


# ETIQUETADO DE VIVIENDAS CURSO DE CERTIFICADORES

Rosario, 2019





**MÓDULO III**  
**TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA**  
**EN EDIFICIOS**

# III | TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA EN EDIFICIOS

## 1. ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS

Definición. Requerimiento específico global de energía primaria.

## 2. BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

Hipótesis de cálculo. Balance térmico de inmuebles. Modelos dinámicos, estacionarios, y estacionarios con corrección dinámica. Modelo a parámetros concentrados. Modelo equivalente.

## 3. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

Conceptos previos. Ambiente climatizado. Ambiente no climatizado. Zona térmica. Envolverte térmica. Elemento de la envolvente térmica. Soluciones constructivas. Consideración de adyacencias.

Pasos a seguir. Identificación de ambientes. Clasificación de ambientes. Definición de zonas térmicas. Reconocimiento de la envolvente térmica. Identificación de los elementos de la envolvente térmica. Identificación de elementos interiores a la zona térmica.



A

B

C

D

E

F

G

# ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe

Secretaría  
de Energía



Ministerio de Hacienda  
Presidencia de la Nación

# ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

## DEFINICIÓN

**Valor característico de un inmueble** que representa una estimación de la **energía primaria** que demandaría la **normal utilización** de dicho inmueble **durante un año, por metro cuadrado** de superficie útil, para satisfacer las necesidades de calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación.

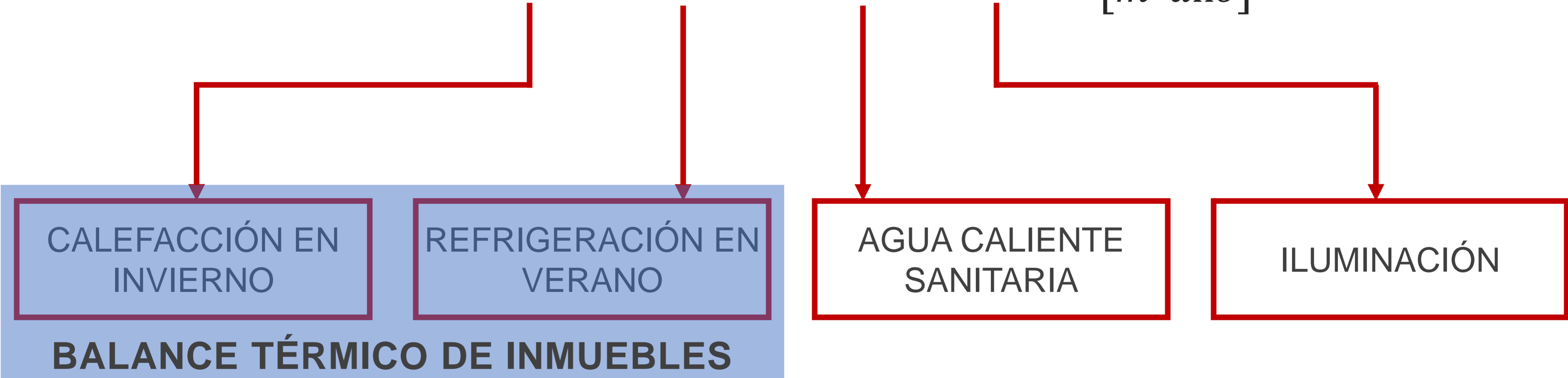
$$IPE = EP_{GL} - f_{AUT} EP_{REN} \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{ año}} \right]$$

# ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

## DEFINICIÓN

El **requerimiento específico global de energía primaria**, se calcula como la suma de los requerimientos anuales de energía primaria para cada uno de los usos considerados.

$$EP_{GL} = EP_I + EP_V + EP_{ACS} + EP_{IL} \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{ año}} \right]$$



A

B

C

D

E

F

G

# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe

Secretaría  
de Energía



Ministerio de Hacienda  
Presidencia de la Nación

# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

## HIPÓTESIS DE CÁLCULO

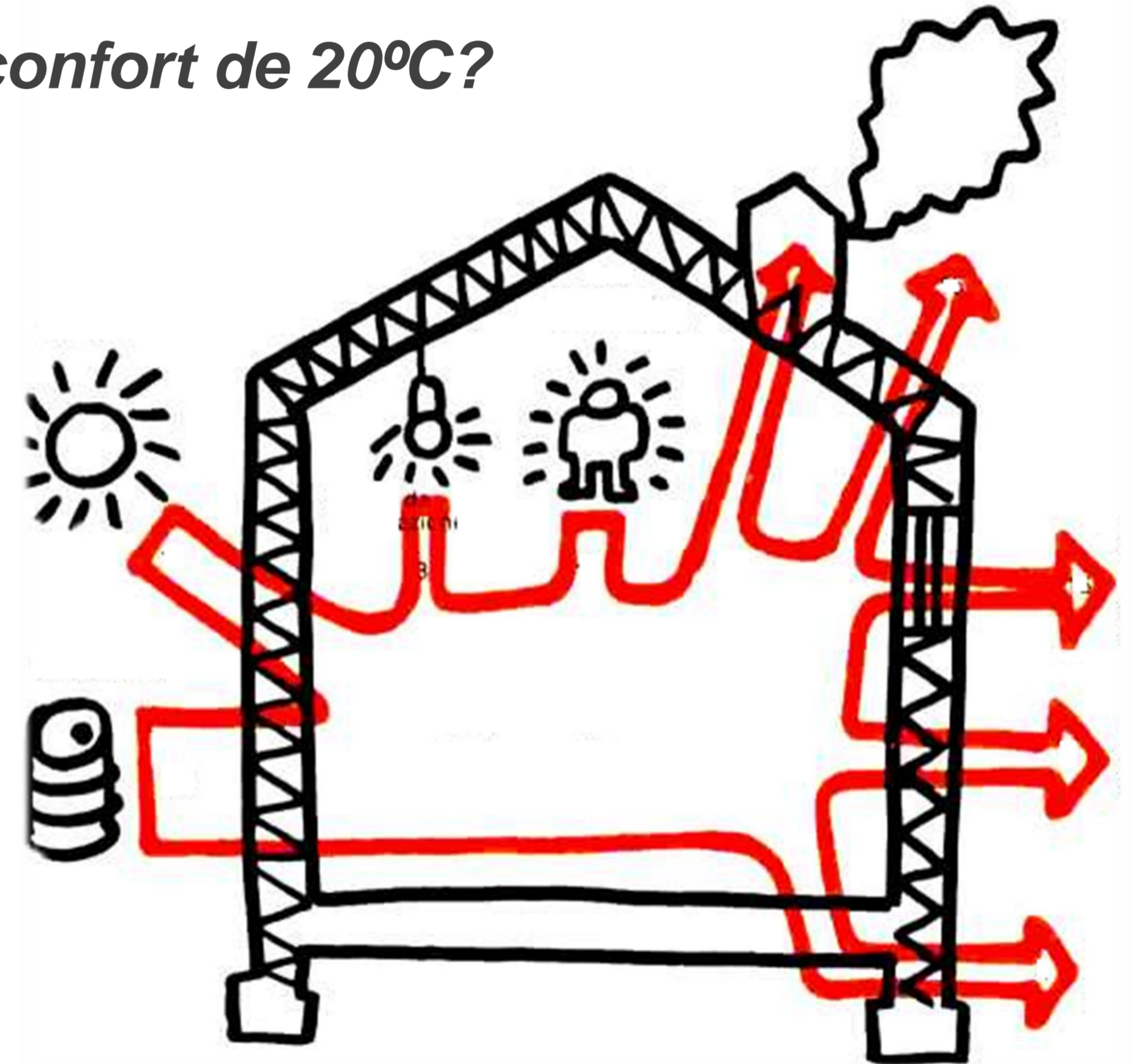
*¿Cuánta energía primaria demandaría un inmueble para mantener durante todo el invierno su temperatura interna constante, igual a una temperatura de confort de 20°C?*

Es necesario calcular la energía útil que debe erogarse el sistema de calefacción para compensar las pérdidas de calor y así mantener la temperatura constante en 20°C durante todo el invierno. Para ello, es necesario realizar un **BALANCE TÉRMICO** del inmueble para este período.

ENERGÍA PRIMARIA



CENTROS DE TRANSFORMACIÓN





# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

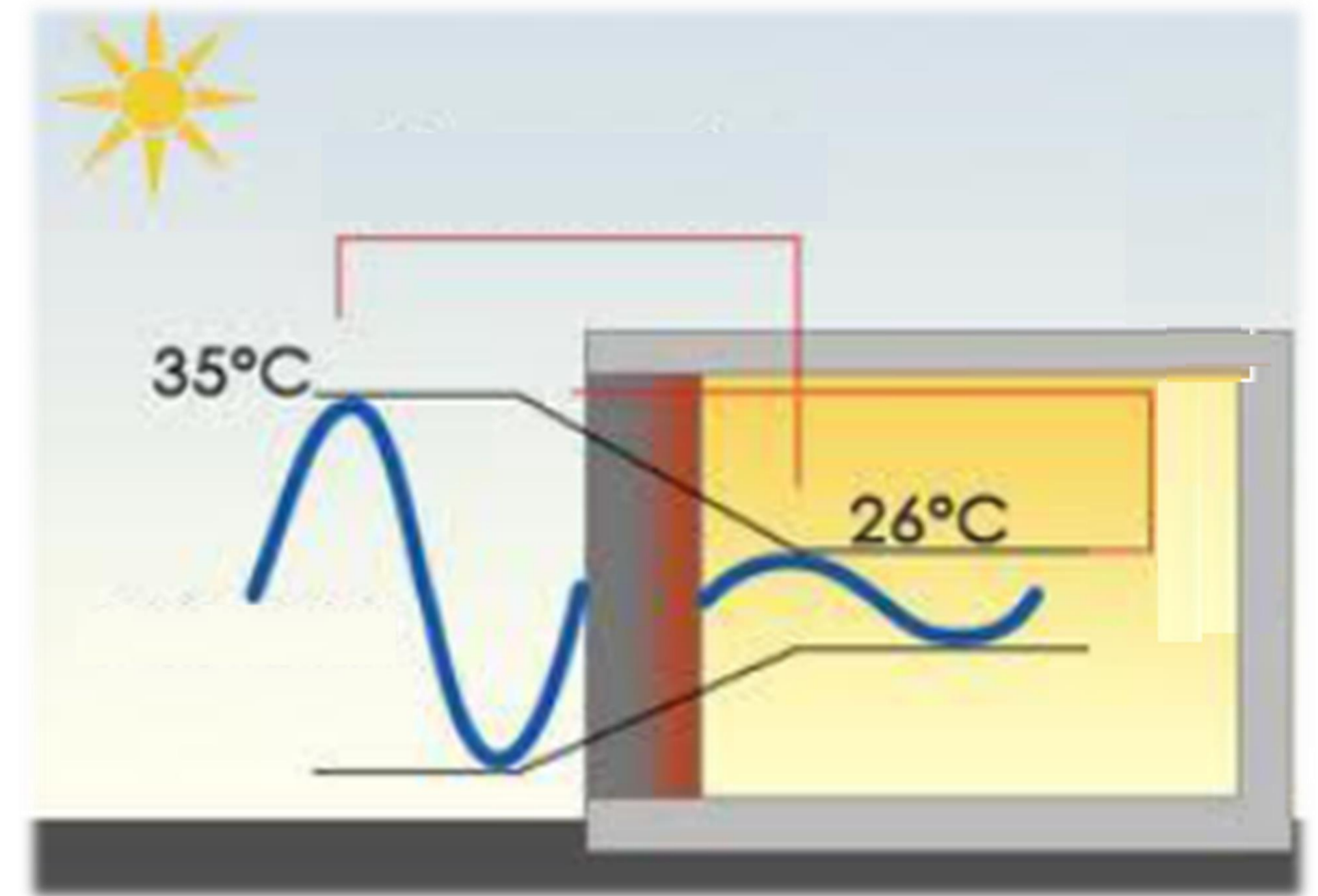
## HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Las *variables exógenas* que inciden sobre el comportamiento térmico del inmueble (temperatura del ambiente exterior, potencia de radiación solar en un plano determinado, velocidad de viento), *varían con el tiempo*.

A su vez, el efecto de estas variaciones sobre el espacio interior del inmueble no es inmediato, sino que existe un *retardo temporal entre la causa y el efecto*.

Por ello, el intercambio de energía entre un inmueble y el ambiente exterior, se considera un **SISTEMA DINÁMICO**.

$$\frac{\delta T}{\delta t} = \alpha \frac{\delta^2 T}{\delta x^2} \quad \alpha = \frac{\lambda}{\rho c}$$



# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

## *HIPÓTESIS DE CÁLCULO*

*¿Cómo realizar un balance térmico del inmueble que arroje buenos resultados y a su vez sea sencillo y fácil de implementar?* Se debe llegar a una solución óptima entre exactitud y simplicidad.

Existen distintos modelos para elaborar un balance térmico de un inmueble, que varían desde soluciones complejas de implementar de las cuales se puede obtener información muy precisa, hasta soluciones simplificadas en las que se pierde mucha información. La aplicación de un modelo u otro, debe ser acorde al resultado que se busca obtener.

