



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA  
PRESIDENCIA DE LA NACIÓN



SECRETARÍA DE ESTADO DE LA ENERGÍA  
PROVINCIA DE SANTA FE



# PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS VERSIÓN 0

DOCUMENTO DE BASE TÉCNICA PARA PRUEBA PILOTO ROSARIO 2017

PROYECTO DE CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE INMUEBLES  
DESTINADOS A VIVIENDA

21/12/2016





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

### ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1. Definiciones .....	6
1.2. Aclaración sobre los conceptos de Energía Útil, Energía Secundaria y Energía Primaria .....	8
1.3. Datos climáticos .....	9
<b>2. ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS .....</b>	<b>21</b>
2.1. Definiciones, magnitudes, símbolos y unidades .....	21
2.2. Índice de Prestaciones Energéticas .....	22
2.2.1. Requerimiento específico global de energía primaria .....	22
<b>3. REQUERIMIENTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO .....</b>	<b>25</b>
3.1. Magnitudes, símbolos y unidades .....	25
3.2. Lineamientos preliminares .....	30
3.3. Requerimiento mensual de energía térmica para calefacción .....	31
3.3.1. Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación .....	31
3.3.2. Aportes térmicos gratuitos totales .....	33
3.3.3. Factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos .....	34
3.4. Requerimiento total de energía útil para calefacción en invierno .....	36
3.5. Requerimiento total de energía secundaria para calefacción en invierno .....	36
3.6. Requerimiento total de energía primaria para calefacción en invierno .....	38
3.7. Requerimiento específico de energía primaria para calefacción en invierno .....	38
<b>4. REQUERIMIENTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO .....</b>	<b>39</b>
4.1. Magnitudes, símbolos y unidades .....	39
4.2. Lineamientos preliminares .....	44
4.3. Requerimiento mensual de energía térmica para refrigeración .....	45
4.3.1. Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación .....	45
4.3.2. Aportes térmicos gratuitos totales .....	47
4.3.3. Factor de utilización de las dispersiones térmicas .....	48
4.4. Requerimiento total de energía útil para refrigeración en verano .....	50
4.5. Requerimiento total de energía secundaria para refrigeración en verano .....	50



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

---

4.6.	Requerimiento total de energía primaria para refrigeración en verano .....	52
4.7.	Requerimiento específico de energía primaria para refrigeración en verano .....	52
<b>5.</b>	<b>REQUERIMIENTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA .....</b>	<b>53</b>
5.1.	Magnitudes, símbolos y unidades.....	53
5.2.	Lineamientos preliminares .....	54
5.3.	Requerimiento mensual de energía útil para producción de agua caliente sanitaria.....	54
5.4.	Requerimiento total de energía útil para producción de agua caliente sanitaria.....	55
5.5.	Requerimiento total de energía secundaria para producción de agua caliente sanitaria.....	57
5.6.	Requerimiento total de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria .....	58
5.7.	Requerimiento específico de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria.....	58
<b>6.</b>	<b>REQUERIMIENTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA PARA ILUMINACIÓN .....</b>	<b>59</b>
6.1.	Magnitudes, símbolos y unidades.....	59
6.2.	Lineamientos preliminares .....	61
6.3.	Requerimiento mensual de energía eléctrica para iluminación .....	61
6.3.1.	Factor de iluminancia constante .....	62
6.3.2.	Factor de ocupación .....	62
6.3.3.	Factor de disponibilidad de luz natural diurna.....	64
6.4.	Energía parásita anual .....	66
6.5.	Requerimiento total de energía eléctrica para iluminación.....	66
6.6.	Requerimiento total de energía primaria para iluminación.....	67
6.7.	Requerimiento específico de energía primaria para iluminación .....	67
<b>7.</b>	<b>CONTRIBUCIÓN ESPECÍFICA DE ENERGÍAS RENOVABLES .....</b>	<b>69</b>
7.1.	Magnitudes, símbolos y unidades.....	69
7.2.	Lineamientos preliminares .....	71
7.3.	Contribución específica de energías renovables .....	71
7.4.	Energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria .....	72
7.4.1.	Contribución total de energía solar térmica .....	72
7.4.2.	Cobertura anual de energía solar térmica .....	72
7.4.3.	Contribución mensual de energía solar térmica .....	73
7.4.4.	Coeficiente de cobertura.....	73



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

7.4.5. Contribución total de energía secundaria por uso de energía solar térmica .....	77
7.4.6. Contribución total de energía primaria por uso de energía solar térmica.....	77
7.4.7. Contribución específica de energía primaria por uso de energía solar térmica .....	77
7.5. Energía solar fotovoltaica para producción de energía eléctrica .....	78
7.5.1. Contribución total de energía solar fotovoltaica .....	78
7.5.2. Contribución total de energía primaria por uso de energía solar fotovoltaica.....	79
7.5.3. Contribución específica de energía primaria por uso de energía solar fotovoltaica .....	79
 <b>ANEXO A</b> .....	 <b>83</b>
 <b>ANEXO B</b> .....	 <b>95</b>
 <b>ANEXO C</b> .....	 <b>101</b>
 <b>ANEXO D</b> .....	 <b>103</b>
 <b>ANEXO E</b> .....	 <b>111</b>
 <b>ANEXO F</b> .....	 <b>115</b>
 <b>ANEXO G</b> .....	 <b>117</b>
 <b>ANEXO H</b> .....	 <b>139</b>
 <b>ANEXO I</b> .....	 <b>147</b>
 <b>ANEXO J</b> .....	 <b>153</b>
 <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	 <b>163</b>





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

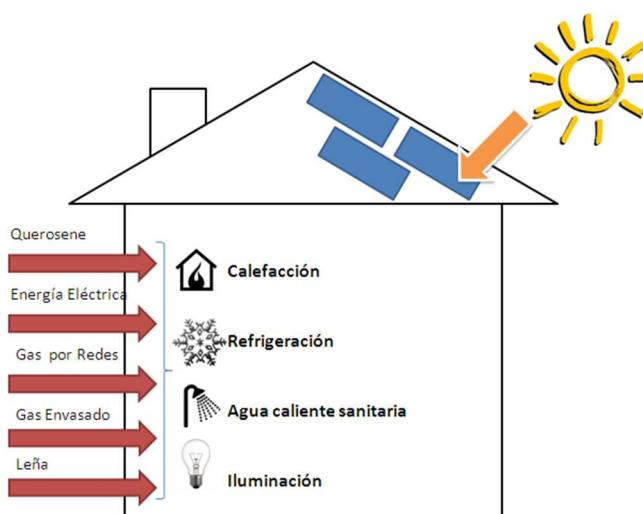
### 1. INTRODUCCIÓN

El índice de prestaciones energéticas (IPE) es un valor característico de cierto inmueble que representa una estimación de la energía primaria que demandaría la normal utilización de dicho inmueble durante un año y por metro cuadrado de superficie útil para satisfacer las necesidades asociadas a calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación. Se expresa en  $kWh/m^2\text{año}$ .

A los fines de certificar las prestaciones energéticas de un inmueble es necesario definir un balance de energía asociado al mismo. Si se considera la totalidad del inmueble como un sistema, éste intercambia energía con el ambiente circundante de diversos modos. A los efectos de la elaboración del índice IPE interesa contabilizar los flujos netos de energía, contemplados en el Balance Energético Nacional, asociados a los siguientes usos:

- 1) Calefacción en invierno
- 2) Refrigeración en verano
- 3) Producción de agua caliente sanitaria
- 4) Iluminación

Se habla de flujos netos, pues si en la vivienda existieran sistemas de producción de energía de cualquier tipo, entonces dicha producción debería contabilizarse como una sustracción al consumo.



**Figura 1.1:** Esquema simplificado de los distintos flujos energéticos que se contabilizan para la elaboración del IPE.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

### 1.1. Definiciones

#### Energía primaria

Son las distintas fuentes de energía en el estado en que se extraen o capturan de la naturaleza, sea en forma directa – energía hidráulica, eólica, solar – o indirecta, es decir derivada de un proceso de extracción o recolección de la misma – petróleo, carbón mineral, uranio, biomasa, entre otros –.

#### Energía secundaria (o Vector energético)

Son los diferentes productos energéticos no presentes en la naturaleza como tales, producidos por energías primarias en los distintos centros de transformación, con la finalidad de hacerlos más aptos a los requerimientos de consumo – electricidad, gas distribuido por redes, gas de refinería, gas licuado, motonaftas, carbón de leña, bicomustibles sólidos, líquidos y gaseosos, entre otros –.

#### Temperatura externa

Temperatura del aire exterior.

#### Temperatura interna

Temperatura del aire interior a un ambiente.

#### Temperatura interna de confort

Temperatura del aire interior a un ambiente, fijada por un sistema de control en modo normal de calefacción o refrigeración, de manera de garantizar el confort térmico de sus ocupantes.

#### Ambiente climatizado

Habitación o espacio, que a los propósitos del cálculo se asume como climatizado a una temperatura de confort dada, con variaciones espaciales de temperatura interna despreciables.

#### Ambiente no climatizado

Habitación o espacio cuya temperatura interna se deja fluctuar libremente, sin que actúen equipos de climatización para controlar, modificar o alterar la misma.

#### Zona térmica o zona climatizada

Ambiente o conjunto conexo de ambientes climatizados a una misma temperatura de confort, con variaciones espaciales de temperatura interna despreciables; con un mismo patrón de ocupación y



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

controlados por un único sistema de calefacción, refrigeración y/o ventilación, o por diferentes sistemas con igual rendimiento energético.

### **Envolvente**

Conjunto de las superficies internas de los cerramientos que separan un ambiente climatizado o conjunto de los mismos, del ambiente exterior, de propiedades linderas o de ambientes no climatizados adyacentes.

### **Envolvente térmica**

Conjunto de las superficies internas de los cerramientos que delimitan físicamente una zona térmica dada.

### **Elemento de la envolvente térmica**

Porción de la envolvente térmica de constitución homogénea que, a los efectos del flujo de calor, actúa como interfaz entre el interior de una zona térmica y otra zona con temperatura uniforme (ambiente climatizado, ambiente no climatizado o exterior).

### **Superficie útil de una zona climatizada**

Superficie interna, medida en planta, de los espacios o ambientes que conforman una zona climatizada.

### **Superficie útil de un inmueble**

Superficie total edificada del inmueble.

### **Agua caliente sanitaria**

Agua que suministran las instalaciones con finalidad de uso sanitario (duchas, aseo personal) luego de haberse calentado a una temperatura acorde.

### **Instalación solar térmica para producción de agua caliente sanitaria**

Se considera instalación solar térmica a todo dispositivo o conjunto de dispositivos emplazados en el inmueble, que convierten la energía de radiación solar en energía térmica, suministrando esta energía a un fluido termovector para luego ser utilizada en forma de agua caliente sanitaria.

### **Instalación solar fotovoltaica**

Se considera instalación solar fotovoltaica a todo dispositivo o conjunto de dispositivos emplazados en el inmueble, que convierten la energía de radiación solar en energía eléctrica, siendo esta energía inyectada en la red eléctrica del inmueble, y en la red pública los eventuales excedentes.



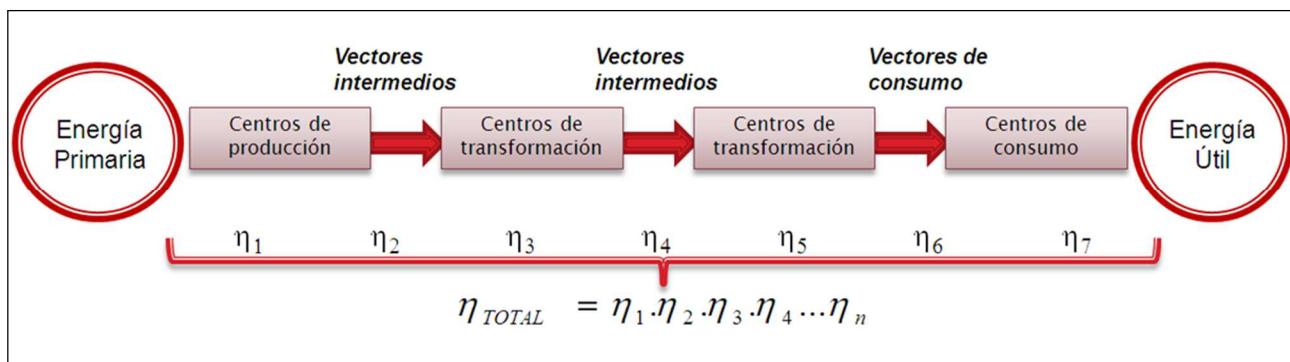
## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 1.2. Aclaración sobre los conceptos de Energía Útil, Energía Secundaria y Energía Primaria

Realizando entonces un modelo de consumo de energía para cada uso mencionado, en función de datos climáticos, geometría, características constructivas del inmueble, patrones definidos de utilización, se puede obtener un valor estimado para el requerimiento de energía durante todo un año. Dicho valor calculado representa la **energía útil**, es decir energía en forma de calor, en forma de luz, etc. La energía útil es la forma final de energía que erogan los distintos artefactos de iluminación, calefacción y refrigeración instalados en el inmueble. Estos artefactos convierten **energía secundaria** (o vectores energéticos: energía eléctrica, gas natural, gas envasado) en energía útil, según ciertos rendimientos específicos.

La energía secundaria es la energía que se obtiene luego de varios procesos de transformación desde la fuente de **energía primaria**. El verdadero costo energético y ambiental del consumo de energía en los inmuebles viene dado por el valor de energía primaria asociado a dicho consumo, pues es el valor que directamente refleja la disminución de recursos.

La **Figura 1.2** esquematiza todos los eslabones de la cadena de transformaciones energéticas desde la fuente primaria hasta la energía efectivamente útil.



**Figura 1.2:** Flujo de energía desde la fuente primaria hasta su utilización final.

De la aclaración anterior surge que los valores representativos del verdadero costo energético y ambiental ligado a la utilización de un inmueble deben referirse siempre a energía primaria, por lo tanto en el presente procedimiento todos los valores de consumos asociados a cada utilización se referirán siempre a energía primaria.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 1.3. Datos climáticos

Los requisitos de energía útil para calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación, como se ha expresado, dependen de las características constructivas del inmueble, de patrones de uso adoptados y también del tipo de clima del lugar específico en donde el inmueble esté emplazado. Características climáticas como la temperatura media mensual, temperaturas máximas y mínimas de cada mes, radiación solar y trayectoria solar, son tenidas en cuenta en las hipótesis de cálculo.

Los datos climáticos utilizados en el presente procedimiento son datos “característicos de un año típico” conformado por una elaboración estadística de 15 años (1999-2013), según datos suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional.

Las distintas localidades de la Provincia se asocian a zonas climáticas definidas. Se asume que todas las localidades agrupadas en cada zona climática poseen las mismas características en cuanto al clima, radiación y trayectoria solar, despreciando algunas posibles diferencias que pudieran existir en la realidad. A cada zona climática se le asigna una localidad de referencia de la que efectivamente se tienen datos climáticos medidos y elaborados.

Las zonas climáticas, junto a la localidad de referencia de cada zona, se definen en la **Tabla 1.1**.

**Tabla 1.1:** Zonas climáticas y sus respectivas localidades de referencia.

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
RECONQUISTA	CERES	SAUCE VIEJO	RAFAELA	EL TRÉBOL	ROSARIO	VENADO TUERTO

*Elaboración propia en base a AGR-01.*

En la **Figura 1.3** se muestran las distintas zonas climáticas distribuidas en la Provincia, y en la **Tabla 1.2** se presenta el listado de Municipios y Comunas de la Provincia con su zona climática de pertenencia.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)



Figura 1.3: Subdivisión política de la Provincia de Santa Fe y centros de regiones climáticas.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla 1.2:** Localidades de la provincia y zona climática de pertenencia.

LOCALIDAD	ZONA CLIMÁTICA
Aarón Castellanos	SD
Acebal	SD
Aguara	SD
Albarellos	SD
Alcorta	SD
Aldao	SD
Aldao	SD
Alejandra	SD
Álvarez	SD
Alvear	SD
Ambrosetti	SD
Amenábar	SD
Andino	SD
Angélica	SD
Angeloni	SD
Arequito	SD
Arminda	SD
Armstrong	SD
Arocena	SD
Arroyo Aguiar	SD
Arroyo Ceibal	SD
Arroyo Leyes	SD
Arroyo Seco	SD
Arrufo	SD
Arteaga	SD
Ataliva	SD
Aurelia	SD
Avellaneda	SD
Barrancas	SD
Bauer y Sigel	SD
Bella Italia	SD
Berabevú	SD
Berna	SD
Bernardo de Irigoyen	SD
Bicha	SD
Bigand	SD
Bombal	SD
Bossi	SD



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

LOCALIDAD	ZONA CLIMÁTICA
Bouquet	SD
Bustinza	SD
Cabal	SD
Cacique Ariacaiquin	SD
Cafferata	SD
Calchaqui	SD
Campo Andino	SD
Campo Garay	SD
Candioti	SD
Cañada de Gómez	SD
Cañada del Ucle	SD
Cañada Ombú	SD
Cañada Rica	SD
Cañada Rosquín	SD
Capitán Bermúdez	SD
Capivara	SD
Carcarañá	SD
Carlos Pellegrini	SD
Carmen	SD
Carmen del Sauce	SD
Carrizales	SD
Carreras	SD
Casalegno	SD
Casas	SD
Casilda	SD
Castelar	SD
Castellanos	SD
Cavoir	SD
Cayastá	SD
Cayastacito	SD
Cello	SD
Centeno	SD
Cepeda	SD
Ceres	2
Chabás	SD
Chañar Ladeado	SD
Chapuy	SD
Christophersen	SD
Chovet	SD



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

LOCALIDAD	ZONA CLIMÁTICA
Clason	SD
Clucellas	SD
Colonia Ana	SD
Colonia Belgrano	SD
Colonia Bigand	SD
Colonia Dolores	SD
Colonia Dos Rosas y la Legua	SD
Colonia Durán	SD
Colonia Mascias	SD
Colonia Rosa	SD
Colonia Silva	SD
Constanza	SD
Coronda	SD
Coronel Arnold	SD
Coronel Bogado	SD
Coronel Domínguez	SD
Coronel Fraga	SD
Correa	SD
Crispi	SD
Cululú	SD
Curupaytí	SD
Desvío Arijon	SD
Díaz	SD
Diego de Alvear	SD
Egusquiza	SD
El Araza	SD
El Rabón	SD
El Sombrerito	SD
El Trébol	5
Elisa	SD
Elortondo	SD
Emilia	SD
Empalme San Carlos	SD
Empalme Villa Constitución	SD
Esmeralda	SD
Esperanza	SD
Estación Clucellas	SD
Esteban Rams	SD
Esther	SD



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

LOCALIDAD	ZONA CLIMÁTICA
Eustolia	SD
Felicia	SD
Fidela	SD
Fighiera	SD
Firmat	SD
Florencia	SD
Fortín Olmos	SD
Franck	SD
Fray Luis Beltrán	SD
Frontera	SD
Fuentes	SD
Funes	SD
Gaboto	SD
Galisteo	SD
Gálvez	SD
Garabato	SD
Garibaldi	SD
Gato Colorado	SD
General Gelly	SD
General Lagos	SD
Gessler	SD
Gobernador Crespo	SD
Godeken	SD
Godoy	SD
Golondrina	SD
Granadero Baigorria	SD
Gregoria Pérez de Denis	SD
Grutly	SD
Guadalupe Norte	SD
Helvecia	SD
Hersilia	SD
Hipatia	SD
Huanqueros	SD
Hugentobler	SD
Hughes	SD
Humberto 1	SD
Humboldt	SD
Ibarlucea	SD
Ingeniero Chanourdie	SD



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

LOCALIDAD	ZONA CLIMÁTICA
Intiyaco	SD
Irigoyen	SD
Iturraspe	SD
Ituzaingó	SD
Jacinto L. Arauz	SD
Josefina	SD
Juan B. Molina	SD
Juncal	SD
La Brava	SD
La Cabral	SD
La Camila	SD
La Chispa	SD
La Clara	SD
La Criolla	SD
La Gallareta	SD
La Lucila	SD
La Pelada	SD
La Penca	SD
La Rubia	SD
La Sarita	SD
La Vanguardia	SD
Labordeboy	SD
Laguna Paiva	SD
Landeta	SD
Lanteri	SD
Larrechea	SD
Las Avíspas	SD
Las Bandurrias	SD
Las Garzas	SD
Las Parejas	SD
Las Petacas	SD
Las Plameras	SD
Las Rosas	SD
Las Toscas	SD
Las Tunas	SD
Lazzarino	SD
Lehmann	SD
Llambi Campbell	SD
Logroño	SD



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

LOCALIDAD	ZONA CLIMÁTICA
Loma Alta (V. Tramontini)	SD
López	SD
Los Amores	SD
Los Cardos	SD
Los Laureles	SD
Los Molinos	SD
Los Quirquinchos	SD
Lucio V. López	SD
Luis Palacios (La Salada)	SD
Maciel	SD
Maggiolo	SD
Malabriga	SD
Marcelino Escalada	SD
Margarita	SD
Margarita	SD
Maria Juana	SD
Maria Luisa	SD
Maria Susana	SD
Maria Teresa	SD
Marini	SD
Matilde	SD
Mauá	SD
Máximo Paz	SD
Melincue	SD
Miguel Torres	SD
Moisés Ville	SD
Monigotes	SD
Monje	SD
Monte Obscuridad	SD
Monte Vera	SD
Montefiore	SD
Montes de Oca	SD
Murphy	SD
Nare	SD
Nelson	SD
Nicanor E. Molinas	SD
Nuevo Torino	SD
Ñanducita	SD
Oliveros	SD



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

LOCALIDAD	ZONA CLIMÁTICA
Palacios	SD
Pavón	SD
Pavón Arriba	SD
Pedro Gomez Cello	SD
Pérez	SD
Peyrano	SD
Piaggio	SD
Piamonte	SD
Pilar	SD
Piñero	SD
Portugalete	SD
Pozo Borrado	SD
Presidente Roca	SD
Progreso	SD
Providencia	SD
Pueblo Esther	SD
Pueblo Muñoz	SD
Pueto General San Martín	SD
Pujato	SD
Pujato Norte	SD
Rafaela	4
Ramayon	SD
Ramona	SD
Raquel	SD
Recreo	SD
Renconquista	1
Ricardone	SD
Rivadavia	SD
Roldan	SD
Romang	SD
Rosario	6
Rueda	SD
Rufino	SD
Sa Pereira	SD
Saguier	SD
Saladero M. Cabral	SD
Salto Grande	SD
San Agustín	SD
San Antonio	SD



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

LOCALIDAD	ZONA CLIMÁTICA
San Antonio de Obligado	SD
San Bernardo	SD
San Bernardo	SD
San Carlos Centro	SD
San Carlos Norte	SD
San Carlos Sud	SD
San Cristóbal	SD
San Eduardo	SD
San Eugenio	SD
San Fabián	SD
San Francisco de Santa Fe	SD
San Genaro	SD
San Gregorio	SD
San Guillermo	SD
San Javier	SD
San Jerónimo del Sauce	SD
San Jerónimo Norte	SD
San Jerónimo Sur	SD
San Jorge	SD
San José	SD
San José	SD
San José de la Esquina	SD
San José del Rincón	SD
San Justo	SD
San Lorenzo	SD
San Mariano	SD
San Martín de las Escobas	SD
San Martín Norte	SD
San Vicente	SD
Sancti Spiritu	SD
Sanford	SD
Santa Clara de Buena Vista	SD
Santa Clara de Sagüier	SD
Santa Eusebia	SD
Santa Fe	SD
Santa Isabel	SD
Santa Maragrita	SD
Santa María Centro	SD
Santa María Norte	SD



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

LOCALIDAD	ZONA CLIMÁTICA
Santa Rosa	SD
Santa Teresa	SD
Santo Domingo	SD
Santo Tomé	SD
Santurce	SD
Sargent Cabral	SD
Sarmiento	SD
Sastre	SD
Sauce Viejo	3
Serodino	SD
Soldini	SD
Soledad	SD
Soutomayor	SD
Suardi	SD
Sunchales	SD
Susana	SD
Tacuarendí	SD
Tacural	SD
Tacurales	SD
Tartagal	SD
Teodelina	SD
Theobald	SD
Timbúes	SD
Toba	SD
Tortugas	SD
Tostado	SD
Totoras	SD
Traill	SD
Uranga	SD
Venado Tuerto	7
Vera	SD
Vera y Pintado	SD
Videla	SD
Vila	SD
Villa Amelia	SD
Villa Ana	SD
Villa Cañas	SD
Villa Constitución	SD
Villa Eloisa	SD



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

LOCALIDAD	ZONA CLIMÁTICA
Villa Gobernador Gálvez	SD
Villa Guillermina	SD
Villa Minetti	SD
Villa Mugueta	SD
Villa Ocampo	SD
Villa Saralegui	SD
Villa Trinidad	SD
Villada	SD
Virginia	SD
Wheelwright	SD
Zavalla	SD
Zenón Pereyra	SD

*Elaboración propia en base a AGR-01.*



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 2. ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

#### 2.1. Definiciones, magnitudes, símbolos y unidades

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$EP_{GL}$	Requerimiento específico global de energía primaria.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$EP_{REN}$	Contribución específica de energías renovables.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$EP_I$	Requerimiento específico de energía primaria para calefacción en invierno.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$EP_V$	Requerimiento específico de energía primaria para refrigeración en verano.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$EP_{ACS}$	Requerimiento específico de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$EP_{IL}$	Requerimiento específico de energía primaria para iluminación.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$f_{AUT}$	Fracción de autoconsumo de energía generada a partir de fuentes renovables.	—



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 2.2. Índice de Prestaciones Energéticas

El Índice de Prestaciones Energéticas (*IPE*), queda determinado por la diferencia entre el requerimiento específico global de energía primaria ( $EP_{GL}$ ), que considera la demanda específica anual de energía primaria para calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación; y las contribuciones de energía generada a partir de fuentes renovables en la fracción destinada al autoconsumo ( $f_{AUT} EP_{REN}$ ) bajo cualquiera de sus formas. Esto se traduce en la expresión (2.1):

$$IPE = EP_{GL} - f_{AUT} EP_{REN} \quad \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{año}} \right] \quad (2.1)$$

Siendo:

$EP_{GL}$ : el requerimiento específico global de energía primaria, calculado según **Apartado 2.2.1**;

$EP_{REN}$ : la contribución específica de energías renovables, calculada según **Capítulo 7**;

$f_{AUT}$ : la fracción de autoconsumo de energía generada a partir de fuentes renovables, cuyo valor queda determinado por las expresiones (2.2) y (2.3), según corresponda:

$$f_{AUT} \begin{cases} 1 & \text{si } EP_{REN} \leq EP_{GL} \\ \frac{EP_{GL}}{EP_{REN}} & \text{si } EP_{REN} > EP_{GL} \end{cases} \quad (2.2)$$

$$(2.3)$$

#### 2.2.1. Requerimiento específico global de energía primaria ( $EP_{GL}$ )

El requerimiento específico global de energía primaria contempla los consumos asociados a los cuatro usos definidos en el **Capítulo 1**, y se calcula mediante la expresión (2.4):

$$EP_{GL} = EP_I + EP_V + EP_{ACS} + EP_{IL} \quad \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{año}} \right] \quad (2.4)$$

Siendo:

$EP_I$ : el requerimiento específico de energía primaria para calefacción en invierno, según **Capítulo 3**;

$EP_V$ : el requerimiento específico de energía primaria para refrigeración en verano, según **Capítulo 4**;

$EP_{ACS}$ : el requerimiento específico de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria, según **Capítulo 5**;

$EP_{IL}$ : el requerimiento específico de energía primaria para iluminación, según **Capítulo 6**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

Los requerimientos específicos de energía primaria asociados a cada uso y los aportes de energía generados a partir de fuentes renovables, se calculan en los siguientes capítulos bajo condiciones preestablecidas.

Se consideran datos climáticos de un año típico y se normalizan las condiciones de utilización del inmueble y de los artefactos correspondientes; por ejemplo, se asume que se mantiene constante la temperatura de confort durante toda la estación de climatización correspondiente, se considera un volumen determinado de producción de agua caliente sanitaria según un número de ocupantes, entre otras.

Las hipótesis bajo las cuales se presentan los procedimientos de cálculo se enuncian a lo largo del documento en la sección correspondiente a cada tema en particular.





