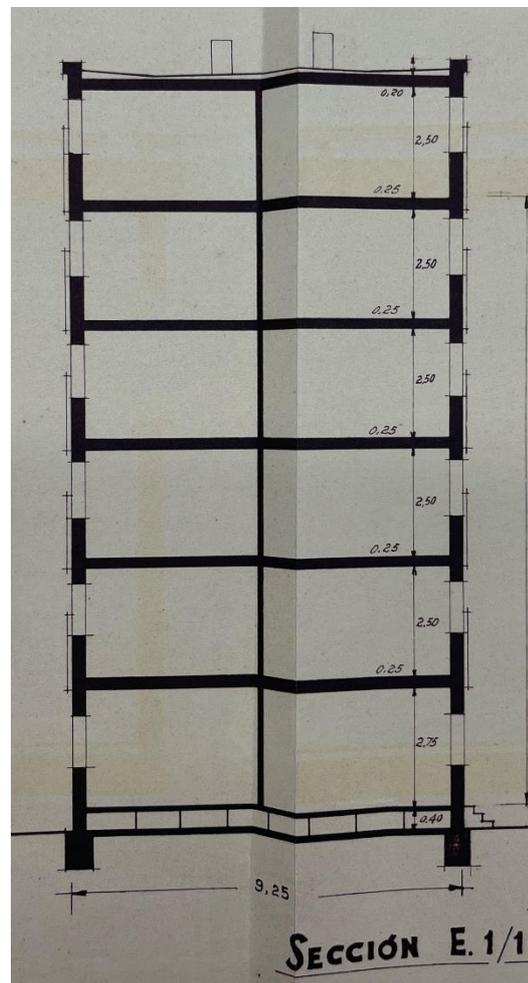
COLEGIO OFICIAL DE
ARQUITECTOS
DE CATALUÑA Y BALEARES

14 1959
REGISTRADO AL N.º
216772
Barcelona, enero de 1959

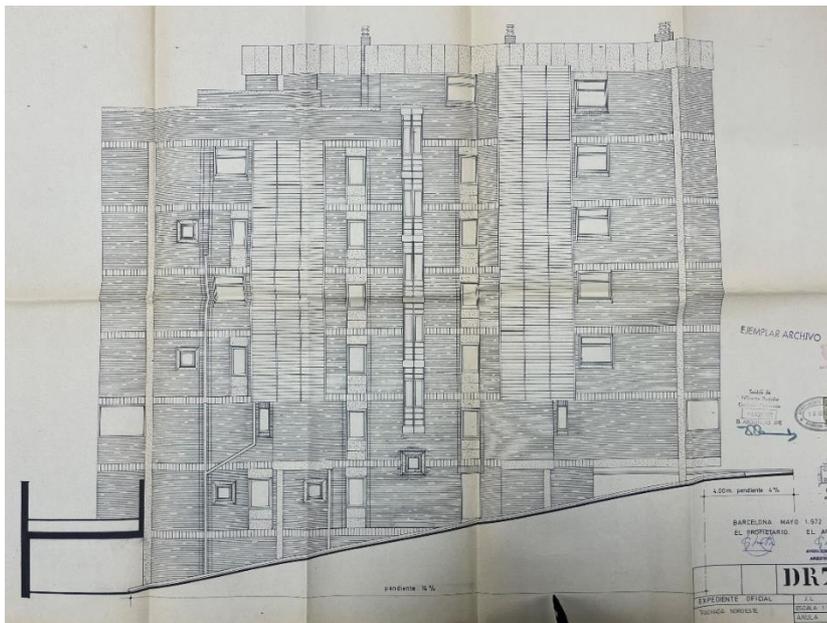
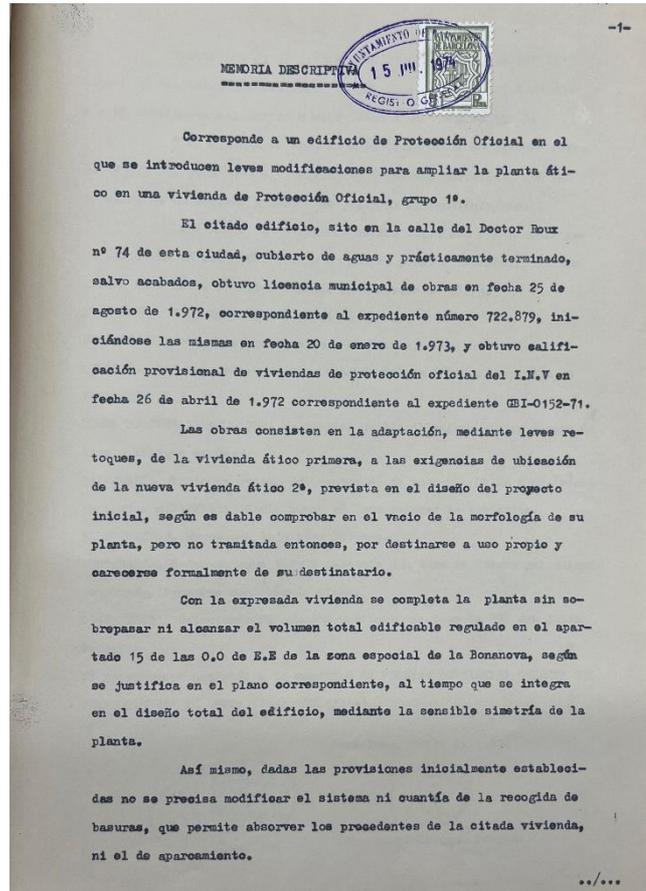
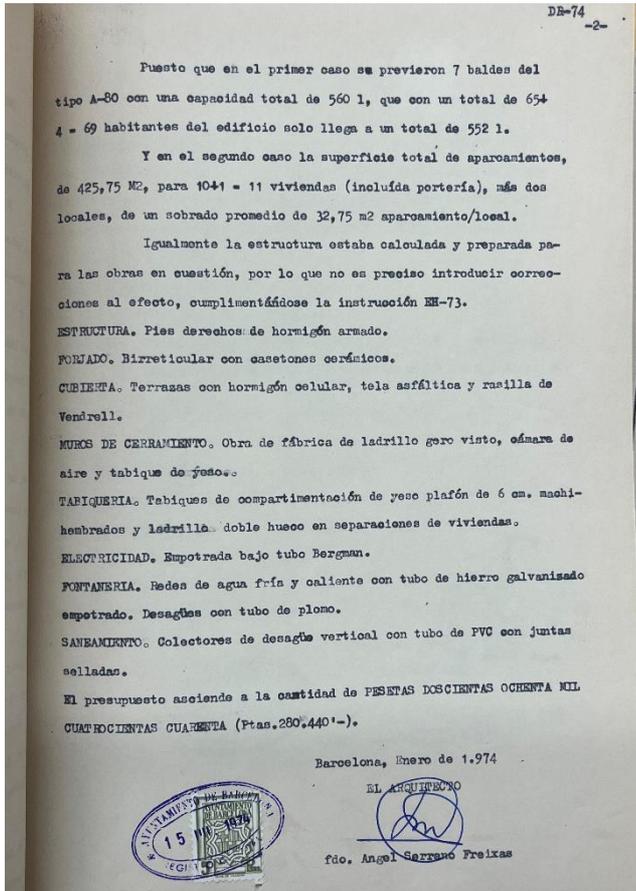
Lineal aislado
1960 | Sant Martí



La cimentación es en base a mampostería hormigonada, las paredes de carga se formaron con ladrillo de 15 cm, las ciguetas de material cerámico y la tabiquería enyesada. En cada planta se disponen zunchos para unir la edificación con junta de dilatación. Las aberturas tanto exteriores como interiores son de carpintería de madera