***MODELOS DINÁMICOS***

***MODELOS ESTACIONARIOS  
CON CORRECCIÓN DINÁMICA***

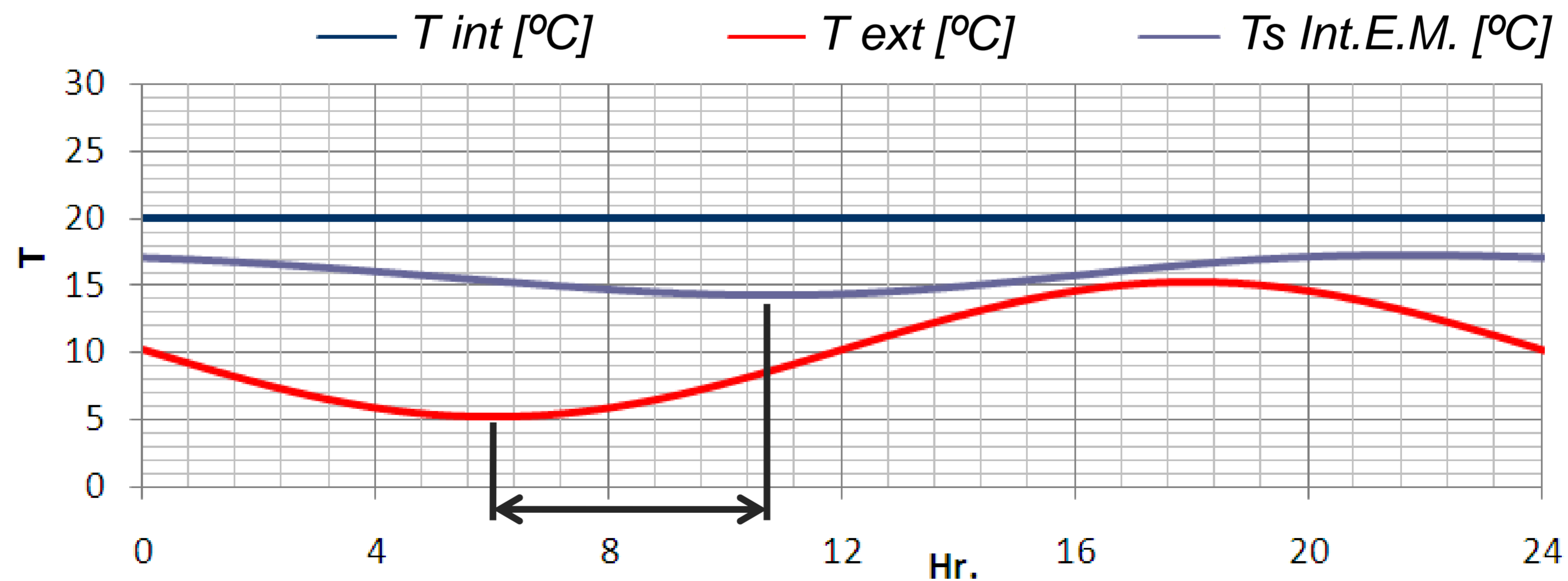
***MODELOS ESTACIONARIOS***



# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

## HIPÓTESIS DE CÁLCULO

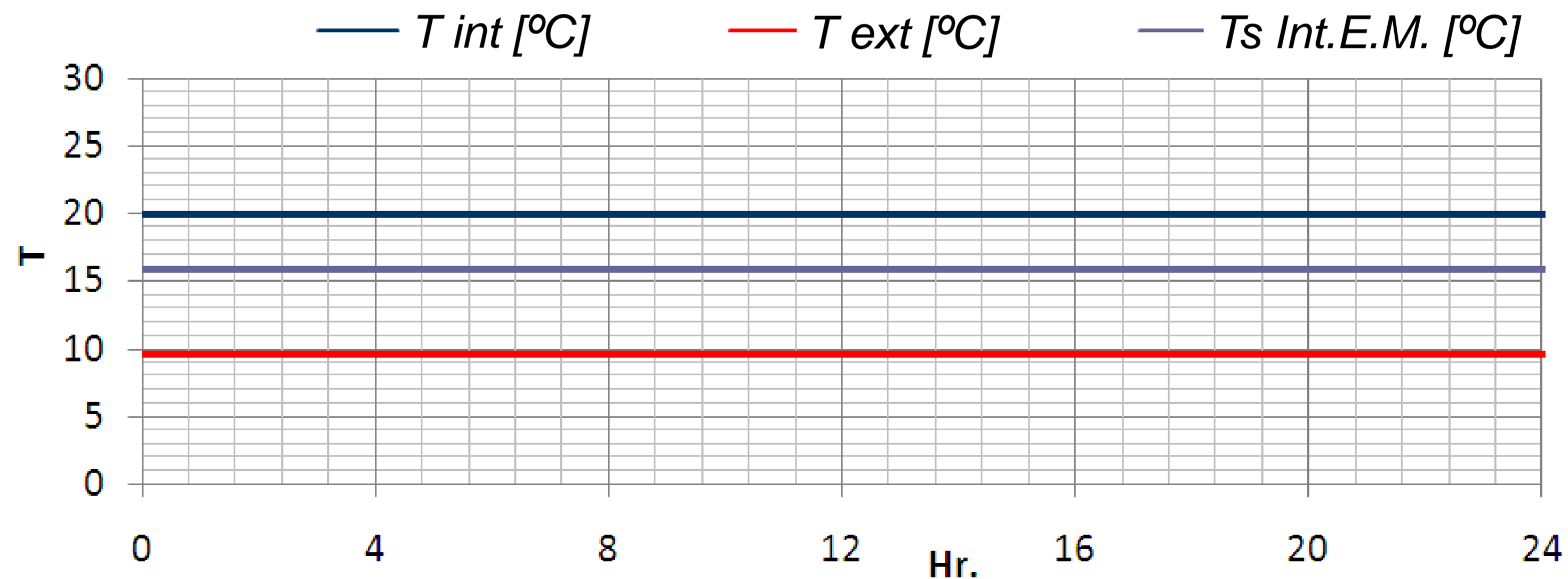
**MODELOS DINÁMICOS.** Consideran la variable tiempo y los efectos de la capacidad térmica de los materiales involucrados a través de los cuales se da la transferencia de energía. Existen para esto métodos computacionales de simulación. Para utilizar estos modelos las variables climáticas deben ser consideradas en base horaria. Son modelos complejos y arrojan información precisa.



# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

## HIPÓTESIS DE CÁLCULO

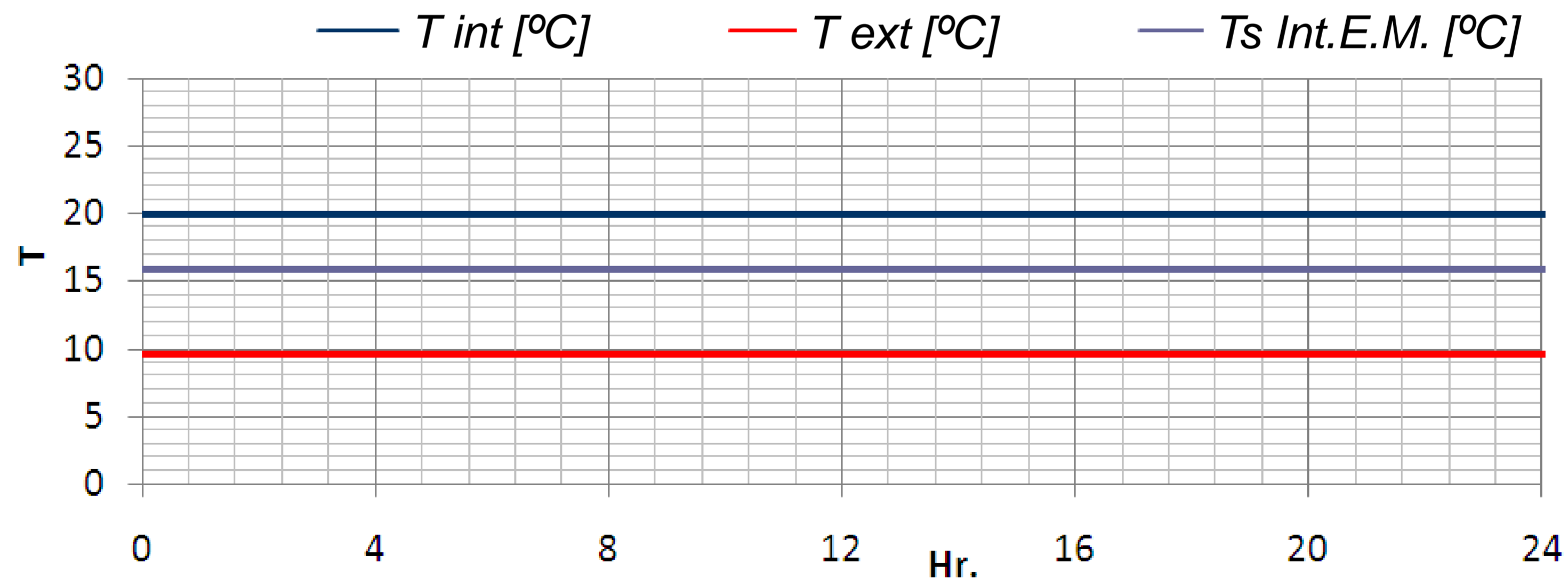
**MODELOS ESTACIONARIOS.** Consideran que para un período de tiempo dado (por ejemplo, un mes) todas las variables permanecen constantes e iguales a sus valores medios y los flujos de calor no dependen del tiempo. No consideran los efectos de la capacidad térmica. Son modelos simplificados en los cuales se pierde mucha información.



# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

## HIPÓTESIS DE CÁLCULO

**MODELOS ESTACIONARIOS CON CORRECCIÓN DINÁMICA.** Son modelos estacionarios que mediante ajustes globales logran compensar y corregir el comportamiento del sistema para tener en cuenta los efectos dinámicos. Estos ajustes se realizan considerando los efectos de la capacidad térmica de los elementos constructivos. Son modelos simplificados.



# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

## *HIPÓTESIS DE CÁLCULO*

El cálculo de los requerimientos de energía útil para calefacción en invierno y refrigeración en verano que se establece para la determinación del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), se basa en un

## **MODELO ESTACIONARIO CON CORRECCIÓN DINÁMICA DE BASE MENSUAL**

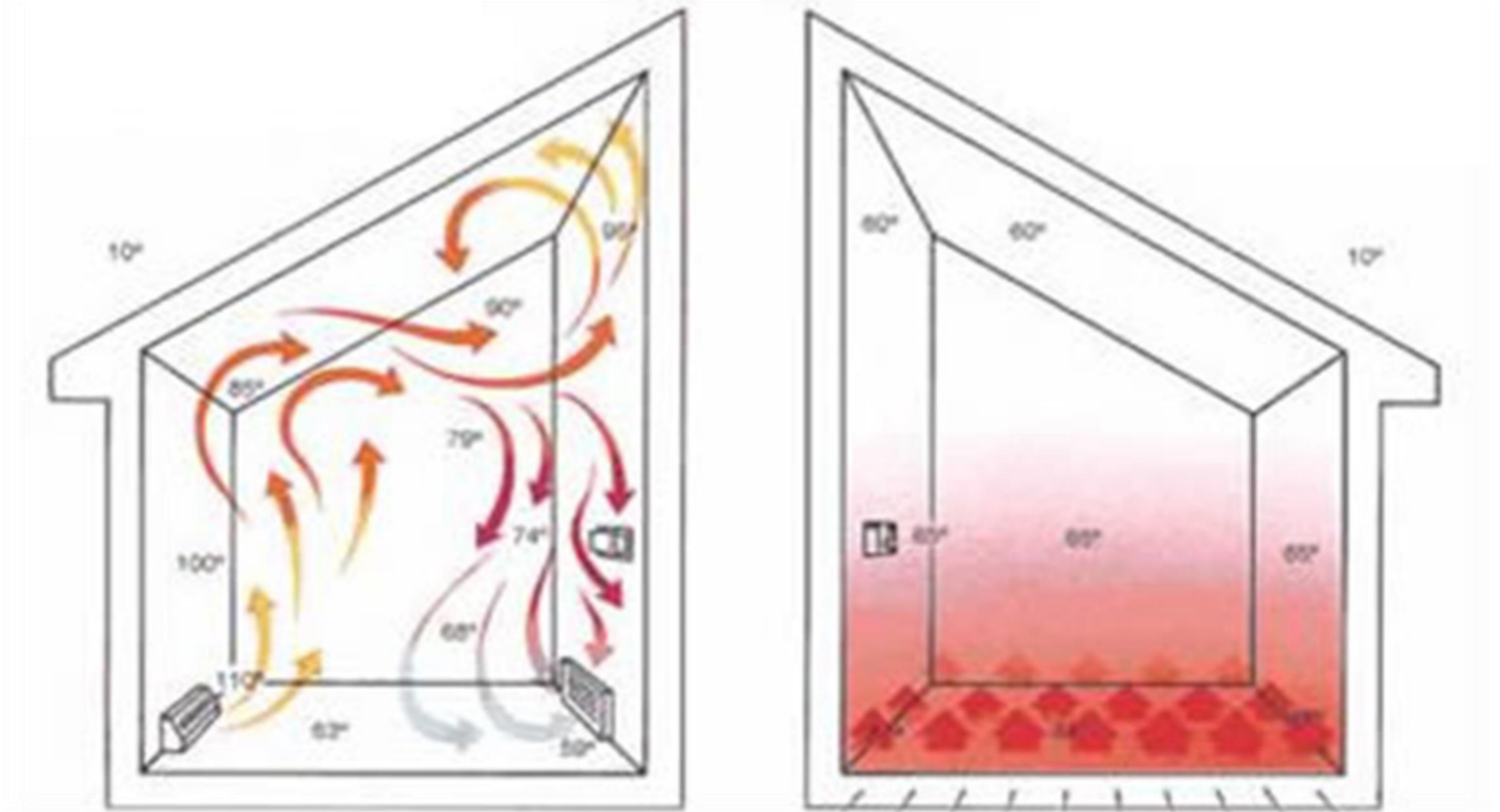
De esta forma, se considera que cada mes tiene todos sus días iguales, y cada día posee una temperatura constante igual a la media del mes considerado. Lo mismo sucede con la irradiancia solar que se asume igual a la media mensual, para todas las horas del día y todos los días del mes.

# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

## *HIPÓTESIS DE CÁLCULO*

Si se analiza cualquier ambiente de una vivienda, resulta que la temperatura no es uniforme en todo el espacio, sino que varía punto a punto. Para simular este fenómeno, se debería trabajar con un modelo a parámetros distribuidos, lo que agregaría complejidad al problema.

Por el contrario, se opta por utilizar un modelo a **PARÁMETROS CONCENTRADOS**, en el cual se considera que la temperatura interna es uniforme en todo el ambiente y las variaciones espaciales son despreciables. De esta manera, todo el aire confinado en un ambiente puede representarse como un punto.



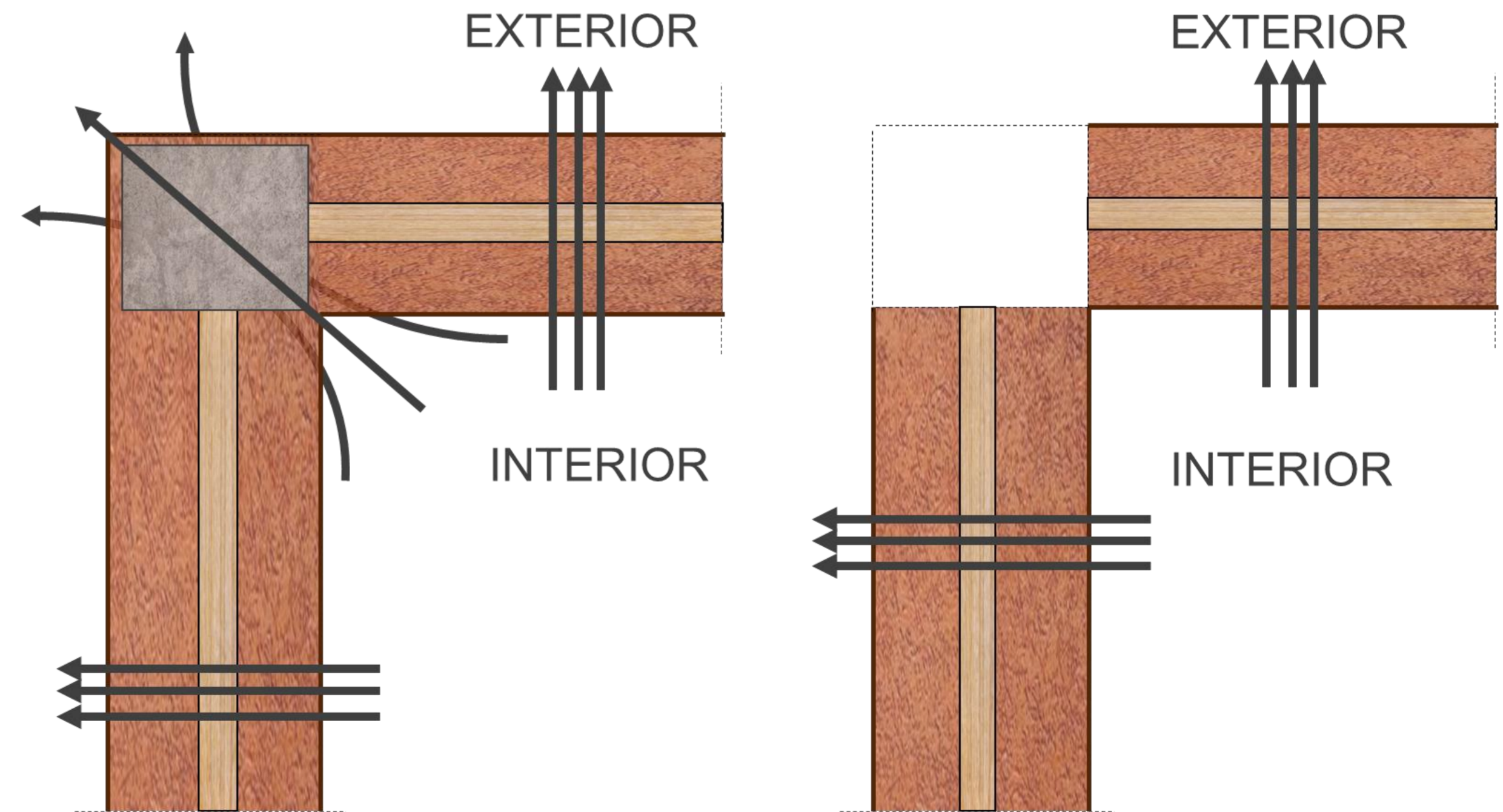
# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

## HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Los flujos de calor a través de las distintas superficies que confinan el espacio que se desea climatizar no necesariamente son unidireccionales. En las esquinas, vértices o por la presencia de materiales no homogéneos las líneas de flujo dejan de ser perpendiculares al plano de la pared o elemento.

Se introduce una simplificación al considerar que los **FLUJOS SON UNIDIRECCIONALES**, y perpendiculares a cada superficie de envolvente.