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 3. REQUERIMIENTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO ( $EP_I$ )

#### 3.1. Magnitudes, símbolos y unidades

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$EP_I$	Requerimiento específico de energía primaria para calefacción en invierno.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$E_{P,I}$	Requerimiento total de energía primaria para calefacción en invierno.	$kWh$
$E_{S,I}$	Requerimiento total de energía secundaria para calefacción en invierno.	$kWh$
$E_{U,I}$	Requerimiento total de energía útil para calefacción en invierno.	$kWh$
$Q_I$	Requerimiento mensual de energía térmica para calefacción.	$kWh$
$Q_{tr;rad;ve}$	Energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente térmica, radiación a la bóveda celeste y ventilación.	$kWh$
$Q_{tr;rad}$	Energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente y radiación a la bóveda celeste.	$kWh$
$Q_{ve}$	Energía térmica intercambiada por ventilación, aireación e infiltraciones.	$kWh$
$Q_{gr}$	Aportes térmicos gratuitos totales.	$kWh$
$Q_{int}$	Energía gratuita por aportes internos (metabolismo, artefactos eléctricos).	$kWh$
$Q_{sol}$	Energía gratuita por aportes solares (pasivos).	$kWh$
$H_{tr}$	Coeficiente de intercambio térmico por transmisión.	$W/K$
$H_D$	Coeficiente de intercambio térmico por transmisión hacia el exterior.	$W/K$
$H_U$	Coeficiente de intercambio térmico por transmisión hacia ambientes no climatizados.	$W/K$
$H_g$	Coeficiente de intercambio térmico a través del terreno en régimen estacionario.	$W/K$
$H_{pi}$	Coeficiente de intercambio térmico interno periódico a través del terreno.	$W/K$
$H_{pe}$	Coeficiente de intercambio térmico externo periódico a través del terreno.	$W/K$
$H_{ve}$	Coeficiente de intercambio térmico por ventilación, aireación e infiltraciones.	$W/K$



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$H_{inv}$	Coeficiente global de intercambio térmico para los meses de invierno.	$W/K$
$\Phi_{rad}$	Flujo de energía térmica por radiación hacia la bóveda celeste.	$W$
$\Phi_{terr}$	Flujo de energía térmica a través del terreno.	$W$
$\Phi_{int}$	Flujo térmico total producido por todas las fuentes de calor presentes en una zona térmica y en ambientes adyacentes no climatizados.	$W$
$\Phi_{sol}$	Flujo térmico de origen solar incidente sobre la envolvente de una zona térmica.	$W$
$\Phi_{sol}$	Flujo térmico medio de origen solar incidente sobre un elemento de la envolvente.	$W$
$I_{sol}$	Irradiancia solar media mensual.	$W/m^2$
$\theta_{int}$	Temperatura interna de confort.	$^{\circ}C$
$\theta_{ext}$	Temperatura exterior media del mes considerado.	$^{\circ}C$
$\theta_{int;m}$	Temperatura interior media anual.	$^{\circ}C$
$\theta_{ext;m}$	Temperatura exterior media anual.	$^{\circ}C$
$\Delta\theta_{int}$	Diferencia entre la temperatura interna de confort en invierno y verano.	$^{\circ}C$
$\Delta\theta_{ext}$	Amplitud térmica anual.	$^{\circ}C$
$\Delta\theta_{er}$	Diferencia entre la temperatura superficial exterior media de un elemento de la envolvente térmica y la temperatura aparente del cielo.	$^{\circ}C$
$T$	Intervalo de tiempo.	$h$
$A_u$	Superficie útil del inmueble.	$m^2$
$A_{sol}$	Área de captación solar efectiva.	$m^2$
$A_c$	Área opaca proyectada sobre el plano correspondiente con la irradiancia solar media mensual.	$m^2$
$A_v$	Área total del cerramiento proyectada sobre el plano correspondiente con la irradiancia solar media mensual.	$m^2$
$A_e$	Área interna de un elemento de la envolvente térmica.	$m^2$
$A_f$	Área interior al polígono que delimita la zona térmica, en planta.	$m^2$



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$A_L$	Área de fuga equivalente.	$cm^2$
$a_v$	Área de fuga por metro lineal de junta en aberturas.	$cm^2$
$A_{rv}$	Área de fuga a través de elementos de la envolvente por los cuales se pueden producir infiltraciones de aire.	$cm^2$
$l$	Longitud total de juntas en aberturas.	$m$
$P_f$	Perímetro de la fracción del polígono que delimita la zona térmica en planta, y que es adyacente al exterior o a ambientes no climatizados.	$m$
$e$	Espesor de un elemento constructivo o de una capa componente del mismo.	$m$
$w$	Espesor total de las paredes que materializan la fracción del polígono que delimita la zona térmica en planta, asociado al perímetro $P_f$ .	$m$
$d_t$	Espesor equivalente.	$m$
$B'$	Relación Área-Perímetro del polígono que delimita la zona térmica, en planta.	$m$
$\delta$	Profundidad de penetración periódica anual.	$m$
$K_e$	Transmitancia térmica de un elemento de la envolvente térmica.	$\frac{W}{m^2K}$
$K'_e$	Transmitancia térmica corregida de un elemento transparente de la envolvente térmica que cuenta con protecciones solares móviles.	$\frac{W}{m^2K}$
$K_f$	Transmitancia térmica del suelo (o roca) que conforma el terreno.	$\frac{W}{m^2K}$
$R_{si}$	Resistencia superficial interna.	$\frac{m^2K}{W}$
$R_{se}$	Resistencia superficial externa.	$\frac{m^2K}{W}$
$R_e$	Resistencia térmica de un elemento de la envolvente térmica.	$\frac{m^2K}{W}$
$R_f$	Resistencia térmica del elemento constructivo que conforma la superficie horizontal en contacto directo con el terreno.	$\frac{m^2K}{W}$
$\lambda$	Conductividad térmica del material un elemento constructivo.	$\frac{W}{mK}$
$\lambda_s$	Conductividad térmica del suelo (o roca) que conforma el terreno.	$\frac{W}{mK}$
$\rho_a$	Densidad del aire.	$\frac{kg}{m^3}$
$\rho_s$	Densidad del suelo (o roca) que conforma el terreno.	$\frac{kg}{m^3}$



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$c_a$	Calor específico del aire.	$\frac{J}{kgK}$
$c_s$	Calor específico del suelo (o roca) que conforma el terreno.	$\frac{J}{kgK}$
$q_{tot}$	Caudal total de ingreso a la zona térmica debido a ventilación e infiltraciones.	$\frac{m^3}{s}$
$q_{ve}$	Caudal total de ingreso a la zona térmica debido a ventilación.	$\frac{m^3}{s}$
$q_{inf}$	Caudal total de ingreso a la zona térmica debido a infiltraciones.	$\frac{m^3}{s}$
$V_{neto}$	Volumen neto de la zona térmica.	$m^3$
$\eta$	Tasa de renovaciones de aire.	$\frac{1}{h}$
$b_{tr}$	Factor de corrección del intercambio térmico entre ambientes climatizados y no climatizados.	—
$F_{pr}$	Factor de reducción de los aportes solares debido a la utilización de protecciones móviles.	—
$f_{pr}$	Fracción de tiempo en que se utilizan las protecciones móviles.	—
$f_{ve}$	Fracción de tiempo en que se produce la ventilación nocturna en verano.	—
$F_{marco}$	Factor de marco, o fracción opaca del área total del cerramiento.	—
$F_{PT}$	Factor de corrección de la transmitancia térmica debido a los puentes térmicos.	—
$F_r$	Factor de forma.	—
$F_s$	Factor de reducción del área de captación solar efectiva, por sombras.	—
$f_{hor}$	Factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte.	—
$f_{alero}$	Factor de reducción por sombras debido a la existencia de aleros.	—
$f_{izq}$	Factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales a la izquierda.	—
$f_{der}$	Factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales a la derecha.	—
$h_r$	Coeficiente de intercambio térmico por radiación a la bóveda celeste linealizado.	$\frac{W}{m^2K}$
$\alpha_{sol}$	Coeficiente de absorción de la radiación solar.	—



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$\tau_v$	Coeficiente de transmisión solar directa a través de un elemento transparente.	—
$\alpha$	Adelanto del flujo de calor en relación a la temperatura interior.	unidades
$\beta$	Retraso del flujo de calor en relación a la temperatura exterior.	unidades
$m$	Número de mes considerado.	unidades
$n$	Número del mes en el cual la temperatura media es mínima.	unidades
$N$	Número total de zonas térmicas definidas del inmueble.	unidades
$M$	Número de meses correspondientes al período de calefacción.	unidades
$\eta_{gr}$	Factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos.	—
$\gamma_{inv}$	Relación entre aportes térmicos gratuitos totales y pérdidas térmicas totales, para los meses de invierno.	—
$\alpha_{inv}$	Parámetro numérico de ajuste para los meses de invierno.	—
$\alpha_{inv,0}$	Parámetro numérico de referencia para los meses de invierno.	—
$\tau_{inv,0}$	Constante de tiempo de referencia para los meses de invierno.	$h$
$\tau$	Constante de tiempo de la zona térmica considerada.	$h$
$C$	Capacidad térmica interna de la zona térmica.	$\frac{kWh}{K}$
$\kappa_m$	Capacidad térmica por unidad de superficie de un elemento constructivo.	$\frac{J}{m^2 K}$
$\eta_c$	Rendimiento medio ponderado de la instalación de calefacción.	—
$f_p$	Factor de conversión del vector energético que alimenta la instalación de calefacción, en energía primaria.	—



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 3.2. Lineamientos preliminares

El procedimiento para el cálculo del requerimiento específico de energía primaria para calefacción en invierno consiste de las siguientes etapas:

- a) Identificación de los ambientes climatizados y no climatizados del inmueble, a fin de delimitar las distintas zonas térmicas y envolventes térmicas que lo caracterizarán. La metodología para llevar adelante la identificación mencionada se encuentra en el **ANEXO A**.
- b) Definición del período de calefacción como el intervalo de tiempo durante el cual se asume que los sistemas activos de climatización garantizan una temperatura de confort constante y uniforme en el interior de cada una de las zonas térmicas que quedaron definidas en el inmueble. Dicho período de calefacción se define para cada zona climática de la Provincia, según la **Tabla 3.1**.

**Tabla 3.1:** Inicio y finalización de los períodos de calefacción, para cada zona climática.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
Inicio período calefacción	SD	SD	SD	SD	SD	15-may	SD
Fin período calefacción	SD	SD	SD	SD	SD	15-sep	SD

*Elaboración propia en base a AGR-01.*

- c) Cálculo del requerimiento mensual de energía térmica ( $Q_I$ ) **para cada mes** del período de calefacción (definido según el **punto b**) **y para cada zona térmica** (definida según el **punto a**). Este apartado debe repetirse de manera de cubrir todos los meses y todas las zonas térmicas del inmueble.
- d) Cálculo del requerimiento total de energía primaria para calefacción en invierno, a partir de la referencia a energía primaria de cada valor de  $Q_I$  calculado en el **punto c**, y su posterior totalización para todos los meses y para todas las zonas térmicas consideradas.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 3.3. Requerimiento mensual de energía térmica para calefacción ( $Q_I$ )

El requerimiento mensual de energía térmica para calefacción de una zona determinada ( $Q_I$ ), se calcula según la expresión (3.1):

$$Q_I = Q_{tr; rad; ve} - \eta_{gr} Q_{gr} \quad [kWh] \quad (3.1)$$

Siendo:

$Q_{tr; rad; ve}$ : la energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente térmica, radiación a la bóveda celeste y ventilación, expresada en kWh, según **Apartado 3.3.1**;

$Q_{gr}$ : los aportes térmicos gratuitos totales, expresados en kWh, según **Apartado 3.3.2**;

$\eta_{gr}$ : el factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos, según **Apartado 3.3.3**.

#### 3.3.1. Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación ( $Q_{tr; rad; ve}$ )

Se calcula según la expresión (3.2):

$$Q_{tr; rad; ve} = Q_{tr; rad} + Q_{ve} \quad [kWh] \quad (3.2)$$

Siendo:

$Q_{tr; rad}$ : la energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente térmica y radiación a la bóveda celeste, expresada en kWh;

$Q_{ve}$ : la energía térmica intercambiada por ventilación, aireación e infiltraciones, expresada en kWh.

##### 3.3.1.1. Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación a la bóveda ( $Q_{tr; rad}$ )

Se calcula según la expresión (3.3):

$$Q_{tr; rad} = \frac{1}{1000} [H_{tr}(\theta_{int} - \theta_{ext})T + \Phi_{rad}T + \Phi_{terr}T] \quad [kWh] \quad (3.3)$$

Siendo:

$H_{tr}$ : el coeficiente de intercambio térmico por transmisión, expresado en W/K, según **ANEXO B**;

$\theta_{int}$ : la temperatura interna de confort que, para los meses de invierno se adopta igual a 20°C;

$\theta_{ext}$ : la temperatura media del mes analizado, expresada en °C, que se obtiene de la **Tabla 3.2**;

$T$ : el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; es decir, la cantidad de días del período de climatización correspondiente al mes considerado, multiplicado por 24 h;



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

$\Phi_{rad}$ : el flujo de energía térmica por radiación a la bóveda celeste, expresado en  $W$ , según **ANEXO C**;

$\Phi_{terr}$ : el flujo de energía térmica a través del terreno, expresado en  $W$ , según **ANEXO D**.

**Tabla 3.2:** Temperatura media mensual ( $\theta_{ext}$ ) para cada zona climática de la provincia, en  $^{\circ}C$ .

MES	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
ENERO	SD	SD	SD	SD	SD	25,0	SD
FEBRERO	SD	SD	SD	SD	SD	23,6	SD
MARZO	SD	SD	SD	SD	SD	21,6	SD
ABRIL	SD	SD	SD	SD	SD	17,5	SD
MAYO	SD	SD	SD	SD	SD	13,8	SD
JUNIO	SD	SD	SD	SD	SD	11,0	SD
JULIO	SD	SD	SD	SD	SD	10,0	SD
AGOSTO	SD	SD	SD	SD	SD	12,0	SD
SEPTIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	15,0	SD
OCTUBRE	SD	SD	SD	SD	SD	18,5	SD
NOVIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	21,5	SD
DICIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	23,6	SD

*Elaboración propia en base a AGR-01.*

### 3.3.1.2. Energía térmica intercambiada por ventilación, aireación e infiltración ( $Q_{ve}$ )

Se calcula según la expresión (3.4):

$$Q_{ve} = \frac{1}{1000} H_{ve} (\theta_{int} - \theta_{ext}) T \quad [kWh] \quad (3.4)$$

Siendo:

$H_{ve}$ : el coeficiente de intercambio térmico por ventilación, expresado en  $W/K$ , según **ANEXO E**;

$\theta_{int}$ : la temperatura interna de confort que, para los meses de invierno se adopta igual a  $20^{\circ}C$ ;

$\theta_{ext}$ : la temperatura media del mes considerado, expresada en  $^{\circ}C$ , que se obtiene de la **Tabla 3.2**;

$T$ : el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; es decir, la cantidad de días del período de climatización correspondiente al mes considerado, multiplicado por  $24\ h$ .

Cabe destacar que para mantener un nivel adecuado de higiene y salubridad en los ambientes, se debe considerar una tasa mínima de renovaciones de aire, que para inmuebles de uso residencial, se adopta igual a 0,3 renovaciones de volumen por hora (0,3  $Vol/h$ ).



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 3.3.2. Aportes térmicos gratuitos totales ( $Q_{gr}$ )

Se calcula según la expresión (3.5):

$$Q_{gr} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [kWh] \quad (3.5)$$

Siendo:

$Q_{int}$ : la energía gratuita por aportes térmicos internos, expresada en kWh;

$Q_{sol}$ : la energía gratuita por aportes térmicos solares (pasivos), expresada en kWh.

#### 3.3.2.1. Aportes térmicos internos ( $Q_{int}$ )

Los aportes térmicos internos, representan la ganancia de energía térmica generada por los artefactos electrónicos presentes en el inmueble, y el metabolismo de los ocupantes del mismo.

Los aportes térmicos internos, se calculan según la expresión (3.6):

$$Q_{int} = \frac{1}{1000} \Phi_{int} T \quad [kWh] \quad (3.6)$$

Siendo:

$\Phi_{int}$ : el flujo térmico total producido por todas las fuentes de calor presentes en la zona térmica considerada y en ambientes adyacentes no climatizados, expresado en W, según ANEXO F;

$T$ : el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; es decir, la cantidad de días del período de climatización correspondiente al mes considerado, multiplicado por 24 h.

#### 3.3.2.2. Aportes térmicos solares ( $Q_{sol}$ )

Los aportes térmicos de origen solar, se calculan según la expresión (3.7):

$$Q_{sol} = \frac{1}{1000} \Phi_{sol} T \quad [kWh] \quad (3.7)$$

Siendo:

$\Phi_{sol}$ : el flujo térmico medio de origen solar incidente sobre la envolvente de la zona térmica considerada, expresado en W, según ANEXO G;

$T$ : el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; es decir, la cantidad de días del período de climatización correspondiente al mes considerado, multiplicado por 24 h.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 3.3.3. Factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos ( $\eta_{gr}$ )

No todos los aportes térmicos gratuitos que ingresan a una zona térmica durante un mes pueden aprovecharse para disminuir los requerimientos de energía para calefacción, pues se puede dar la situación de que ingrese calor gratuito en momentos en los que no se necesita; por lo que no podrá sencillamente contabilizarse con signo negativo al consumo. Es por ello que resulta necesario introducir un factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos, que contempla los efectos dinámicos en la determinación del requerimiento de energía para calefacción en invierno.

El factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos ( $\eta_{gr}$ ) es función de la relación entre los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales ( $\gamma_{inv}$ ), y de un parámetro numérico adimensional de ajuste ( $\alpha_{inv}$ ) que depende de la constante de tiempo de la zona térmica.

De esta manera, el factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos, queda determinado para cada mes y para cada zona térmica considerada, por las expresiones (3.8), (3.9) y (3.10), según corresponda:

$$\eta_{gr} = \begin{cases} \frac{1 - \gamma_{inv}^{\alpha_{inv}}}{1 - \gamma_{inv}^{(\alpha_{inv}+1)}} & \text{si } \gamma_{inv} > 0 \text{ y } \gamma_{inv} \neq 1 \\ \frac{\alpha_{inv}}{\alpha_{inv} + 1} & \text{si } \gamma_{inv} = 1 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$(3.9)$$

Siendo:

$\gamma_{inv}$ : la relación entre los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales;

$\alpha_{inv}$ : el parámetro numérico adimensional de ajuste.

El parámetro numérico adimensional de ajuste, depende de la constante de tiempo de la zona térmica considerada, y se calcula según la expresión (3.10):

$$\alpha_{inv} = \alpha_{inv,0} + \frac{\tau}{\tau_{inv,0}} \quad (3.10)$$

Siendo:

$\alpha_{inv,0}$ : el parámetro numérico adimensional de referencia, que para los meses de invierno vale 0;

$\tau$ : la constante de tiempo de la zona térmica considerada;

$\tau_{inv,0}$ : la constante de tiempo de referencia, que para los meses de invierno vale 11.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 3.3.3.1. Relación entre los aportes térmicos gratuitos y las pérdidas térmicas totales ( $\gamma_{inv}$ )

La relación entre la energía térmica debida a los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales, para cada mes de la estación invernal, queda definida por la expresión (3.11):

$$\gamma_{inv} = \frac{Q_{gr}}{Q_{tr; rad; ve}} \quad (3.11)$$

Siendo:

$Q_{tr; rad; ve}$ : la energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente térmica, radiación a la bóveda celeste y ventilación, expresada en  $kWh$ , según **Apartado 3.3.1**;

$Q_{gr}$ : los aportes térmicos gratuitos totales, expresados en  $kWh$ , según **Apartado 3.3.2**.

### 3.3.3.2. Constante de tiempo ( $\tau$ )

La constante de tiempo de la zona térmica considerada, queda definida por la expresión (3.12):

$$\tau = \frac{C}{H_{inv}} (10^3) \quad [h] \quad (3.12)$$

Siendo:

$C$ : la capacidad térmica interna de la zona térmica considerada, en  $kWh/K$ , según **ANEXO H**;

$H_{inv}$ : el coeficiente global de intercambio térmico de la zona térmica considerada, para los meses de invierno, expresado en  $W/K$ .

El coeficiente global de intercambio térmico de la zona térmica considerada, se obtiene sumando los distintos coeficientes de intercambio, según la expresión (3.13):

$$H_{inv} = H_{tr} + H_{ve} + H_g \quad \left[ \frac{W}{K} \right] \quad (3.13)$$

Siendo:

$H_{tr}$ : el coeficiente de intercambio térmico por transmisión, expresado en  $W/K$ , según **ANEXO B**;

$H_{ve}$ : el coeficiente de intercambio térmico por ventilación, expresado en  $W/K$ , según **ANEXO E**;

$H_g$ : el coeficiente de intercambio a través del terreno en régimen estacionario, expresado en  $W/K$ , según **ANEXO D**;



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 3.4. Requerimiento total de energía útil para calefacción en invierno ( $E_{U;I}$ )

El requerimiento total de energía útil para calefacción en invierno, se calcula según la expresión (3.14):

$$E_{U;I} = \sum_{j=1}^M \left[ \sum_{i=1}^N Q_{I;i;j} \right] \quad [kWh] \quad (3.14)$$

Siendo:

$Q_{I;i;j}$ : el requerimiento mensual de energía térmica para calefacción de la i-ésima zona térmica, correspondiente al j-ésimo mes, expresado en kWh, según **Apartado 3.3**;

$N$ : el número total de zonas térmicas definidas del inmueble;

$M$ : el número de meses correspondientes al período de calefacción.

### 3.5. Requerimiento total de energía secundaria para calefacción en invierno ( $E_{S;I}$ )

El requerimiento total de energía secundaria para calefacción en invierno, se calcula según la expresión (3.15):

$$E_{S;I} = \sum_{j=1}^M \left[ \sum_{i=1}^N \frac{Q_{I;i;j}}{\eta_{c;i;j}} \right] \quad [kWh] \quad (3.15)$$

Siendo:

$Q_{I;i;j}$ : el requerimiento mensual de energía térmica para calefacción de la i-ésima zona térmica, correspondiente al j-ésimo mes, expresado en kWh, según **Apartado 3.3**;

$\eta_{c;i;j}$ : el rendimiento medio ponderado de la instalación de calefacción presente en la i-ésima zona térmica funcionando durante el j-ésimo mes, que se obtiene de la **Tabla 3.4**;

$N$ : el número total de zonas térmicas definidas del inmueble;

$M$ : el número de meses correspondientes al período de calefacción.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla 3.4:** Rendimientos medios ( $\eta_c$ ) de distintos equipos de calefacción.

TIPO DE CALEFACTOR	$\eta_c / COP$
Calefacción central con radiadores en pared (gas)	0,65
Calefacción central con radiadores en pared, circulación forzada (gas)	0,70
Calefacción central con radiadores en pared (eléctrico)	1,00
Calefacción central con losa radiante (gas)	SD
Calefacción central con losa radiante (eléctrico)	1,00
Estufa a gas convencional	SD
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta A	0,71
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta B	0,69
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta C	0,65
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta D	0,61
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta E	0,59
Radiador eléctrico	1,00
Aire acondicionado clase A tipo Split	3,60
Aire acondicionado clase B tipo Split	3,50
Aire acondicionado clase C tipo Split	3,30
Aire acondicionado clase D tipo Split	3,00
Aire acondicionado clase E tipo Split	2,70
Aire acondicionado clase F tipo Split	2,50
Aire acondicionado clase G tipo Split	2,40
Aire acondicionado clase A tipo compacto	3,40
Aire acondicionado clase B tipo compacto	3,30
Aire acondicionado clase C tipo compacto	3,10
Aire acondicionado clase D tipo compacto	2,80
Aire acondicionado clase E tipo compacto	2,50
Aire acondicionado clase F tipo compacto	2,30
Aire acondicionado clase G tipo compacto	2,20

Fuentes: Norma IRAM 62.406:2007, NAG-315 2015 y NAG-329 2003.

Cabe destacar que, los valores expuestos en la **Tabla 3.4**, surgen de considerar que los rendimientos de los equipos de calefacción son constantes durante toda la estación invernal. Esta es una primera aproximación para realizar el cálculo, pero en caso de poseer datos detallados del equipamiento, en especial si se trata de equipamientos de gran escala, es conveniente afectar los rendimientos por un factor que considere las distintas temperaturas exteriores de cada mes.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 3.6. Requerimiento total de energía primaria para calefacción en invierno ( $E_{P,I}$ )

El requerimiento total de energía primaria para calefacción en invierno, se calcula con la expresión (3.16):

$$E_{P,I} = \sum_{j=1}^M \left[ \sum_{i=1}^N \frac{Q_{I;i;j}}{\eta_{c;i;j}} f_{P;i} \right] \quad [kWh] \quad (3.16)$$

Siendo:

$Q_{I;i;j}$ : el requerimiento mensual de energía térmica para calefacción de la i-ésima zona térmica, correspondiente al j-ésimo mes, expresado en kWh, según **Apartado 3.3**;

$\eta_{c;i;j}$ : el rendimiento medio ponderado de la instalación de calefacción presente en la i-ésima zona térmica, funcionando durante el j-ésimo mes; este valor se obtiene de la **Tabla 3.4**;

$N$ : el número total de zonas térmicas definidas del inmueble;

$M$ : el número de meses correspondientes al período de calefacción.

$f_{P;i}$ : el factor de conversión del vector energético que alimenta la instalación de calefacción de la i-ésima zona térmica en energía primaria, obtenido de la **Tabla 3.5**.

**Tabla 3.5:** Factor de conversión de energía neta a energía primaria ( $f_P$ ).

VECTOR ENERGÉTICO	$f_P$
Gas Distribuido por Redes	1,25
Gas Licuado de Petróleo	1,10
Electricidad	3,30
Carbón de Leña	1,60

*Elaboración propia en base a BEN 2014.*

### 3.7. Requerimiento específico de energía primaria para calefacción en invierno ( $EP_I$ )

Finalmente, el requerimiento específico de energía primaria para calefacción en invierno, se calcula según la expresión (3.17):

$$EP_I = \frac{E_{P,I}}{A_u} \quad \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{año}} \right] \quad (3.17)$$

Siendo:

$E_{P,I}$ : el requerimiento de energía primaria anual para climatización en invierno, expresado en kWh;

$A_u$ : la superficie útil del inmueble, en  $m^2$ .