Torre aislada 1972 | Sarrià-Sant Gervasi

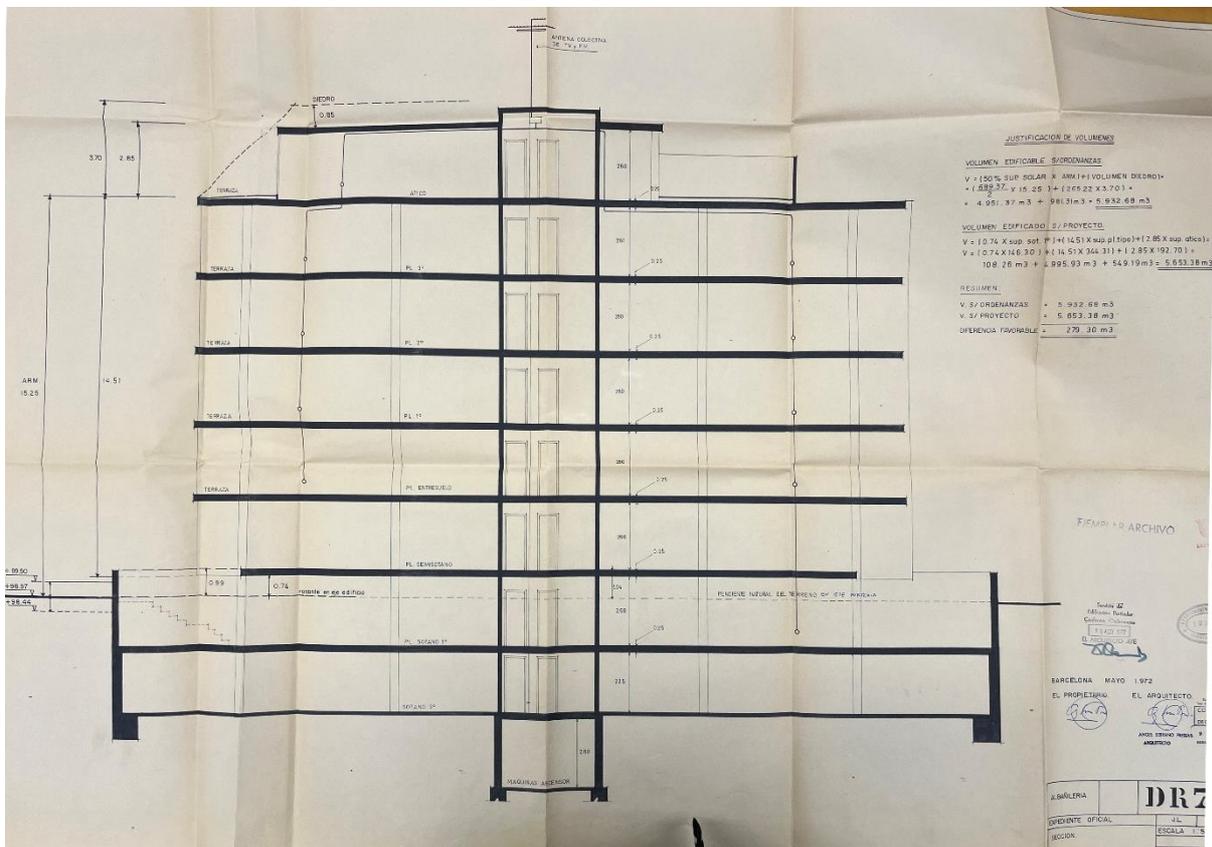