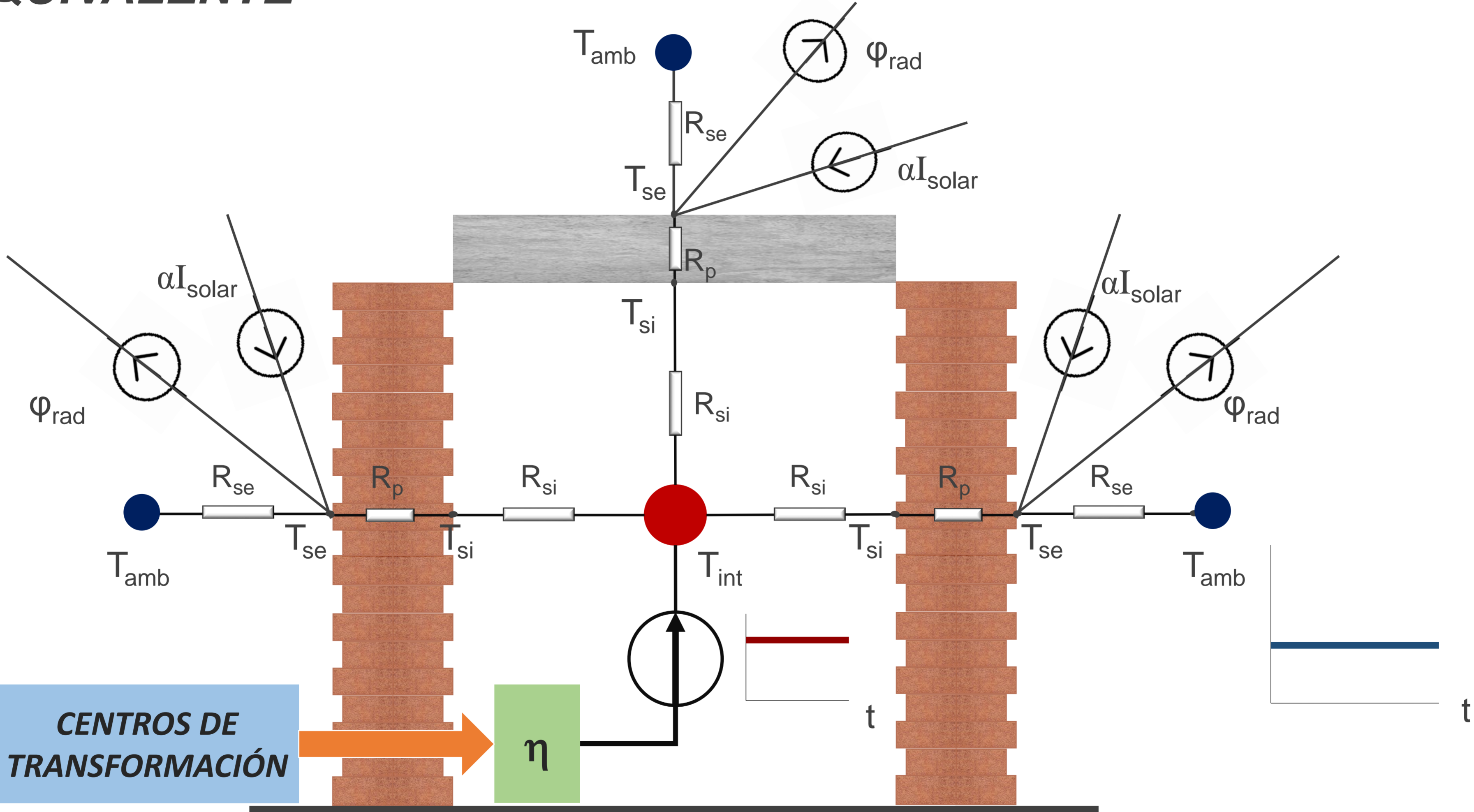
Los errores que introduce esta simplificación se corrigen posteriormente, mayorando el valor de la transmitancia térmica.





# BALANCE TÉRMICO DE INMUEBLES

## MODELO EQUIVALENTE



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO



Secretaría de Estado de la Energía  
Gobierno de la provincia de Santa Fe

Secretaría  
de Energía



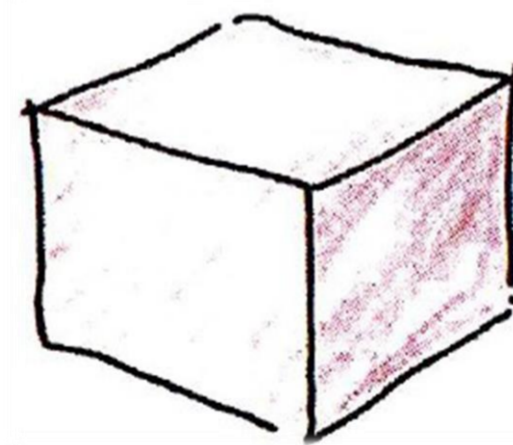
Ministerio de Hacienda  
Presidencia de la Nación

# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### **AMBIENTE CLIMATIZADO**

Habitación o espacio cerrado de **uso permanente**, que a los fines del cálculo se asume como climatizado a una **temperatura de confort** dada durante el período de tiempo considerado. Si bien existen variaciones espaciales de temperatura interna en el ambiente, se considera que las mismas son despreciables. De esta forma, **todo el espacio contenido en el ambiente, se puede representar como un punto a temperatura constante.**



- $T_{int} = T_{confort}$

Se consideran **ambientes climatizados**: dormitorio, cocina, estar, living, comedor, baño.

# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### **AMBIENTE NO CLIMATIZADO**

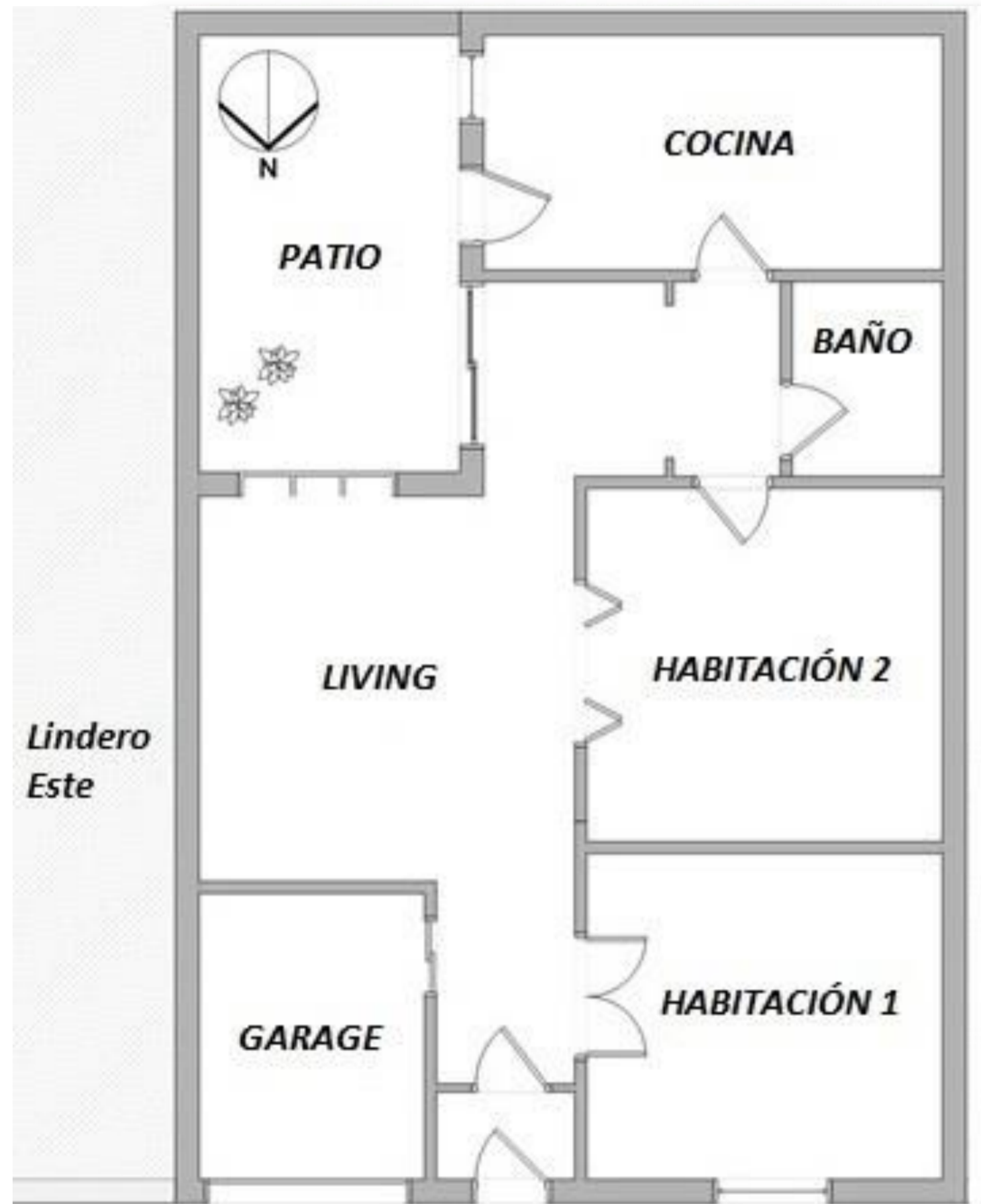
Habitación o espacio cerrado de **uso no permanente**, cuya temperatura interna se deja fluctuar libremente a los fines del cálculo, sin que actúen equipos de climatización para controlar, modificar o alterar la misma.

Se consideran **ambientes no climatizados**: *garage, lavadero, ático, sótano, quincho, hall de ingreso.*



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

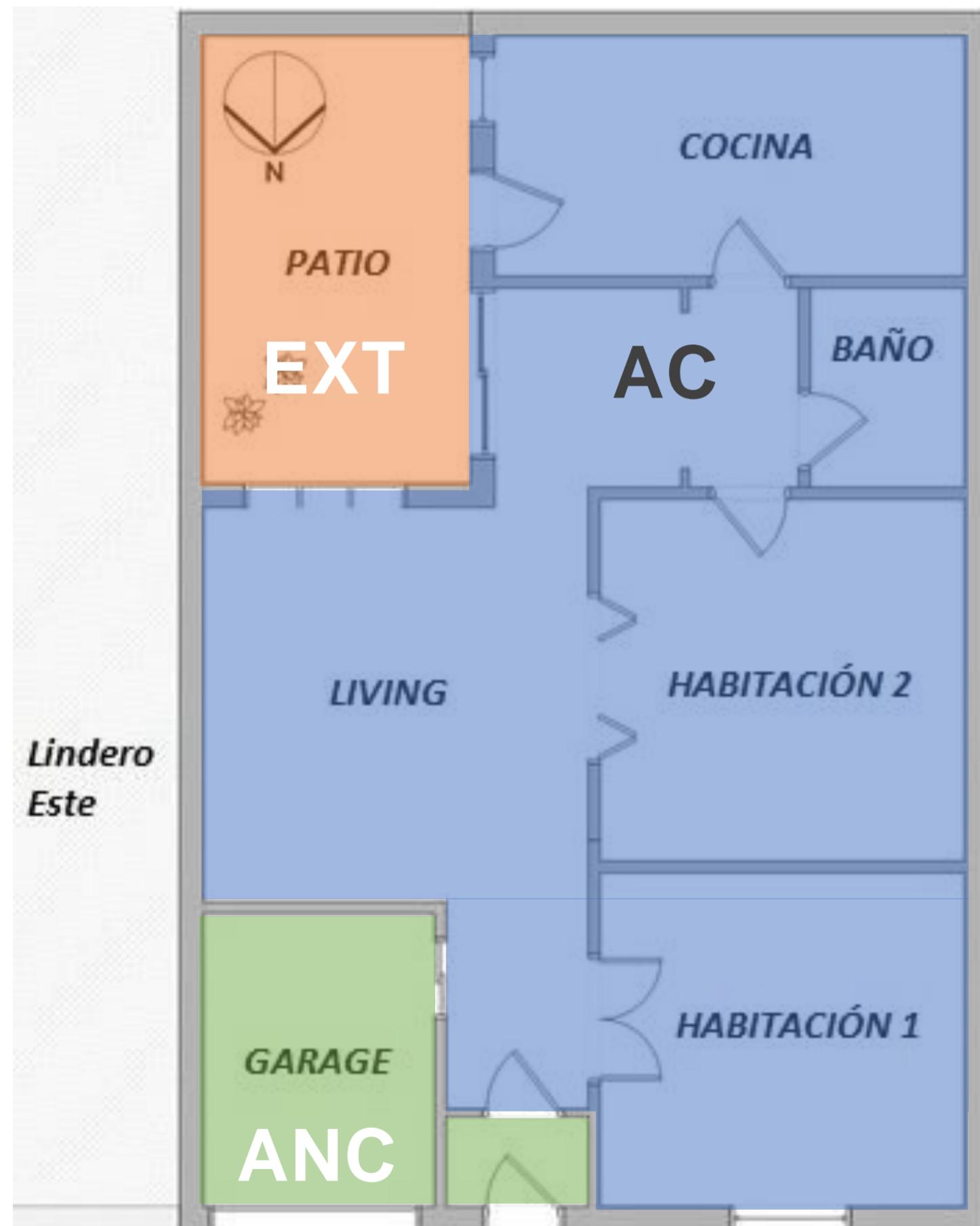


- ✓ Evaluación general del inmueble y sus adyacencias
- ✓ Reconocimiento de espacios
- ✓ Elaboración de un plano o croquis por cada nivel
- ✓ **IDENTIFICACIÓN DE AMBIENTES** propios de la vivienda a certificar.



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS



**CLASIFICACIÓN DE AMBIENTES** en **CLIMATIZADOS (AC)**, **NO CLIMATIZADOS (ANC)** o **EXTERIOR (EXT)**.

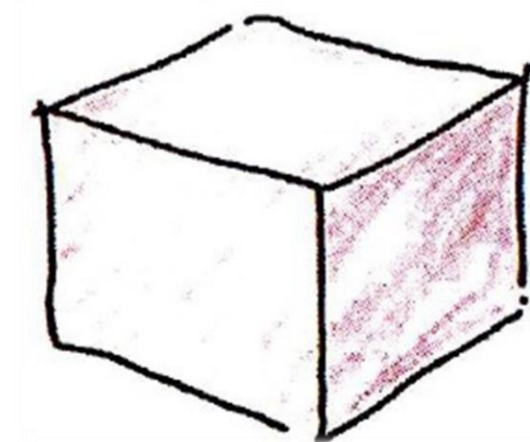
AMBIENTES CLIMATIZADOS	AMBIENTES NO CLIMATIZADOS
Dormitorios	Garages
Cocina	Áticos
Estar	Lavaderos
Living	Sótanos
Comedor	Quinchos
Pasillos internos	Palieres
Baños	Bauleras
	Hall de ingreso (cerrado)

# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### ZONA TÉRMICA

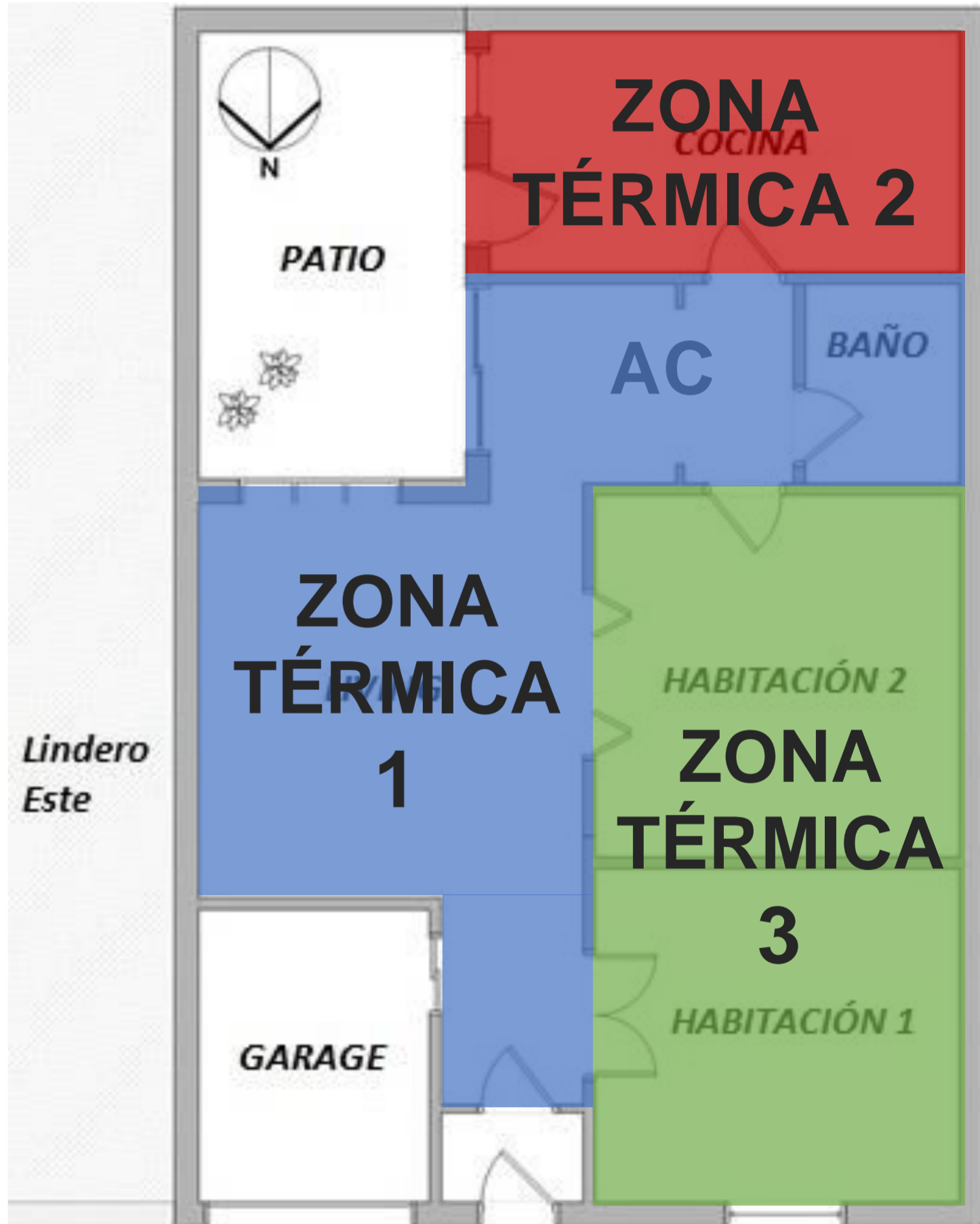
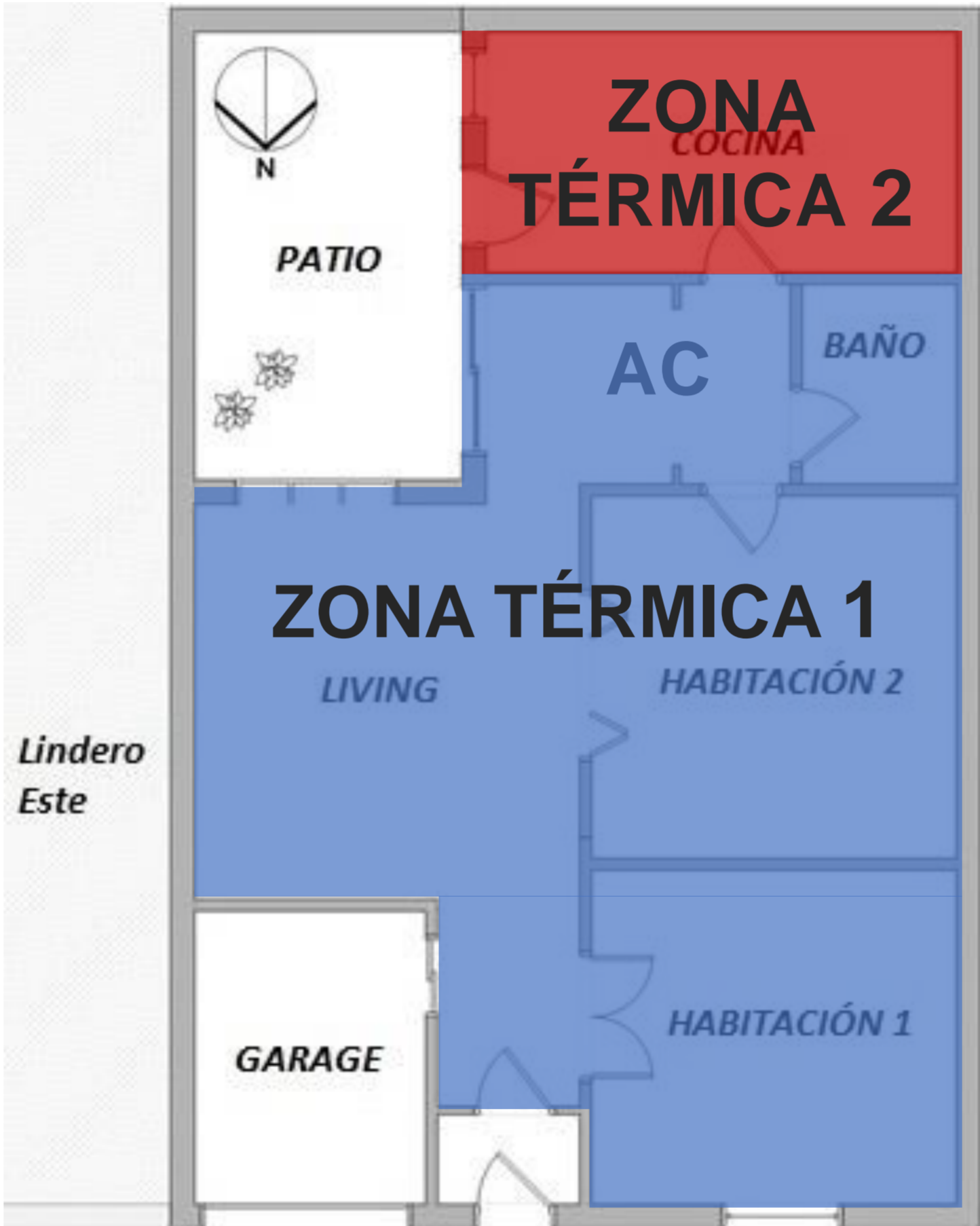
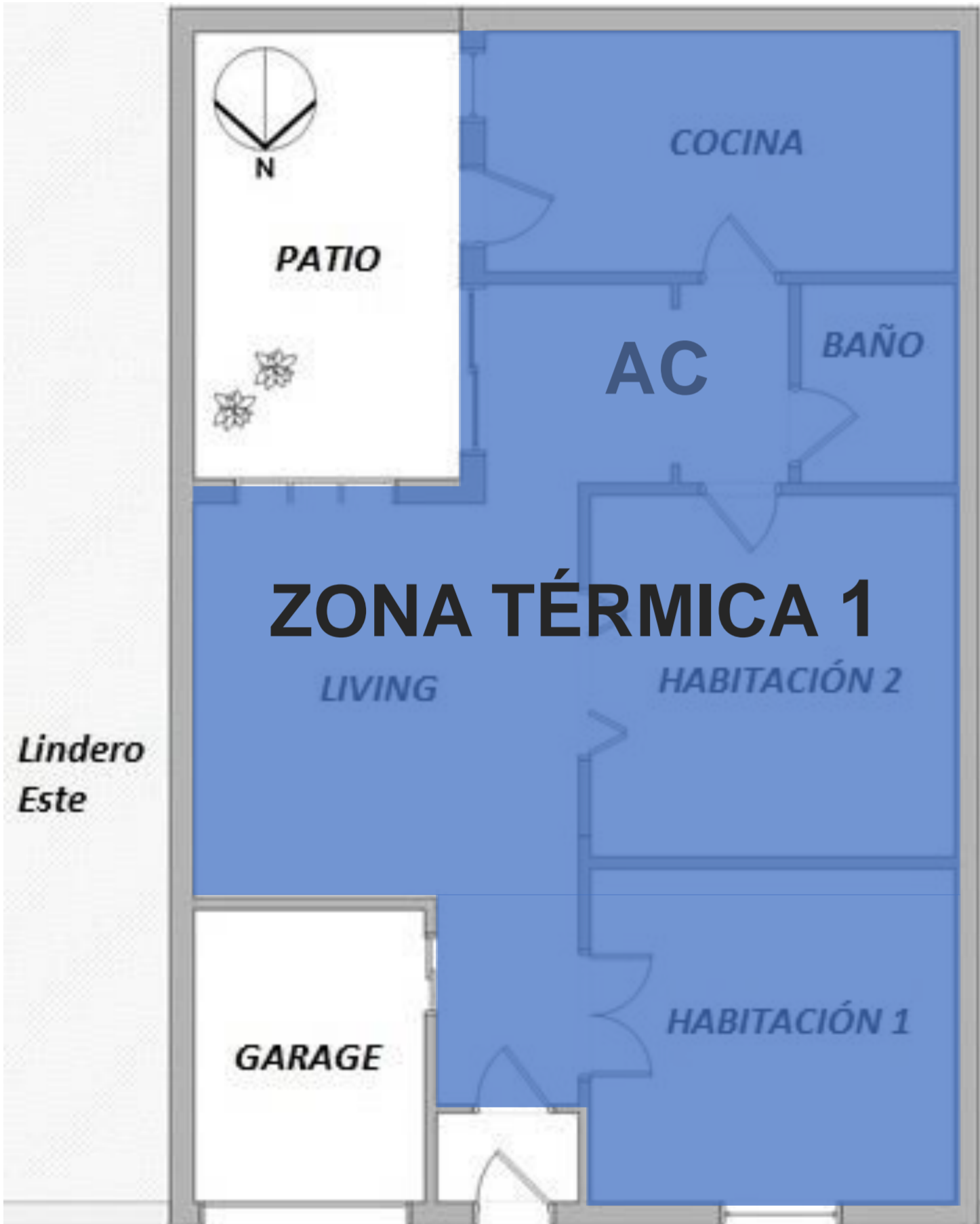
Ambiente o **conjunto conexo de ambientes climatizados** a una misma temperatura de confort durante el período de tiempo considerado, controlados por un único sistema de calefacción y refrigeración, o por varios de ellos. Si bien existen variaciones espaciales de temperatura interna, se considera que las mismas son despreciables. De esta forma, a los fines del cálculo del balance térmico del inmueble, **todo el espacio contenido dentro de una zona térmica se puede representar como un punto a temperatura constante, igual a la temperatura interna de confort.**