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 4. REQUERIMIENTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO ( $EP_V$ )

#### 4.1. Magnitudes, símbolos y unidades

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$EP_V$	Requerimiento específico de energía primaria para refrigeración en verano.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$E_{P,V}$	Requerimiento total de energía primaria para refrigeración en verano.	$kWh$
$E_{S,V}$	Requerimiento total de energía secundaria para refrigeración en verano.	$kWh$
$E_{U,V}$	Requerimiento total de energía útil para refrigeración en verano.	$kWh$
$Q_V$	Requerimiento mensual de energía térmica para refrigeración en verano.	$kWh$
$Q_{tr;rad;ve}$	Energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente térmica, radiación a la bóveda celeste y ventilación.	$kWh$
$Q_{tr;rad}$	Energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente y radiación a la bóveda celeste.	$kWh$
$Q_{ve}$	Energía térmica intercambiada por ventilación, aireación e infiltraciones.	$kWh$
$Q_{gr}$	Aportes térmicos gratuitos totales.	$kWh$
$Q_{int}$	Energía gratuita por aportes internos (metabolismo, artefactos eléctricos).	$kWh$
$Q_{sol}$	Energía gratuita por aportes solares (pasivos).	$kWh$
$H_{tr}$	Coeficiente de intercambio térmico por transmisión.	$W/K$
$H_D$	Coeficiente de intercambio térmico por transmisión hacia el exterior.	$W/K$
$H_U$	Coeficiente de intercambio térmico por transmisión hacia ambientes no climatizados.	$W/K$
$H_g$	Coeficiente de intercambio térmico a través del terreno en régimen estacionario.	$W/K$
$H_{pi}$	Coeficiente de intercambio térmico interno periódico a través del terreno.	$W/K$
$H_{pe}$	Coeficiente de intercambio térmico externo periódico a través del terreno.	$W/K$
$H_{ve}$	Coeficiente de intercambio térmico por ventilación, aireación e infiltraciones.	$W/K$



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$H_{ver}$	Coeficiente global de intercambio térmico para los meses de verano.	$W/K$
$\Phi_{rad}$	Flujo de energía térmica por radiación hacia la bóveda celeste.	$W$
$\Phi_{terr}$	Flujo de energía térmica a través del terreno.	$W$
$\Phi_{int}$	Flujo térmico total producido por todas las fuentes de calor presentes en una zona térmica y en ambientes adyacentes no climatizados.	$W$
$\Phi_{sol}$	Flujo térmico de origen solar incidente sobre la envolvente de una zona térmica.	$W$
$\Phi_{sol}$	Flujo térmico medio de origen solar incidente sobre un elemento de la envolvente.	$W$
$I_{sol}$	Irradiancia solar media mensual.	$W/m^2$
$\theta_{int}$	Temperatura interna de confort.	$^{\circ}C$
$\theta_{ext}$	Temperatura exterior media del mes considerado.	$^{\circ}C$
$\theta_{int;m}$	Temperatura interior media anual.	$^{\circ}C$
$\theta_{ext;m}$	Temperatura exterior media anual.	$^{\circ}C$
$\Delta\theta_{int}$	Diferencia entre la temperatura interna de confort en invierno y verano.	$^{\circ}C$
$\Delta\theta_{ext}$	Amplitud térmica anual.	$^{\circ}C$
$\Delta\theta_{er}$	Diferencia entre la temperatura superficial exterior media de un elemento de la envolvente térmica y la temperatura aparente del cielo.	$^{\circ}C$
$T$	Intervalo de tiempo.	$h$
$A_u$	Superficie útil del inmueble.	$m^2$
$A_{sol}$	Área de captación solar efectiva.	$m^2$
$A_c$	Área opaca proyectada sobre el plano correspondiente con la irradiancia solar media mensual.	$m^2$
$A_v$	Área total del cerramiento proyectada sobre el plano correspondiente con la irradiancia solar media mensual.	$m^2$
$A_e$	Área interna de un elemento de la envolvente térmica.	$m^2$
$A_f$	Área interior al polígono que delimita la zona térmica, en planta.	$m^2$



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$A_L$	Área de fuga equivalente.	$cm^2$
$a_v$	Área de fuga por metro lineal de junta en aberturas.	$cm^2$
$A_{rv}$	Área de fuga a través de elementos de la envolvente por los cuales se pueden producir infiltraciones de aire.	$cm^2$
$l$	Longitud total de juntas en aberturas.	$m$
$P_f$	Perímetro de la fracción del polígono que delimita la zona térmica en planta, y que es adyacente al exterior o a ambientes no climatizados.	$m$
$e$	Espesor de un elemento constructivo o de una capa componente del mismo.	$m$
$w$	Espesor total de las paredes que materializan la fracción del polígono que delimita la zona térmica en planta, asociado al perímetro $P_f$ .	$m$
$d_t$	Espesor equivalente.	$m$
$B'$	Relación Área-Perímetro del polígono que delimita la zona térmica, en planta.	$m$
$\delta$	Profundidad de penetración periódica anual.	$m$
$K_e$	Transmitancia térmica de un elemento de la envolvente térmica.	$\frac{W}{m^2K}$
$K'_e$	Transmitancia térmica corregida de un elemento transparente de la envolvente térmica que cuenta con protecciones solares móviles.	$\frac{W}{m^2K}$
$K_f$	Transmitancia térmica del suelo (o roca) que conforma el terreno.	$\frac{W}{m^2K}$
$R_{si}$	Resistencia superficial interna.	$\frac{m^2K}{W}$
$R_{se}$	Resistencia superficial externa.	$\frac{m^2K}{W}$
$R_e$	Resistencia térmica de un elemento de la envolvente térmica.	$\frac{m^2K}{W}$
$R_f$	Resistencia térmica del elemento constructivo que conforma la superficie horizontal en contacto directo con el terreno.	$\frac{m^2K}{W}$
$\lambda$	Conductividad térmica del material un elemento constructivo.	$\frac{W}{mK}$
$\lambda_s$	Conductividad térmica del suelo (o roca) que conforma el terreno.	$\frac{W}{mK}$
$\rho_a$	Densidad del aire.	$\frac{kg}{m^3}$
$\rho_s$	Densidad del suelo (o roca) que conforma el terreno.	$\frac{kg}{m^3}$



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$c_a$	Calor específico del aire.	$\frac{J}{kgK}$
$c_s$	Calor específico del suelo (o roca) que conforma el terreno.	$\frac{J}{kgK}$
$q_{tot}$	Caudal total de ingreso a la zona térmica debido a ventilación e infiltraciones.	$\frac{m^3}{s}$
$q_{ve}$	Caudal total de ingreso a la zona térmica debido a ventilación.	$\frac{m^3}{s}$
$q_{inf}$	Caudal total de ingreso a la zona térmica debido a infiltraciones.	$\frac{m^3}{s}$
$V_{neto}$	Volumen neto de la zona térmica.	$m^3$
$\eta$	Tasa de renovaciones de aire.	$\frac{1}{h}$
$b_{tr}$	Factor de corrección del intercambio térmico entre ambientes climatizados y no climatizados.	—
$F_{pr}$	Factor de reducción de los aportes solares debido a la utilización de protecciones móviles.	—
$f_{pr}$	Fracción de tiempo en que se utilizan las protecciones móviles.	—
$f_{ve}$	Fracción de tiempo en que se produce la ventilación nocturna en verano.	—
$F_{marco}$	Factor de marco, o fracción opaca del área total del cerramiento.	—
$F_{PT}$	Factor de corrección de la transmitancia térmica debido a los puentes térmicos.	—
$F_r$	Factor de forma.	—
$F_s$	Factor de reducción del área de captación solar efectiva, por sombras.	—
$f_{hor}$	Factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte.	—
$f_{alero}$	Factor de reducción por sombras debido a la existencia de aleros.	—
$f_{izq}$	Factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales a la izquierda.	—
$f_{der}$	Factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales a la derecha.	—
$h_r$	Coeficiente de intercambio térmico por radiación a la bóveda celeste linealizado.	$\frac{W}{m^2K}$
$\alpha_{sol}$	Coeficiente de absorción de la radiación solar.	—



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$\tau_v$	Coeficiente de transmisión solar directa a través de un elemento transparente.	—
$\alpha$	Adelanto del flujo de calor en relación a la temperatura interior.	unidades
$\beta$	Retraso del flujo de calor en relación a la temperatura exterior.	unidades
$m$	Número de mes considerado.	unidades
$n$	Número del mes en el cual la temperatura media es mínima.	unidades
$N$	Número total de zonas térmicas definidas del inmueble.	unidades
$M$	Número de meses correspondientes al período de refrigeración.	unidades
$\eta_{gr}$	Factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos.	—
$\gamma_{ver}$	Relación entre aportes térmicos gratuitos totales y pérdidas térmicas totales, para los meses de verano.	—
$\alpha_{ver}$	Parámetro numérico de ajuste para los meses de verano.	—
$\alpha_{ver,0}$	Parámetro numérico de referencia para los meses de verano.	—
$\tau_{ver,0}$	Constante de tiempo de referencia para los meses de verano.	$h$
$\tau$	Constante de tiempo de la zona térmica considerada.	$h$
$C$	Capacidad térmica interna de la zona térmica.	$\frac{kWh}{K}$
$\kappa_m$	Capacidad térmica por unidad de superficie de un elemento constructivo.	$\frac{J}{m^2 K}$
$\eta_r$	Rendimiento medio ponderado de la instalación de refrigeración.	—
$f_P$	Factor de conversión del vector energético que alimenta la instalación de refrigeración, en energía primaria.	—



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 4.2. Lineamientos preliminares

El procedimiento para el cálculo del requerimiento específico de energía primaria para refrigeración en verano consiste de las siguientes etapas:

- a) Identificación de los ambientes climatizados y no climatizados del inmueble, a fin de delimitar las distintas zonas térmicas y envolventes térmicas que lo caracterizarán. La metodología para llevar adelante la identificación mencionada se encuentra en el **ANEXO A**.
- b) Definición del período de refrigeración como el intervalo de tiempo durante el cual se asume que los sistemas activos de climatización garantizan una temperatura de confort constante y uniforme en el interior de cada una de las zonas térmicas que quedaron definidas en el inmueble. Dicho período de refrigeración se define para cada zona climática de la Provincia, según la **Tabla 4.1**.

**Tabla 4.1:** Inicio y finalización de los períodos de refrigeración, para cada zona climática.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
Inicio período refrigeración	SD	SD	SD	SD	SD	15-nov	SD
Fin período refrigeración	SD	SD	SD	SD	SD	15-mar	SD

*Elaboración propia en base a AGR-01.*

- c) Cálculo del requerimiento mensual de energía térmica ( $Q_V$ ) **para cada mes** del período de refrigeración (definido según el **punto b**) y **para cada zona térmica** (definida según el **punto a**). Este apartado debe repetirse de manera de cubrir todos los meses y todas las zonas térmicas del inmueble.
- d) Cálculo del requerimiento total de energía primaria para refrigeración en verano, a partir de la referencia a energía primaria de cada valor de  $Q_V$  calculado en el **punto c**, y su posterior totalización para todos los meses y para todas las zonas térmicas consideradas.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 4.3. Requerimiento mensual de energía térmica para refrigeración ( $Q_V$ )

El requerimiento mensual de energía térmica para refrigeración de una determinada zona ( $Q_V$ ), se calcula según la expresión (4.1):

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp} Q_{tr; rad; ve} \quad [kWh] \quad (4.1)$$

Siendo:

$Q_{tr; rad; ve}$ : la energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente térmica, radiación a la bóveda celeste y ventilación, expresada en kWh, según **Apartado 4.3.1**;

$Q_{gr}$ : los aportes térmicos gratuitos totales, expresados en kWh, según **Apartado 4.3.2**;

$\eta_{disp}$ : el factor de utilización de las dispersiones térmicas, según **Apartado 4.3.3**.

#### 4.3.1. Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación ( $Q_{tr; rad; ve}$ )

Se calcula según la expresión (4.2):

$$Q_{tr; rad; ve} = Q_{tr; rad} + Q_{ve} \quad [kWh] \quad (4.2)$$

Siendo:

$Q_{tr; rad}$ : la energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente térmica y radiación a la bóveda celeste, expresada en kWh;

$Q_{ve}$ : la energía térmica intercambiada por ventilación, aireación e infiltraciones, expresada en kWh.

##### 4.3.1.1. Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación a la bóveda ( $Q_{tr; rad}$ )

Se calcula según la expresión (4.3):

$$Q_{tr; rad} = \frac{1}{1000} [H_{tr}(\theta_{int} - \theta_{ext})T + \Phi_{rad}T + \Phi_{terr}T] \quad [kWh] \quad (4.3)$$

Siendo:

$H_{tr}$ : el coeficiente de intercambio térmico por transmisión, expresado en W/K, según **ANEXO B**;

$\theta_{int}$ : la temperatura interna de confort, que para los meses de verano se adopta igual a 26°C;

$\theta_{ext}$ : la temperatura media del mes analizado, expresada en °C, que se obtiene de la **Tabla 4.2**;

$T$ : el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; es decir, la cantidad de días del período de climatización correspondiente al mes considerado, multiplicado por 24 h;



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

$\Phi_{rad}$ : el flujo de energía térmica por radiación a la bóveda celeste, expresado en  $W$ , según **ANEXO C**;

$\Phi_{terr}$ : el flujo de energía térmica a través del terreno, expresado en  $W$ , según **ANEXO D**.

**Tabla 4.2:** Temperatura media mensual ( $\theta_{ext}$ ) para cada zona climática de la provincia, en  $^{\circ}C$ .

MES	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
ENERO	SD	SD	SD	SD	SD	25,0	SD
FEBRERO	SD	SD	SD	SD	SD	23,6	SD
MARZO	SD	SD	SD	SD	SD	21,6	SD
ABRIL	SD	SD	SD	SD	SD	17,5	SD
MAYO	SD	SD	SD	SD	SD	13,8	SD
JUNIO	SD	SD	SD	SD	SD	11,0	SD
JULIO	SD	SD	SD	SD	SD	10,0	SD
AGOSTO	SD	SD	SD	SD	SD	12,0	SD
SEPTIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	15,0	SD
OCTUBRE	SD	SD	SD	SD	SD	18,5	SD
NOVIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	21,5	SD
DICIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	23,6	SD

*Elaboración propia en base a AGR-01.*

### 4.3.1.2. Energía intercambiada por ventilación, aireación e infiltración ( $Q_{ve}$ )

Se calcula según la expresión (4.4):

$$Q_{ve} = \frac{1}{1000} H_{ve} (\theta_{int} - \theta_{ext}) T \quad [kWh] \quad (4.4)$$

Siendo:

$H_{ve}$ : el coeficiente de intercambio térmico por ventilación, expresado en  $W/K$ , según **ANEXO E**;

$\theta_{int}$ : la temperatura interna de confort, que para los meses de verano se adopta igual a  $26^{\circ}C$ ;

$\theta_{ext}$ : la temperatura media del mes considerado, expresada en  $^{\circ}C$ , que se obtiene de la **Tabla 4.2**;

$T$ : el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; es decir, la cantidad de días del período de climatización correspondiente al mes considerado, multiplicado por  $24\ h$ .

Cabe destacar que para mantener un nivel adecuado de higiene y salubridad en los ambientes, se debe considerar una tasa mínima de renovaciones de aire, que para inmuebles de uso residencial, se adopta igual a 0,3 renovaciones de volumen por hora (0,3  $Vol/h$ ).



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 4.3.2. Aportes térmicos gratuitos totales ( $Q_{gr}$ )

Se calcula según la expresión (4.5):

$$Q_{gr} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [kWh] \quad (4.5)$$

Siendo:

$Q_{int}$ : la energía gratuita por aportes térmicos internos, expresada en kWh;

$Q_{sol}$ : la energía gratuita por aportes térmicos solares (pasivos), expresada en kWh.

#### 4.3.2.1. Aportes térmicos internos ( $Q_{int}$ )

Los aportes térmicos internos, representan la ganancia de energía térmica generada por los artefactos electrónicos presentes en el inmueble, y el metabolismo de los ocupantes del mismo.

Los aportes térmicos internos se calculan según la expresión (4.6):

$$Q_{int} = \frac{1}{1000} \Phi_{int} T \quad [kWh] \quad (4.6)$$

Siendo:

$\Phi_{int}$ : el flujo térmico total producido por todas las fuentes de calor presentes en la zona térmica considerada y en ambientes adyacentes no climatizados, expresado en W, según ANEXO F;

$T$ : el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; es decir, la cantidad de días del período de climatización correspondiente al mes considerado, multiplicado por 24 h.

#### 4.3.2.2. Aportes térmicos solares

Los aportes térmicos de origen solar, se calculan según la expresión (4.7):

$$Q_{sol} = \frac{1}{1000} \Phi_{sol} T \quad [kWh] \quad (4.7)$$

Siendo:

$\Phi_{sol}$ : el flujo térmico medio de origen solar incidente sobre la envolvente de la zona térmica considerada, expresado en W, según ANEXO G;

$T$ : el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; es decir, la cantidad de días del período de climatización correspondiente al mes considerado, multiplicado por 24 h.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 4.3.3. Factor de utilización de las dispersiones térmicas ( $\eta_{disp}$ )

No todas las dispersiones térmicas, es decir, las pérdidas de energía térmica por ventilación, transmisión a través de la envolvente y radiación a la bóveda celeste, pueden ser aprovechadas para disminuir los requerimientos de energía para refrigeración. Esto se debe a que las mismas pueden producirse durante momentos del día en los que no existe una demanda de refrigeración (por ejemplo, durante las horas de la madrugada), con lo cual no podrán sencillamente ser contabilizadas con signo negativo al consumo. Es por ello que resulta necesario introducir un factor de utilización de las dispersiones térmicas, que contempla los efectos dinámicos en la determinación del requerimiento de energía para refrigeración en verano.

El factor de utilización de las dispersiones térmicas ( $\eta_{disp}$ ) es función de la relación entre los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales ( $\gamma_{ver}$ ), y de un parámetro numérico adimensional de ajuste ( $\alpha_{ver}$ ) que depende de la constante de tiempo de la zona térmica.

De esta manera, el factor de utilización de las dispersiones térmicas, queda determinado para cada mes y para cada zona térmica considerada, por las expresiones (4.8), (4.9) y (4.10), según corresponda:

$$\eta_{disp} = \begin{cases} \frac{1 - \gamma_{ver}^{-\alpha_{ver}}}{1 - \gamma_{ver}^{-(\alpha_{ver}+1)}} & \text{si } \gamma_{ver} > 0 \text{ y } \gamma_{ver} \neq 1 \\ \frac{\alpha_{ver}}{\alpha_{ver} + 1} & \text{si } \gamma_{ver} = 1 \\ 1 & \text{si } \gamma_{ver} < 0 \end{cases} \quad (4.8)$$

$$(4.9)$$

$$(4.10)$$

Siendo:

$\gamma_{ver}$ : la relación entre los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales;

$\alpha_{ver}$ : el parámetro numérico adimensional de ajuste.

El parámetro numérico adimensional de ajuste, depende de la constante de tiempo de la zona térmica considerada, y se calcula según la expresión (4.11):

$$\alpha_{ver} = \alpha_{ver,0} + \frac{\tau}{\tau_{ver,0}} \quad (4.11)$$

Siendo:

$\alpha_{ver,0}$ : el parámetro numérico adimensional de referencia, que para los meses de verano vale 0,4;

$\tau$ : la constante de tiempo que caracteriza la inercia térmica de la zona considerada;

$\tau_{ver,0}$ : la constante de tiempo de referencia, que para los meses de verano vale 30.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 4.3.3.1. Relación entre los aportes térmicos gratuitos y las pérdidas térmicas totales ( $\gamma_{ver}$ )

La relación entre la energía térmica debida a los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales, para cada mes de la estación invernal, queda definida por la expresión (4.12):

$$\gamma_{ver} = \frac{Q_{gr}}{Q_{tr; rad; ve}} \quad (4.12)$$

Siendo:

$Q_{tr; rad; ve}$ : la energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente térmica, radiación a la bóveda celeste y ventilación, expresada en  $kWh$ , según **Apartado 4.3.1**;

$Q_{gr}$ : los aportes térmicos gratuitos totales, en  $kWh$ , según **Apartado 4.3.2**;

### 4.3.3.2. Constante de tiempo ( $\tau$ )

La constante de tiempo de la zona térmica considerada, se calcula mediante la expresión (4.13):

$$\tau = \frac{C}{H_{ver}} (10^3) \quad [h] \quad (4.13)$$

Siendo:

$C$ : la capacidad térmica interna de la zona térmica considerada, en  $kWh/K$ , según **ANEXO H**;

$H_{ver}$ : el coeficiente global de intercambio térmico de la zona térmica considerada, para los meses de verano, expresado en  $W/K$ .

El coeficiente global de intercambio térmico de la zona térmica considerada, se obtiene sumando los distintos coeficientes de intercambio, según la expresión (4.14):

$$H_{ver} = H_{tr} + H_{ve} + H_g \left[ \frac{W}{K} \right] \quad (4.14)$$

Siendo:

$H_{tr}$ : el coeficiente de intercambio térmico por transmisión, expresado en  $W/K$ , según **ANEXO B**;

$H_{ve}$ : el coeficiente de intercambio térmico por ventilación, expresado en  $W/K$ , según **ANEXO E**;

$H_g$ : el coeficiente de intercambio a través del terreno en régimen estacionario, expresado en  $W/K$ , según **ANEXO D**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 4.4. Requerimiento total de energía útil para refrigeración en verano ( $E_{U,V}$ )

El requerimiento total de energía útil para refrigeración en verano, se calcula según la expresión (4.15):

$$E_{U,V} = \sum_{j=1}^M \left[ \sum_{i=1}^N Q_{V;i;j} \right] \quad [kWh] \quad (4.15)$$

Siendo:

$Q_{V;i;j}$ : el requerimiento mensual de energía térmica para refrigeración de la i-ésima zona térmica, correspondiente al j-ésimo mes, expresado en kWh, según **Apartado 4.3**;

$N$ : el número total de zonas térmicas definidas del inmueble;

$M$ : el número de meses correspondientes al período de refrigeración.

### 4.5. Requerimiento total de energía secundaria para refrigeración en verano ( $E_{S,V}$ )

El requerimiento total de energía secundaria para refrigeración en verano, se calcula según la expresión (4.16):

$$E_{S,V} = \sum_{j=1}^M \left[ \sum_{i=1}^N \frac{Q_{V;i;j}}{\eta_{r;i;j}} \right] \quad [kWh] \quad (4.16)$$

Siendo:

$Q_{V;i;j}$ : el requerimiento mensual de energía térmica para refrigeración de la i-ésima zona térmica, correspondiente al j-ésimo mes, expresado en kWh, según **Apartado 4.3**;

$\eta_{r;i;j}$ : el rendimiento medio ponderado de la instalación de refrigeración presente en la i-ésima zona térmica funcionando durante el j-ésimo mes, que se obtiene de la **Tabla 4.7**;

$N$ : el número total de zonas térmicas definidas del inmueble;

$M$ : el número de meses correspondientes al período de refrigeración.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla 4.7:** Rendimientos medios ( $\eta_r$ ) de distintos tipos de equipos de refrigeración.

TIPO DE EQUIPO DE REFRIGERACIÓN	$\eta_r / EER$
Aire acondicionado clase A tipo Split	3,20
Aire acondicionado clase B tipo Split	3,10
Aire acondicionado clase C tipo Split	2,90
Aire acondicionado clase D tipo Split	2,70
Aire acondicionado clase E tipo Split	2,50
Aire acondicionado clase F tipo Split	2,30
Aire acondicionado clase G tipo Split	2,20
Aire acondicionado clase A tipo compacto	3,00
Aire acondicionado clase B tipo compacto	2,90
Aire acondicionado clase C tipo compacto	2,70
Aire acondicionado clase D tipo compacto	2,50
Aire acondicionado clase E tipo compacto	2,30
Aire acondicionado clase F tipo compacto	2,10
Aire acondicionado clase G tipo compacto	2,00

Fuente: Norma IRAM 62.406:2007.

Cabe destacar que, los valores expuestos en la **Tabla 4.7**, surgen de considerar que los rendimientos de los equipos de refrigeración son constantes durante toda la estación estival. Esta es una primera aproximación para realizar el cálculo, pero en caso de poseer datos detallados del equipamiento, en especial si se trata de equipamientos de gran escala, es conveniente afectar los rendimientos por un factor que considere las distintas temperaturas exteriores de cada mes.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 4.6. Requerimiento total de energía primaria para refrigeración en verano

El requerimiento total de energía primaria para refrigeración en verano, se calcula con la expresión (4.17):

$$E_{P;V} = \sum_{j=1}^M \left[ \sum_{i=1}^N \frac{Q_{V;i;j}}{\eta_{r;i;j}} f_{P;i} \right] \quad [kWh] \quad (4.17)$$

Siendo:

$Q_{V;i;j}$ : el requerimiento mensual de energía térmica para refrigeración de la i-ésima zona térmica, correspondiente al j-ésimo mes, expresado en kWh, según **Apartado 4.3**;

$\eta_{r;i;j}$ : el rendimiento medio ponderado de la instalación de refrigeración presente en la i-ésima zona térmica funcionando durante el j-ésimo mes, que se obtiene de la **Tabla 4.7**;

$N$ : el número total de zonas térmicas definidas del inmueble;

$M$ : el número de meses correspondientes al período de refrigeración.

$f_{P;i}$ : el factor de conversión del vector energético que alimenta la instalación de refrigeración de la i-ésima zona térmica, en energía primaria; se obtiene de la **Tabla 4.8**.

**Tabla 4.8:** Factor de conversión de energía neta a energía primaria ( $f_P$ ).

VECTOR ENERGÉTICO	$f_P$
Gas Distribuido por Redes	1,25
Gas Licuado de Petróleo	1,10
Electricidad	3,30
Carbón de Leña	1,60

*Elaboración propia en base a BEN 2014.*

### 4.7. Requerimiento específico de energía primaria para refrigeración en verano ( $EP_V$ )

Finalmente, el requerimiento específico de energía primaria para refrigeración en verano, se calcula según la expresión (4.18):

$$EP_V = \frac{E_{P;V}}{A_u} \quad \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{año}} \right] \quad (4.18)$$

Siendo:

$E_{P;V}$ : el requerimiento de energía primaria anual para climatización en verano, expresado en kWh;

$A_u$ : la superficie útil del inmueble, en  $m^2$ .



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 5. REQUERIMIENTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA ( $EP_{ACS}$ )

#### 5.1. Magnitudes, símbolos y unidades

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$EP_{ACS}$	Requerimiento específico de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$E_{P,ACS}$	Requerimiento total de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria.	$kWh$
$E_{S,ACS}$	Requerimiento total de energía secundaria para producción de agua caliente sanitaria.	$kWh$
$E_{U,ACS}$	Requerimiento total de energía útil para producción de agua caliente sanitaria.	$kWh$
$Q_{ACS}$	Requerimiento mensual de energía útil para producción de agua caliente sanitaria.	$kWh$
$\rho$	Densidad del agua.	$kg/m^3$
$c$	Calor específico del agua.	$\frac{kWh}{kg K}$
$V$	Volumen diario de agua caliente sanitaria requerido.	$l$
$\theta_{erog}$	Temperatura de erogación del agua caliente sanitaria.	$^{\circ}C$
$\theta_{ing}$	Temperatura de ingreso del agua a la instalación de calentamiento.	$^{\circ}C$
$D_i$	Cantidad de días del i-ésimo mes.	<i>unid.</i>
$A_u$	Superficie útil del inmueble.	$m^2$
$\eta_{ACS}$	Rendimiento medio ponderado de la instalación de producción de agua caliente sanitaria.	—
$f_P$	Factor de conversión en energía primaria del vector energético que alimenta la instalación de producción de agua caliente sanitaria.	—



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 5.2. Lineamientos preliminares

El cálculo del requerimiento de energía para la producción de agua caliente sanitaria, se realiza bajo las siguientes hipótesis:

- Ocupación permanente del inmueble durante todo el año.
- Demanda de agua caliente sanitaria normalizada según la superficie útil del inmueble, y no en función de los ocupantes que realmente habitan el mismo.

### 5.3. Requerimiento mensual de energía útil para producción de agua caliente sanitaria

( $Q_{ACS}$ )

El requerimiento de energía útil (térmica) para producción de agua caliente sanitaria durante un mes, se calcula según la expresión (5.1):

$$Q_{ACS} = \rho c V (\theta_{erog} - \theta_{ing}) D \quad [kWh] \quad (5.1)$$

Siendo:

$\rho$ : la densidad del agua, cuyo valor es  $1000 \text{ kg/m}^3$  ( $1 \text{ kg/l}$ );

$c$ : el calor específico del agua, cuyo valor es  $0,001162 \text{ kWh/kgK}$ ;

$V$ : el volumen diario de agua caliente sanitaria requerido, en  $l$ , que se adopta en función de la superficie útil climatizada del inmueble según **Tabla 5.1**;

$\theta_{erog}$ : la temperatura de erogación del agua caliente sanitaria en el mes considerado, expresada en  $^{\circ}\text{C}$ , obtenida de la **Tabla 5.2**;

$\theta_{ing}$ : la temperatura de ingreso del agua a la instalación de calentamiento en el mes considerado, en  $^{\circ}\text{C}$ , obtenida para cada mes, de la **Tabla 5.3** en el caso de ser agua corriente, o de la **Tabla 5.4** en el caso de ser agua proveniente de las napas freáticas, cuya temperatura es constante durante todo el año;

$D$ : la cantidad de días del mes considerado.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 5.4. Requerimiento total de energía útil para producción de agua caliente sanitaria ( $E_{U,ACS}$ )

El requerimiento total anual de energía útil (térmica) para producción de agua caliente sanitaria durante un año, se calcula como la suma de los requerimientos mensuales, según la expresión (5.2):

$$E_{U,ACS} = \sum_{i=1}^{12} Q_{ACS,i} \quad [kWh] \quad (5.2)$$

Siendo:

$Q_{ACS,i}$ : el requerimiento de energía útil para producción de agua caliente sanitaria del i-ésimo mes, expresado en kWh, calculado para cada mes, según **Apartado 5.3**.

**Tabla 5.1:** Requerimiento diario de agua caliente sanitaria ( $V$ ).

$A_u$ (Climatizada) [m <sup>2</sup> ]	$V$ [l]
20	36
30	54
40	72
50	90
60	103
70	116
80	129
90	141
100	153
110	164
120	175
130	186
140	197
150	208
160	218
170	229
180	239
190	249
200	259
210	273
220	286
230	299
240	312
250	325
más de 250	325

Fuente: UNI TS 11300-2:2008.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla 5.2:** Temperatura de erogación del agua caliente sanitaria, en °C.

MES	$\theta_{erog}$
ENERO	30
FEBRERO	30
MARZO	35
ABRIL	35
MAYO	40
JUNIO	40
JULIO	40
AGOSTO	40
SEPTIEMBRE	40
OCTUBRE	35
NOVIEMBRE	35
DICIEMBRE	30

*Elaboración propia.*

**Tabla 5.3:** Temperatura de ingreso del agua en el caso de agua corriente, en °C.

MES	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
ENERO	SD	SD	SD	SD	SD	20,3	SD
FEBRERO	SD	SD	SD	SD	SD	21,7	SD
MARZO	SD	SD	SD	SD	SD	22,6	SD
ABRIL	SD	SD	SD	SD	SD	21,6	SD
MAYO	SD	SD	SD	SD	SD	20,3	SD
JUNIO	SD	SD	SD	SD	SD	17,6	SD
JULIO	SD	SD	SD	SD	SD	15,1	SD
AGOSTO	SD	SD	SD	SD	SD	13,2	SD
SEPTIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	12,6	SD
OCTUBRE	SD	SD	SD	SD	SD	13,9	SD
NOVIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	15,9	SD
DICIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	18,3	SD

*Elaboración propia en base a AGR-01.*

**Tabla 5.4:** Temperatura de ingreso del agua proveniente de napas freáticas, en °C.

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
SD	SD	SD	SD	SD	17,7	SD

*Elaboración propia en base a AGR-01.*



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 5.5. Requerimiento total de energía secundaria para producción de agua caliente sanitaria ( $E_{S;ACS}$ )

El requerimiento total de energía secundaria para producción de agua caliente sanitaria, se calcula según la expresión (5.3):

$$E_{S;ACS} = \frac{E_{U;ACS}}{\eta_{ACS}} \quad [kWh] \quad (5.3)$$

Siendo:

$E_{U;ACS}$ : el requerimiento total de energía útil para producción de agua caliente sanitaria, expresado en kWh, calculado según **Apartado 5.4**;

$\eta_{ACS}$ : el rendimiento medio ponderado de la instalación de producción de agua caliente sanitaria, que se obtiene de la **Tabla 5.5**.