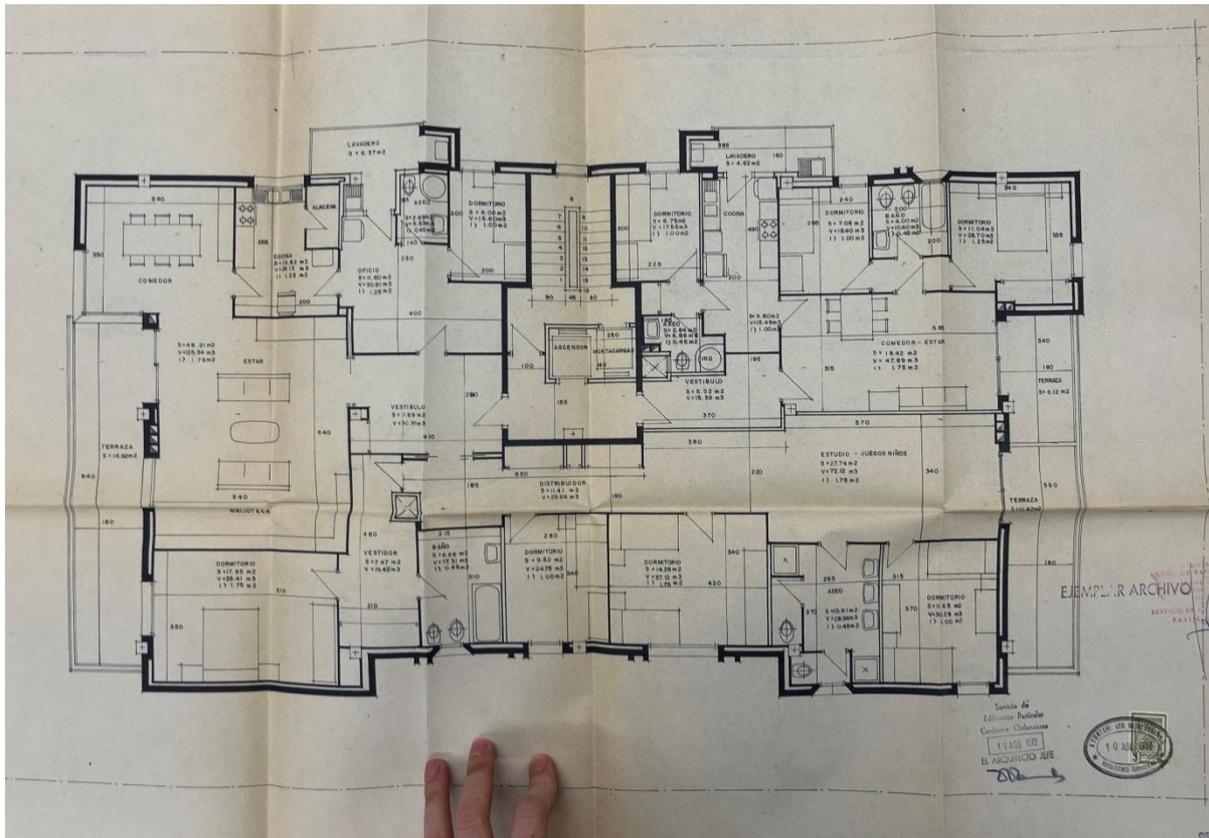