- $T_{int} = T_{confort}$

# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS



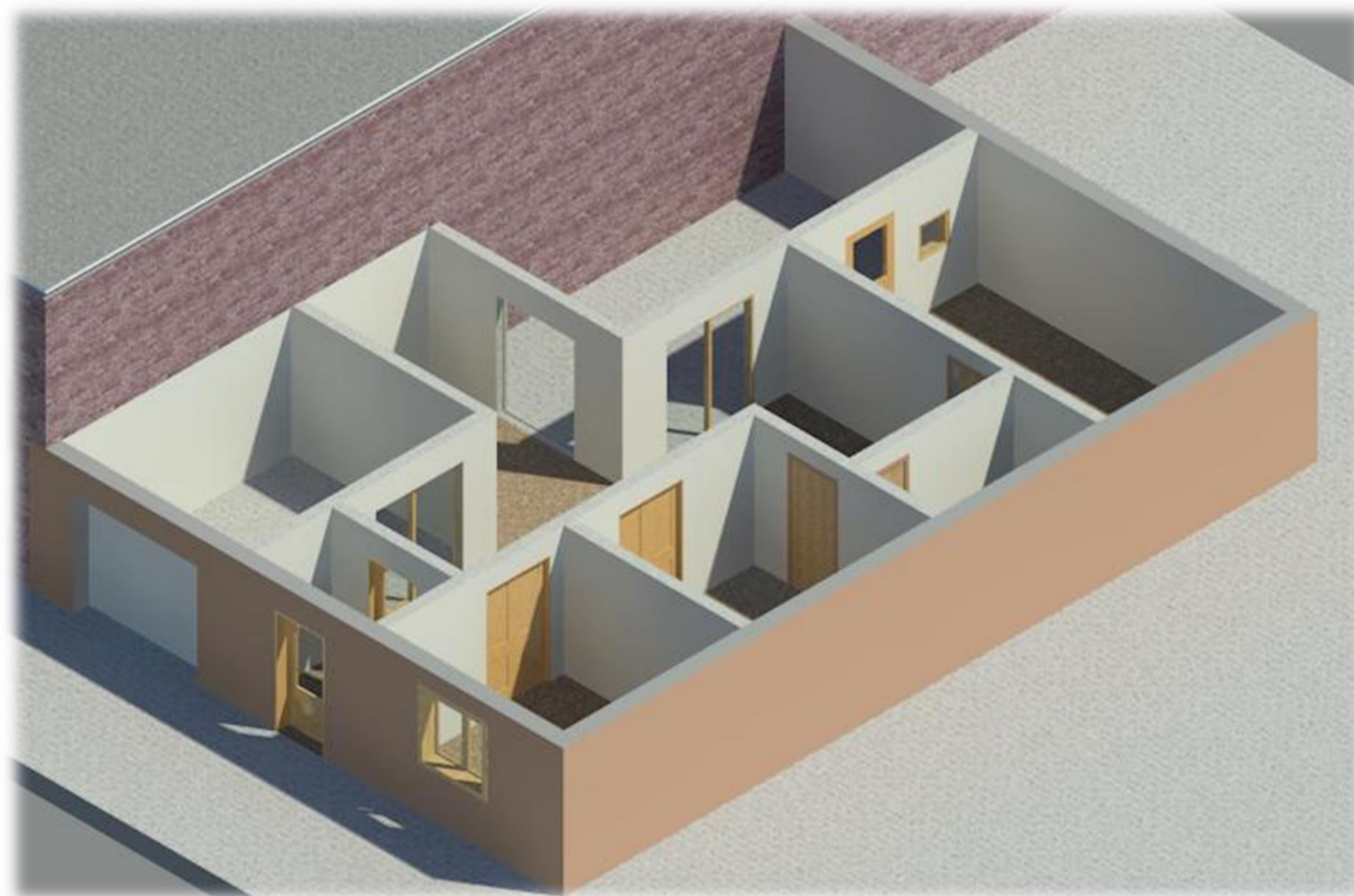


# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

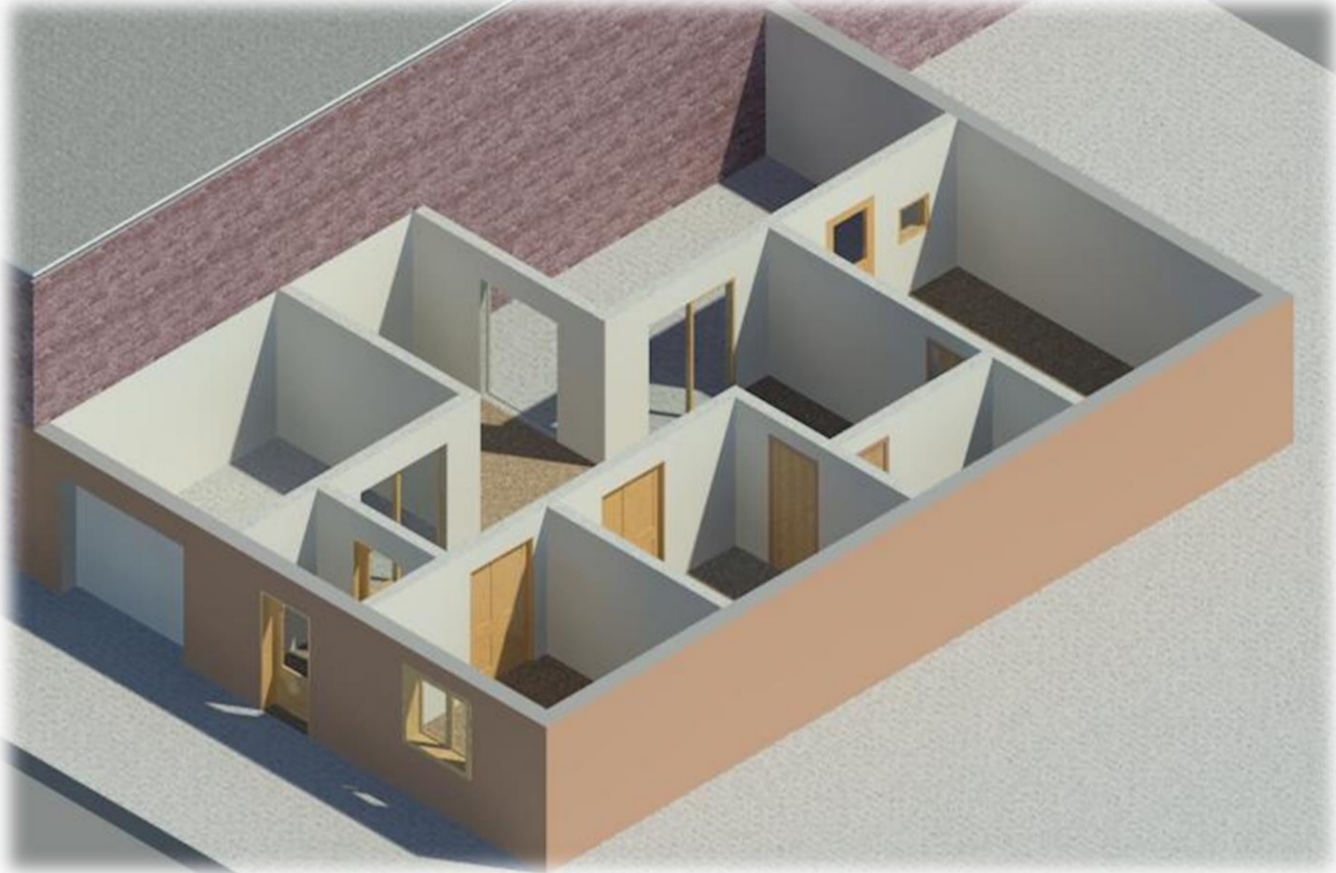
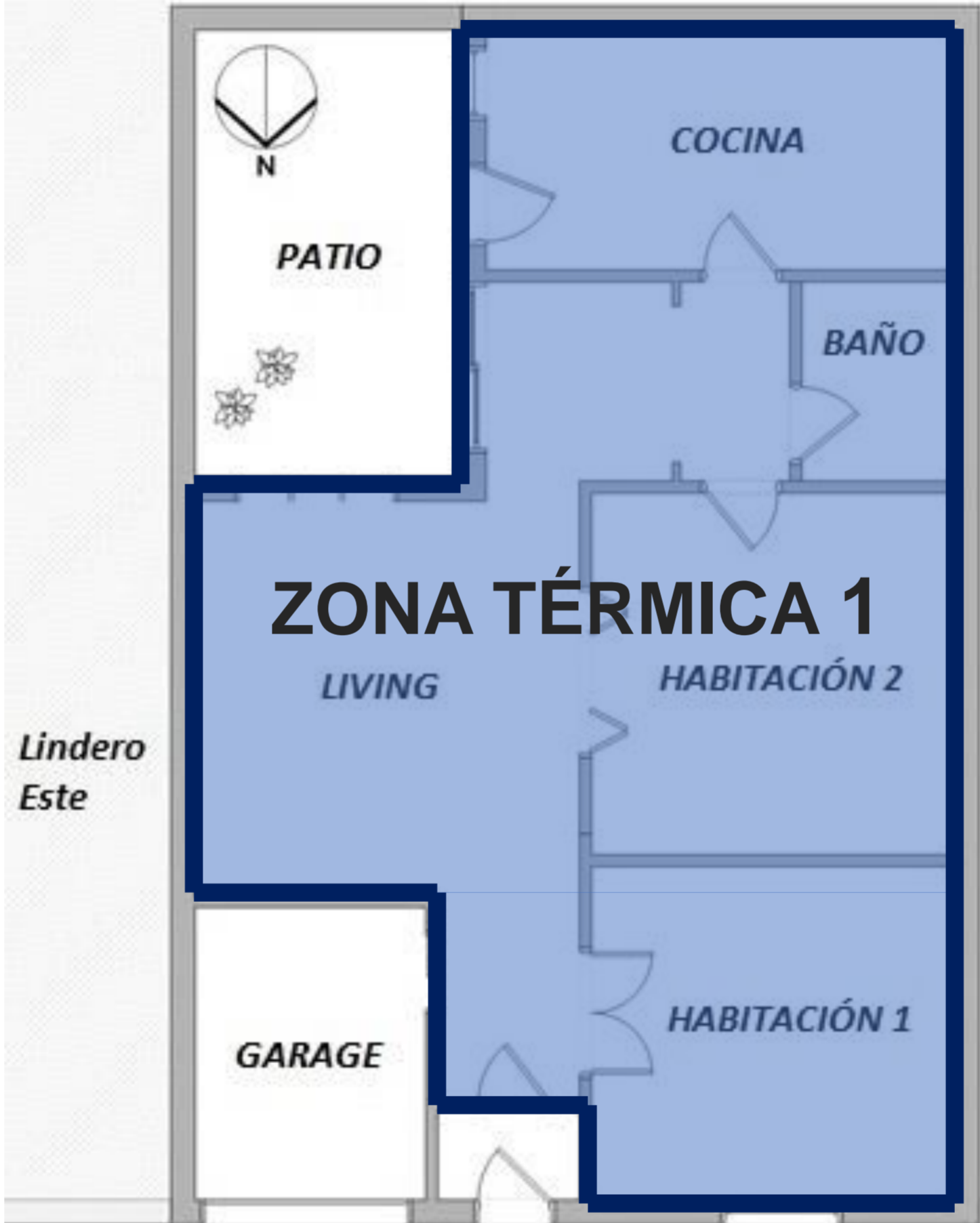
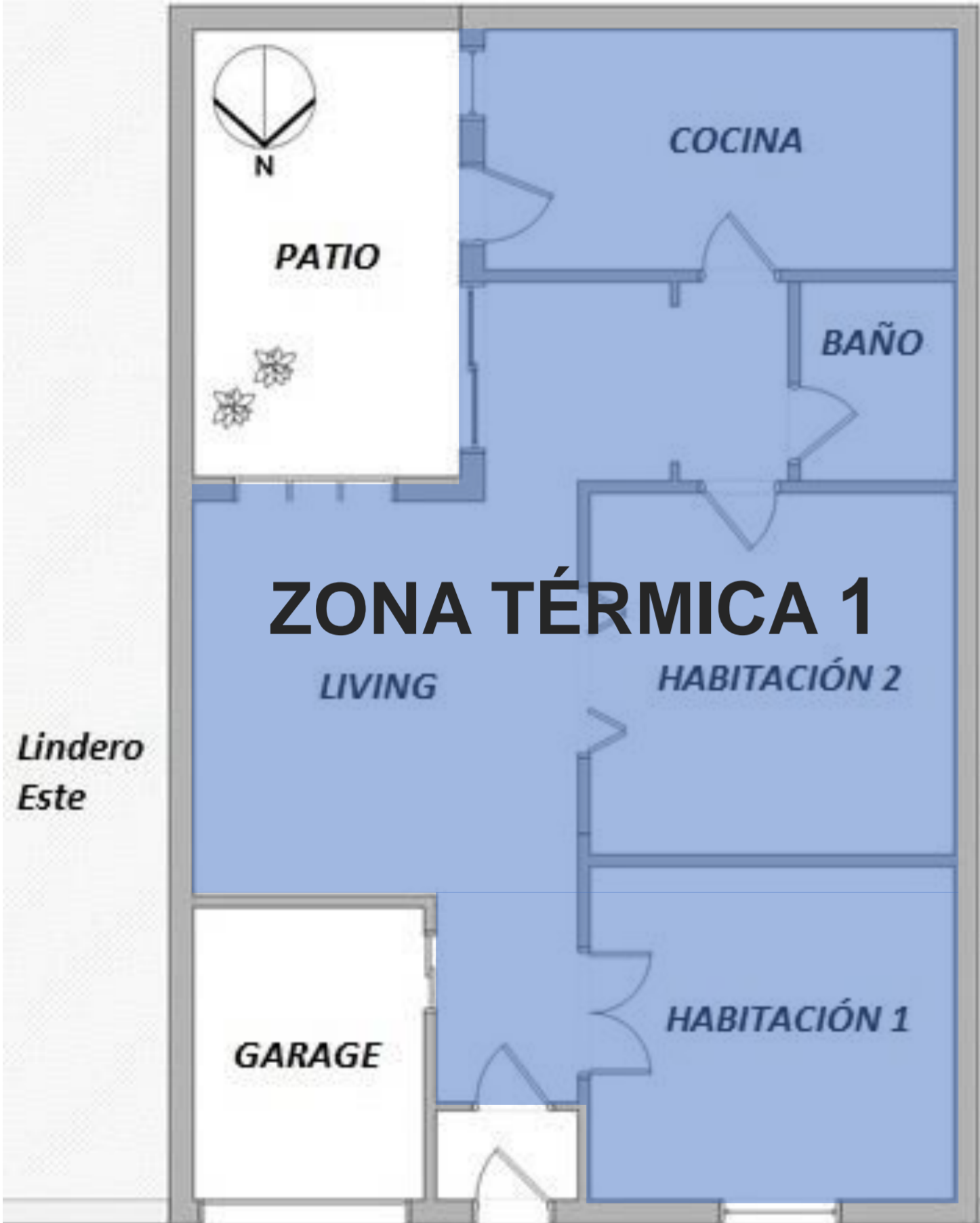
### **ENVOLVENTE TÉRMICA**

Conjunto de elementos que **delimitan físicamente una zona térmica** y la separan del ambiente exterior, de construcciones linderas o de otros ambientes adyacentes (ya sean climatizados o no).



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### **ELEMENTO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA**

Porción de la envolvente térmica de **composición homogénea** que, a los efectos del flujo de calor, **actúa como interfaz** entre el interior de una zona térmica y el ambiente exterior, u otros ambientes adyacentes. Pueden ser **elementos constructivos** (muros, solados, cubiertas) o **aberturas**.

#### ❖ COMPOSICIÓN HOMOGÉNEA



Para elementos constructivos,

- **SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ÚNICA**

Para aberturas,

- **MATERIAL OPACO (MARCO)**  
**+ MATERIAL TRANSPARENTE (VIDRIO)**

# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### **ELEMENTO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA**

Porción de la envolvente térmica de **composición homogénea** que, a los efectos del flujo de calor, **actúa como interfaz** entre el interior de una zona térmica y el ambiente exterior, u otros ambientes adyacentes. Pueden ser **elementos constructivos** (muros, solados, cubiertas) o **aberturas**.

#### ❖ COMPOSICIÓN HOMOGÉNEA

#### ❖ ADYACENCIA ÚNICA

En el caso de ser adyacente al exterior,

#### ❖ ORIENTACIÓN ÚNICA

#### ❖ OBSTÁCULOS ÚNICOS

Horizonte  
Superior  
Laterales

# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

**SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA** → Conjunto de "n" capas ordenadas, de interior a exterior.

**CAPA** → Material ( $\rho, \lambda, c$ ) + Espesor ( $e$ ).

**CAPA 1.** Material 1 ( $e_1[cm]$ ).

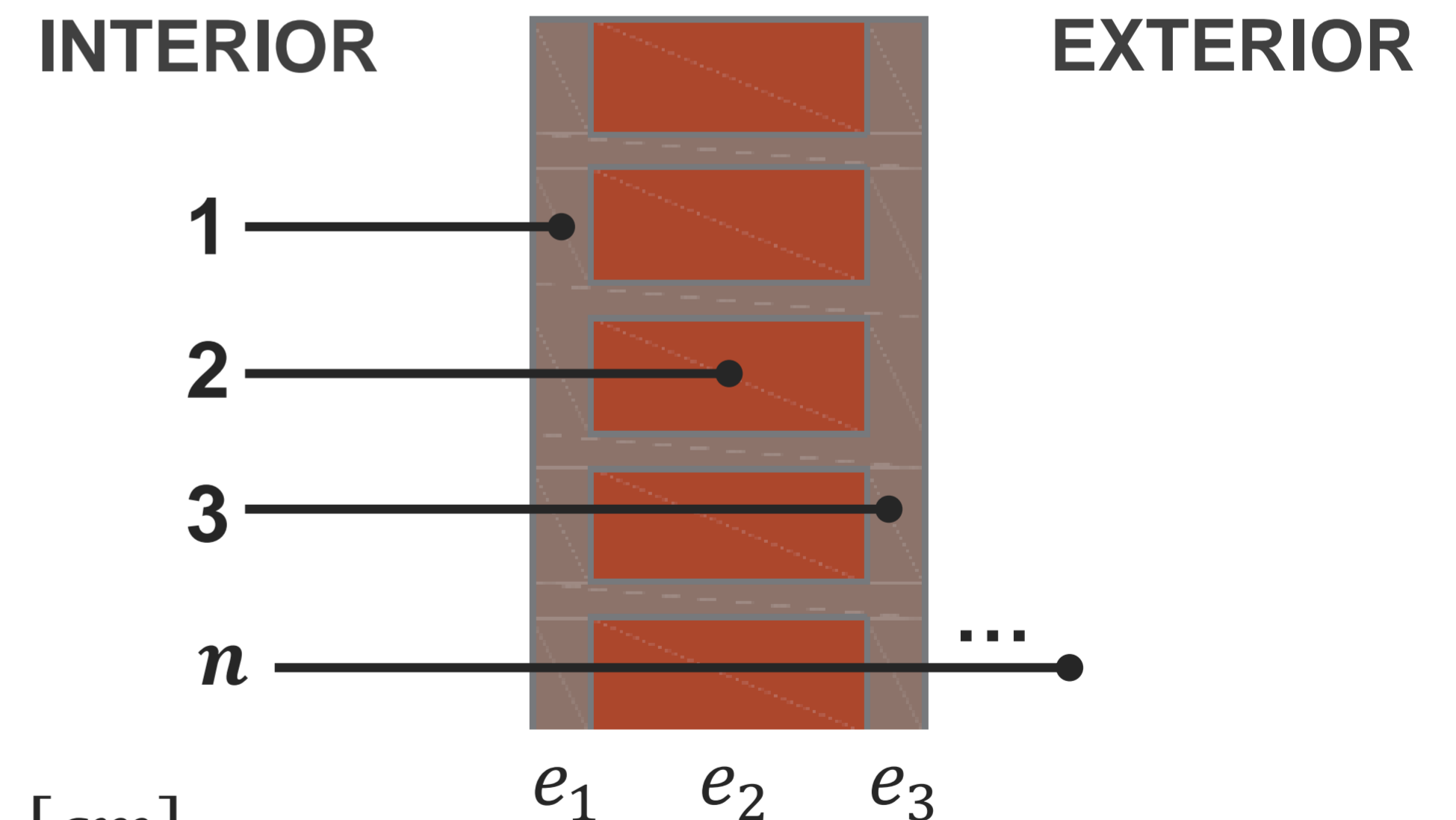
**CAPA 2.** Material 2 ( $e_2[cm]$ ).

**CAPA 3.** Material 3 ( $e_3[cm]$ ).

...

**CAPA n.** Material n ( $e_n[cm]$ ).

$$e_{TOTAL} = e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_n [cm]$$



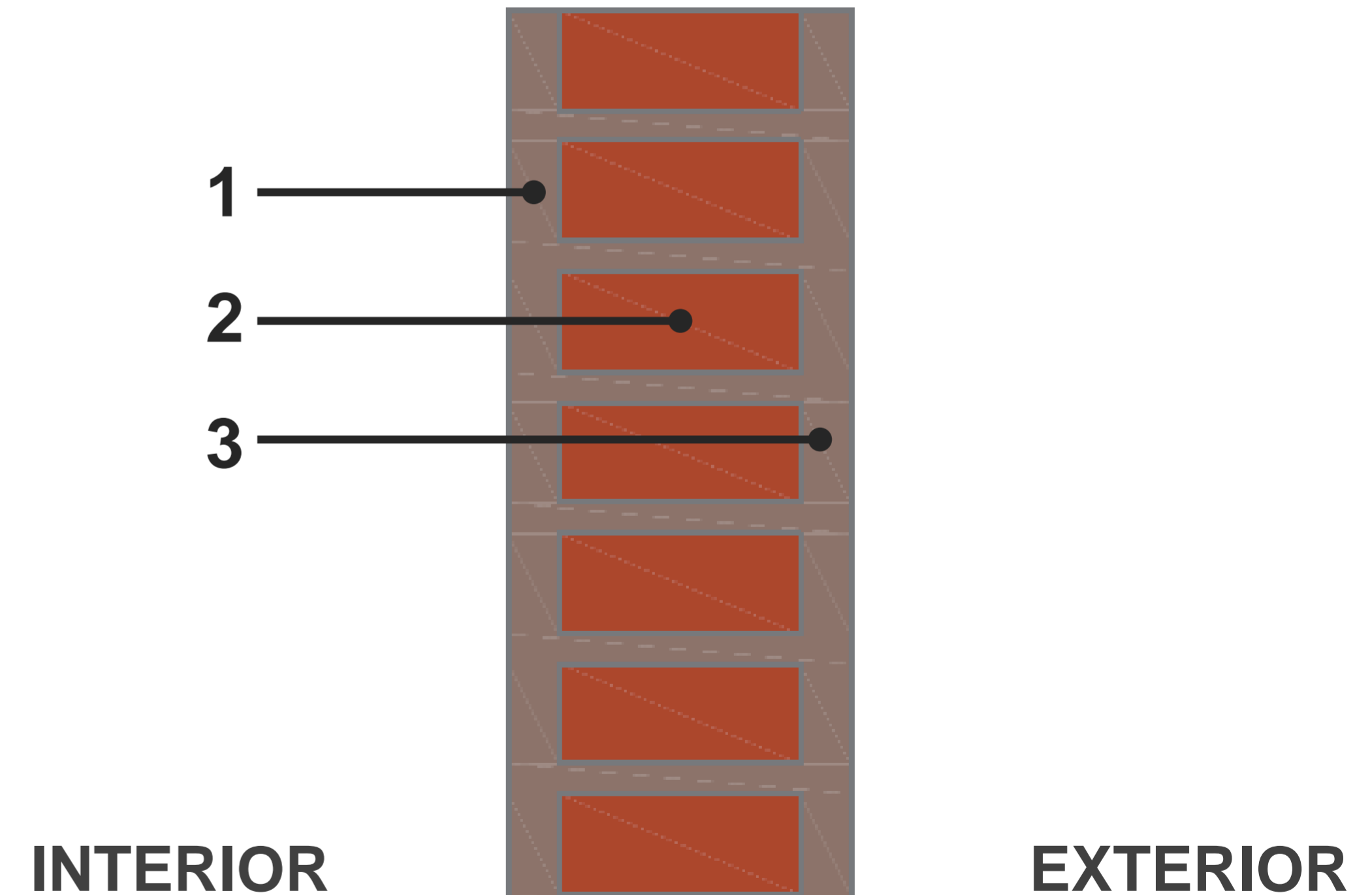
# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

## SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

M (17cm) | Ri 2 | LMC 12 | Re 3

1. Revoque interior completo ( $e = 2cm$ ).
2. Ladrillos macizos comunes ( $e = 12cm$ ).
3. Revoque exterior completo ( $e = 3cm$ ).