**Tabla 5.5:** Rendimiento medio de la instalación de producción de agua caliente sanitaria ( $\eta_{ACS}$ ).

TIPO DE INSTALACIÓN	$\eta_{ACS}$
Calefón convencional Etiqueta A	0,80
Calefón convencional Etiqueta B	0,77
Calefón convencional Etiqueta C	0,71
Calefón convencional Etiqueta D	0,65
Calefón convencional Etiqueta E	0,59
Calefón convencional Etiqueta F	0,55
Termotanque a gas Etiqueta A	0,58
Termotanque a gas Etiqueta B	0,56
Termotanque a gas Etiqueta C	0,52
Termotanque a gas Etiqueta D	0,48
Termotanque a gas Etiqueta E	0,46
Caldera autónoma integrada a la calefacción	0,70
Termotanque eléctrico	0,90

Fuentes: NAG-313 2009 y NAG-314 Adenda 2016.

Cabe destacar que, en caso de coexistir distintos sistemas de producción de agua caliente sanitaria en un mismo inmueble se debe considerar un rendimiento ponderado en función del caudal de agua que suministra cada sistema.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 5.6. Requerimiento total de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria ( $E_{P,ACS}$ )

El requerimiento total de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria, se calcula según la expresión (5.4):

$$E_{P,ACS} = E_{S,ACS} f_P \quad [kWh] \quad (5.4)$$

Siendo:

$E_{S,ACS}$ : el requerimiento total de energía secundaria para producción de agua caliente sanitaria, expresado en kWh, calculado según **Apartado 5.5**;

$f_P$ : el factor de conversión del vector energético que alimenta la instalación de producción de agua caliente sanitaria en energía primaria, obtenido de la **Tabla 5.6**.

**Tabla 5.6:** Factor de conversión de energía neta a energía primaria ( $f_P$ ).

VECTOR ENERGÉTICO	$f_P$
Gas Distribuido por Redes	1,25
Gas Licuado de Petróleo	1,10
Electricidad	3,30
Carbón de Leña	1,60

*Elaboración propia en base a BEN 2014.*

### 5.7. Requerimiento específico de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria ( $EP_{ACS}$ )

Finalmente, el requerimiento específico de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria se calcula según la expresión (5.5):

$$EP_{ACS} = \frac{E_{P,ACS}}{A_u} \quad \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{año}} \right] \quad (5.5)$$

Siendo:

$E_{P,ACS}$ : el requerimiento total de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria, expresado en kWh, calculado según **Apartado 5.6**;

$A_u$ : la superficie útil del inmueble, en  $m^2$ .



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 6. REQUERIMIENTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA PARA ILUMINACIÓN ( $EP_{IL}$ )

#### 6.1. Magnitudes, símbolos y unidades

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$EP_{IL}$	Requerimiento específico de energía primaria para iluminación.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$E_{P;IL}$	Requerimiento total de energía primaria para iluminación.	$kWh$
$E_{S;IL}$	Requerimiento total de energía secundaria (eléctrica) para iluminación.	$kWh$
$E_{il}$	Requerimiento mensual de energía eléctrica para iluminación de un ambiente.	$kWh$
$E_p$	Energía eléctrica parásita anual.	$kWh$
$P_n$	Potencia eléctrica total de las luminarias instaladas en un ambiente.	$W$
$t_d$	Tiempo de encendido del sistema de iluminación artificial de un ambiente, durante las horas diurnas.	$h$
$t_n$	Tiempo de encendido del sistema de iluminación artificial de un ambiente, durante las horas nocturnas.	$h$
$F_C$	Factor de iluminancia constante.	—
$F_O$	Factor de ocupación.	—
$F_{SC}$	Factor de ajuste según el tipo de sistema de control de la iluminación.	—
$F_A$	Factor de ausencia.	—
$F_D$	Factor de disponibilidad de luz natural diurna.	—
$F_{D,S}$	Factor de aportación de luz natural.	—
$F_{D,C}$	Factor de control de luz natural.	—
$c_{D,S}$	Factor de redistribución mensual.	—
$D$	Factor de luz natural.	%
$D'$	Factor de luz natural corregido.	%



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$F_s$	Factor de reducción del área de captación solar efectiva, por sombras.	—
$I_T$	Índice de transparencia de un ambiente.	—
$I_P$	Índice de profundidad de un ambiente.	—
$\tau_{D65}$	Factor de transmisión hemisférica directa de las aberturas.	—
$k_1$	Factor de corrección por elementos de la abertura.	—
$k_2$	Factor de corrección por suciedad.	—
$k_3$	Factor de corrección por ángulo de incidencia.	—
$a$	Coeficiente adimensional de ajuste para el factor de aportación de luz natural.	—
$b$	Coeficiente adimensional de ajuste para el factor de aportación de luz natural.	—
$\varphi$	Latitud de la localidad en la que se emplaza el inmueble.	°C
$f_P$	Factor de conversión de energía eléctrica en energía primaria.	—
$A_{ab}$	Área total de vanos de aberturas que poseen superficies transparentes con incidencia de la radiación solar, en un ambiente determinado.	$m^2$
$A_{u,i}$	Superficie útil del i-ésimo ambiente del inmueble.	$m^2$
$A_u$	Superficie útil del inmueble.	$m^2$



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 6.2. Lineamientos preliminares

Para el cálculo del requerimiento de energía eléctrica para iluminación, además de los artefactos para iluminación artificial y sus respectivos sistemas de control instalados en cada ambiente, se tienen en cuenta los aspectos constructivos ligados a la disponibilidad y aprovechamiento de la luz natural.

Se consideran las siguientes hipótesis:

- Ocupación permanente del inmueble durante todo el año.
- Modalidad y perfil de ocupación pre-establecida para cada tipo de ambiente.

El requerimiento de energía eléctrica para iluminación se calcula para cada mes del año, y para cada ambiente del inmueble con características de iluminación homogéneas, independientemente de que hayan sido definidos como ambientes climatizados o no climatizados para el cálculo de los requerimientos de energía para climatización.

### 6.3. Requerimiento mensual de energía eléctrica para iluminación ( $E_{il}$ )

El requerimiento mensual de energía eléctrica para la iluminación artificial de un ambiente determinado, se calcula según la expresión (6.1):

$$E_{il} = \frac{P_n F_C (t_d F_O F_D + t_n F_O)}{1000} \quad [kWh] \quad (6.1)$$

Siendo:

$P_n$ : la potencia eléctrica del total de las luminarias instaladas en el ambiente considerado, en  $W$ ; siempre que la misma sea mayor que la mínima necesaria para garantizar un nivel medio de confort visual, con el menor nivel de eficiencia medido en  $lm/W$ . En caso de que no existan luminarias instaladas en el ambiente considerado, se adoptará dicho valor mínimo de potencia.

$F_C$ : el factor de iluminancia constante del ambiente considerado, según **Apartado 6.3.1**;

$F_O$ : el factor de ocupación del ambiente considerado, según **Apartado 6.3.2**;

$F_D$ : el factor de disponibilidad de luz natural diurna del ambiente considerado, según **Apartado 6.3.3**;

$t_d$ : el tiempo de encendido del sistema de iluminación artificial del ambiente considerado durante las horas diurnas, expresado en  $h$ ; obtenido de la **Tabla 6.1**, para cada mes y para cada tipo de ambiente;

$t_n$ : el tiempo de encendido del sistema de iluminación artificial del ambiente considerado durante las horas nocturnas, expresado en  $h$ ; obtenido de la **Tabla 6.1**, para cada mes y para cada tipo de ambiente.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla 6.1:** Tiempo de encendido del sistema de iluminación artificial, en horas.

AMBIENTE	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN	
	$t_d$	$t_n$										
Habitación	124	62	112	56	124	62	120	60	124	62	120	60
Cocina / Comedor	62	62	56	56	62	62	60	60	62	62	60	60
Baño	62	31	56	28	62	31	60	30	62	31	60	30
Living	155	62	140	56	155	62	150	60	155	62	150	60
Corredor	248	62	224	56	248	62	240	60	248	62	240	60
Escritorio	155	62	140	56	155	62	150	60	155	62	150	60

AMBIENTE	JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC	
	$t_d$	$t_n$										
Habitación	124	62	124	62	120	60	124	62	120	60	124	62
Cocina / Comedor	62	62	62	62	60	60	62	62	60	60	62	62
Baño	62	31	62	31	60	30	62	31	60	30	62	31
Living	155	62	155	62	150	60	155	62	150	60	155	62
Corredor	248	62	248	62	240	60	248	62	240	60	248	62
Escritorio	155	62	155	62	150	60	155	62	150	60	155	62

*Elaboración propia en base a Iluminación, Asociación Argentina de Luminotecnia.*

### 6.3.1. Factor de iluminancia constante ( $F_C$ )

El factor de iluminancia constante, tiene en cuenta la presencia de sistemas de control para el mantenimiento de valores constantes de iluminación en el ambiente considerado.

En instalaciones en las que exista un sistema de iluminación de flujo luminoso regulable, es decir, sistemas de iluminancia constante controlada, se deberá adoptar  $F_C = 0,9$ .

En cualquier otro tipo de instalación, se deberá adoptar  $F_C = 1$ .

### 6.3.2. Factor de ocupación ( $F_O$ )

El factor de ocupación tiene en cuenta el período de permanencia de los ocupantes en el ambiente considerado, en función del uso previsto del mismo y del tipo de sistema de control existente.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

En los casos que se mencionan a continuación, se deberá considerar  $F_O = 1$ :

- Si el encendido del alumbrado es centralizado, es decir en más de un ambiente a la vez, ya sea manual o automático; esto es válido independientemente del tipo de sistema de apagado existente;
- Si el área iluminada por un grupo de luminarias que se encienden juntas es mayor a  $30 m^2$ , independientemente del sistema de encendido y apagado existente.

En cualquier otro caso que no se corresponda con los mencionados anteriormente, será siempre  $F_O < 1$ . El cálculo del factor de ocupación de un ambiente determinado, queda definido entonces, por las expresiones (6.2), (6.3) y (6.4), según corresponda:

$$F_O = \begin{cases} 1 - \frac{(1 - F_{SC})F_A}{2} & \text{si } 0 \leq F_A < 0,2 \\ F_{SC} + 0,2 - F_A & \text{si } 0,2 \leq F_A < 0,9 \\ (7 - 10 F_{SC})(F_A - 1) & \text{si } 0,9 \leq F_A < 1 \end{cases} \quad (6.2)$$

(6.3)

(6.4)

Siendo:

$F_{SC}$ : el factor de ajuste según el tipo de sistema de control de encendido y apagado de la iluminación, obtenido de la **Tabla 6.2**, en función del sistema de control existente;

$F_A$ : el factor de ausencia, que indica la proporción de las horas previstas de uso del ambiente considerado en que el mismo no estará ocupado, obtenido de la **Tabla 6.3**, en función del tipo de ambiente.

**Tabla 6.2:** Factor de ajuste según el tipo de sistema de control ( $F_{SC}$ ).

Sistemas sin detección automática de presencia o de ausencia	$F_{SC}$
Encendido / apagado manual	1,00
Encendido / apagado manual + señal de extinción de barrido automática adicional	0,95

Sistemas con detección automática de presencia y/o de ausencia	$F_{SC}$
Encendido automático / regulación de flujo	0,95
Encendido automático / apagado automático	0,90
Encendido manual / regulación de flujo	0,90
Encendido manual / apagado automático	0,80

Fuente: Norma Europea EN 15193:2007.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla 6.3:** Factor de ausencia según el tipo de ambiente ( $F_A$ ).

AMBIENTE	$F_A$
Habitación	0,60
Cocina / Comedor	0,80
Baño	0,90
Living	0,70
Corredor	0,40
Lavadero	0,90
Cochera	0,90
Escritorio	0,70

*Elaboración propia en base a Iluminación, Asociación Argentina de Luminotecnia.*

**NOTA:** Los valores presentados en la **Tabla 6.3**, han sido determinados bajo la hipótesis de que durante las horas de encendido del sistema de iluminación, los ambientes se encuentran ocupados.

### 6.3.3. Factor de disponibilidad de luz natural diurna ( $F_D$ )

El factor de disponibilidad de luz natural diurna incide en el requerimiento de energía para iluminar los ambientes durante las horas del día. Aquellos ambientes que posean mayor disponibilidad de luz natural verán disminuidas sus necesidades de iluminación artificial durante las horas del día.

De acuerdo con el método mensual adoptado en este procedimiento, el factor de disponibilidad de luz natural diurna de un ambiente determinado, se calcula según la expresión (6.5):

$$F_D = 1 - F_{D,S} F_{D,C} c_{D,S} \quad (6.5)$$

Siendo:

$F_{D,S}$ : el factor de aportación de luz natural, que representa la contribución de luz natural a la iluminancia total requerida para el ambiente considerado; se calcula según **Apartado 6.3.3.1**;

$F_{D,C}$ : el factor de control de luz natural, que considera la capacidad del sistema de control de iluminación artificial de optimizar el uso de la luz natural diurna disponible en el ambiente considerado; se obtiene de la **Tabla 6.4**, en función del sistema de control y del nivel general de iluminación natural, determinado según **ANEXO I**.

$c_{D,S}$ : el factor de redistribución mensual, que considera la cantidad de luz natural disponible según el mes del año, obtenida de **Tabla 6.5**, para cada zona climática de la provincia.

En el caso de ambientes sin disponibilidad de luz natural diurna, resulta  $F_D = 1$ .



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla 6.4:** Factor de ajuste en el tipo de sistema de control ( $F_{D,C}$ ).

SISTEMA DE CONTROL	NIVEL GENERAL DE ILUMINACIÓN NATURAL		
	FUERTE	MEDIO	DÉBIL
MANUAL	0,40	0,30	0,20
AUTOMÁTICO	0,85	0,77	0,75

Fuente: Norma Europea EN 15193:2007.

**Tabla 6.5:** Factor de redistribución mensual ( $c_{D,S}$ ).

MES	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
ENERO	SD	SD	SD	SD	SD	1,45	SD
FEBRERO	SD	SD	SD	SD	SD	1,26	SD
MARZO	SD	SD	SD	SD	SD	1,04	SD
ABRIL	SD	SD	SD	SD	SD	0,79	SD
MAYO	SD	SD	SD	SD	SD	0,62	SD
JUNIO	SD	SD	SD	SD	SD	0,50	SD
JULIO	SD	SD	SD	SD	SD	0,60	SD
AGOSTO	SD	SD	SD	SD	SD	0,75	SD
SEPTIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	0,93	SD
OCTUBRE	SD	SD	SD	SD	SD	1,16	SD
NOVIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	1,42	SD
DICIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	1,46	SD

Elaboración propia en base a AGR-01.

**NOTA:** Los valores presentados en la **Tabla 6.5**, son el resultado de la relación entre la irradiancia media mensual y la irradiancia media anual en la zona.

### 6.3.3.1. Factor de aportación de luz natural ( $F_{D,S}$ )

El factor de aportación de luz natural ( $F_{D,S}$ ), que representa la contribución de luz natural a la iluminancia total requerida para el ambiente considerado, se calcula según la expresión (6.6):

$$F_{D,S} = a + b \varphi \quad (6.6)$$

Siendo:

$a$  y  $b$ : coeficientes adimensionales de ajuste para asegurar una iluminancia mantenida de 300 lux en el ambiente considerado, obtenidos de la **Tabla 6.6**, para cada nivel general de iluminación natural;

$\varphi$ : el ángulo de latitud de la localidad en la que se emplaza el inmueble, en °C.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla 6.6:** Factores de ajuste en el uso según el tipo de ambiente ( $a, b$ ).

NIVEL GENERAL DE ILUMINACIÓN NATURAL	<i>a</i>	<i>b</i>
FUERTE	1,2904	-0,0088
MEDIO	1,3097	-0,0106
DÉBIL	1,2425	-0,0117

*Fuente: Norma Europea EN 15193:2007.*

### 6.4. Energía parásita anual ( $E_p$ )

La energía parásita anual de un ambiente, representa la energía eléctrica necesaria en un período anual, para alimentar el circuito de carga de las luminarias de emergencia y la potencia estacionaria para sistemas de control automático cuando las luminarias no están encendidas.

La energía parásita anual del i-ésimo ambiente de un inmueble, se calcula según la expresión (6.7):

$$E_{p,i} = 6 A_{u,i} \quad [kWh] \quad (6.7)$$

Siendo:

$A_{u,i}$ : la superficie útil del i-ésimo ambiente considerado, expresada en  $m^2$ .

### 6.5. Requerimiento total de energía eléctrica para iluminación ( $E_{S;IL}$ )

El requerimiento total de energía eléctrica para iluminación, se calcula según la expresión (6.8):

$$E_{S;IL} = \sum_{i=1}^N \left( E_{p,i} + \sum_{j=1}^{12} E_{il,i,j} \right) \quad [kWh] \quad (6.8)$$

Siendo:

$E_{il,i,j}$ : el requerimiento mensual de energía eléctrica para iluminación del i-ésimo ambiente durante el j-ésimo mes, expresado en  $kWh$ , calculado según **Apartado 6.3**, para cada ambiente y para cada mes;

$E_{p,i}$ : la energía eléctrica parásita anual requerida en el i-ésimo ambiente, expresada en  $kWh$ , calculada según **Apartado 6.4**, para cada ambiente considerado del inmueble;

$N$ : el número total de ambientes definidos del inmueble.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

### 6.6. Requerimiento total de energía primaria para iluminación ( $E_{P;IL}$ )

El requerimiento total de energía primaria para iluminación, se calcula según la expresión (6.9):

$$E_{P;IL} = E_{S;IL} f_P \quad [kWh] \quad (6.9)$$

Siendo:

$E_{S;IL}$ : el requerimiento total de energía eléctrica para iluminación, en kWh, según **Apartado 6.5**;

$f_P$ : el factor de conversión de energía eléctrica en energía primaria, igual a 3,30.

### 6.7. Requerimiento específico de energía primaria para iluminación ( $EP_{IL}$ )

Finalmente, el requerimiento específico de energía primaria para iluminación, se calcula según la expresión (6.10):

$$EP_{IL} = \frac{E_{P;IL}}{A_u} \quad \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{año}} \right] \quad (6.10)$$

Siendo:

$E_{P;IL}$ : el requerimiento total de energía primaria para iluminación, expresado en kWh;

$A_u$ : la superficie útil del inmueble, en  $m^2$ .





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 7. CONTRIBUCIÓN ESPECÍFICA DE ENERGÍAS RENOVABLES ( $EP_{REN}$ )

#### 7.1. Magnitudes, símbolos y unidades

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$EP_{REN}$	Contribución específica de energías renovables.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$EP_{ST}$	Contribución específica de energía solar térmica.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$EP_{FV}$	Contribución específica de energía solar fotovoltaica.	$\frac{kWh}{m^2 \text{año}}$
$E_{P;ST}$	Contribución total de energía primaria por uso de energía solar térmica.	$kWh$
$E_{P;FV}$	Contribución total de energía primaria por uso de energía solar fotovoltaica.	$kWh$
$E_{S;ST}$	Contribución total de energía secundaria por uso de energía solar térmica.	$kWh$
$E_{S;FV}$	Contribución total de energía secundaria por uso de energía solar fotovoltaica.	$kWh$
$E_{U;ST}$	Contribución total de energía solar térmica.	$kWh$
$Q_{ST}$	Contribución mensual de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria.	$kWh$
$Q_{ACS}$	Requerimiento mensual de energía útil para producción de agua caliente sanitaria.	$kWh$
$E_a$	Energía absorbida por el captador solar, durante el mes considerado.	$kWh$
$E_p$	Energía perdida por el captador solar, durante el mes considerado.	$kWh$
$P_{FV}$	Potencia pico de la instalación fotovoltaica.	$kW$
$I_{sol}$	Irradiancia solar media mensual.	$W/m^2$
$T$	Intervalo de tiempo.	$h$
$D_i$	Cantidad de días del i-ésimo mes considerado.	<i>unidades</i>
$A_{cs}$	Área de captación del colector solar.	$m^2$
$A_u$	Superficie útil del inmueble.	$m^2$



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
$V_{AC}$	Capacidad de almacenamiento del colector solar.	$l$
$C_{an}$	Cobertura anual de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria.	—
$f$	Coeficiente de cobertura.	—
$D_1, D_2$	Parámetros adimensionales.	—
$\mu$	Factor adimensional característico del colector solar.	—
$\sigma$	Factor de eficiencia óptica del captador solar.	—
$m$	Coeficiente global de pérdidas del captador solar.	—
$M$	Modificador del ángulo de incidencia del captador solar.	—
$\Omega$	Factor de corrección del conjunto colector – intercambiador.	—
$K_1$	Factor de corrección por almacenamiento.	—
$K_2$	Factor de corrección por agua caliente sanitaria.	—
$\theta_{acs}$	Temperatura de mínima del agua caliente sanitaria.	°C
$\theta_{ing}$	Temperatura de ingreso del agua a la instalación de calefacción.	°C
$\theta_{ext}$	Temperatura exterior media del mes considerado.	°C
$\eta_{ACS}$	Rendimiento medio ponderado de la instalación de producción de agua caliente sanitaria.	—
$\eta_{FV}$	Rendimiento medio ponderado de la instalación fotovoltaica.	—
$f_{P;ACS}$	Factor de conversión en energía primaria del vector energético que alimenta la instalación de producción de agua caliente sanitaria.	—
$f_{P;FV}$	Factor de conversión de energía eléctrica en energía primaria.	—



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

### 7.2. Lineamientos preliminares

El presente capítulo cuantifica los aportes de energía provenientes de fuentes renovables mediante sistemas de generación, aprovechamiento y/o conversión instalados en el propio inmueble.

Dadas las características de la provincia de Santa Fe, en cuanto a recursos energéticos renovables, y el estado del arte de las distintas tecnologías destinadas al aprovechamiento de los mismos en edificaciones de distinto tipo, se consideran en este procedimiento las siguientes modalidades de aprovechamiento de energías renovables:

- Energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria.
- Energía solar fotovoltaica para producción de energía eléctrica.

### 7.3. Contribución específica de energías renovables ( $EP_{REN}$ )

La contribución específica de energía generada a partir de fuentes renovables asociada a un inmueble, se calcula como la suma de las contribuciones específicas de energía solar térmica y de energía solar fotovoltaica, tal como lo indica la expresión (7.1):

$$EP_{REN} = EP_{ST} + EP_{FV} \quad [kWh] \quad (7.1)$$

Siendo:

$EP_{ST}$ : la contribución específica de energía solar térmica, en  $kWh$ , calculada según **Apartado 7.4**;

$EP_{FV}$ : la contribución específica de energía solar fotovoltaica, en  $kWh$ , calculada según **Apartado 7.5**;



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 7.4. Energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria

En el caso de que el inmueble posea una instalación de aprovechamiento de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria, se deberá considerar el aporte de la misma al sistema.

La contribución específica de energía solar térmica, se deberá contabilizar con signo negativo al requerimiento de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria, calculado según **Capítulo 5**.

#### 7.4.1. Contribución total de energía solar térmica ( $E_{U;ST}$ )

La contribución total de energía útil (térmica) para producción de agua caliente sanitaria durante un año, se calcula como la suma de las contribuciones mensuales, según la expresión (7.2):

$$E_{U;ST} = \sum_{i=1}^{12} Q_{ST,i} \quad [kWh] \quad (7.2)$$

Siendo:

$Q_{ST,i}$ : la contribución mensual de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria del i-ésimo mes, expresado en kWh, calculado para cada mes, según **Apartado 7.4.3**.

#### 7.4.2. Cobertura anual de energía solar térmica ( $C_{an}$ )

La cobertura anual del sistema de aprovechamiento de energía solar térmica instalado, queda definida por la relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de los requerimientos mensuales de producción de agua caliente sanitaria, que deberá ser siempre menor o igual a la unidad; lo que se traduce en la expresión (7.3):

$$C_{an} = \sum_{i=1}^{12} \frac{Q_{ST,i}}{Q_{ACS,i}} \leq 1 \quad (7.3)$$

Siendo:

$Q_{ST,i}$ : la contribución mensual de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria del i-ésimo mes, expresado en kWh, calculado para cada mes, según **Apartado 7.4.3**;

$Q_{ACS,i}$ : el requerimiento de energía útil para producción de agua caliente sanitaria del i-ésimo mes, expresado en kWh, calculado para cada mes, según **Apartado 5.3**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

### 7.4.3. Contribución mensual de energía solar térmica ( $Q_{ST}$ )

La energía térmica captada para producción de agua caliente sanitaria, durante un mes determinado, se calcula según la expresión (7.4):

$$Q_{ST} = f Q_{ACS} \quad [kWh] \quad (7.4)$$

Siendo:

$f$ : el coeficiente de cobertura, calculado según **Apartado 7.4.4**;

$Q_{ACS}$ : el requerimiento de energía útil para producción de agua caliente sanitaria del mes considerado, expresado en  $kWh$ , calculado según **Apartado 5.3**.

### 7.4.4. Coeficiente de cobertura ( $f$ )

El coeficiente de cobertura, se calcula según la expresión (7.5):

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3 \leq 1 \quad (7.5)$$

Siendo:

$D_1$ : el parámetro que expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total durante un mes, calculado según **Apartado 7.4.4.1**;

$D_2$ : el parámetro que expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador para una determinada temperatura y la carga calorífica total durante un mes, calculado según **Apartado 7.4.4.2**.

#### 7.4.4.1. Parámetro adimensional $D_1$

Para determinar el valor del parámetro adimensional  $D_1$ , resulta necesario determinar previamente el valor correspondiente a la energía absorbida por el captador plano, que es función de parámetros que caracterizan la eficiencia óptica del mismo y la incidencia de la radiación solar. Estos valores se calculan mediante las expresiones (7.5) y (7.6), que se presentan a continuación.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ❖ Factor adimensional característico del captador solar

El factor adimensional característico del captador solar, se calcula según la expresión (7.6):

$$\mu = O M \Omega \quad (7.6)$$

Siendo:

$O$ : el factor de eficiencia óptica del captador solar, que se corresponde con la ordenada en el origen de la curva característica del mismo;

$M$ : el modificador del ángulo de incidencia del captador solar, que se asume de valor constante igual a 0,96 en el caso de superficie transparente simple, o 0,94 en el caso de superficie transparente doble;

$\Omega$ : el factor de corrección del conjunto captador – intercambiador, que se asume de valor constante igual a 0,95.

### ❖ Energía absorbida por el captador solar

La energía absorbida por el captador solar durante un mes, se calcula según la expresión (7.7):

$$E_a = A_{cs} \mu I_{sol} T (10^{-3}) \quad [kWh] \quad (7.7)$$

Siendo:

$A_{cs}$ : el área de captación del colector solar, en  $m^2$ ;

$\mu$ : el factor adimensional característico del captador solar;

$I_{sol}$ : la irradiancia solar media mensual sobre la superficie de captación, con orientación y ángulo de inclinación respecto del plano horizontal definidos, expresada en  $W/m^2$ , obtenida de la **Tabla G.1**;

$T$ : el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; es decir, la cantidad de días del mes considerado, multiplicado por 24 h.

Finalmente, el parámetro adimensional  $D_1$ , se calcula para cada mes, según la expresión (7.8):

$$D_1 = \frac{E_a}{Q_{ACS}} \quad (7.8)$$

Siendo:

$E_a$ : la energía absorbida por el captador durante el mes considerado, expresada en  $kWh$ ;

$Q_{ACS}$ : el requerimiento de energía útil para producción de agua caliente sanitaria del mes considerado, expresado en  $kWh$ , calculado según **Apartado 5.3**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 7.4.4.2. Parámetro adimensional $D_2$

Para determinar el valor del parámetro adimensional  $D_2$ , resulta necesario determinar previamente el valor correspondiente a la energía perdida por el captador, que es función de parámetros que caracterizan el funcionamiento del mismo. Estos valores se calculan mediante las expresiones (7.9), (7.10) y (7.11), que se presentan a continuación.

#### ❖ Factor de corrección por almacenamiento

El factor de corrección por almacenamiento, se calcula según la expresión (7.9):

$$K_1 = \frac{V_{AC}}{75A_{cs}} - 0,25 \quad ; \text{tal que } 37,5 < \frac{V_{AC}}{A_{cs}} < 300 \quad (7.9)$$

Siendo:

$V_{AC}$ : la capacidad de almacenamiento del colector solar, en  $l$ ;

$A_{cs}$ : el área de captación del colector solar, en  $m^2$ ;

#### ❖ Factor de corrección por agua caliente sanitaria

El factor de corrección por agua caliente sanitaria, se calcula según la expresión (7.10):

$$K_2 = \frac{11,6 + 1,18 \theta_{acs} + 3,86 \theta_{ing} - 2,32 \theta_{ext}}{(100 - \theta_{ext})} \quad (7.10)$$

Siendo:

$\theta_{acs}$ : la temperatura mínima del agua caliente sanitaria, que se adopta igual a  $40^\circ C$ ;

$\theta_{ing}$ : la temperatura de ingreso del agua al colector solar en el mes considerado, en  $^\circ C$ , obtenida para cada mes, de la **Tabla 5.3** en el caso de ser agua corriente, o de la **Tabla 5.4** en el caso de ser agua proveniente de las napas freáticas, cuya temperatura es constante durante todo el año;

$\theta_{ext}$ : la temperatura media del mes analizado, expresada en  $^\circ C$ , que se obtiene de la **Tabla 3.2**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ❖ Energía perdida por el captador solar

La energía perdida por el captador solar durante un mes, se calcula según la expresión (7.11):

$$E_p = A_{cs} m \Omega (100 - \theta_{ext}) T K_1 K_2 (10^{-3}) \quad [kWh] \quad (7.11)$$

Siendo:

$A_{cs}$ : el área de captación del colector solar, en  $m^2$ ;

$m$ : el coeficiente global de pérdidas del captador solar, que se corresponde con la pendiente de la curva característica del mismo;

$\Omega$ : el factor de corrección del conjunto captador – intercambiador, que se asume de valor constante igual a 0,95;

$\theta_{ext}$ : la temperatura media del mes analizado, expresada en  $^{\circ}C$ , que se obtiene de la **Tabla 3.2**;

$T$ : el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; es decir, la cantidad de días del mes considerado, multiplicado por 24 h;

$K_1$ : el factor de corrección por almacenamiento;

$K_2$ : el factor de corrección para agua caliente sanitaria.