Cimentación de zapatas de hormigón armado y muros de contención de hormigón en masa. La estructura es de pies derechos de hormigón armado, Forjados birreticulares con casetones cerámicos. Tiene cubierta de hormigón celular, tela asfáltica y rasilla de Vendrell.

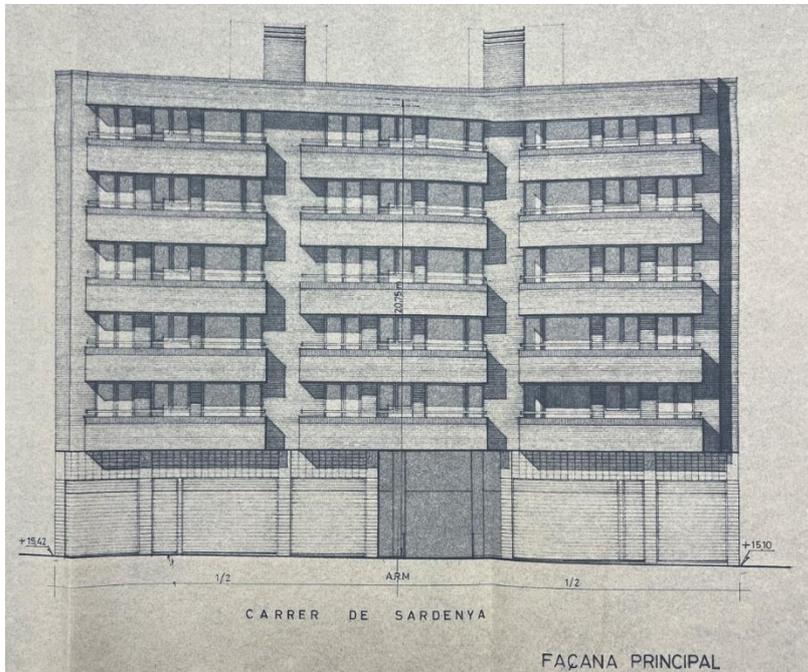
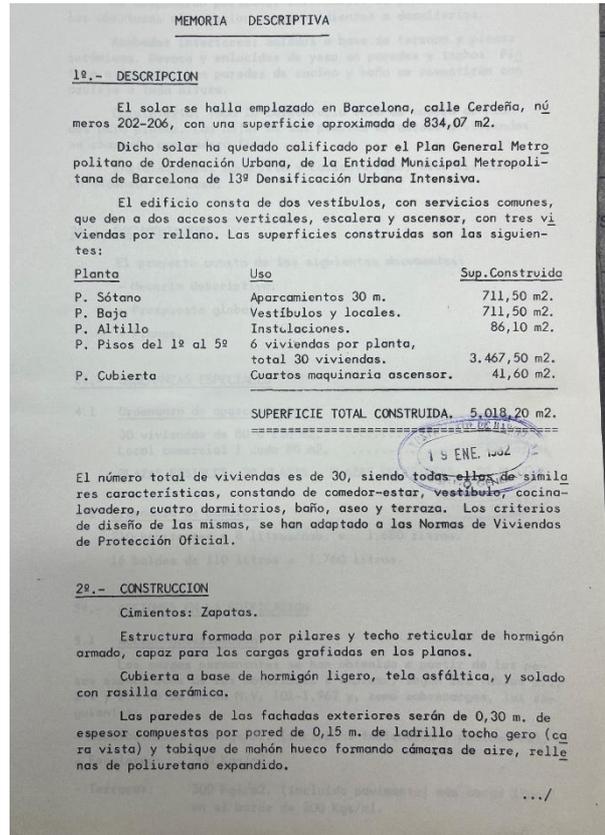
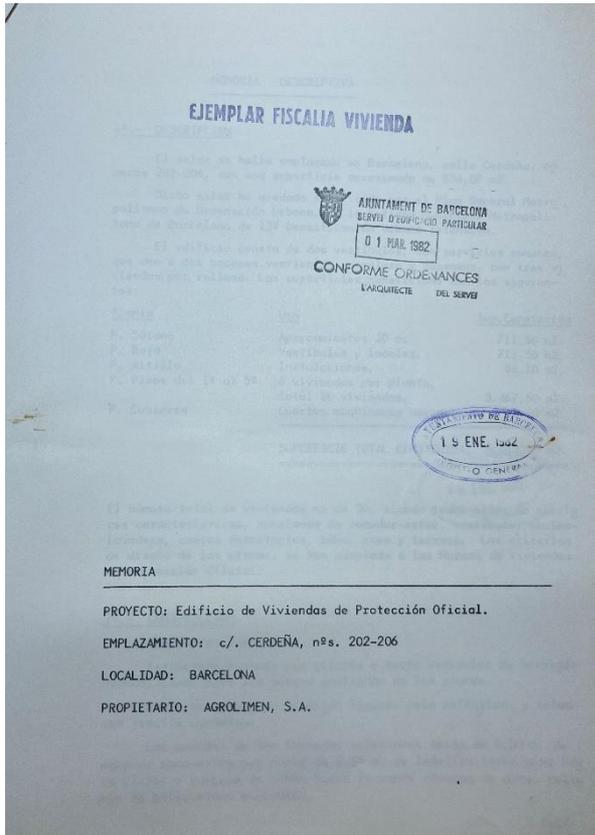
Los Muros de cerramiento: obra de fábrica de ladrillo visto, cámara de aire y tabique cerámico.