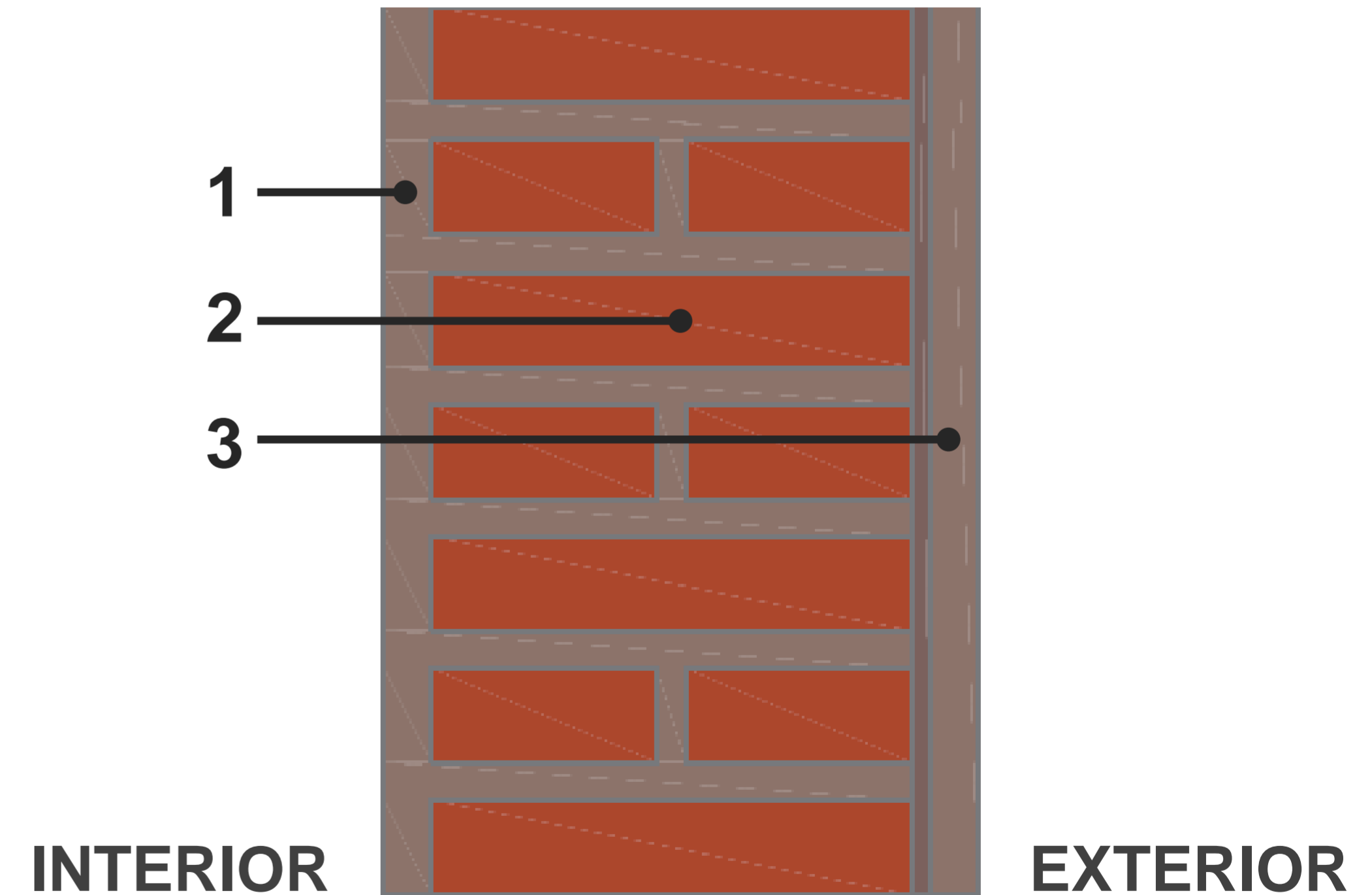
# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

M (30cm) | Ri 2 | LMC 25 | Re 3

1. Revoque interior completo ( $e = 2cm$ ).
2. Ladrillos macizos comunes ( $e = 25cm$ ).
3. Revoque exterior completo ( $e = 3cm$ ).



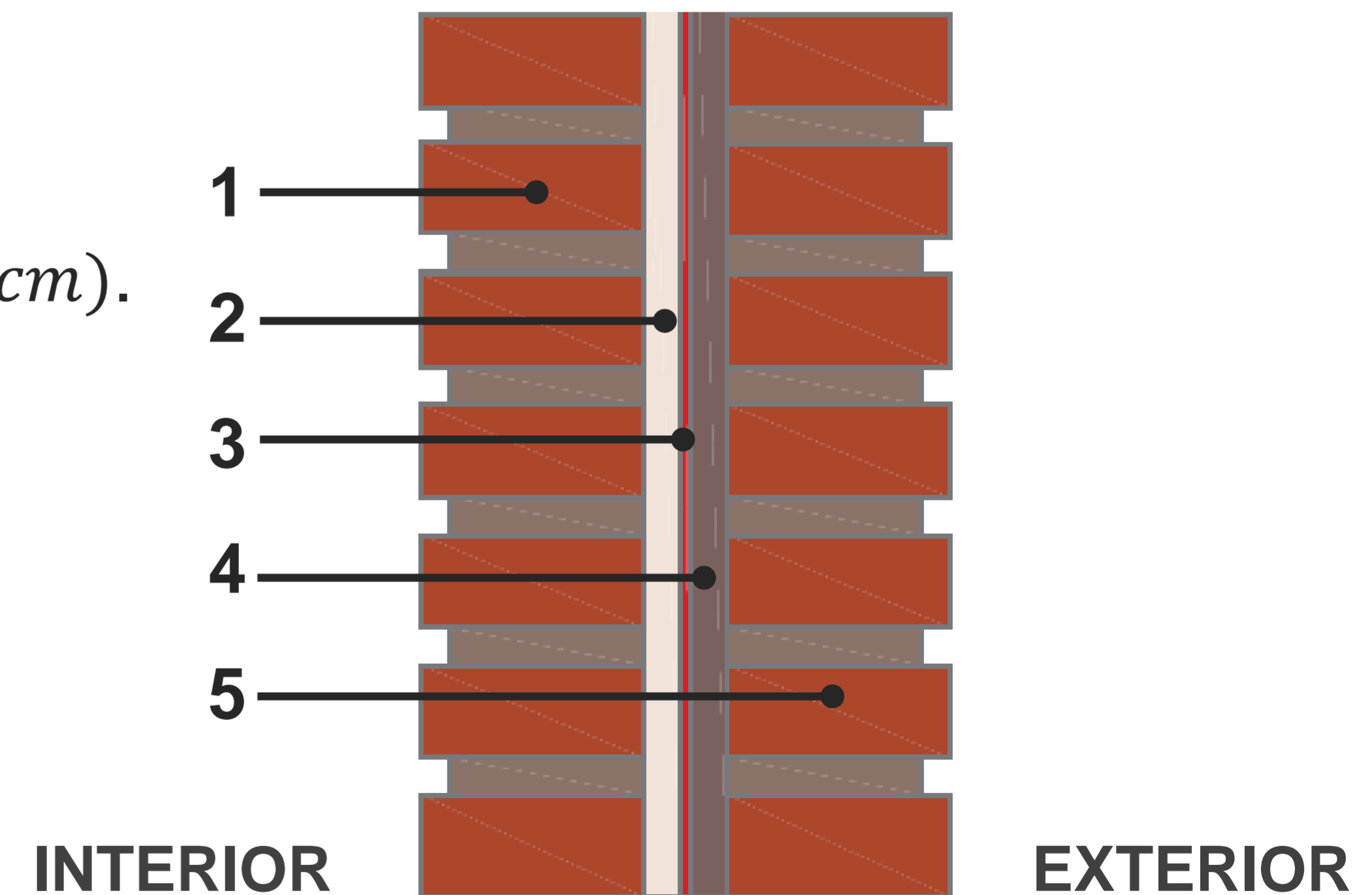
# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

## SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

M (29cm) | LMC 12 | EPS 3 | Pasf | Az 1 | LMC 12

1. Ladrillos macizos comunes ( $e = 12cm$ ).
2. Poliestireno expandido en planchas (25) ( $e = 3cm$ ).
3. Pintura asfáltica ( $e = 0,5cm$ ).
4. Azotado impermeable ( $e = 1,5cm$ ).
5. Ladrillos macizos comunes ( $e = 12cm$ ).





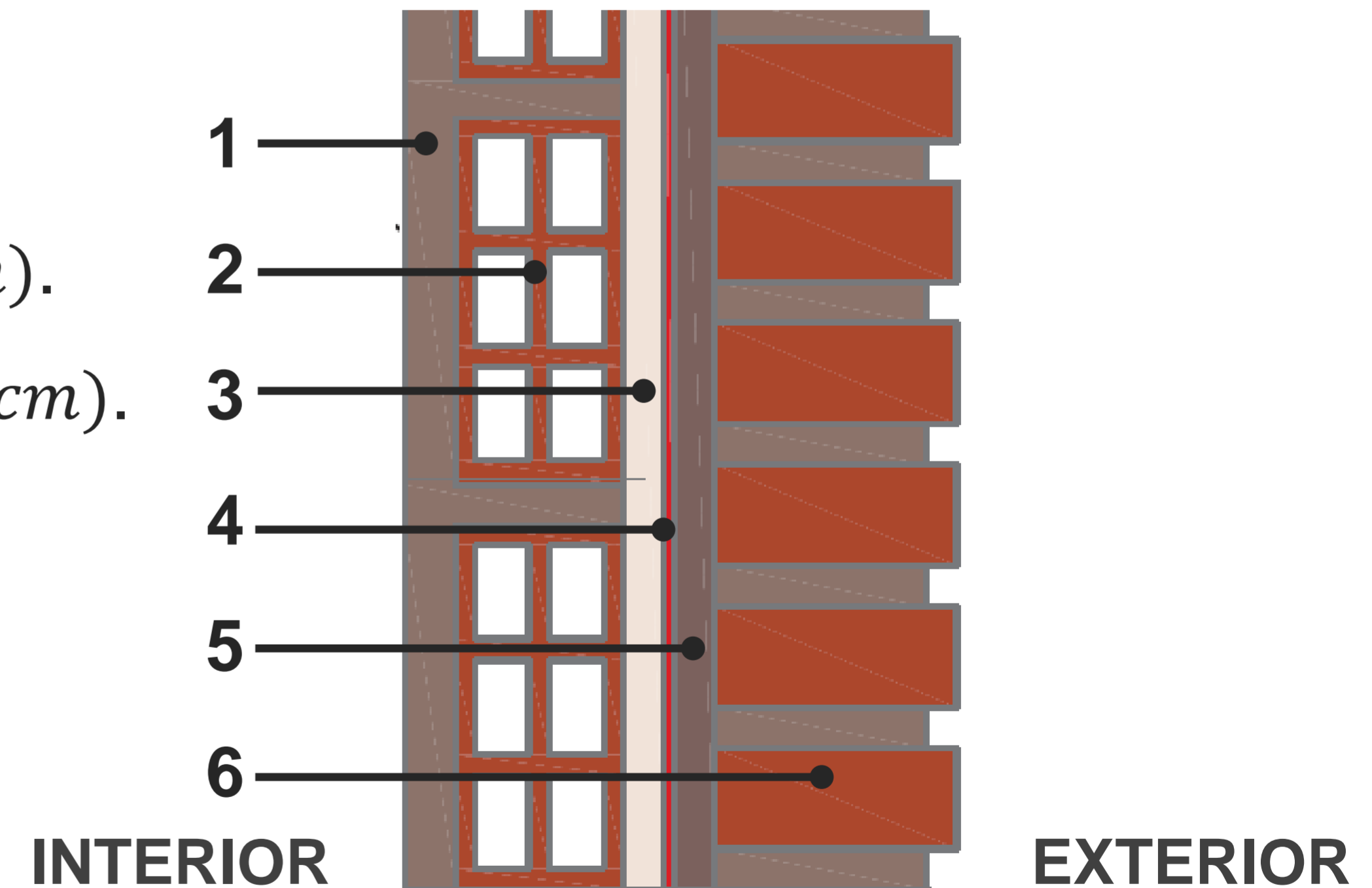
# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

M (26cm) | Ri 2 | LCH 8x18x33 | EPS 2 | Pasf | Az 1 | LMC 12

1. Revoque interior completo ( $e = 2cm$ ).
2. Ladrillos cerámicos huecos (8x18x33) ( $e = 8cm$ ).
3. Poliestireno expandido en planchas (25) ( $e = 2cm$ ).
4. Pintura asfáltica ( $e = 0,5cm$ ).
5. Azotado impermeable ( $e = 1,5cm$ ).
6. Ladrillos macizos comunes ( $e = 12cm$ ).



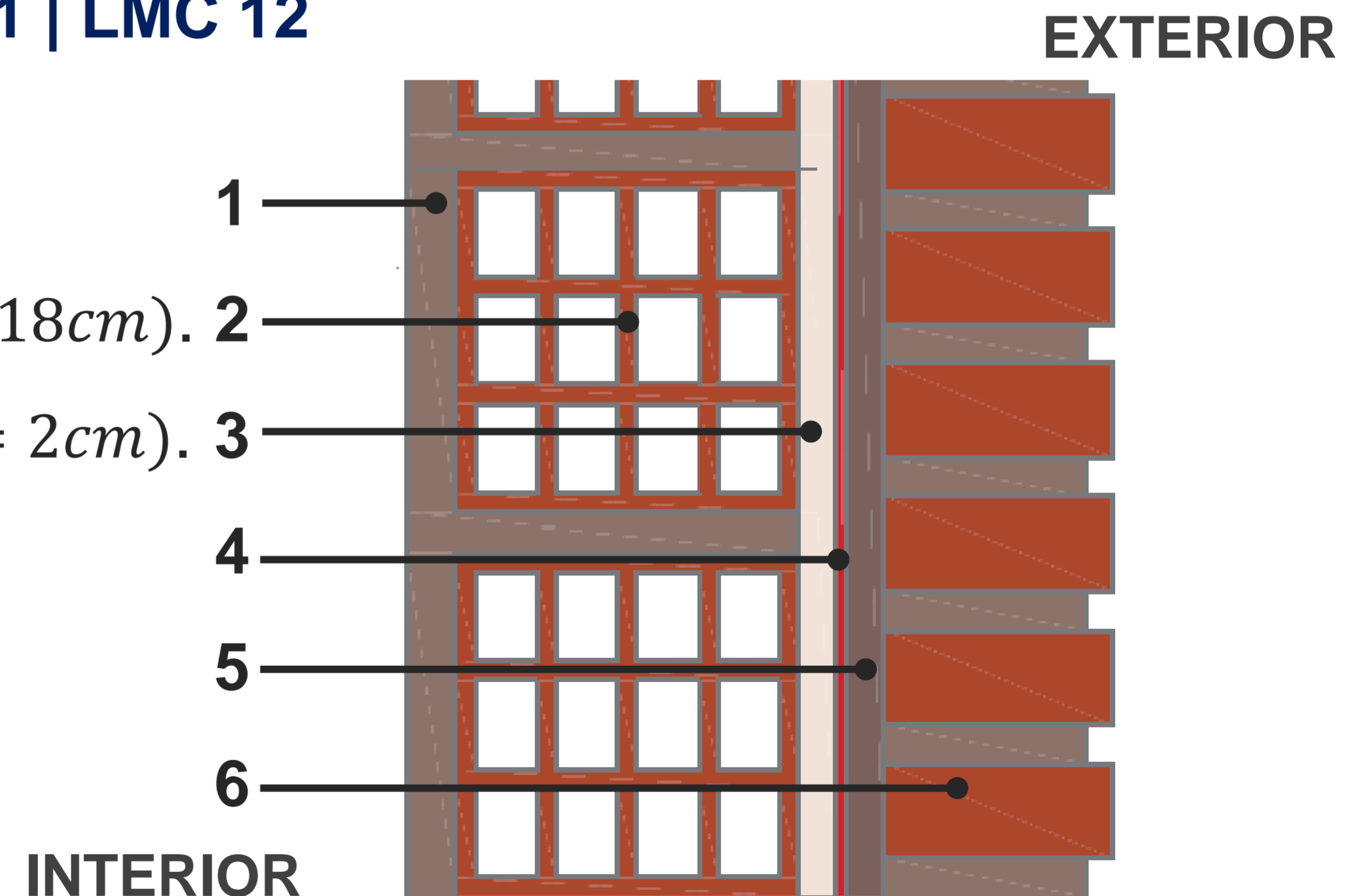
# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

## SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

M (36cm) | Ri 2 | LCH 18x18x33 | EPS 2 | Pasf | Az 1 | LMC 12

1. Revoque interior completo ( $e = 2cm$ ).
2. Ladrillos cerámicos huecos (18x18x33) ( $e = 18cm$ ).
3. Poliestireno expandido en planchas (25) ( $e = 2cm$ ).
4. Pintura asfáltica ( $e = 0,5cm$ ).
5. Azotado impermeable ( $e = 1,5cm$ ).
6. Ladrillos macizos comunes ( $e = 12cm$ ).