Finalmente, el parámetro adimensional  $D_2$ , se calcula para cada mes, según la expresión (7.12):

$$D_2 = \frac{E_p}{Q_{ACS}} \quad (7.12)$$

Siendo:

$E_p$ : la energía perdida por el captador durante el mes considerado, expresada en  $kWh$ ;

$Q_{ACS}$ : el requerimiento de energía útil para producción de agua caliente sanitaria del mes considerado, expresado en  $kWh$ , calculado según **Apartado 5.3**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 7.4.5. Contribución total de energía secundaria por uso de energía solar térmica

La contribución total de energía secundaria para producción de agua caliente sanitaria, por aprovechamiento de energía solar térmica, se calcula según la expresión (7.13):

$$E_{S;ST} = \frac{E_{U;ST}}{\eta_{ACS}} \quad [kWh] \quad (7.13)$$

Siendo:

$E_{U;ST}$ : la contribución total de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria, expresada en  $kWh$ , calculada según **Apartado 7.4.1**;

$\eta_{ACS}$ : el rendimiento medio ponderado de la instalación de producción de agua caliente sanitaria, que se obtiene de la **Tabla 5.5**.

### 7.4.6. Contribución total de energía primaria por uso de energía solar térmica

La contribución total de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria, por aprovechamiento de energía solar térmica, se calcula según la expresión (7.14):

$$E_{P;ST} = E_{S;ST} f_{P;ACS} \quad [kWh] \quad (7.14)$$

Siendo:

$E_{S;ST}$ : la contribución total de energía secundaria para producción de agua caliente sanitaria, por aprovechamiento de energía solar térmica, expresada en  $kWh$ , calculada según **Apartado 7.4.5**;

$f_{P;ACS}$ : el factor de conversión del vector energético que alimenta la instalación de producción de agua caliente sanitaria en energía primaria, obtenido de la **Tabla 5.6**.

### 7.4.7. Contribución específica de energía primaria por uso de energía solar térmica

Finalmente, el requerimiento específico de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria, por aprovechamiento de energía solar térmica, se calcula según la expresión (7.15):

$$EP_{ST} = \frac{E_{P;ST}}{A_u} \quad \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{año}} \right] \quad (7.15)$$

Siendo:

$E_{P;ST}$ : la contribución total de energía primaria para producción de agua caliente sanitaria, por aprovechamiento de energía solar térmica, expresada en  $kWh$ , calculada según **Apartado 7.4.6**;

$A_u$ : la superficie útil del inmueble, en  $m^2$ .



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### 7.5. Energía solar fotovoltaica para producción de energía eléctrica

En el caso de que el inmueble posea una instalación de aprovechamiento de energía solar fotovoltaica para producción de energía eléctrica, se deberá considerar el aporte de la misma al sistema en términos de energía primaria.

En este procedimiento se consideran únicamente instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, cuyas potencias nominales sean inferiores a 15 kW<sub>p</sub>. En el caso de que el inmueble cuente con una instalación fotovoltaica de potencia nominal mayor, se adoptará para el presente cálculo una potencia nominal máxima de 15 kW<sub>p</sub>.

#### 7.5.1. Contribución total de energía solar fotovoltaica ( $E_{S;FV}$ )

La contribución total de energía eléctrica producida por la instalación solar fotovoltaica durante un año, se calcula según la expresión (7.16):

$$E_{S;FV} = 0,024 P_{FV} \eta_{FV} \sum_{i=1}^{12} I_{sol,i} D_i \quad [kWh] \quad (7.16)$$

Siendo:

$P_{FV}$ : la potencia pico de la instalación fotovoltaica, expresada en kW, calculada como la suma de las potencias nominales en corriente continua de todos los paneles de la instalación;

$\eta_{FV}$ : el rendimiento medio ponderado de la instalación fotovoltaica completa, obtenido de la **Tabla 7.1**;

$I_{sol,i}$ : la irradiancia solar media del i-ésimo mes sobre la superficie de captación, con orientación y ángulo de inclinación respecto del plano horizontal definidos, en W/m<sup>2</sup>, obtenida de la **Tabla G.1**;

$D_i$ : la cantidad de días del i-ésimo mes considerado.

**Tabla 7.1:** Rendimiento medio ponderado de la instalación fotovoltaica ( $\eta_{FV}$ ).

TIPO DE MÓDULO FOTOVOLTAICO	$\eta_{FV}$
Módulos no ventilados	0,70
Módulos moderadamente ventilados	0,75
Módulos muy ventilados o con ventilación forzada	0,80

Fuente: UNI TS 11300-4:2008.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

### 7.5.2. Contribución total de energía primaria por uso de energía solar fotovoltaica

La contribución total de energía primaria por aprovechamiento de energía solar fotovoltaica, se calcula según la expresión (7.17):

$$E_{P;FV} = E_{S;FV} f_{P;FV} \quad [kWh] \quad (7.17)$$

Siendo:

$E_{S;FV}$ : la contribución total de energía eléctrica, por aprovechamiento de energía solar fotovoltaica, expresada en kWh, calculada según **Apartado 7.5.1**;

$f_{P;FV}$ : el factor de conversión de energía eléctrica en energía primaria, igual a 3,30.

### 7.5.3. Contribución específica de energía primaria por uso de energía solar fotovoltaica

Finalmente, la contribución específica de energía primaria, por aprovechamiento de energía solar fotovoltaica, se calcula según la expresión (7.18):

$$EP_{FV} = \frac{E_{P;FV}}{A_u} \quad \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{año}} \right] \quad (7.18)$$

Siendo:

$E_{P;FV}$ : la contribución total de energía primaria, por aprovechamiento de energía solar fotovoltaica, expresada en kWh, calculada según **Apartado 7.5.2**;

$A_u$ : la superficie útil del inmueble, en  $m^2$ .





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

## ANEXOS





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

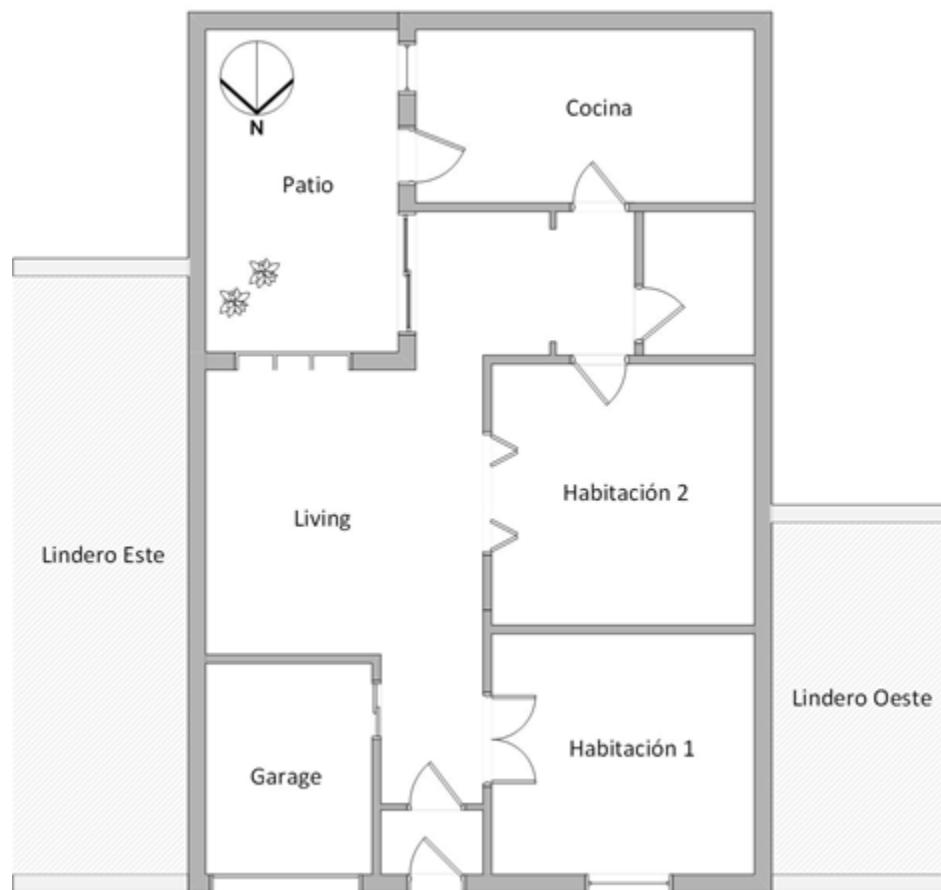
### ANEXO A

#### IDENTIFICACIÓN DE AMBIENTES, ZONAS TÉRMICAS Y ENVOLVENTES TÉRMICAS

La definición de las zonas térmicas es la base fundamental del procedimiento de cálculo de los requerimientos de energía, tanto para calefacción en invierno, como para refrigeración en verano; por lo tanto se debe ser muy riguroso en esta instancia.

La identificación de ambientes, zonas térmicas y envolventes térmicas conlleva los siguientes pasos:

- Elaboración de un esquema en planta del inmueble, identificando los diferentes locales del mismo, y las construcciones linderas, según se muestra a modo de ejemplo en la **Figura A.1**. Se deberán realizar tantas plantas como tenga el inmueble, de manera de reconocer todos los espacios que lo conforman.



**Figura A.1:** Esquema en planta del inmueble, identificando construcciones linderas.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

- b) En base al esquema obtenido, proceder a la identificación de todos los ambientes detectados y clasificación de los mismos según sean climatizados o no climatizados, tal como se muestra a modo de ejemplo en la **Figura A.2**. La clasificación de los distintos ambientes según sean climatizados o no, se obtiene de la **Tabla A.1**.

**Tabla A.1:** Clasificación de ambientes.

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

*Elaboración propia.*



**Figura A.2:** Planta del inmueble identificando ambientes climatizados y no climatizados



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

c) Identificación de los sistemas activos de climatización, es decir equipos para calefacción en invierno y para refrigeración en verano, y establecimiento de los ambientes asociados a cada uno de ellos. En el caso de ambientes que no posean internamente un equipo climatizador, entonces se deberá proceder de la siguiente manera:

- Si el ambiente que no posee internamente un equipo de climatización, está conectado a otro ambiente que sí posee equipo de climatización, y se puede inferir que la tasa de intercambio de aire entre ellos por convección natural es alta (al estar separados por puertas, mamparas, etc.), y que a su vez el equipo instalado en el ambiente contiguo cuenta con una potencia adecuada para climatizar los dos ambientes; entonces se asocia el equipo de climatización a ambos ambientes.
- Si el ambiente que no posee un equipo de climatización, no está conectado a otro ambiente, o si aun estando conectado a un ambiente, el equipo de climatización existente en este último no aparenta ser de potencia suficiente para climatizar también al ambiente contiguo, entonces se considera un ambiente sin sistema de climatización presente, y a los fines del cálculo se adopta como hipótesis la presencia ficticia de un climatizador, eligiéndose el menos eficiente de todos los sistemas enumerados en el apartado correspondiente.

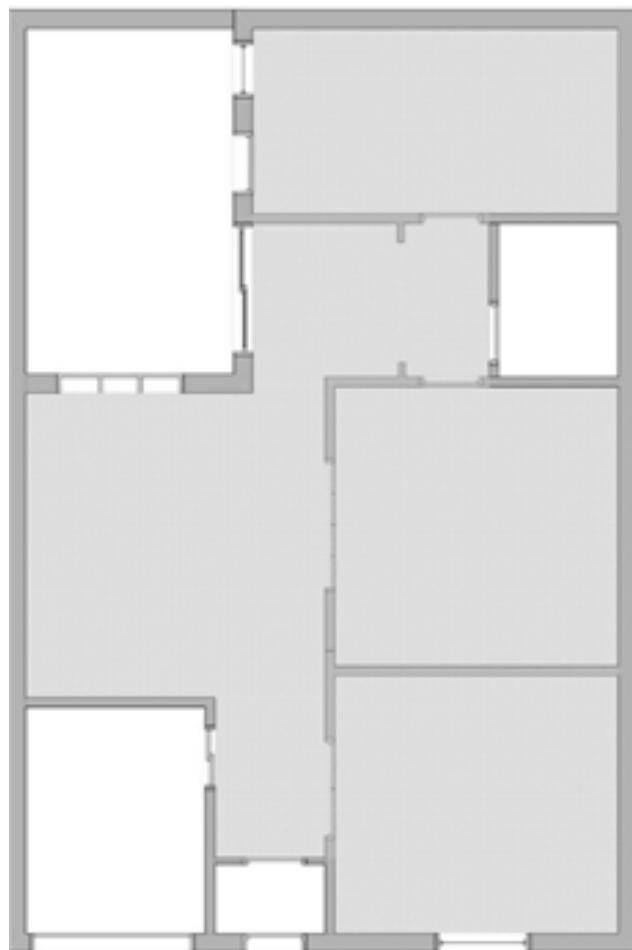


## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

- d) Definición de zonas térmicas mediante el agrupamiento de los ambientes climatizados conexos con igual sistema de climatización. A continuación se presentan tres posibles casos, a modo de ejemplo.

### ❖ CASO 1: Zona térmica única

Todos los ambientes climatizados tienen un único sistema activo de climatización o existen diversos sistemas individuales o por grupos de ambientes, pero todos tienen los mismos rendimientos y utilizan el mismo vector energético. En este caso, se tiene una única zona térmica, como se muestra a modo de ejemplo en la **Figura A.3**.



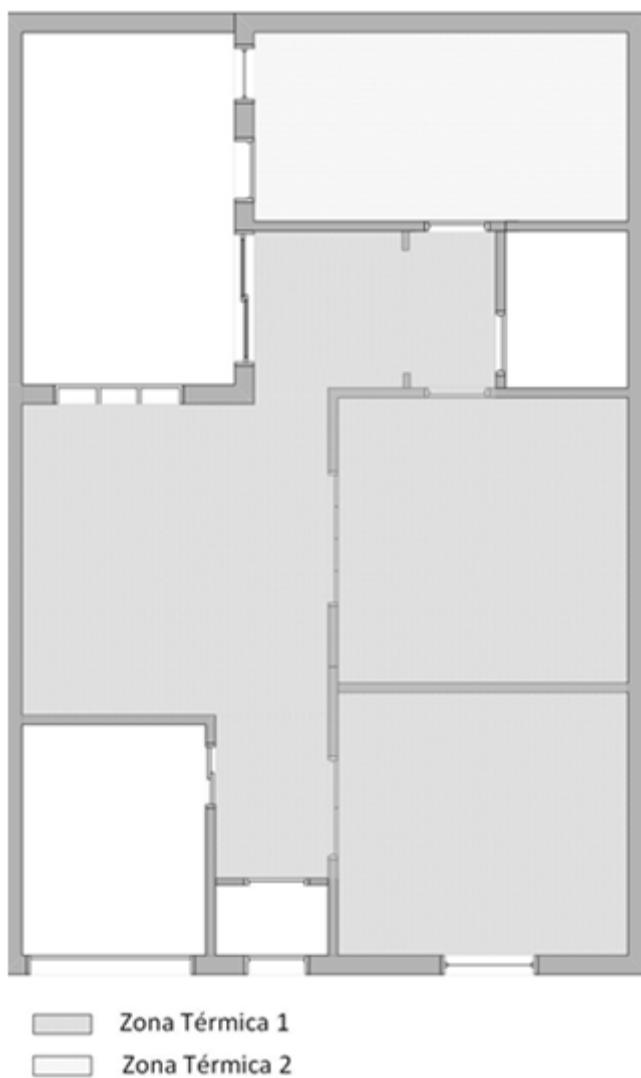
**Figura A.3:** Zona térmica única (Caso 1).



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ❖ CASO 2: Dos zonas térmicas

Este caso es análogo al **Caso 1** para toda la *Zona Térmica 1*, y además se define la *Zona Térmica 2*, compuesta por un único ambiente cuyo sistema de climatización es distinto al asociado a los ambientes que componen la *Zona Térmica 1*, o bien no posee sistema de climatización y no se le puede asignar el mismo que para el resto de los ambientes. En este caso, resultan dos zonas térmicas, como se muestra a modo de ejemplo en la **Figura A.4**.



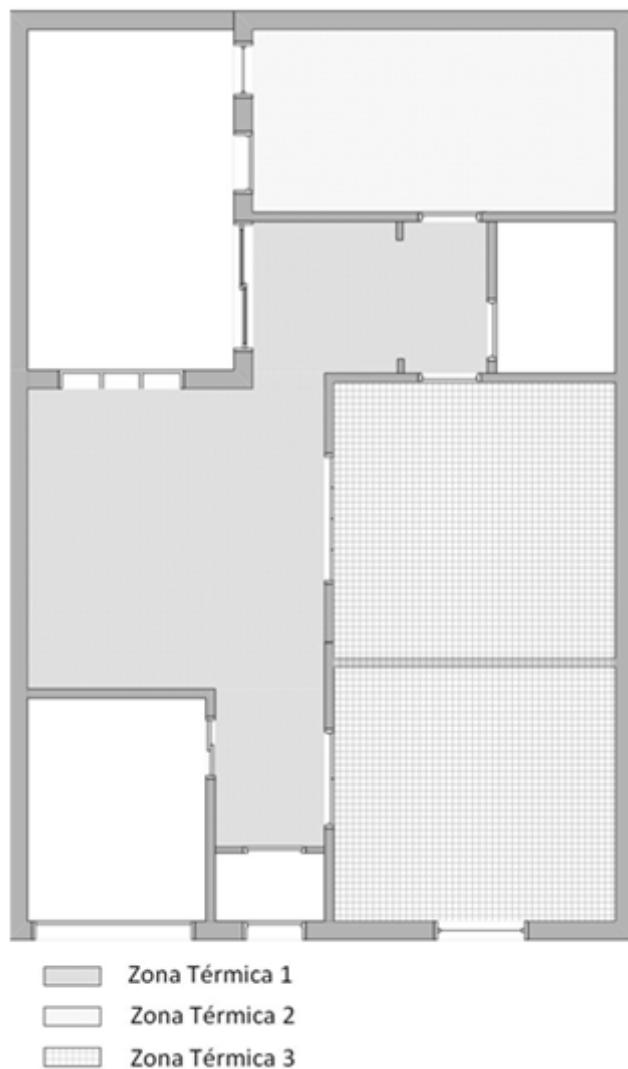
**Figura A.4:** Dos zonas térmicas (Caso 2).



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ❖ CASO 3: Tres zonas térmicas

En este caso, quedan definidas tres zonas térmicas debido a que los sistemas de climatización son distintos en las tres zonas, o bien no existe sistema de climatización en los ambientes de alguna de las mismas, y por ende no pueden ser asociados al sistema de climatización de ambientes contiguos. En este caso, resultan tres zonas térmicas, como se muestra a modo de ejemplo en la **Figura A.5**.

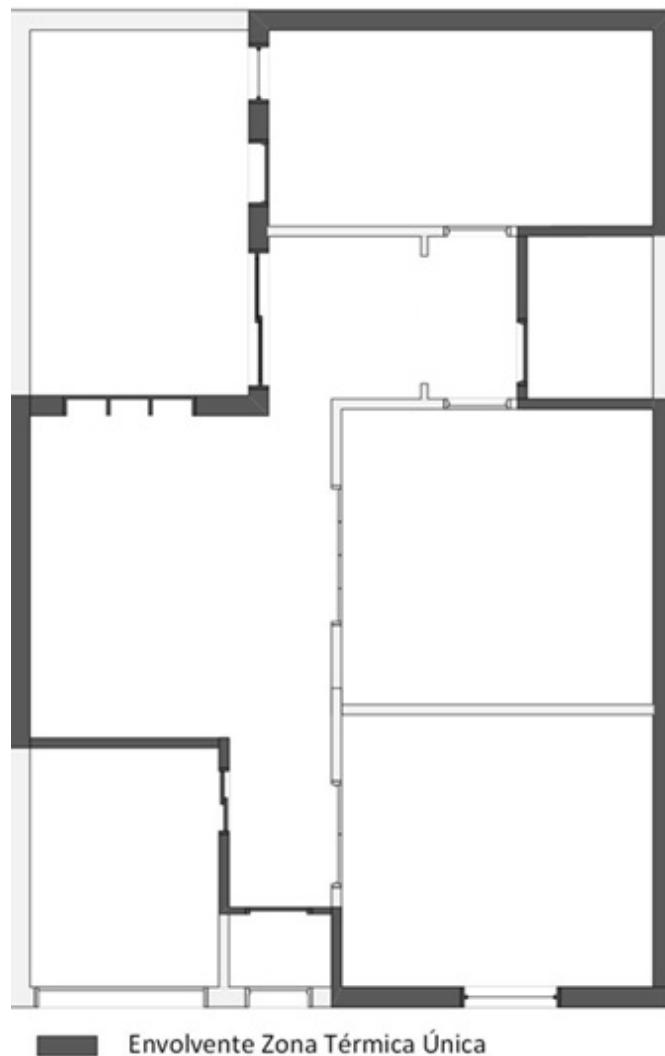


**Figura A.5:** Tres zonas térmicas (Caso 3).



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

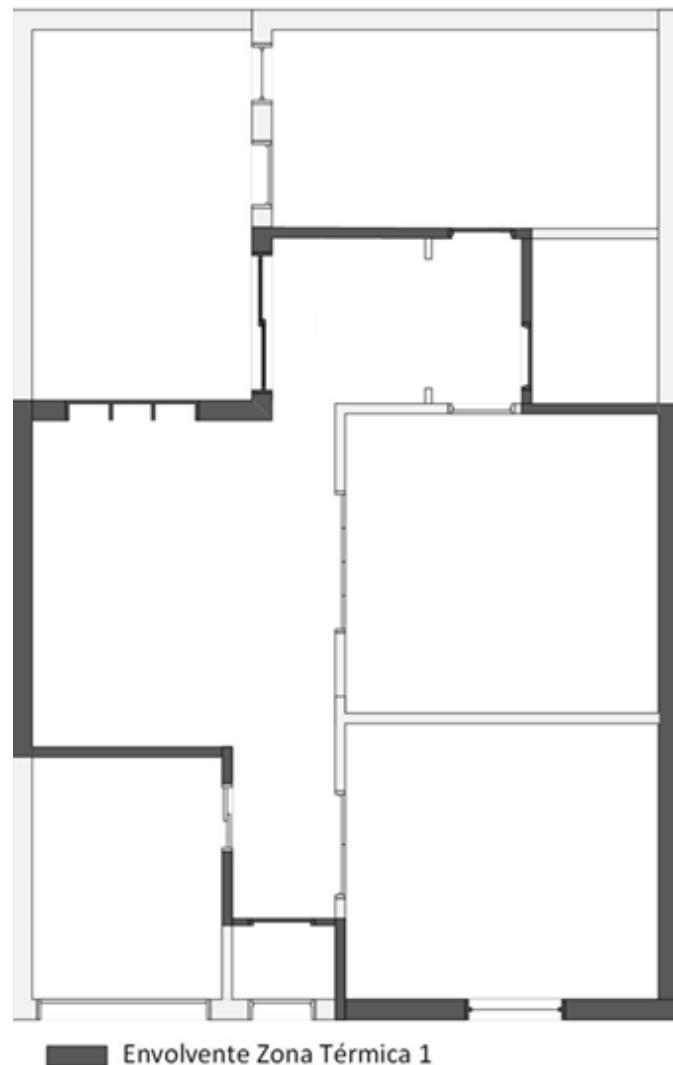
- e) Identificación de la envolvente térmica asociada a cada una de las zonas térmicas anteriormente definidas del inmueble; según se muestra a modo de ejemplo en las **Figuras A.6, A.7 y A.8**, para los casos presentados en el punto **d**).



**Figura A.6:** Envolvente de la zona térmica única (Caso 1).



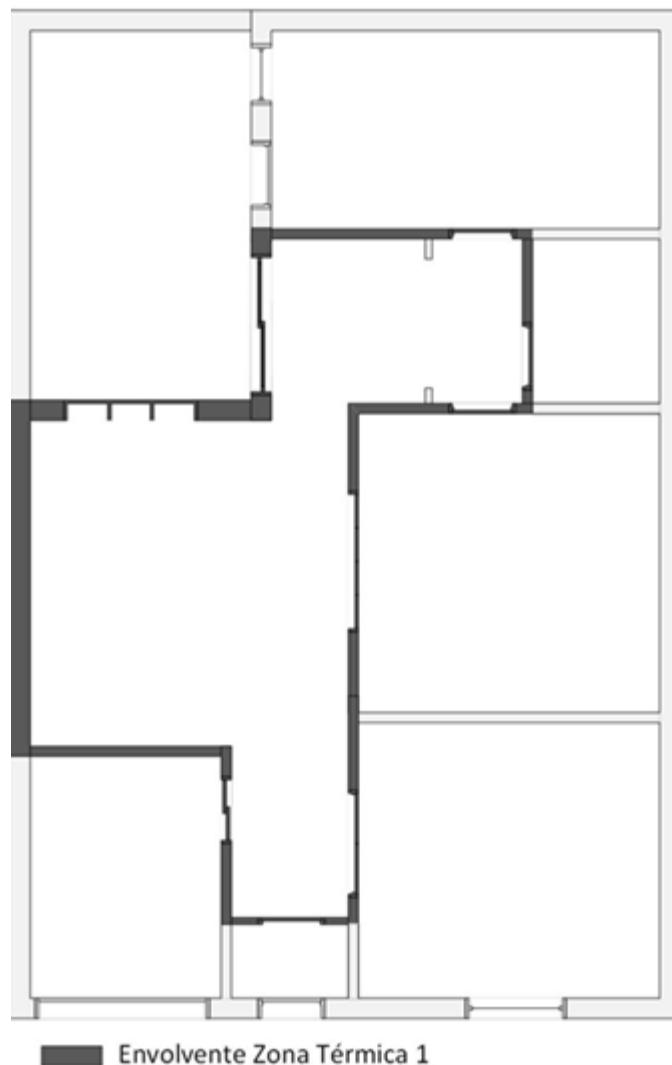
## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)



**Figura A.7:** Envolvente de la zona térmica 1 (Caso 2).



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

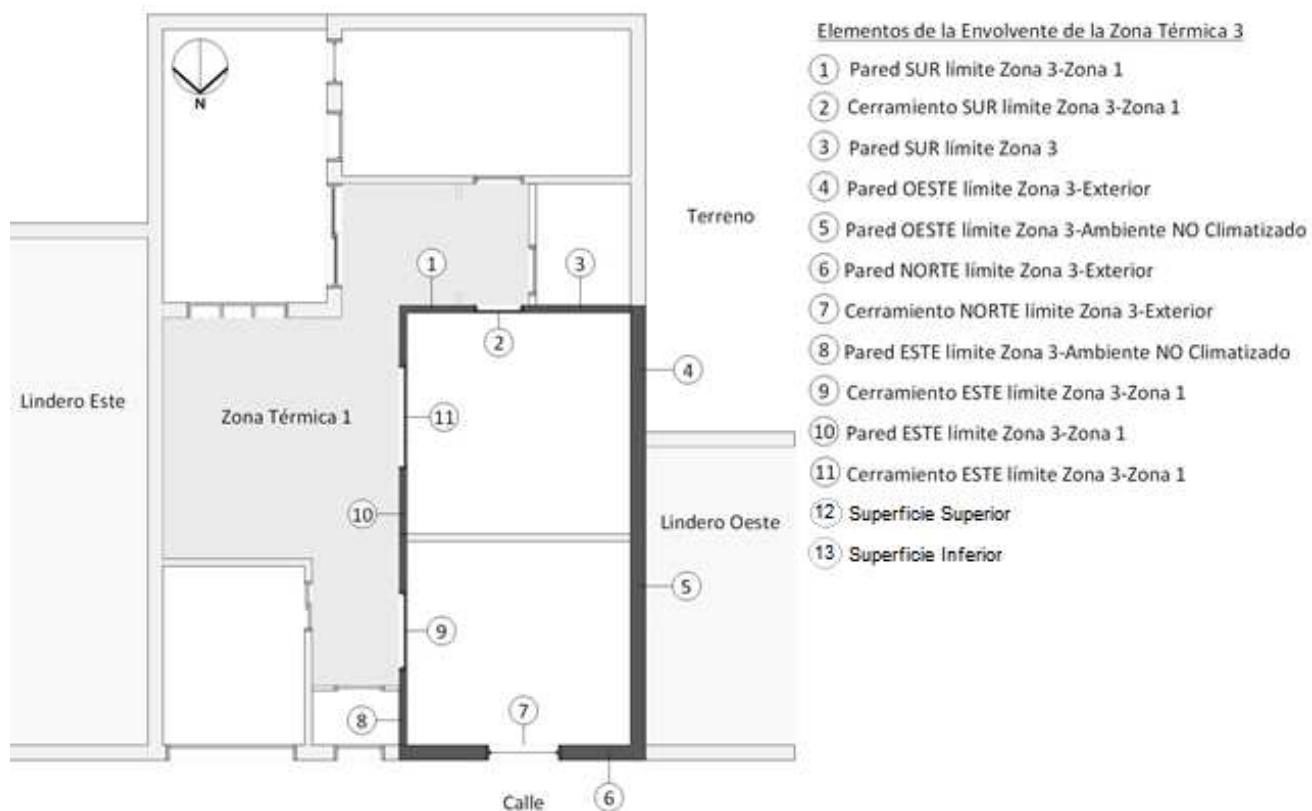


**Figura A.8:** Envolvente de la zona térmica 1 (Caso 3).



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

f) Identificación de los elementos de la envolvente térmica según sus correspondientes sistemas constructivos y tipos de ambientes que delimitan (climatizado, no climatizado, exterior o intemperie). En la **Figura A.9** se muestra a modo de ejemplo la identificación de los diferentes elementos de una envolvente térmica particular.