Tabiquería: tabiques de compartimentación de ladrillo ¼ y ladrillo doble hueco en separación de viviendas.

Torre aislada
1972 | Sarrià-Sant Gervasi

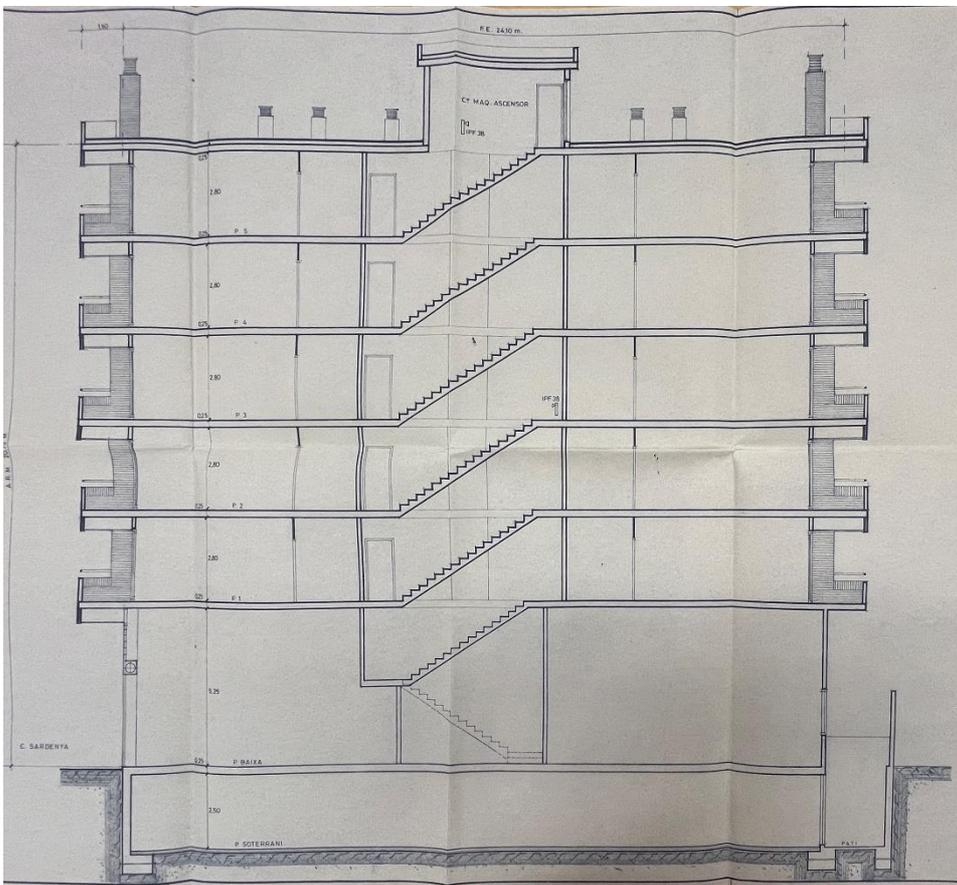
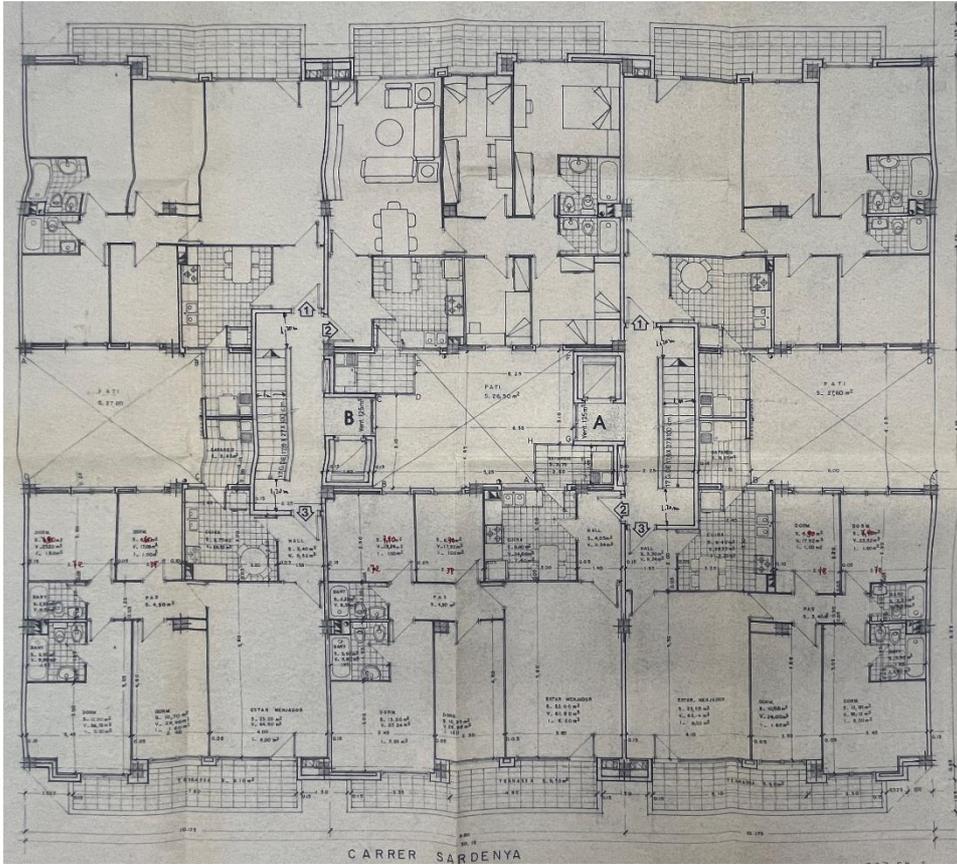


Adosado ancho
1982 | Eixample



Cimientos: zapatas
Estructura formada por pilares y techo reticular de hormigón armado.
Cubierta a base de hormigón ligero, tela asfáltica, y solado con rasilla cerámica.
Las paredes de las fachadas exteriores son de 0.30m compuestas por pared de 0.15 m. de ladrillo y tabique hueco formando cámara de aire, rellenas de poliuretano expandido.
Las paredes de los patios interiores son de 0.15m. de ladrillo doble hueco, revocado y estucado

Adosado ancho
1982 | Eixample





**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**