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### CONSIDERACIÓN DE ADYACENCIAS

Un elemento de la envolvente térmica, puede ser adyacente a:

- **Ambiente climatizado**
  - Ambientes propios de otra zona térmica.
  - Unidades adyacentes en propiedad horizontal.
- **Ambiente no climatizado**
  - Ambiente no climatizado propio del inmueble.
  - Espacios comunes en propiedad horizontal, locales comerciales, espacio de cocheras cerrado.
- **Construcción lindera**
  - Inmueble con el que se comparte medianera.
- **Exterior**
  - Ambiente exterior. Espacio de cocheras abierto, pasillos abiertos.
- **Terreno**

# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### CONSIDERACIÓN DE CIELORRASOS SUSPENDIDOS

*¿El espacio de aire de los cielorrasos suspendidos, se considera como una capa de la solución constructiva de cubierta, o como un espacio adyacente?*

Espacio de aire **SIN VENTILAR**,  $\leq 30cm$  → **CAPA** → Cámara de aire (CA 10, CA 20, CA 30)

Espacio de aire **SIN VENTILAR**,  $> 30cm$  → **ADYACENCIA** → Espacio de aire estanco ( $> 30cm$ )

Espacio de aire **VENTILADO** → **ADYACENCIA** → Espacio de aire ventilado

Al considerarlo como adyacencia, la solución constructiva estará compuesta por una única capa: el cielorraso.



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## CONCEPTOS PREVIOS

### **ELEMENTOS INTERNOS A LA ZONA TÉRMICA**

Son aquellos elementos constructivos que dividen ambientes climatizados dentro de una misma zona térmica, y por ende, quedan comprendidos en el interior de la misma. Pueden ser muros o entrepisos. No se consideran aberturas ni elementos cuya masa sea despreciable a los fines del almacenamiento de energía.

Un elemento interno, se caracteriza por tener:

#### ❖ **COMPOSICIÓN HOMOGÉNEA**



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

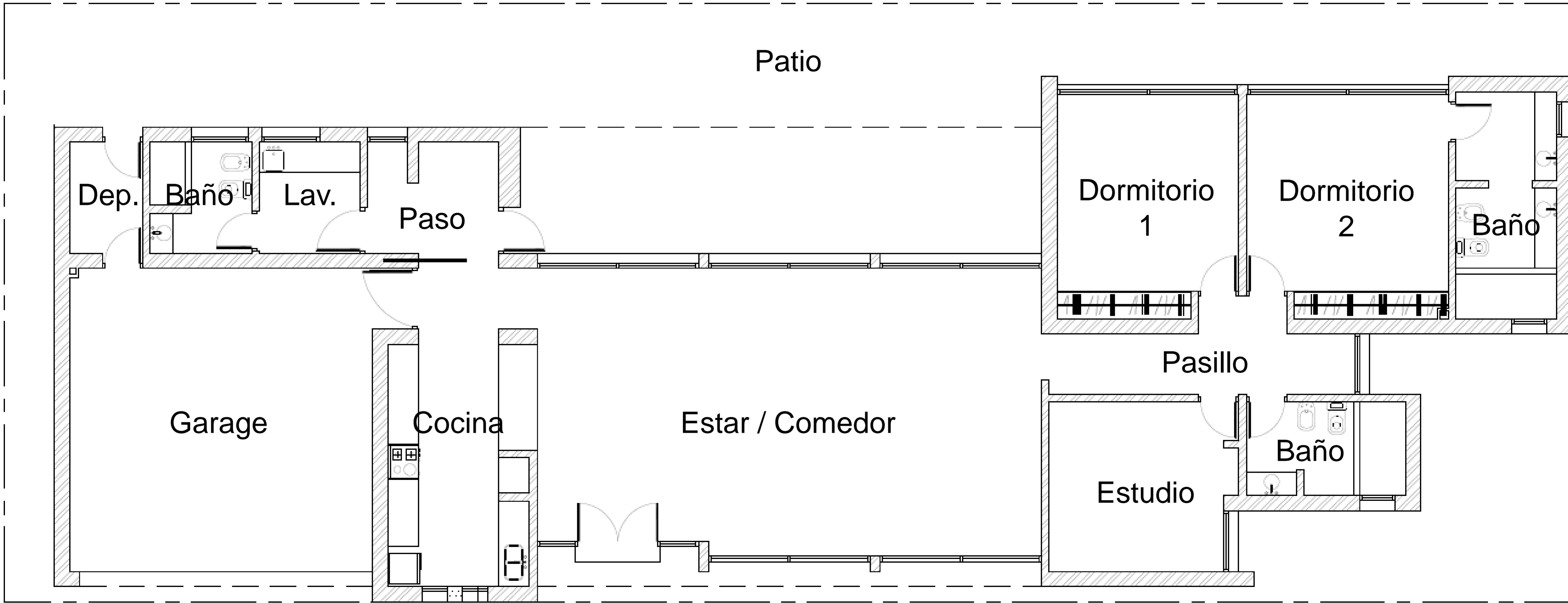
## *PASOS A SEGUIR*

1. Identificación de ambientes
2. Clasificación de ambientes
3. Definición de zonas térmicas
4. Reconocimiento de la envolvente térmica
5. Identificación de los elementos de la envolvente térmica
6. Identificación de los elementos internos a la zona térmica



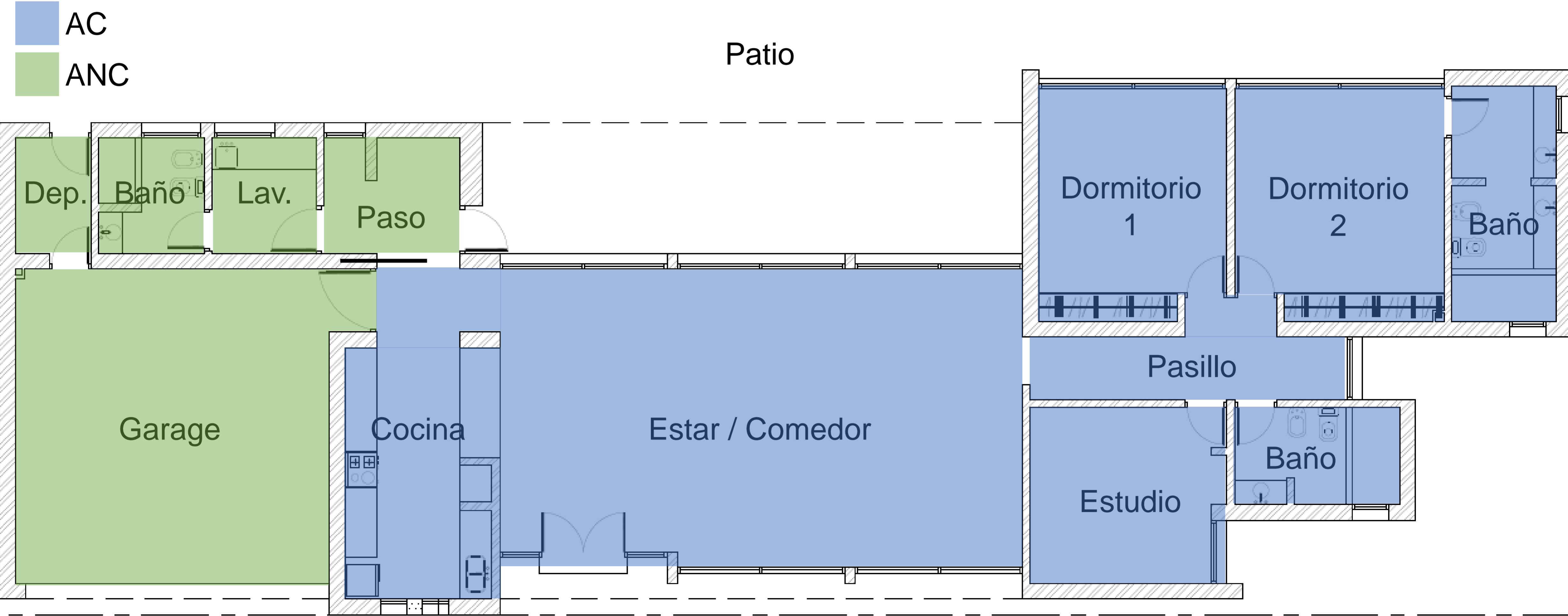
# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## 1. IDENTIFICACIÓN DE AMBIENTES



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

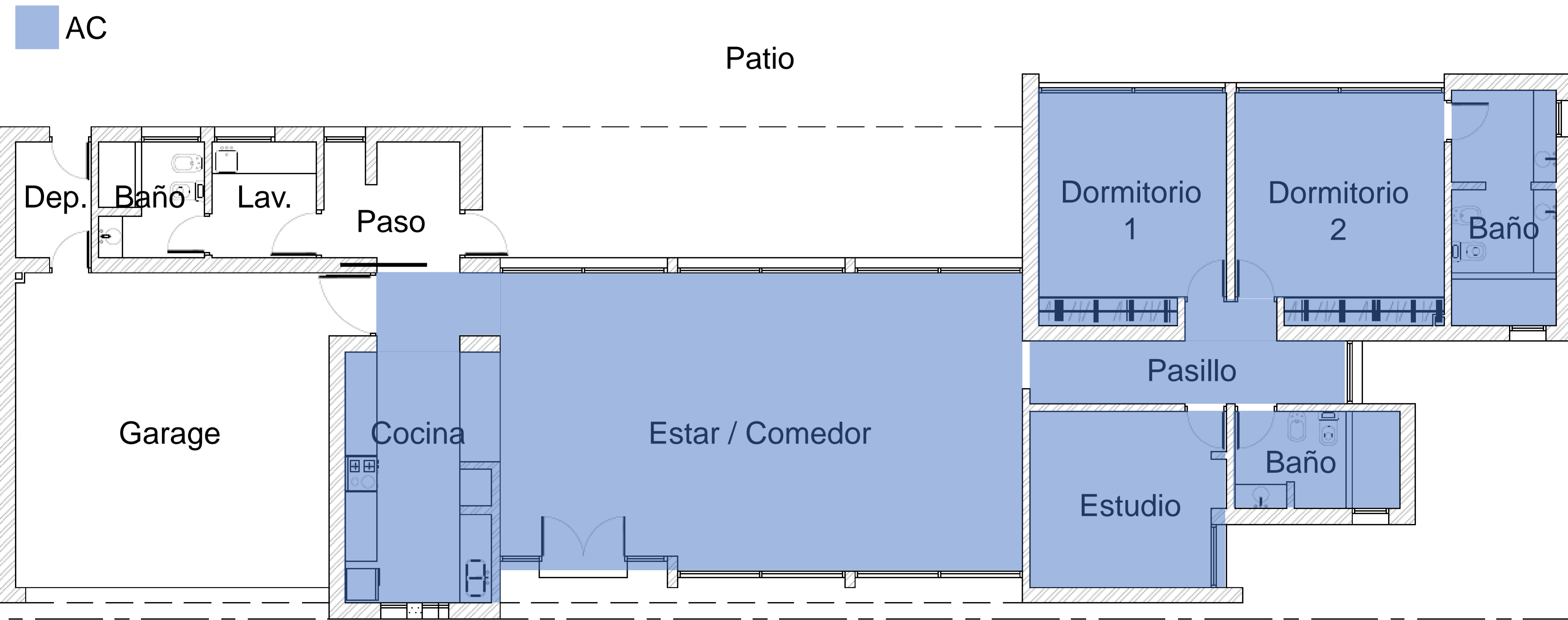
## 2. CLASIFICACIÓN DE AMBIENTES





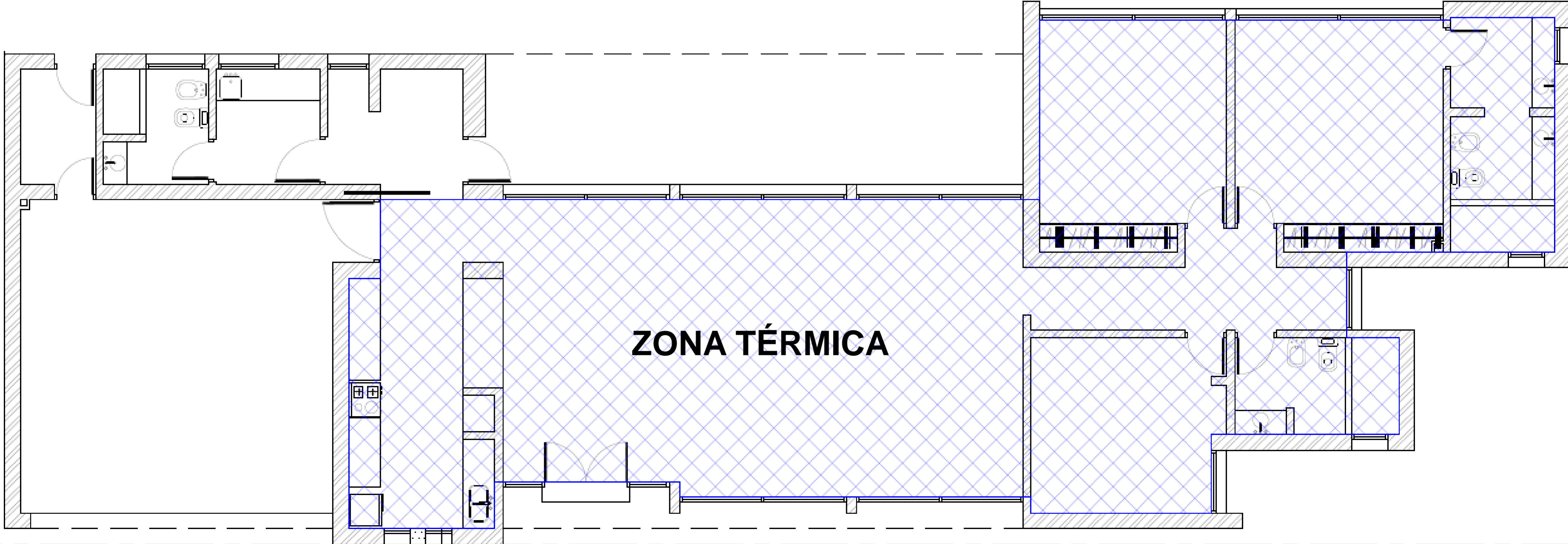
# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## 3. DEFINICIÓN DE ZONAS TÉRMICAS



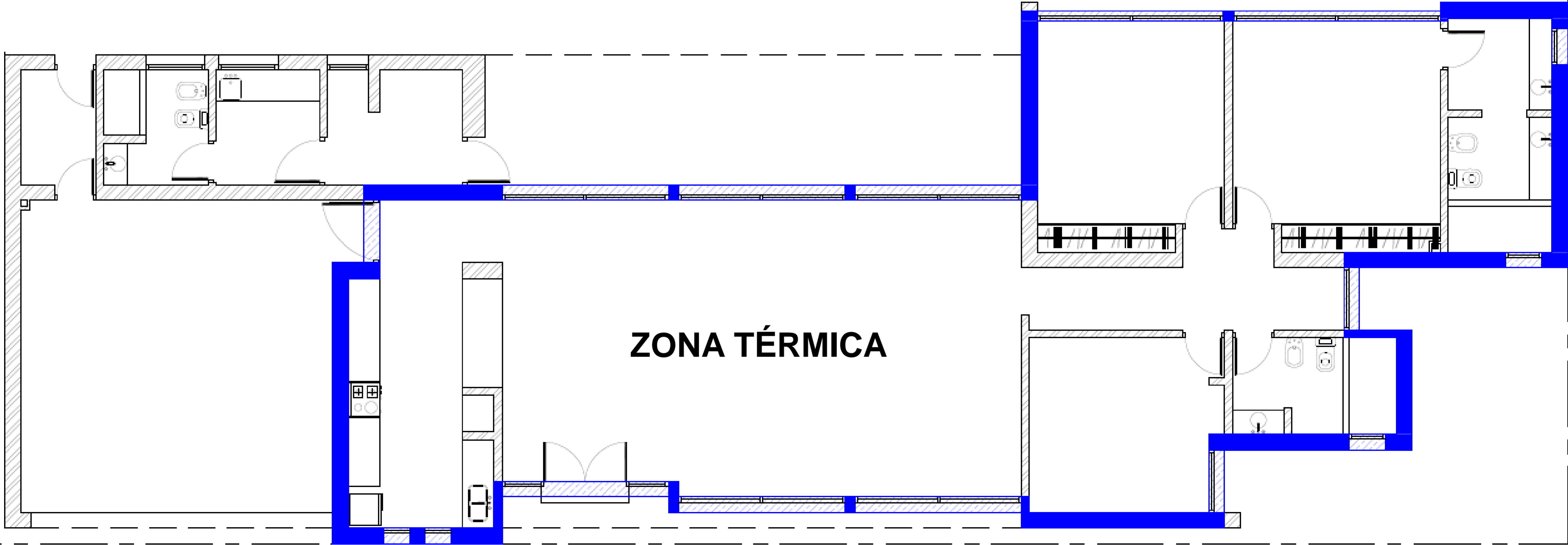
# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## 3. DEFINICIÓN DE ZONAS TÉRMICAS