**Figura A.9:** Identificación de los elementos de la envolvente térmica.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

**NOTA 1:** Para la clasificación de los ambientes adyacentes a un elemento de la envolvente térmica que no pertenezcan al inmueble que se está certificando, es decir, ambientes adyacentes pertenecientes a inmuebles linderos, se asume la siguiente convención:

- Si el inmueble que se certifica es un departamento perteneciente a un edificio en régimen de propiedad horizontal, entonces los departamentos linderos se presuponen conocidos pudiéndose identificar los ambientes linderos y clasificar según sean climatizados o no.
- Si el inmueble que se certifica es una construcción independiente, separado de construcciones linderas mediante muros medianeros, entonces toda construcción lindera será considerada como un ambiente no climatizado (otras viviendas, galpones, edificios, etc.).
- Si el inmueble que se certifica es una construcción independiente, y no se encuentran construcciones adyacentes entonces se considerarán los ambientes linderos como exteriores o a la intemperie.

**NOTA 2:** Los patrones de utilización para los ambientes climatizados definidos en una vivienda se consideran iguales independientemente del tipo de ambiente que se trate (habitación, cocina, comedor, etc.), como consecuencia del modelo de cálculo a temperatura constante durante todo el período de calefacción o refrigeración propuesto por el presente procedimiento.

**NOTA 3:** El procedimiento detallado en el presente anexo, se debe llevar a cabo de manera separada para verano y para invierno; pues al quedar las zonas térmicas definidas a partir de la identificación de las instalaciones de calefacción y de refrigeración, y en función del modo en que las mismas se asocian a los distintos ambientes, entonces es probable que las zonas térmicas que se definen para una estación, no se conserven para la otra.

**NOTA 4:** El procedimiento descripto en este anexo, ha sido ilustrado mediante esquemas en planta de un inmueble, en donde se ven todos los elementos que componen la envolvente, correspondientes a paredes y cerramientos “verticales”. Sin embargo, también se deben considerar los elementos “horizontales” que delimitan las zonas térmicas, como ser el piso, la cubierta, o entrepisos.





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ANEXO B

#### COEFICIENTE DE INTERCAMBIO TÉRMICO POR TRANSMISIÓN

El coeficiente de intercambio térmico por transmisión a través de la envolvente térmica se define como el flujo de calor que atraviesa la envolvente térmica desde el interior de la zona térmica hacia el exterior de la misma, cuando la diferencia de temperatura entre ambos lados de la envolvente térmica es de  $1^{\circ}C$ , bajo la hipótesis de que no hay otros mecanismos de intercambio de calor (por ejemplo, ventilación o radiación). Refleja de manera localizada la magnitud del intercambio de energía debido a diferencias de temperatura entre el interior de la zona térmica considerada, y el exterior o ambientes no climatizados adyacentes.

Para calcular el coeficiente de intercambio térmico por transmisión de una determinada zona térmica, en primer lugar, deben definirse y enumerarse los distintos elementos que componen la envolvente térmica, tal como se indica en el **ANEXO A**. Cada elemento será caracterizado por su sistema constructivo, y actuará como interfaz entre la zona térmica considerada y otro ambiente adyacente con temperatura uniforme, que de acuerdo con lo establecido en este procedimiento, puede ser:

- Ambiente climatizado.
- Ambiente no climatizado.
- Exterior o intemperie.

En particular, los elementos de la envolvente térmica adyacentes a ambientes climatizados, no son tenidos en cuenta a efectos del flujo de calor por transmisión, pues la diferencia de temperatura a ambos lados de la envolvente es nula y en consecuencia no existe intercambio de energía a través de la misma.

Por lo tanto, para la determinación del coeficiente de intercambio térmico por transmisión, se tendrán en cuenta los elementos de la envolvente adyacentes al exterior ( $H_D$ ) o a ambientes no climatizados ( $H_U$ ). Esto queda definido por la expresión (B.1):

$$H_{tr} = H_D + H_U \quad \left[ \frac{W}{K} \right] \quad (B.1)$$

Siendo:

$H_D$ : el coeficiente de intercambio térmico por transmisión hacia el exterior, expresado en  $W/K$ , calculado según **Apartado B.1**;

$H_U$ : el coeficiente de intercambio térmico por transmisión hacia ambientes no climatizados, expresado en  $W/K$ , calculado según **Apartado B.2**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### B.1. Coeficiente de intercambio térmico por transmisión hacia el exterior ( $H_D$ )

El coeficiente de intercambio térmico por transmisión hacia el exterior, se calcula según la expresión (B.2):

$$H_D = \sum_{i=1}^N A_{e,i} K_{e,i} \quad \left[ \frac{W}{K} \right] \quad (\text{B.2})$$

Siendo:

$A_{e,i}$ : el área interna del i-ésimo elemento de la envolvente térmica en contacto con el exterior, en  $m^2$ ;

$K_{e,i}$ : la transmitancia térmica del i-ésimo elemento de la envolvente térmica, expresada en  $W/m^2K$ , calculada según **Apartado B.3**;

$N$ : la cantidad total de elementos de la envolvente térmica que actúan como interfaz entre la zona térmica considerada y el exterior.

### B.2. Coeficiente de intercambio térmico por transmisión hacia ambientes no climatizados ( $H_U$ )

El coeficiente de intercambio térmico por transmisión hacia ambientes no climatizados, se calcula según la expresión (B.3):

$$H_U = \sum_{j=1}^M A_{e,j} K_{e,j} b_{tr,j} \quad \left[ \frac{W}{K} \right] \quad (\text{B.3})$$

Siendo:

$A_{e,j}$ : el área interna del j-ésimo elemento de la envolvente térmica adyacente a un ambiente no climatizado, en  $m^2$ ;

$K_{e,j}$ : la transmitancia térmica del j-ésimo elemento de la envolvente térmica, expresada en  $W/m^2K$ , calculada según **Apartado B.3**;

$b_{tr,j}$ : el factor de corrección del intercambio térmico del j-ésimo elemento de la envolvente adyacente a un ambiente no climatizado, que se obtiene de la **Tabla B.1**;

$M$ : la cantidad total de elementos de la envolvente térmica que actúan como interfaz entre la zona térmica considerada y ambientes no climatizados.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla B.1:** Factor de corrección del intercambio térmico con ambientes no climatizados.

AMBIENTE ADYACENTE	$b_{tr}$
Ambiente con una pared externa	0,40
Ambiente sin cerramientos externos con al menos dos paredes externas	0,50
Ambiente con cerramientos externos con al menos dos paredes externas	0,60
Ambiente con tres paredes externas	0,80
Subsuelo o sótano sin ventanas ni cerramientos externos	0,50
Subsuelo o sótano con ventanas o cerramientos externos	0,80
Ático con alta tasa de renovación	1,00
Ático con techo no aislado	0,90
Ático con techo aislado	0,70
Áreas internas de circulación sin paredes externas y sin ventilación adicional	0
Áreas internas de circulación libremente ventiladas ( $0,05 \text{ m}^2/\text{m}^3$ )	1,00

Fuente: UNI TS 11300-1:2008.

### B.3. Transmitancia térmica de un elemento de la envolvente ( $K_e$ )

La transmitancia térmica indica el flujo de calor a través de una unidad de superficie de un determinado elemento constructivo, sujeto a una diferencia de temperatura del aire a ambos lados del mismo de  $1^\circ\text{C}$ . Por hipótesis, se considera que el flujo de calor es perpendicular a la superficie que atraviesa.

En este procedimiento, se consideran únicamente superficies planas, con lo cual, en caso de que existan superficies cilíndricas o esféricas, las mismas deberán subdividirse y aproximarse mediante planos tangentes; de esta manera, cualquier superficie no plana, puede representarse como una combinación de superficies planas sucesivas, tal como se muestra en la **Figura B.1**.



**Figura B.1:** Aproximación de superficies curvas mediante planos tangentes sucesivos.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

La transmitancia térmica de un elemento de la envolvente determinado, se calcula según la expresión (B.4):

$$K_e = \frac{1}{R_{si} + R_e + R_{se}} (1 + F_{PT}) \quad \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] \quad (\text{B.4})$$

Siendo:

$R_{si}$ : la resistencia superficial interna, que representa la resistencia térmica de la capa superficial de aire adyacente a la superficie interior del elemento considerado; se obtiene de la **Tabla B.2**, en  $m^2 K/W$ ;

$R_{se}$ : la resistencia superficial externa, que representa la resistencia térmica de la capa superficial de aire adyacente a la superficie exterior del elemento considerado; se obtiene de la **Tabla B.2**, en  $m^2 K/W$ ;

$R_e$ : la resistencia térmica del elemento de la envolvente considerado, expresada en  $m^2 K/W$ ;

$F_{PT}$ : el factor de corrección de la transmitancia térmica del elemento debido a los puentes térmicos, que se obtiene de la **Tabla B.3**.

**Tabla B.2:** Resistencias superficiales ( $R_{si}, R_{se}$ ), en  $m^2 K/W$ .

	$R_{si}$	$R_{se}$
Flujo Horizontal	0,13	0,04
Flujo Ascendente	0,10	0,04
Flujo Descendente	0,17	0,04

*Fuente: Norma IRAM 11601:2002.*

**Tabla B.3:** Factores de corrección por puentes térmicos.

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	INCREMENTO
Pared con aislante externo (sin aleros ni balcones)	0,05
Pared con aislante externo (con aleros o balcones)	0,15
Pared homogénea de ladrillos macizos o piedra	0,05
Pared de ladrillos huecos	0,10
Elemento aislado con ruptura de puente térmico	0,10
Elemento aislado sin ruptura de puente térmico	0,20
Paneles de hormigón prefabricado	0,30

*Fuente: UNI TS 11300-1:2008*



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

Para el cálculo de la transmitancia térmica de un elemento de la envolvente, se considera la posibilidad de que el mismo puede estar conformado a su vez, por diferentes capas de distintos materiales y espesores, tal como se muestra en la **Figura B.2**, que actúan en serie a los efectos del flujo de calor. Esto se tiene en cuenta en la determinación de la resistencia térmica del elemento, calculada mediante la expresión (B.5):

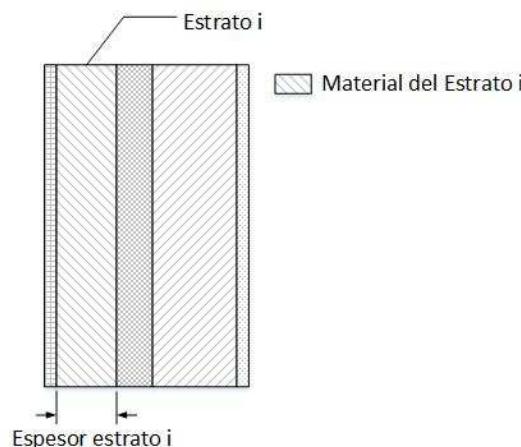
$$R_e = \sum_{k=1}^L \frac{e_k}{\lambda_k} \quad \left[ \frac{m^2 K}{W} \right] \quad (B.5)$$

Siendo:

$e_k$ : el espesor de la k-ésima capa del elemento considerado, expresado en  $m$ ;

$\lambda_k$ : la conductividad térmica de la k-ésima capa del elemento considerado, expresada en  $W/mK$ , obtenida del **ANEXO J**;

$L$ : el número total de capas que conforman el elemento de la envolvente considerado.



**Figura B.2:** Elemento de la envolvente conformado por diferentes capas.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ❖ Caso de elementos transparentes con protecciones móviles

En el caso de elementos transparentes que forman parte de la envolvente, y cuentan con protecciones móviles exteriores paralelas a su superficie (por ejemplo, persianas, postigos), se debe considerar la fracción de tiempo en que las mismas son utilizadas para evitar el ingreso de la radiación solar al interior del inmueble.

Es por ello que la transmitancia térmica de estos elementos en particular, se calcula como un valor corregido en el que se contempla la fracción de tiempo en que las protecciones son utilizadas. Esto se traduce en la expresión (B.6):

$$K'_e = K_{e(tr+pr)} f_{pr} + K_{e(tr)}(1 - f_{pr}) \quad \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] \quad (\text{B.6})$$

Siendo:

$K_{e(tr)}$ : la transmitancia térmica del elemento transparente, sin considerar la protección, calculada según la expresión (B.4), expresada en  $W/m^2 K$ ;

$K_{e(tr+pr)}$ : la transmitancia térmica del elemento transparente considerando la protección, calculada según la expresión (B.4), expresada en  $W/m^2 K$ ;

$f_{pr}$ : la fracción de tiempo en que la protección es utilizada, ponderada por diferencias de temperatura; se obtiene de la **Tabla B.4**, para cada mes analizado.

**Tabla B.4:** Fracción de tiempo de utilización de la protección móvil ( $f_{pr}$ ).

MES	$f_{pr}$
ENERO	0,19
FEBRERO	0,15
MARZO	0,06
ABRIL	0,08
MAYO	0,19
JUNIO	0,44
JULIO	0,50
AGOSTO	0,37
SEPTIEMBRE	0,13
OCTUBRE	0,07
NOVIEMBRE	0,09
DICIEMBRE	0,16

*Elaboración propia en base a FCEIA-02.*



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ANEXO C

#### FLUJO DE ENERGÍA TÉRMICA POR RADIACIÓN A LA BÓVEDA CELESTE

El intercambio de energía por radiación de la envolvente térmica hacia la bóveda celeste se calcula según la expresión (C.1):

$$\Phi_{rad} = \sum_{i=1}^N R_{se} K_{e,i} A_{e,i} F_{r,i} h_r \Delta\theta_{er} \quad [W] \quad (\text{C.1})$$

Siendo:

$R_{se}$ : la resistencia superficial externa, que representa la resistencia térmica de la capa superficial de aire adyacente a la superficie exterior del elemento considerado; se obtiene de la **Tabla B.2**, en  $m^2K/W$ ;

$A_{e,i}$ : el área interna del i-ésimo elemento de la envolvente térmica que intercambia energía térmica con la bóveda celeste, en  $m^2$ ;

$K_{e,i}$ : la transmitancia térmica del i-ésimo elemento de la envolvente térmica, expresada en  $W/m^2K$ , calculada según **Apartado B.3**;

$F_{r,i}$ : el factor de forma, que contempla el grado de “acoplamiento óptico” que existe entre la superficie considerada y la bóveda celeste. En el caso de superficies horizontales (cubiertas), se adopta  $F_r = 1$ ; mientras que en el caso de superficies verticales (paredes), se asume  $F_r = 0,5$ .

$h_r$ : el coeficiente de intercambio térmico por radiación a la bóveda celeste linealizado. En el caso de superficies opacas, se adopta  $h_{r(op)} = 4,5 W/m^2K$ ; mientras que en el caso de superficies transparentes, se asume  $h_{r(tr)} = 4,185 W/m^2K$ .

$\Delta\theta_{er}$ : la diferencia entre la temperatura superficial exterior media del elemento de la envolvente considerado y la temperatura aparente del cielo. Para todas las zonas climáticas que conforman la provincia, se adopta  $\Delta\theta_{er} = 11 ^\circ C$ ;

$N$ : la cantidad total de elementos de la envolvente térmica que intercambian energía térmica con la bóveda celeste por radiación.





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ANEXO D

#### FLUJO DE ENERGÍA TÉRMICA A TRAVÉS DEL TERRENO

En los casos en que la superficie horizontal inferior que delimita la zona térmica se encuentre en contacto directo con el terreno, se deberá calcular el flujo de energía térmica a través del mismo, expresado en  $W$ , mediante la expresión (D.1). De lo contrario, se deberá adoptar  $\Phi_{terr} = 0$ .

$$\Phi_{terr} = H_g(\theta_{int,m} - \theta_{ext,m}) - H_{pi} \frac{\Delta\theta_{int}}{2} \cos\left[2\pi \frac{(m-n+\alpha)}{12}\right] + H_{pe} \frac{\Delta\theta_{ext}}{2} \cos\left[2\pi \frac{(m-n-\beta)}{12}\right] \quad (\text{D.1})$$

Siendo:

$H_g$ : el coeficiente de intercambio térmico a través del terreno en régimen estacionario, expresado en  $W/K$ , según **Apartado D.2**;

$H_{pi}$ : el coeficiente de intercambio térmico interno periódico a través del terreno, expresado en  $W/K$ , según **Apartado D.3**;

$H_{pe}$ : el coeficiente de intercambio térmico externo periódico a través del terreno, expresado en  $W/K$ , según **Apartado D.4**;

$\theta_{int,m}$ : la temperatura interior media anual, calculada como el promedio de la temperatura interna de confort en invierno y la temperatura interna de confort en verano. Para las temperaturas de confort adoptadas en este procedimiento resulta  $\theta_{int,m} = 23^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{ext,m}$ : la temperatura exterior media anual, expresada en  $^\circ\text{C}$ , obtenida de la **Tabla D.1**, para cada zona climática de la provincia;

$\Delta\theta_{int}$ : la diferencia entre la temperatura de confort de invierno y verano que, para las temperaturas de confort adoptadas en este procedimiento, resulta igual a  $6^\circ\text{C}$ ;

$\Delta\theta_{ext}$ : la amplitud térmica anual; es decir, la diferencia entre la temperatura media mensual del mes más cálido y del mes más frío, que se obtiene de la **Tabla D.2**, para cada zona climática de la provincia;

$\alpha$ : el adelanto del flujo de calor en relación a la temperatura interior, según **Apartado D.5**;

$\beta$ : el retraso del flujo de calor en relación a la temperatura exterior, según **Apartado D.5**;

$m$ : el número del mes considerado;

$n$ : el número de mes en el cual la temperatura media es mínima, obtenido de la **Tabla D.3**, para cada zona climática de la provincia.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla D.1:** Temperatura exterior media anual ( $\theta_{ext,m}$ ), en °C.

$\theta_{ext,m}$	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
	SD	SD	SD	SD	SD	17,7	SD

Elaboración propia en base a AGR-01.

**Tabla D.2:** Amplitud térmica anual ( $\Delta\theta_{ext}$ ), en °C.

$\Delta\theta_{ext}$	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
	SD	SD	SD	SD	SD	15	SD

Elaboración propia en base a AGR-01.

**Tabla D.3:** Número de mes con temperatura mínima ( $n$ ).

$n$	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
	SD	SD	SD	SD	SD	7	SD

Elaboración propia en base a AGR-01.

### D.1. Coeficientes de intercambio térmico a través del terreno

Para calcular el valor de los coeficientes de intercambio térmico a través del terreno para una zona térmica determinada, es necesario definir previamente parámetros que caractericen geométricamente la superficie de intercambio de energía, y un parámetro que brinde información acerca del comportamiento del suelo ante las variaciones de temperatura (respuesta en frecuencia). Los correspondientes parámetros se calculan según las expresiones (D.2), (D.3), (D.4) y (D.5), a continuación.

#### ❖ Relación Área – Perímetro:

$$B' = \frac{A_f}{0,5 P_f} \quad [m] \quad (\text{D.2})$$

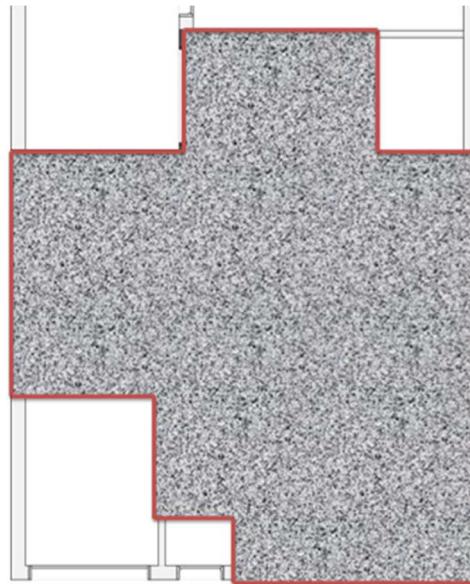
Siendo:

$A_f$ : el área interior al polígono que delimita la zona térmica en planta, expresada en  $m^2$ , tal como se muestra en la **Figura D.1**;

$P_f$ : el perímetro de la fracción del polígono que delimita la zona térmica en planta y que es adyacente al exterior o a ambientes no climatizados, expresado en  $m$ , como se muestra en la **Figura D.1**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)



**Figura D.1:** Ejemplo de determinación de  $A_f$  y  $P_f$  para una zona térmica dada.

### ❖ Espesor equivalente

$$d_t = w + \lambda_s(R_{si} + R_f + R_{se}) \quad [m] \quad (\text{D.3})$$

Siendo:

$w$ : el espesor total de las paredes que materializan la fracción del polígono que delimita la zona térmica en planta, asociado al perímetro  $P_f$ , expresado en  $m$ ; esto se muestra en la **Figura D.2**. Si las paredes que conforman dicho polígono poseen espesores diferentes, se deberá realizar una suma ponderada por los perímetros de cada una;

$\lambda_s$ : la conductividad térmica del suelo (o roca) que conforma el terreno, expresada en  $W/mK$ , obtenida de la **Tabla D.4**;

$R_{si}$ : la resistencia superficial interna, que representa la resistencia térmica de la capa superficial de aire adyacente a la superficie interior del elemento considerado; se obtiene de la **Tabla B.2**, en  $m^2K/W$ ;

$R_{se}$ : la resistencia superficial externa, que representa la resistencia térmica de la capa superficial de aire adyacente a la superficie exterior del elemento considerado; se obtiene de la **Tabla B.2**, en  $m^2K/W$ ;

$R_f$ : la resistencia térmica del elemento constructivo que conforma la superficie horizontal en contacto directo con el terreno, expresada en  $m^2K/W$ .



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

La resistencia térmica del elemento constructivo que conforma la superficie horizontal en contacto directo con el terreno ( $R_f$ ), se deberá calcular teniendo en cuenta las diferentes capas que lo conforman (piso, contrapiso, aislantes, entre otros), según la expresión (D.4). En el caso de que dicha superficie esté conformada en su extensión por paquetes no homogéneos, se debe realizar una suma ponderada por área, de la resistencia de cada sector.

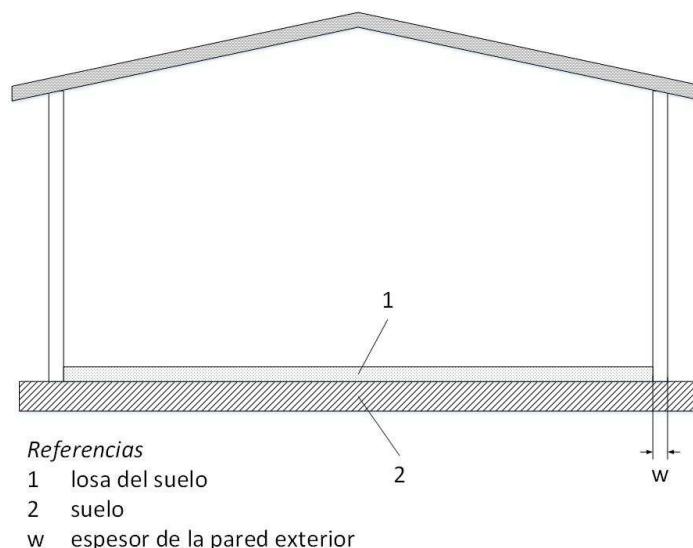
$$R_f = \sum_{i=1}^N \frac{e_i}{\lambda_i} \quad \left[ \frac{m^2 K}{W} \right] \quad (\text{D.4})$$

Siendo:

$e_i$ : el espesor de la i-ésima capa del elemento considerado, expresado en  $m$ ;

$\lambda_i$ : la conductividad térmica de la i-ésima capa del elemento considerado, expresada en  $W/mK$ ;

$N$ : el número total de capas que conforman el elemento considerado.



**Figura D.2:** Esquema para el cálculo del espesor equivalente.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ❖ Profundidad de penetración para período anual

$$\delta = \sqrt{\frac{3,15 \cdot 10^7 \lambda_s}{\pi \rho_s c_s}} \quad [m] \quad (\text{D.5})$$

Siendo:

$\lambda_s$ : la conductividad térmica del suelo (o roca) que conforma el terreno, expresada en  $W/mK$ , obtenida de la **Tabla D.4**;

$\rho_s c_s$ : el producto entre la densidad y el calor específico del suelo (o roca) que conforma el terreno, expresado en  $J/m^3K$ , obtenido de la **Tabla D.4**.

**Tabla D.4:** Propiedades de suelos y rocas, que constituyen el terreno.

DESCRIPCIÓN	$\lambda_s \left[ \frac{W}{mK} \right]$	$\rho_s c_s \left[ \frac{J}{m^3K} \right]$	$\delta [m]$
ARCILLA / LIMO	1,50	$3,0 \cdot 10^6$	2,20
ARENA / GRAVA	2,00	$2,0 \cdot 10^6$	3,20
ROCA HOMOGÉNEA	3,50	$2,0 \cdot 10^6$	4,20

Fuente: Norma ISO 13370:2007.

### D.2. Coeficiente de intercambio térmico a través del terreno en régimen estacionario ( $H_g$ )

El coeficiente de intercambio térmico a través del terreno en régimen estacionario, representa el flujo de energía térmica que se produce a través del mismo, originado por una diferencia de temperatura constante durante todo el año entre el interior de la zona térmica y el exterior de la misma. Se calcula según la expresión (D.6):

$$H_g = A_f K_f \quad \left[ \frac{W}{K} \right] \quad (\text{D.6})$$

Siendo:

$A_f$ : el área interior al polígono que delimita la zona térmica en planta, expresada en  $m^2$ ;

$K_f$ : la transmitancia térmica del elemento constructivo que conforma la superficie horizontal en contacto directo con el terreno, expresada en  $W/m^2K$ , calculada según **Apartado D.2.1**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

El cálculo de la transmitancia térmica del elemento constructivo que conforma la superficie horizontal en contacto directo con el terreno, se realiza considerando parámetros geométricos que lo caracterizan, además de los materiales que lo conforman; pues aquí no es válida la hipótesis de flujo de calor unidireccional. Por lo tanto, dicho valor de transmitancia térmica queda definido por las expresiones (D.7) y (D.8), según corresponda:

- Si  $d_t < B'$ :

$$K_f = \frac{2\lambda_s}{\pi B' + d_t} \ln \left( \frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right) \quad \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] \quad (\text{D.7})$$

- Si  $d_t \geq B'$ :

$$K_f = \frac{\lambda_s}{0,457B' + d_t} \quad \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] \quad (\text{D.8})$$

Siendo:

$B'$ : la relación Área – Perímetro, expresada en  $m$ , calculada según la expresión (D.2);

$d_t$ : el espesor equivalente, expresado en  $m$ , calculado según la expresión (D.3);

$\lambda_s$ : la conductividad térmica del suelo (o roca) que conforma el terreno, expresada en  $W/mK$ .

### D.3. Coeficiente de intercambio térmico interno periódico a través del terreno ( $H_{pi}$ )

El coeficiente de intercambio térmico interno periódico representa el flujo de energía térmica a través del terreno originado debido a una variación de la temperatura interior, para un ciclo anual. Se calcula según la expresión (D.9):

$$H_{pi} = A_f \frac{\lambda_s}{d_t} \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \frac{\delta}{d_t}\right)^2 + 1}} \quad \left[ \frac{W}{K} \right] \quad (\text{D.9})$$

Siendo:

$A_f$ : el área interior al polígono que delimita la zona térmica en planta, expresada en  $m^2$ ;

$\lambda_s$ : la conductividad térmica del suelo (o roca) que conforma el terreno, expresada en  $W/mK$ ;

$d_t$ : el espesor equivalente, expresado en  $m$ , calculado según la expresión (D.3);

$\delta$ : la profundidad de penetración para período anual, en  $m$ , calculada según la expresión (D.5).



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### D.4. Coeficiente de intercambio térmico externo periódico a través del terreno ( $H_{pe}$ )

El coeficiente de intercambio térmico externo periódico representa el flujo de energía térmica a través del terreno originado debido a una variación de la temperatura exterior, para un ciclo anual. Se calcula según la expresión (D.10):

$$H_{pe} = 0,37 P_f \lambda_s \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_t}\right) \quad \left[\frac{W}{K}\right] \quad (\text{D.10})$$

Siendo:

$P_f$ : el perímetro de la fracción del polígono que delimita la zona térmica en planta y que es adyacente al exterior o a ambientes no climatizados, expresado en  $m$ , como se muestra en la **Figura D.1**.