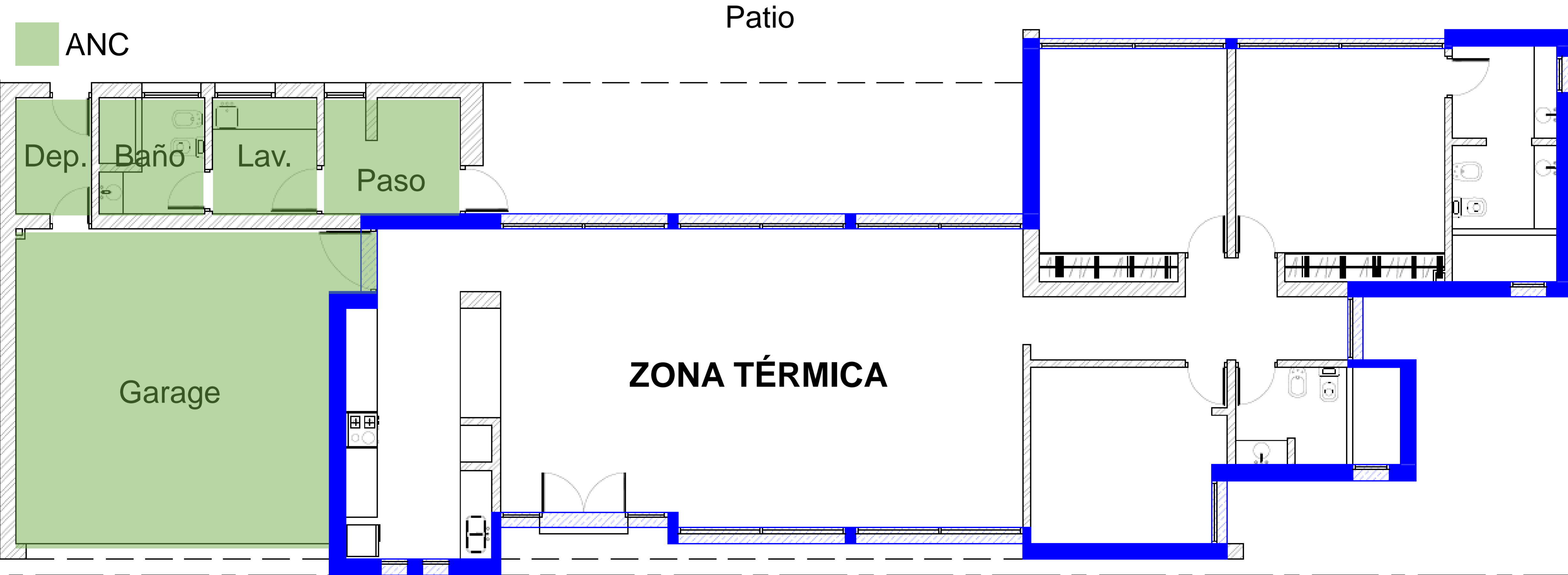
# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## 4. RECONOCIMIENTO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

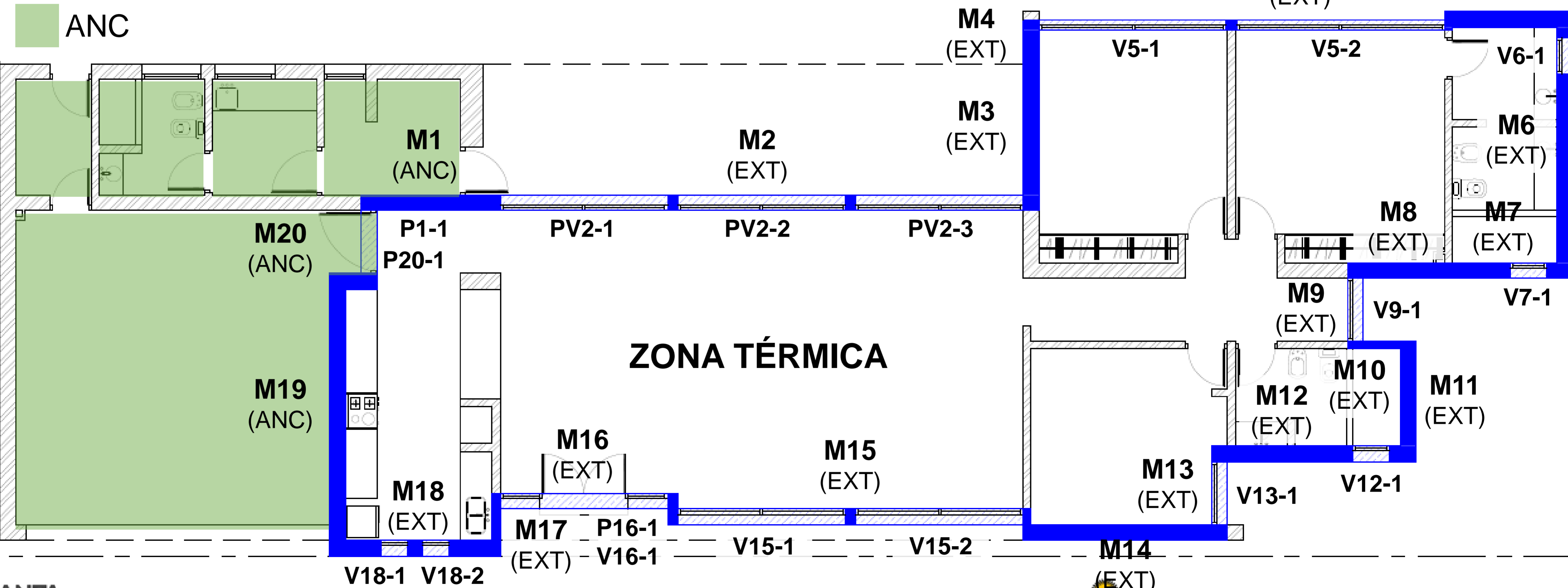
## 5. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## 5. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

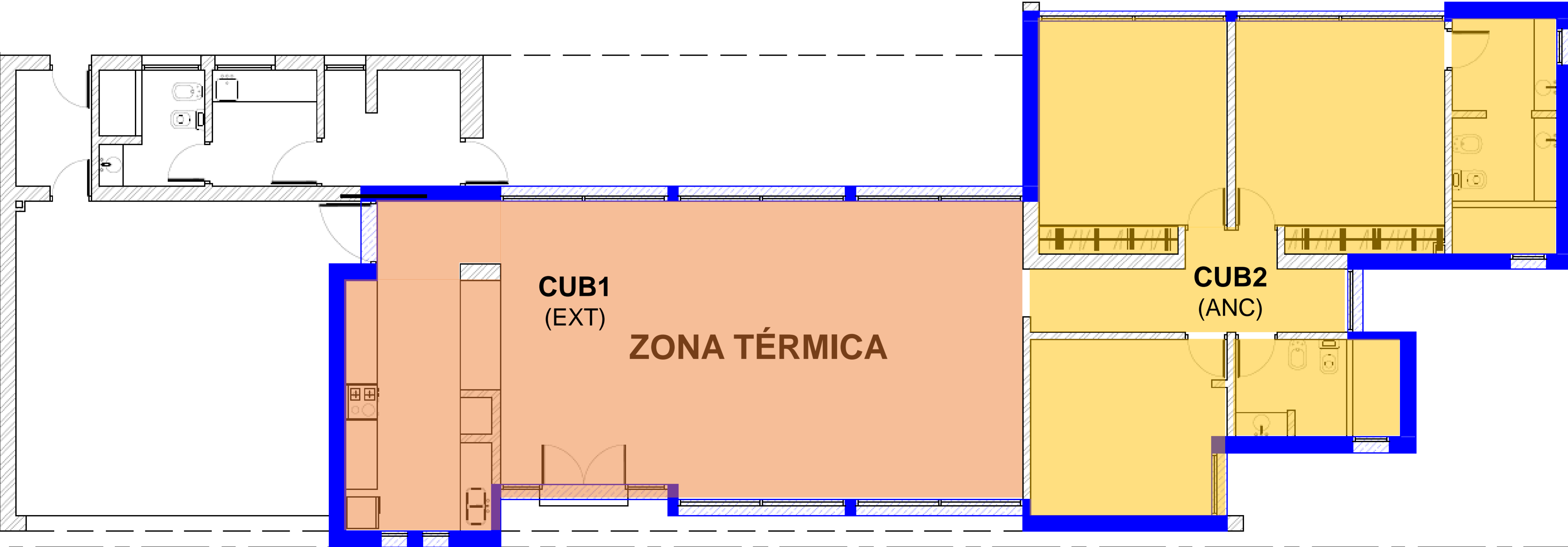
### ELEMENTOS DE PARED



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## 5. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

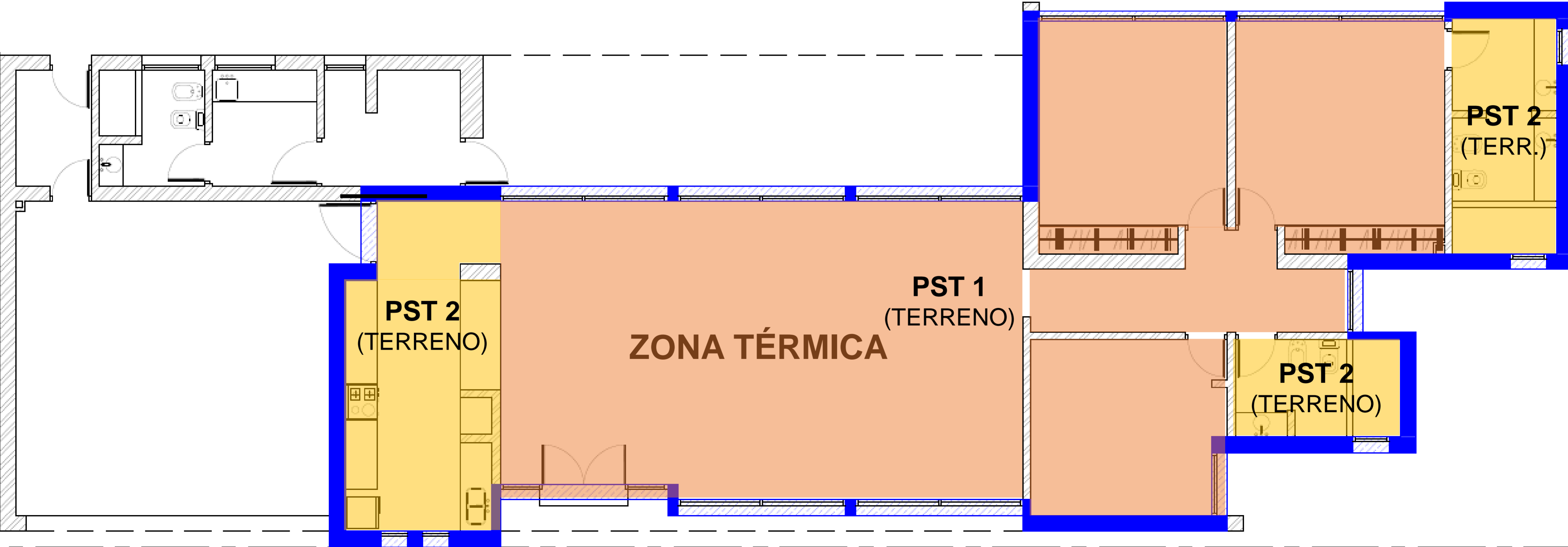
### ELEMENTOS DE CUBIERTA



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## 5. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

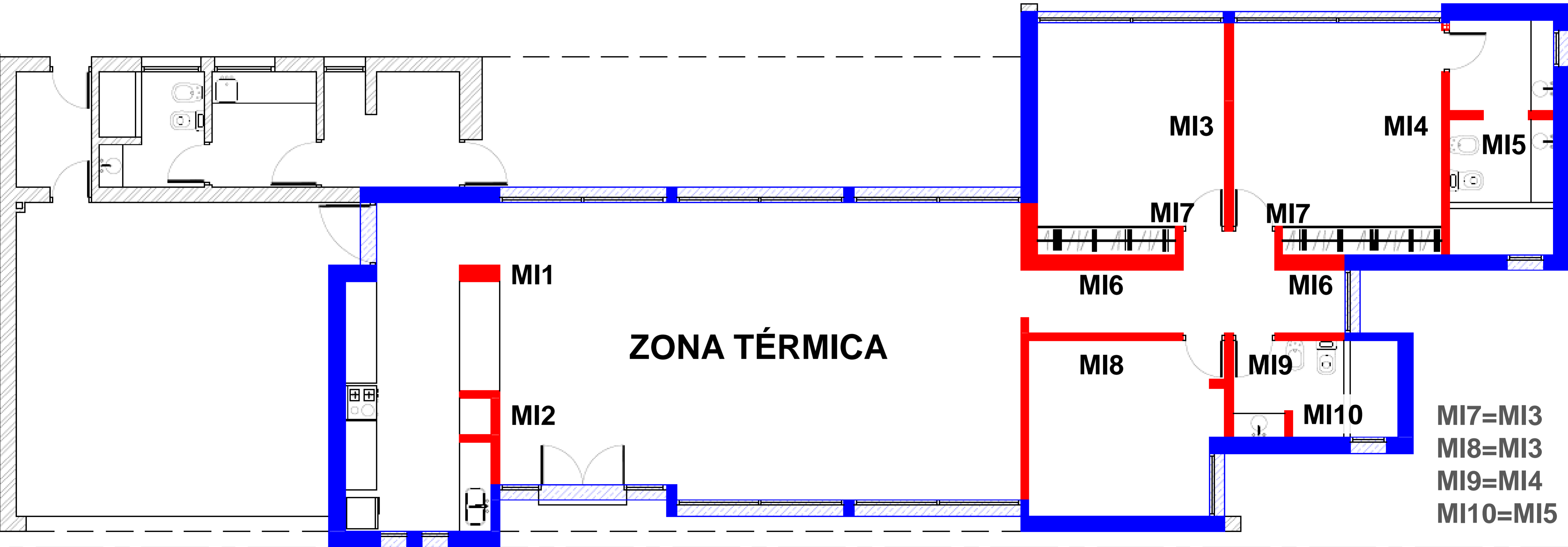
### ELEMENTOS DE SOLADO



# DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

## 6. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS INTERNOS A LA ZONA TÉRMICA

### ELEMENTOS DE PARED





# III | TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA EN EDIFICIOS

## *BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE REFERENCIA*

- [1] Corrado, V. y Fabrizio, E, “A simplified calculation method of the annual energy use for space heating and cooling: Assessment of the dynamic parameters for the Italian building stock and climate”. London, 2006. Research in Building Physics and Building Engineering. Taylor & Francis Group, ISBN 0-415-41675-2.
- [2] Davies, M. G., “Building Heat Transfer”. Hoboken, NJ John Wiley & Sons, Ltd. UK, 2004.
- [3] de Wit M. H., “Heat and moisture in building envelopes”. Technische Universiteit Eindhoven. Eindhoven, 2009.
- [4] Norma ISO 13786:2007. Thermal performance of building components. Dynamic thermal characteristics. Calculation methods.
- [5] Norma ISO 13790:2008. Energy performance of buildings. Calculation of energy use for space heating and cooling.
- [6] Procedimiento de cálculo del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE). Rosario, 2016. Secretaría de Estado de la Energía de la provincia de Santa Fe.