$\lambda_s$ : la conductividad térmica del suelo (o roca) que conforma el terreno, expresada en  $W/mK$ ;

$d_t$ : el espesor equivalente, expresado en  $m$ , calculado según la expresión (D.3);

$\delta$ : la profundidad de penetración para período anual, en  $m$ , calculada según la expresión (D.5).

### D.5. Parámetros de desfasaje ( $\alpha, \beta$ )

Los parámetros de desfasaje ( $\alpha$  y  $\beta$ ), representan la diferencia de fase entre la variación de temperatura en un ciclo anual (interior y exterior a la zona térmica, respectivamente), y el flujo de energía térmica que cada una de estas variaciones origina. Se calculan según las expresiones (D.11) y (D.12):

$$\alpha = 1,5 - \frac{12}{2\pi} \arctan\left(\frac{d_t}{d_t + \delta}\right) \quad (\text{D.11})$$

$$\beta = 1,5 - 0,42 \ln\left(\frac{\delta}{d_t + 1}\right) \quad (\text{D.12})$$

Siendo:

$d_t$ : el espesor equivalente, expresado en  $m$ , calculado según la expresión (D.3);

$\delta$ : la profundidad de penetración para período anual, en  $m$ , calculada según la expresión (D.5).





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ANEXO E

#### COEFICIENTE DE INTERCAMBIO TÉRMICO POR VENTILACIÓN E INFILTRACIONES

El intercambio de aire entre el exterior y el interior de un inmueble, puede ser dividido en dos clasificaciones generales, que son la ventilación y la infiltración. La ventilación es debida al aire intercambiado intencionalmente, mediante la apertura de ventanas y puertas, la colocación de rejillas reglamentarias, o bien elementos mecánicos de ventilación forzada. La infiltración, por el contrario, se relaciona con el intercambio de aire debido a la presencia de rendijas o grietas, apertura de puertas para ingreso y egreso de las personas, fugas de aire en las aberturas, entre otros.

El ingreso del aire exterior a la zona térmica, debido a ventilación e infiltraciones, influye en gran medida en el requerimiento de energía para climatización de los ambientes, por lo cual es importante limitarlo al mínimo necesario por condiciones de salubridad.

El coeficiente de intercambio térmico debido a ventilación e infiltraciones, se calcula mediante la expresión (E.1):

$$H_{ve} = \frac{\rho_a c_a q_{tot}}{3600} \quad \left[ \frac{W}{K} \right] \quad (\text{E.1})$$

Siendo:

$\rho_a$ : la densidad del aire, expresada es  $kg/m^3$ ;

$c_a$ : el calor específico del aire, expresado en  $J/kgK$ ;

$\rho_a c_a$ : la capacidad térmica volumétrica del aire, cuyo valor es igual a  $1200 J/m^3K$ ;

$q_{tot}$ : el caudal total de aire que ingresa a la zona térmica debido a ventilación e infiltraciones, en  $m^3/s$ , calculado según **Apartado E.1**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### E.1. Caudal de ingreso de aire a la zona térmica ( $q_{tot}$ )

El caudal de aire que ingresa a la zona térmica, se calcula de manera diferente, según el sistema de ventilación existente en la vivienda y de acuerdo con la información con la que se cuente al respecto. En caso de que el sistema existente sea de ventilación natural, el cálculo se deberá realizar de acuerdo con el **Apartado E.1.1**, mientras que en el caso de que el sistema existente sea de ventilación forzada, se deberá proceder de acuerdo con lo establecido en el **Apartado E.1.2**.

#### E.1.1. Sistemas de ventilación natural

El caudal de aire que ingresa a la zona térmica, en el caso de que el sistema existente sea de ventilación natural, queda definido por la expresión (E.2):

$$q_{tot} = q_{ve} + q_{inf} \quad \left[ \frac{m^3}{s} \right] \quad (\text{E.2})$$

Siendo:

$q_{ve}$ : el caudal de aire que ingresa a la zona térmica debido a ventilación durante los meses de verano, expresado en  $m^3/s$ , calculado según **Apartado E.1.1.1**; durante los meses de invierno  $q_{ve} = 0$ ;

$q_{inf}$ : el caudal de aire que ingresa a la zona térmica debido a infiltraciones, expresado en  $m^3/s$ , calculado según **Apartado E.1.1.2**.

#### E.1.1.1. Caudal de ingreso de aire debido a ventilación en verano ( $q_{ve}$ )

Durante los meses de verano, se considera la apertura de las ventanas a los fines de obtener una circulación de aire natural durante las horas nocturnas, es decir, cuando la temperatura exterior es menor a la temperatura interna de confort. El caudal de aire que ingresa a la zona térmica debido a ventilación en verano, se calcula según la expresión (E.3):

$$q_{ve} = \frac{\eta V_{neto}}{3600} f_{ve} \quad \left[ \frac{m^3}{s} \right] \quad (\text{E.3})$$

Siendo:

$n$ : la tasa de renovaciones de aire, expresada en  $1/h$ , obtenida de la **Tabla E.1**;

$V_{neto}$ : el volumen neto de la zona térmica considerada, expresado en  $m^3$ ;

$f_{ve}$ : la fracción del tiempo en que se considera la existencia de un flujo de aire nocturno para ventilación, que para los meses de verano vale 0,33, considerando que se produce entre las 23h y las 7h.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla E.1:** Tasa de renovaciones de aire por ventilación en verano ( $n$ ), en  $1/h$ .

VENTILACIÓN	$n$
Ventilación simple	25
Ventilación cruzada, en altura inferior a 20 m	55
Ventilación cruzada, en altura superior a 20 m	80

*Elaboración propia en base a ASHRAE Fundamentals 2005.*

### E.1.1.2. Caudal de ingreso de aire debido a infiltraciones ( $q_{inf}$ )

Las infiltraciones de aire que se producen en una zona térmica debido a fugas a través de la envolvente de la misma, se pueden calcular aplicando la expresión (E.4):

$$q_{inf} = 2,5 A_L (10^{-4}) = 2,5 \left( \sum_{i=1}^N a_{v,i} l_i + \sum_{j=1}^M A_{rv,j} \right) (10^{-4}) \quad \left[ \frac{m^3}{s} \right] \quad (\text{E.4})$$

Siendo:

$A_L$ : el área de fuga equivalente, expresada en  $cm^2$ ;

$a_{v,i}$ : el área de fuga por metro lineal de junta en la i-ésima abertura de la zona térmica considerada, en  $cm^2/m$ , obtenida de **Tabla E.2**;

$l_i$ : la longitud total de juntas de la i-ésima abertura de la zona térmica considerada, en  $m$ ;

$A_{rv,j}$ : el área total de fuga del j-ésimo elemento de la envolvente térmica, mediante el cual pudieran producirse infiltraciones de aire, en  $cm^2$ ;

$N$ : el número total de aberturas de la zona térmica considerada;

$M$ : el número total de elementos de la envolvente térmica, mediante los cuales pudieran producirse infiltraciones de aire.

El valor de  $q_{inf}$  calculado según la expresión (E.4), deberá ser siempre mayor o igual al valor de caudal definido por la tasa mínima de renovaciones de aire debido a condiciones de higiene y salubridad para la habitabilidad de los ambientes, adoptada como  $n_{min} = 0,30 1/h$ .



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla E.2:** Área de fuga por metro lineal de junta de abertura ( $a_{v,i}$ ), en  $\text{cm}^2/\text{m}$ .

TIPO DE APERTURA	NIVEL DE HERMETICIDAD		
	BUENO	REGULAR	MALO
FIJA	0	0	0
BATIENTE	2,54	3,81	6,35
BASCULANTE	2,54	3,81	6,35
OSCILANTE	2,54	3,81	6,35
CORREDIZA	6,35	9,53	15,88
GUILLOTINA	6,35	9,53	15,88

*Elaboración propia en base a ASHRAE Fundamentals 2005.*

### E.1.2. Sistemas de ventilación forzada

En el caso de existir mecanismos o sistemas activos de ventilación, se considera que el caudal de ingreso incluye infiltraciones, aireación y ventilación en verano. Para este caso, el caudal de aire que ingresa a la zona térmica, se calcula mediante la expresión (E.10):

$$q_{tot} = \sum_{k=1}^L q_{ve,k} f_{ve,k} (1 - \eta_{ve,k}) \quad \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad (\text{E.10})$$

Siendo:

$q_{ve,k}$ : el caudal del k-ésimo elemento de flujo de aire para el mes considerado, expresado en  $\text{m}^3/\text{s}$ ; este valor puede variar entre las estaciones de invierno y de verano;

$f_{ve,k}$ : la fracción de tiempo en que efectivamente existe el k-ésimo elemento de flujo de aire, sobre el total de horas del día; en el caso en que este flujo sea ininterrumpido se asume  $f_{ve,k} = 1$ .

$\eta_{ve,k}$ : el rendimiento del k-ésimo sistema de recuperación de calor, en caso de que existiera un intercambiador entre aire saliente y aire entrante; en caso de que no exista un sistema de tales características, se asume  $\eta_{ve,k} = 0$ .



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

### ANEXO F

#### FLUJO DE ENERGÍA TÉRMICA DEBIDO A APORTE INTERNOS

El cálculo de los aportes internos de energía térmica, se realiza en base a valores prestablecidos, según la expresión (F.1):

$$\Phi_{int} = \begin{cases} [5,294A_u - 0,01557A_u^2] \frac{A_{zona}}{A_u} & \text{si } A_u \leq 170m^2 \\ 450 \frac{A_{zona}}{A_u} & \text{si } A_u > 170m^2 \end{cases} \quad [W] \quad (\text{F.1})$$

Siendo:

$A_{zona}$ : la superficie de la zona térmica considerada, en  $m^2$ ;

$A_u$ : la superficie útil del inmueble, en  $m^2$ .





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ANEXO G

#### FLUJO DE ENERGÍA TÉRMICA DE ORIGEN SOLAR

El flujo de energía térmica de origen solar, se calcula según la expresión (G.1):

$$\Phi_{sol} = \sum_{i=1}^N \Phi_{sol,i} + \sum_{j=1}^M \left[ (1 - b_{tr,j}) \sum_{k=1}^L \Phi_{sol,k} \right] \quad [W] \quad (\text{G.1})$$

Siendo:

$\Phi_{sol,i}$ : el flujo térmico medio de origen solar incidente sobre el i-ésimo elemento de la envolvente térmica de la zona considerada, expresado en  $W$ , calculado según **Apartado G.1**;

$\Phi_{sol,k}$ : el flujo térmico medio de origen solar incidente sobre el k-ésimo elemento de la envolvente de un ambiente no climatizado adyacente a la zona térmica considerada, expresado en  $W$ ;

$b_{tr,j}$ : el factor de corrección del intercambio térmico del j-ésimo elemento de la envolvente térmica de la zona considerada, que es adyacente a un ambiente no climatizado en cuya envolvente incide la radiación solar; se obtiene de la **Tabla B.1**;

$N$ : la cantidad total de elementos de la envolvente térmica en los que incide la radiación solar;

$M$ : la cantidad total de elementos de la envolvente térmica adyacentes a un ambiente no climatizado, en cuya envolvente incide la radiación solar;

$L$ : la cantidad total de elementos de la envolvente de un ambiente no climatizado adyacente a la zona térmica considerada, en los que incide la radiación solar.

#### G.1. Flujo térmico medio de origen solar ( $\Phi_{sol}$ )

El flujo térmico medio de origen solar incidente sobre un elemento de la envolvente, ya sea de la zona térmica considerada o de un ambiente adyacente, se calcula mediante la expresión (G.2):

$$\Phi_{sol} = A_{sol} I_{sol} F_s \quad [W] \quad (\text{G.2})$$

Siendo:

$A_{sol}$ : el área de captación solar efectiva (área de incidencia de la radiación solar) del elemento de la envolvente térmica adyacente al exterior, con orientación y ángulo de inclinación respecto del plano horizontal definidos, expresada en  $m^2$ , calculada según **Apartado G.1.1**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

$I_{sol}$ : la irradiancia solar media mensual sobre la superficie, con orientación y ángulo de inclinación respecto del plano horizontal definidos, expresada en  $W/m^2$ , obtenida de la **Tabla G.1**;

$F_s$ : el factor de reducción del área de captación solar efectiva, debido a sombras generadas por elementos externos, calculado según **Apartado G.1.2**.

**Tabla G.1:** Irradiancia solar media mensual ( $I_{sol}$ ), en  $W/m^2$ .

MES	90°								60°								
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
ENERO	58	95	110	81	39	81	110	94	176	190	191	160	141	158	188	188	
FEBRERO	81	102	100	63	26	63	100	102	186	185	168	124	90	124	168	185	
MARZO	116	111	87	44	21	43	86	110	197	180	142	86	39	86	141	180	
ABRIL	138	111	69	27	18	27	69	111	192	164	109	53	27	53	109	164	
MAYO	144	110	56	20	17	20	56	109	180	149	87	36	25	35	87	148	
JUNIO	132	99	45	16	15	16	45	99	159	129	70	27	23	27	70	129	
JULIO	151	113	54	19	17	19	54	114	185	151	84	33	26	33	85	152	
AGOSTO	147	116	65	25	18	25	65	116	196	165	103	46	28	46	104	165	
SEPTIEMBRE	124	110	79	36	20	36	78	109	194	173	128	71	30	71	127	172	
OCTUBRE	91	103	93	55	23	54	92	102	186	180	156	108	69	108	155	179	
NOVIEMBRE	64	99	112	80	36	77	109	99	181	192	189	154	131	153	188	191	
DICIEMBRE	48	91	114	89	44	89	115	92	167	183	192	167	155	168	194	185	
MES	45°								30°								0°
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
ENERO	226	231	228	206	199	205	226	230	264	264	259	248	244	247	258	263	289
FEBRERO	224	219	199	163	146	163	199	218	249	243	225	203	194	203	226	243	252
MARZO	220	204	166	117	87	116	166	204	231	218	187	152	136	152	187	217	208
ABRIL	202	178	127	73	38	73	127	178	199	182	143	101	80	101	143	182	158
MAYO	182	156	101	49	29	48	100	156	172	154	112	70	47	69	111	154	123
JUNIO	158	133	81	36	26	36	81	133	147	130	90	52	33	52	90	130	99
JULIO	185	157	97	45	29	45	99	158	173	154	109	65	42	66	110	154	120
AGOSTO	203	176	121	64	33	65	121	177	197	178	135	91	68	91	136	178	150
SEPTIEMBRE	212	193	150	98	64	98	149	192	217	202	168	131	112	130	168	202	187
OCTUBRE	219	210	184	144	123	144	183	209	239	230	209	182	171	182	208	230	233
NOVIEMBRE	229	233	225	200	189	198	223	231	264	263	255	241	236	240	253	262	285
DICIEMBRE	219	226	228	214	211	215	230	227	259	261	260	255	255	256	261	262	293

Elaboración propia en base a FCEIA-02 y AGR-01. (Datos válidos para la ciudad de Rosario).



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### G.1.1. Área de captación solar efectiva ( $A_{sol}$ )

El área de captación solar efectiva de un elemento de la envolvente, se calcula según las expresiones (G.3) y (G.4), según corresponda, tal como se detalla a continuación:

- Si el elemento de la envolvente sobre el que incide la radiación solar, es opaco, se deberá calcular el área de captación solar efectiva según la expresión (G.3):

$$A_{sol} = (\alpha_{sol} R_{se} K_e) A_c \quad [m^2] \quad (G.3)$$

Siendo:

$\alpha_{sol}$ : el coeficiente de absorción de la radiación solar de la superficie del elemento de la envolvente considerado, obtenido de la **Tabla G.2**;

$R_{se}$ : la resistencia superficial externa, que representa la resistencia térmica de la capa superficial de aire adyacente a la superficie exterior del elemento considerado; se obtiene de la **Tabla B.2**, expresada en  $m^2 K/W$ ;

$K_e$ : la transmitancia térmica del elemento de la envolvente térmica considerado, expresada en  $W/m^2 K$ , calculada según **Apartado B.3**;

$A_c$ : el área opaca proyectada sobre el plano según el cual se adoptó la irradiancia solar media mensual, expresada en  $m^2$ .

**Tabla G.2:** Coeficiente de absorción de la radiación solar ( $\alpha_{sol}$ ) para distintos tipos de superficie.

SUPERFICIE	$\alpha_{sol}$
Ladrillo común	0,70
Ladrillos negros oscuros	0,80
Ladrillos rojos claros	0,55
Hormigón a la vista	0,70
Hormigón a la vista texturado	0,80
Hormigón con agregado y cemento blanco	0,50
Revoque	0,55
Revoque claro	0,40
Marfil blanco	0,45
Baldosas rojas	0,85
Fibrocemento	0,85
Aluminio anonizado (natural)	0,45
Aluminio envejecido	0,80
Chapa galvanizada	0,50



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SUPERFICIE	$\alpha_{sol}$
Pintura amarilla clara	0,30
Pintura amarrilla oscuro	0,70
Pintura beige clara	0,35
Pintura beige oscura	0,90
Pintura roja clara	0,65
Pintura roja oscura	0,90
Pintura verde clara	0,40
Pintura verde oscura	0,85
Pintura azul clara	0,40
Pintura azul oscura	0,90
Pintura gris clara	0,45
Pintura gris oscura	0,75

Fuente: Norma IRAM 11605:1996.

- Si el elemento de la envolvente sobre el que incide la radiación solar, es transparente (caso de cerramientos vidriados), se deberá calcular el área de captación solar efectiva según la expresión (G.4), que contempla tanto la superficie transparente como la superficie del marco correspondiente:

$$A_{sol} = \tau_v A_v F_{pr} (1 - F_{marco}) \quad [m^2] \quad (\text{G.4})$$

Siendo:

$\tau_v$ : el coeficiente de transmisión solar directa a través del elemento transparente, obtenido de la **Tabla G.3**;

$F_{pr}$ : el factor de reducción de los aportes solares debido a la utilización de protecciones móviles paralelas a la superficie transparente;

$A_v$ : el área total del cerramiento proyectada sobre el plano según el cual se adoptó la irradiancia solar media mensual, expresada en  $m^2$ ;

$F_{marco}$ : el factor de marco, que representa la fracción opaca del área total del cerramiento; se determina según las especificaciones del fabricante o realizando el cálculo correspondiente.

**Tabla G.3:** Coeficiente de transmisión de la radiación solar ( $\tau_v$ ) para distintos tipos de vidrio.

TIPO DE VIDRIO	$\tau_v$
Vidrio simple	0,85
Vidrio doble	0,75
Vidrio doble bajo emisivo	0,67



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

TIPO DE VIDRIO	$\tau_v$
Vidrio triple	0,70
Vidrio triple bajo emisivo	0,50
Ventana doble	0,75

Fuente: ISO 13790:2008.

El factor de reducción de los aportes solares debido a protecciones móviles ( $F_{pr}$ ) se calcula según la expresión (G.5):

$$F_{pr} = \frac{\tau_v(1 - f_{pr}) + \tau_p f_{pr}}{\tau_v} \quad (\text{G.5})$$

Siendo:

$\tau_v$ : el coeficiente de transmisión solar directa a través del elemento transparente, que se obtiene de la **Tabla G.3**;

$\tau_p$ : el coeficiente de transmisión solar directa del cerramiento, es decir, del conjunto conformado por el elemento transparente y la protección correspondiente; este valor se obtiene multiplicando los coeficientes de transmisión de los componentes individuales;

$f_{pr}$ : la fracción de tiempo en que la protección es utilizada, ponderada sobre la radiación solar incidente; se obtiene de la **Tabla G.4**, para cada mes analizado, en función de la orientación del cerramiento y del ángulo de inclinación respecto del plano horizontal.

**Tabla G.4:** Fracción de tiempo en que se utilizan las protecciones solares ( $f_{pr}$ ).

MES	90°								60°							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
ENERO	0,00	0,42	0,50	0,41	0,00	0,39	0,50	0,38	0,59	0,61	0,62	0,56	0,35	0,55	0,57	0,60
FEBRERO	0,13	0,44	0,47	0,22	0,00	0,22	0,49	0,46	0,58	0,59	0,59	0,48	0,00	0,48	0,56	0,59
MARZO	0,41	0,50	0,40	0,00	0,00	0,00	0,45	0,45	0,55	0,57	0,50	0,33	0,00	0,29	0,53	0,55
ABRIL	0,56	0,54	0,38	0,00	0,00	0,00	0,38	0,54	0,58	0,59	0,52	0,02	0,00	0,02	0,52	0,56
MAYO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JUNIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JULIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AGOSTO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SEPTIEMBRE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCTUBRE	0,25	0,47	0,52	0,10	0,00	0,12	0,45	0,48	0,59	0,62	0,59	0,46	0,00	0,46	0,59	0,60
NOVIEMBRE	0,00	0,45	0,54	0,43	0,00	0,44	0,54	0,49	0,64	0,65	0,62	0,58	0,25	0,60	0,68	0,64
DICIEMBRE	0,00	0,37	0,51	0,41	0,00	0,41	0,51	0,36	0,61	0,63	0,60	0,57	0,47	0,57	0,61	0,63



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

MES	45°										30°										0°
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO					
ENERO	0,64	0,61	0,64	0,62	0,59	0,61	0,60	0,63	0,65	0,64	0,66	0,64	0,62	0,63	0,64	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
FEBRERO	0,60	0,58	0,60	0,56	0,46	0,56	0,59	0,62	0,62	0,60	0,60	0,58	0,58	0,59	0,61	0,64	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
MARZO	0,58	0,56	0,53	0,45	0,09	0,43	0,56	0,58	0,58	0,59	0,56	0,52	0,46	0,51	0,57	0,56	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
ABRIL	0,59	0,60	0,54	0,19	0,00	0,18	0,51	0,60	0,59	0,58	0,54	0,42	0,13	0,41	0,53	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
MAYO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JUNIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JULIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AGOSTO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SEPTIEMBRE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCTUBRE	0,63	0,63	0,62	0,55	0,35	0,55	0,58	0,61	0,65	0,65	0,64	0,61	0,58	0,59	0,61	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
NOVIEMBRE	0,68	0,68	0,65	0,65	0,63	0,68	0,70	0,66	0,71	0,71	0,69	0,69	0,67	0,70	0,71	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
DICIEMBRE	0,68	0,65	0,62	0,64	0,62	0,64	0,63	0,66	0,67	0,68	0,68	0,66	0,63	0,66	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68

Elaboración propia en base a FCEIA-02 y AGR-01. (Datos válidos para la ciudad de Rosario).

### G.1.2. Factor de reducción por sombras ( $F_s$ )

El factor de reducción por sombras, se aplica para contemplar la reducción del área de captación solar efectiva de la superficie de la envolvente, debido a la presencia de obstáculos externos que se interponen a la radiación directa del sol, como ser obstáculos en el horizonte, aleros, u obstáculos laterales. Este valor se calcula según la expresión (G.6):

$$F_s = f'_{hor} f_{alero} f_{izq} f_{der} \quad (G.6)$$

Siendo:

$f'_{hor}$ : el factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte corregido, calculado según

**Apartado G.1.2.1;**

$f_{alero}$ : el factor de reducción por sombras debido a la existencia de aleros u obstáculos horizontales superiores, en las inmediaciones del elemento considerado, calculado según **Apartado G.1.2.2**;

$f_{izq}$ : el factor de reducción por sombras debido a la existencia de obstáculos laterales situados a la izquierda (mirando desde el elemento de la envolvente, hacia el sol), calculado según **Apartado G.1.2.3**;

$f_{der}$ : el factor de reducción por sombras debido a la existencia de obstáculos laterales situados a la derecha (mirando desde el elemento de la envolvente, hacia el sol), calculado según **Apartado G.1.2.3**.

En el caso de no existir alguno de estos obstáculos, se adoptará el factor correspondiente igual a 1.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### G.1.2.1. Obstáculos en el horizonte ( $f_{hor}$ )

El factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte, debe ser corregido para los casos en que el ancho del obstáculo que se interpone en la incidencia directa de la radiación solar, sea menor al ancho de la superficie sobre la cual genera sombra, o bien en los casos en que dicho obstáculo sea un árbol.

Entonces, en los casos mencionados, el valor del factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte corregido, queda determinado por la expresión (G.7):

$$f'_{hor} = \delta [[f_{hor} + (1 - f_{hor})\xi] - 1] + 1 \quad (\text{G.7})$$

Siendo:

$f_{hor}$ : el factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte, obtenido de las **Tablas G.5**, para cada orientación y en función del ángulo ( $\alpha$ ) que queda comprendido entre la horizontal y el segmento que une la mitad de la superficie del elemento considerado y el extremo superior del obstáculo, tal como se muestra en la **Figura G.2**;

$\delta$ : la relación entre el ancho medio del área proyectada del obstáculo sobre la superficie del elemento de la envolvente considerado, y el ancho de dicho elemento; es decir  $\delta = \delta_1/\delta_2$ , según la **Figura G.1**;

$\xi$ : el factor característico del tipo de obstáculo, que contempla el grado de obstrucción que el mismo provoca sobre la radiación solar directa, según sea una edificación, un árbol, o un conjunto de ellos.

El factor característico del tipo de obstáculo, se deberá calcular según la expresión (G.8), en los casos en que el obstáculo en el horizonte que se interpone a la incidencia directa de la radiación solar, sea un árbol o un conjunto de ellos. De lo contrario, si dicho obstáculo es una edificación o un elemento de características similares, se deberá adoptar  $\xi = 0$ .

$$\xi = (1 - \varepsilon)(1 - \chi) \quad (\text{G.8})$$

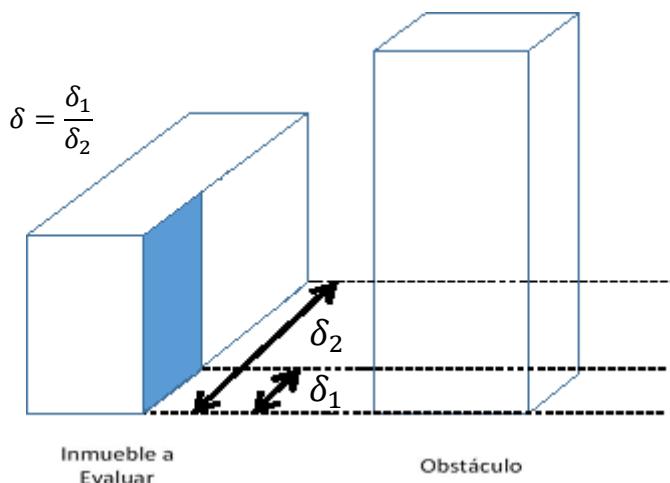
Siendo:

$\varepsilon$ : el factor de tupidez de las distintas especies de árboles, que se obtiene de la **Tabla G.6**;

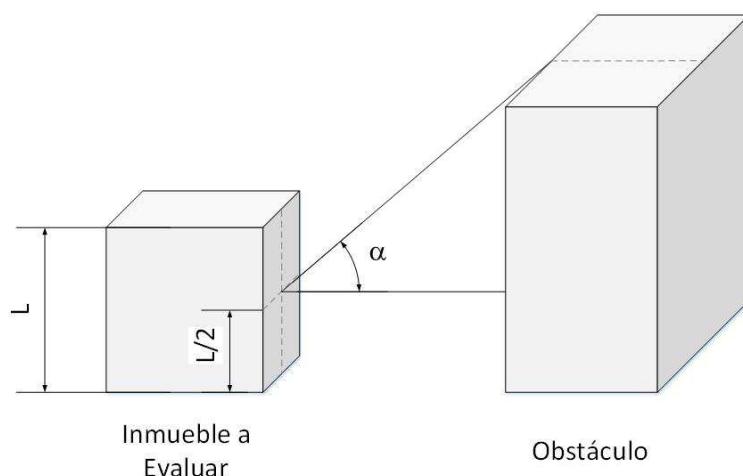
$\chi$ : el factor de persistencia según el tipo de hoja, que se obtiene de la **Tabla G.7**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)



**Figura G.1:** Esquema ilustrativo para el cálculo de  $\delta$ .



**Figura G.2:** Ángulo característico de obstáculo en el horizonte.

**Tablas G.5:** Factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte ( $f_{hor}$ ).

NORTE									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,973	0,888	0,733	0,444
FEBRERO	1,000	1,000	1,000	0,987	0,946	0,836	0,680	0,372	0,285
MARZO	1,000	0,997	0,980	0,919	0,788	0,595	0,255	0,181	0,181
ABRIL	1,000	0,986	0,930	0,812	0,593	0,175	0,133	0,133	0,133
MAYO	1,000	0,994	0,925	0,656	0,151	0,118	0,118	0,118	0,118
JUNIO	1,000	0,998	0,799	0,542	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
JULIO	1,000	0,996	0,894	0,604	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
AGOSTO	1,000	0,988	0,914	0,765	0,423	0,125	0,125	0,125	0,125
SEPTIEMBRE	1,000	0,990	0,977	0,895	0,741	0,453	0,165	0,157	0,157
OCTUBRE	1,000	1,000	0,994	0,963	0,900	0,790	0,559	0,260	0,240
NOVIEMBRE	1,000	1,000	1,000	1,000	0,992	0,919	0,840	0,672	0,400
DICIEMBRE	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,975	0,975	0,850	0,538



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

$\alpha$ [°C]	NORESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,983	0,925	0,888	0,754	0,601	0,506	0,411	0,270
FEBRERO	1,000	0,992	0,920	0,863	0,771	0,613	0,463	0,272	0,227
MARZO	1,000	0,986	0,947	0,825	0,664	0,484	0,240	0,189	0,189
ABRIL	1,000	0,975	0,891	0,780	0,562	0,199	0,164	0,164	0,164
MAYO	1,000	0,991	0,909	0,652	0,184	0,154	0,154	0,154	0,154
JUNIO	1,000	0,997	0,800	0,557	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
JULIO	1,000	0,997	0,895	0,603	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153
AGOSTO	1,000	0,987	0,896	0,756	0,423	0,159	0,159	0,159	0,159
SEPTIEMBRE	1,000	0,979	0,937	0,812	0,648	0,420	0,182	0,177	0,177
OCTUBRE	1,000	0,982	0,928	0,850	0,732	0,569	0,392	0,223	0,212
NOVIEMBRE	1,000	0,997	0,947	0,838	0,693	0,536	0,531	0,396	0,259
DICIEMBRE	1,000	0,997	0,950	0,847	0,709	0,559	0,559	0,423	0,285

$\alpha$ [°C]	ESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,969	0,879	0,822	0,644	0,469	0,379	0,299	0,232
FEBRERO	1,000	0,985	0,871	0,796	0,670	0,484	0,336	0,241	0,232
MARZO	1,000	0,979	0,911	0,733	0,533	0,356	0,248	0,241	0,241
ABRIL	1,000	0,956	0,826	0,678	0,446	0,271	0,266	0,266	0,266
MAYO	1,000	0,984	0,846	0,539	0,305	0,301	0,301	0,301	0,301
JUNIO	1,000	0,994	0,694	0,462	0,331	0,331	0,331	0,331	0,331
JULIO	1,000	0,993	0,829	0,490	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322
AGOSTO	1,000	0,975	0,825	0,631	0,368	0,283	0,283	0,283	0,283
SEPTIEMBRE	1,000	0,967	0,896	0,712	0,513	0,341	0,248	0,248	0,248
OCTUBRE	1,000	0,969	0,888	0,774	0,616	0,432	0,287	0,234	0,234
NOVIEMBRE	1,000	0,993	0,911	0,754	0,572	0,401	0,397	0,279	0,229
DICIEMBRE	1,000	0,993	0,913	0,766	0,592	0,428	0,428	0,302	0,228

$\alpha$ [°C]	SURESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,960	0,854	0,787	0,601	0,442	0,381	0,337	0,318
FEBRERO	1,000	0,979	0,841	0,765	0,634	0,472	0,380	0,366	0,366
MARZO	1,000	0,974	0,886	0,694	0,538	0,479	0,477	0,477	0,477
ABRIL	1,000	0,943	0,825	0,747	0,684	0,681	0,681	0,681	0,681
MAYO	1,000	0,983	0,890	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853
JUNIO	1,000	0,995	0,936	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934
JULIO	1,000	0,994	0,923	0,904	0,904	0,904	0,904	0,904	0,904
AGOSTO	1,000	0,970	0,836	0,761	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747
SEPTIEMBRE	1,000	0,960	0,870	0,687	0,570	0,546	0,543	0,543	0,543
OCTUBRE	1,000	0,959	0,865	0,737	0,580	0,442	0,398	0,398	0,398
NOVIEMBRE	1,000	0,991	0,890	0,716	0,537	0,391	0,389	0,321	0,319
DICIEMBRE	1,000	0,991	0,894	0,730	0,556	0,410	0,410	0,319	0,294



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

$\alpha$ [°C]	SUR									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
ENERO	1,000	0,963	0,838	0,730	0,663	0,662	0,662	0,662	0,662	0,662
FEBRERO	1,000	0,979	0,906	0,887	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882
MARZO	1,000	0,997	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996
ABRIL	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
MAYO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
JUNIO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
JULIO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
AGOSTO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
SEPTIEMBRE	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
OCTUBRE	1,000	0,980	0,954	0,946	0,946	0,946	0,946	0,946	0,946	0,946
NOVIEMBRE	1,000	0,958	0,831	0,760	0,715	0,715	0,715	0,715	0,715	0,715
DICIEMBRE	1,000	0,985	0,852	0,686	0,596	0,593	0,593	0,593	0,593	0,593

$\alpha$ [°C]	SUROESTE									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
ENERO	1,000	0,990	0,885	0,710	0,527	0,486	0,386	0,320	0,315	
FEBRERO	1,000	0,979	0,909	0,727	0,541	0,434	0,385	0,366	0,366	
MARZO	1,000	0,967	0,810	0,704	0,559	0,496	0,481	0,481	0,481	
ABRIL	1,000	0,945	0,856	0,731	0,675	0,672	0,672	0,672	0,672	
MAYO	1,000	0,986	0,894	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	
JUNIO	1,000	0,995	0,936	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	
JULIO	1,000	0,986	0,913	0,905	0,905	0,905	0,905	0,905	0,905	
AGOSTO	1,000	0,946	0,825	0,757	0,745	0,745	0,745	0,745	0,745	
SEPTIEMBRE	1,000	0,951	0,886	0,698	0,565	0,542	0,542	0,542	0,542	
OCTUBRE	1,000	0,982	0,844	0,698	0,576	0,475	0,404	0,402	0,402	
NOVIEMBRE	1,000	0,951	0,813	0,796	0,607	0,446	0,358	0,341	0,331	
DICIEMBRE	1,000	0,991	0,903	0,739	0,565	0,420	0,420	0,325	0,294	

$\alpha$ [°C]	OESTE									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
ENERO	1,000	0,993	0,907	0,750	0,566	0,521	0,399	0,284	0,234	
FEBRERO	1,000	0,984	0,929	0,769	0,579	0,435	0,332	0,246	0,231	
MARZO	1,000	0,976	0,847	0,732	0,541	0,388	0,257	0,242	0,242	
ABRIL	1,000	0,955	0,856	0,655	0,456	0,274	0,266	0,266	0,266	
MAYO	1,000	0,987	0,854	0,544	0,308	0,304	0,304	0,304	0,304	
JUNIO	1,000	0,994	0,694	0,462	0,331	0,331	0,331	0,331	0,331	
JULIO	1,000	0,985	0,801	0,519	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317	
AGOSTO	1,000	0,953	0,799	0,584	0,379	0,281	0,281	0,281	0,281	
SEPTIEMBRE	1,000	0,959	0,910	0,723	0,517	0,327	0,251	0,250	0,250	
OCTUBRE	1,000	0,987	0,876	0,734	0,598	0,476	0,321	0,239	0,236	
NOVIEMBRE	1,000	0,962	0,846	0,832	0,652	0,473	0,342	0,278	0,233	
DICIEMBRE	1,000	0,994	0,921	0,775	0,603	0,439	0,439	0,310	0,226	



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

$\alpha$ [°C]	NOROESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,996	0,945	0,837	0,692	0,653	0,536	0,403	0,274
FEBRERO	1,000	0,990	0,959	0,849	0,701	0,568	0,454	0,279	0,226
MARZO	1,000	0,987	0,906	0,820	0,666	0,514	0,248	0,189	0,189
ABRIL	1,000	0,974	0,910	0,764	0,572	0,203	0,164	0,164	0,164
MAYO	1,000	0,993	0,914	0,657	0,186	0,155	0,155	0,155	0,155
JUNIO	1,000	0,997	0,799	0,557	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
JULIO	1,000	0,992	0,877	0,621	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151
AGOSTO	1,000	0,974	0,877	0,719	0,431	0,158	0,158	0,158	0,158
SEPTIEMBRE	1,000	0,975	0,947	0,820	0,655	0,408	0,185	0,178	0,178
OCTUBRE	1,000	0,993	0,924	0,820	0,711	0,609	0,434	0,228	0,213
NOVIEMBRE	1,000	0,979	0,904	0,895	0,762	0,607	0,469	0,381	0,259
DICIEMBRE	1,000	0,997	0,954	0,853	0,716	0,568	0,568	0,432	0,283

*Elaboración propia en base a FCEIA-02 y AGR-01. (Datos válidos para la ciudad de Rosario).*

**Tabla G.6:** Índice de follaje ( $\varepsilon$ ).

TIPO DE FOLLAJE	$\varepsilon$
Muy tupido hoja grande	1,00
Muy tupido hoja pequeña	0,95
Intermedio hoja grande	0,60
Intermedio hoja pequeña	0,50
Pocas hojas grandes	0,20
Pocas hojas pequeñas	0,15

*Elaboración propia.*

**Tabla G.7:** Factor de persistencia ( $\chi$ ).

MES	HOJA PERENNE	HOJA CADUCA
ENERO	1,00	1,00
FEBRERO	1,00	0,95
MARZO	1,00	0,85
ABRIL	1,00	0,75
MAYO	1,00	0,40
JUNIO	1,00	0,20
JULIO	1,00	0,25
AGOSTO	1,00	0,40
SEPTIEMBRE	1,00	0,60
OCTUBRE	1,00	0,70
NOVIEMBRE	1,00	0,90
DICIEMBRE	1,00	1,00

*Elaboración propia.*

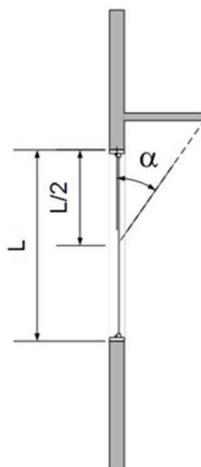


## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### G.1.2.2. Aleros u obstáculos horizontales superiores ( $f_{alero}$ )

El factor de reducción del área de captación solar efectiva por sombras debidas a la existencia de aleros u obstáculos horizontales superiores, se obtiene de las **Tablas G.8**, para cada orientación y en función del ángulo ( $\alpha$ ) que queda comprendido entre la vertical y el segmento que une la mitad de la superficie del elemento considerado y el extremo del alero u obstáculo superior, tal como se muestra en la **Figura G.3**.

Sólo se consideran aleros horizontales superiores o las proyecciones de aleros oblicuos sobre elementos verticales de la envolvente (paredes, ventanas, entre otros).



**Figura G.3:** Ángulo característico del alero u obstáculo superior.

**Tablas G.8:** Factor de reducción por sombras debido a aleros u obstáculos superiores ( $f_{aleros}$ ).

$\alpha$ [°C]	NORTE									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
ENERO	1,000	0,811	0,613	0,432	0,311	0,219	0,151	0,099	0,049	
FEBRERO	1,000	0,852	0,697	0,524	0,350	0,226	0,133	0,069	0,032	
MARZO	1,000	0,895	0,785	0,662	0,516	0,337	0,181	0,081	0,026	
ABRIL	1,000	0,924	0,843	0,754	0,648	0,510	0,310	0,121	0,031	
MAYO	1,000	0,940	0,877	0,808	0,725	0,619	0,463	0,202	0,042	
JUNIO	1,000	0,946	0,890	0,828	0,755	0,660	0,522	0,273	0,044	
JULIO	1,000	0,943	0,884	0,818	0,740	0,639	0,492	0,230	0,043	
AGOSTO	1,000	0,930	0,857	0,776	0,679	0,554	0,369	0,144	0,035	
SEPTIEMBRE	1,000	0,907	0,808	0,699	0,569	0,400	0,212	0,094	0,027	
OCTUBRE	1,000	0,868	0,728	0,574	0,398	0,246	0,141	0,068	0,027	
NOVIEMBRE	1,000	0,822	0,634	0,446	0,314	0,213	0,143	0,089	0,044	
DICIEMBRE	1,000	0,809	0,609	0,452	0,343	0,247	0,180	0,119	0,060	



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

NORESTE									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,868	0,729	0,592	0,471	0,351	0,240	0,133	0,044
FEBRERO	1,000	0,885	0,765	0,632	0,490	0,367	0,243	0,130	0,042
MARZO	1,000	0,906	0,808	0,700	0,571	0,413	0,261	0,137	0,044
ABRIL	1,000	0,925	0,847	0,760	0,658	0,527	0,339	0,152	0,043
MAYO	1,000	0,939	0,875	0,805	0,722	0,617	0,466	0,215	0,052
JUNIO	1,000	0,944	0,886	0,822	0,747	0,653	0,517	0,276	0,051
JULIO	1,000	0,941	0,880	0,813	0,734	0,634	0,490	0,238	0,051
AGOSTO	1,000	0,931	0,858	0,778	0,684	0,563	0,388	0,169	0,048
SEPTIEMBRE	1,000	0,913	0,822	0,722	0,603	0,449	0,274	0,140	0,043
OCTUBRE	1,000	0,892	0,779	0,654	0,510	0,369	0,245	0,130	0,041
NOVIEMBRE	1,000	0,876	0,746	0,610	0,495	0,375	0,254	0,134	0,048
DICIEMBRE	1,000	0,870	0,734	0,607	0,492	0,370	0,248	0,135	0,049

ESTE									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,895	0,786	0,669	0,550	0,423	0,296	0,166	0,050
FEBRERO	1,000	0,908	0,812	0,707	0,587	0,458	0,315	0,173	0,054
MARZO	1,000	0,921	0,838	0,748	0,643	0,512	0,356	0,198	0,065
ABRIL	1,000	0,930	0,858	0,780	0,691	0,581	0,430	0,234	0,072
MAYO	1,000	0,937	0,872	0,803	0,725	0,633	0,509	0,310	0,092
JUNIO	1,000	0,938	0,875	0,807	0,733	0,646	0,532	0,351	0,097
JULIO	1,000	0,937	0,873	0,804	0,728	0,638	0,519	0,328	0,095
AGOSTO	1,000	0,933	0,864	0,790	0,707	0,605	0,466	0,264	0,082
SEPTIEMBRE	1,000	0,924	0,845	0,760	0,660	0,537	0,377	0,208	0,066
OCTUBRE	1,000	0,912	0,821	0,720	0,604	0,469	0,325	0,177	0,055
NOVIEMBRE	1,000	0,903	0,802	0,692	0,579	0,453	0,315	0,169	0,058
DICIEMBRE	1,000	0,896	0,787	0,673	0,559	0,432	0,298	0,163	0,056

SURESTE									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,912	0,820	0,721	0,612	0,487	0,352	0,206	0,067
FEBRERO	1,000	0,919	0,835	0,745	0,645	0,526	0,383	0,224	0,076
MARZO	1,000	0,922	0,842	0,758	0,667	0,564	0,434	0,270	0,102
ABRIL	1,000	0,914	0,827	0,738	0,646	0,549	0,441	0,304	0,123
MAYO	1,000	0,902	0,803	0,704	0,605	0,503	0,398	0,283	0,139
JUNIO	1,000	0,895	0,790	0,685	0,579	0,473	0,366	0,256	0,133
JULIO	1,000	0,898	0,795	0,692	0,589	0,485	0,379	0,267	0,137
AGOSTO	1,000	0,910	0,819	0,727	0,632	0,535	0,429	0,303	0,133
SEPTIEMBRE	1,000	0,920	0,839	0,755	0,665	0,566	0,445	0,285	0,109
OCTUBRE	1,000	0,920	0,838	0,751	0,654	0,539	0,399	0,236	0,082
NOVIEMBRE	1,000	0,917	0,831	0,739	0,634	0,513	0,370	0,210	0,076
DICIEMBRE	1,000	0,911	0,818	0,718	0,609	0,485	0,345	0,197	0,071



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

$\alpha$ [°C]	SUR									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
ENERO	1,000	0,914	0,828	0,740	0,649	0,551	0,441	0,299	0,125	
FEBRERO	1,000	0,899	0,798	0,696	0,594	0,490	0,383	0,268	0,130	
MARZO	1,000	0,889	0,779	0,668	0,557	0,446	0,336	0,225	0,113	
ABRIL	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111	
MAYO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111	
JUNIO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111	
JULIO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111	
AGOSTO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111	
SEPTIEMBRE	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111	
OCTUBRE	1,000	0,894	0,787	0,681	0,574	0,467	0,358	0,246	0,124	
NOVIEMBRE	1,000	0,911	0,822	0,731	0,638	0,540	0,432	0,299	0,128	
DICIEMBRE	1,000	0,918	0,835	0,750	0,661	0,563	0,448	0,295	0,122	

$\alpha$ [°C]	SUROESTE									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
ENERO	1,000	0,915	0,827	0,731	0,624	0,508	0,368	0,212	0,076	
FEBRERO	1,000	0,920	0,837	0,748	0,648	0,531	0,388	0,222	0,080	
MARZO	1,000	0,922	0,842	0,758	0,667	0,564	0,436	0,274	0,100	
ABRIL	1,000	0,914	0,827	0,739	0,648	0,551	0,442	0,304	0,124	
MAYO	1,000	0,902	0,803	0,704	0,604	0,502	0,397	0,282	0,139	
JUNIO	1,000	0,895	0,790	0,685	0,579	0,473	0,366	0,256	0,133	
JULIO	1,000	0,898	0,795	0,692	0,589	0,484	0,378	0,267	0,136	
AGOSTO	1,000	0,910	0,819	0,727	0,633	0,535	0,429	0,303	0,131	
SEPTIEMBRE	1,000	0,920	0,839	0,755	0,666	0,566	0,446	0,286	0,112	
OCTUBRE	1,000	0,921	0,839	0,753	0,657	0,543	0,404	0,240	0,086	
NOVIEMBRE	1,000	0,914	0,826	0,730	0,623	0,499	0,366	0,219	0,068	
DICIEMBRE	1,000	0,910	0,816	0,713	0,604	0,477	0,339	0,192	0,069	

$\alpha$ [°C]	OESTE									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
ENERO	1,000	0,899	0,793	0,679	0,564	0,447	0,313	0,172	0,059	
FEBRERO	1,000	0,908	0,812	0,706	0,587	0,458	0,319	0,170	0,056	
MARZO	1,000	0,920	0,838	0,747	0,642	0,512	0,356	0,200	0,063	
ABRIL	1,000	0,930	0,858	0,780	0,692	0,582	0,431	0,237	0,073	
MAYO	1,000	0,937	0,871	0,802	0,724	0,632	0,507	0,309	0,092	
JUNIO	1,000	0,938	0,875	0,807	0,733	0,646	0,532	0,351	0,097	
JULIO	1,000	0,937	0,873	0,804	0,728	0,637	0,518	0,324	0,095	
AGOSTO	1,000	0,933	0,864	0,789	0,705	0,602	0,461	0,262	0,080	
SEPTIEMBRE	1,000	0,924	0,845	0,759	0,660	0,537	0,378	0,210	0,068	
OCTUBRE	1,000	0,912	0,819	0,718	0,600	0,469	0,327	0,180	0,059	
NOVIEMBRE	1,000	0,898	0,792	0,677	0,556	0,430	0,305	0,174	0,050	
DICIEMBRE	1,000	0,895	0,785	0,668	0,553	0,423	0,290	0,158	0,055	



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

$\alpha$ [°C]	NOROESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,870	0,734	0,598	0,482	0,372	0,252	0,137	0,050
FEBRERO	1,000	0,885	0,764	0,630	0,488	0,364	0,245	0,127	0,043
MARZO	1,000	0,906	0,808	0,699	0,569	0,411	0,259	0,138	0,043
ABRIL	1,000	0,925	0,847	0,760	0,658	0,527	0,340	0,155	0,044
MAYO	1,000	0,939	0,875	0,804	0,722	0,616	0,464	0,213	0,051
JUNIO	1,000	0,944	0,886	0,822	0,747	0,653	0,517	0,276	0,051
JULIO	1,000	0,941	0,880	0,813	0,734	0,634	0,489	0,236	0,051
AGOSTO	1,000	0,931	0,858	0,777	0,683	0,561	0,385	0,168	0,047
SEPTIEMBRE	1,000	0,913	0,822	0,721	0,602	0,449	0,274	0,141	0,044
OCTUBRE	1,000	0,891	0,776	0,649	0,504	0,367	0,245	0,131	0,043
NOVIEMBRE	1,000	0,871	0,736	0,596	0,470	0,352	0,243	0,136	0,042
DICIEMBRE	1,000	0,869	0,732	0,604	0,487	0,362	0,242	0,131	0,048

*Elaboración propia en base a FCEIA-02 y AGR-01. (Datos válidos para la ciudad de Rosario).*

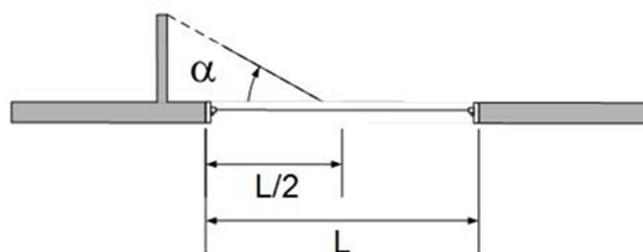


## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### G.1.2.3. Obstáculos laterales ( $f_{der}$ , $f_{izq}$ )

El factor de reducción del área de captación solar efectiva por sombras debidas a la existencia de obstáculos laterales, se obtienen de las **Tablas G.9 o Tablas G.10** según corresponda, para cada orientación y en función del ángulo ( $\alpha$ ) que queda comprendido entre la superficie del elemento considerado y el segmento que une la mitad de dicha superficie con el extremo del obstáculo lateral, tal como se muestra en la **Figura G.4**.

La distinción entre obstáculos laterales a izquierda o a derecha, se realiza mirando desde el elemento de la envolvente considerado, hacia el exterior.



**Figura G.4:** Ángulo característico del obstáculo lateral. (Vista superior)



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tablas G.9:** Factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales a la derecha ( $f_{der}$ ).

$\alpha$ [°C]	NORTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,890	0,799	0,710	0,634	0,553	0,481	0,416	0,323
FEBRERO	1,000	0,908	0,827	0,752	0,680	0,619	0,552	0,492	0,430
MARZO	1,000	0,931	0,863	0,797	0,731	0,666	0,603	0,537	0,482
ABRIL	1,000	0,953	0,904	0,851	0,793	0,729	0,659	0,587	0,520
MAYO	1,000	0,963	0,925	0,883	0,834	0,774	0,702	0,622	0,535
JUNIO	1,000	0,967	0,933	0,896	0,854	0,801	0,733	0,649	0,556
JULIO	1,000	0,966	0,931	0,893	0,849	0,794	0,726	0,645	0,555
AGOSTO	1,000	0,958	0,915	0,868	0,814	0,752	0,684	0,610	0,534
SEPTIEMBRE	1,000	0,941	0,880	0,818	0,756	0,691	0,628	0,564	0,501
OCTUBRE	1,000	0,916	0,839	0,768	0,700	0,635	0,572	0,514	0,449
NOVIEMBRE	1,000	0,899	0,813	0,736	0,659	0,591	0,524	0,443	0,389
DICIEMBRE	1,000	0,888	0,786	0,699	0,618	0,537	0,463	0,392	0,319

$\alpha$ [°C]	NORESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,919	0,835	0,743	0,637	0,511	0,370	0,250	0,159
FEBRERO	1,000	0,940	0,879	0,812	0,736	0,643	0,521	0,384	0,272
MARZO	1,000	0,961	0,920	0,877	0,829	0,771	0,694	0,579	0,440
ABRIL	1,000	0,975	0,949	0,923	0,894	0,862	0,823	0,765	0,660
MAYO	1,000	0,981	0,961	0,941	0,920	0,898	0,874	0,843	0,787
JUNIO	1,000	0,982	0,964	0,946	0,928	0,909	0,890	0,867	0,835
JULIO	1,000	0,982	0,963	0,944	0,925	0,906	0,884	0,859	0,819
AGOSTO	1,000	0,977	0,954	0,931	0,906	0,878	0,846	0,800	0,709
SEPTIEMBRE	1,000	0,967	0,934	0,898	0,859	0,814	0,754	0,662	0,532
OCTUBRE	1,000	0,948	0,894	0,836	0,770	0,690	0,582	0,445	0,317
NOVIEMBRE	1,000	0,923	0,842	0,754	0,653	0,530	0,389	0,265	0,174
DICIEMBRE	1,000	0,908	0,813	0,708	0,588	0,448	0,304	0,191	0,114

$\alpha$ [°C]	ESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,969	0,938	0,906	0,872	0,836	0,795	0,740	0,631
FEBRERO	1,000	0,973	0,946	0,918	0,890	0,862	0,831	0,797	0,748
MARZO	1,000	0,973	0,946	0,920	0,893	0,866	0,839	0,812	0,785
ABRIL	1,000	0,970	0,941	0,911	0,882	0,852	0,822	0,793	0,763
MAYO	1,000	0,967	0,933	0,900	0,866	0,833	0,799	0,766	0,732
JUNIO	1,000	0,963	0,926	0,890	0,853	0,816	0,779	0,742	0,706
JULIO	1,000	0,964	0,928	0,893	0,857	0,821	0,785	0,749	0,713
AGOSTO	1,000	0,969	0,937	0,906	0,874	0,843	0,811	0,780	0,748
SEPTIEMBRE	1,000	0,972	0,945	0,917	0,890	0,862	0,834	0,807	0,779
OCTUBRE	1,000	0,973	0,947	0,920	0,893	0,866	0,838	0,808	0,772
NOVIEMBRE	1,000	0,970	0,940	0,910	0,878	0,844	0,806	0,756	0,661
DICIEMBRE	1,000	0,968	0,935	0,901	0,865	0,826	0,779	0,713	0,573



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

SURESTE									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,965	0,929	0,894	0,859	0,823	0,788	0,753	0,717
FEBRERO	1,000	0,959	0,919	0,878	0,837	0,797	0,756	0,715	0,675
MARZO	1,000	0,947	0,894	0,841	0,788	0,735	0,682	0,629	0,576
ABRIL	1,000	0,924	0,849	0,773	0,697	0,622	0,546	0,471	0,395
MAYO	1,000	0,905	0,810	0,716	0,621	0,526	0,431	0,337	0,242
JUNIO	1,000	0,896	0,792	0,689	0,585	0,481	0,377	0,273	0,169
JULIO	1,000	0,900	0,799	0,699	0,598	0,498	0,398	0,297	0,197
AGOSTO	1,000	0,917	0,834	0,751	0,668	0,585	0,502	0,419	0,336
SEPTIEMBRE	1,000	0,940	0,879	0,819	0,759	0,698	0,638	0,578	0,518
OCTUBRE	1,000	0,956	0,912	0,867	0,823	0,779	0,735	0,691	0,647
NOVIEMBRE	1,000	0,965	0,929	0,894	0,858	0,823	0,787	0,752	0,716
DICIEMBRE	1,000	0,967	0,935	0,902	0,869	0,837	0,804	0,771	0,738

SUR									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,840	0,710	0,609	0,530	0,456	0,382	0,308	0,235
FEBRERO	1,000	0,864	0,748	0,647	0,549	0,451	0,353	0,255	0,157
MARZO	1,000	0,887	0,777	0,666	0,555	0,445	0,334	0,223	0,113
ABRIL	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
MAYO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
JUNIO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
JULIO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
AGOSTO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
SEPTIEMBRE	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
OCTUBRE	1,000	0,873	0,765	0,658	0,553	0,448	0,343	0,238	0,133
NOVIEMBRE	1,000	0,847	0,727	0,629	0,545	0,465	0,386	0,307	0,227
DICIEMBRE	1,000	0,844	0,719	0,618	0,539	0,472	0,406	0,340	0,274

SUROESTE									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,903	0,803	0,695	0,576	0,441	0,279	0,112	0,039
FEBRERO	1,000	0,872	0,746	0,623	0,486	0,336	0,189	0,086	0,041
MARZO	1,000	0,842	0,693	0,542	0,402	0,269	0,171	0,110	0,056
ABRIL	1,000	0,817	0,655	0,516	0,395	0,303	0,227	0,152	0,077
MAYO	1,000	0,829	0,693	0,576	0,477	0,382	0,287	0,192	0,097
JUNIO	1,000	0,863	0,737	0,631	0,527	0,423	0,320	0,216	0,112
JULIO	1,000	0,857	0,720	0,615	0,513	0,412	0,312	0,211	0,110
AGOSTO	1,000	0,817	0,665	0,529	0,422	0,333	0,250	0,167	0,084
SEPTIEMBRE	1,000	0,832	0,675	0,522	0,384	0,269	0,187	0,126	0,066
OCTUBRE	1,000	0,867	0,732	0,596	0,455	0,309	0,174	0,093	0,046
NOVIEMBRE	1,000	0,890	0,782	0,671	0,544	0,404	0,243	0,100	0,037
DICIEMBRE	1,000	0,904	0,806	0,702	0,591	0,454	0,291	0,119	0,033



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

$\alpha$ [°C]	OESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,963	0,924	0,885	0,842	0,793	0,736	0,674	0,574
FEBRERO	1,000	0,950	0,899	0,845	0,784	0,720	0,649	0,542	0,395
MARZO	1,000	0,929	0,856	0,775	0,688	0,601	0,485	0,342	0,161
ABRIL	1,000	0,905	0,806	0,697	0,580	0,464	0,322	0,172	0,054
MAYO	1,000	0,883	0,761	0,627	0,502	0,365	0,227	0,104	0,047
JUNIO	1,000	0,869	0,732	0,582	0,459	0,308	0,184	0,089	0,051
JULIO	1,000	0,873	0,739	0,596	0,471	0,324	0,195	0,090	0,048
AGOSTO	1,000	0,893	0,780	0,660	0,544	0,414	0,282	0,139	0,045
SEPTIEMBRE	1,000	0,921	0,840	0,752	0,652	0,552	0,427	0,280	0,106
OCTUBRE	1,000	0,937	0,877	0,820	0,756	0,678	0,591	0,477	0,313
NOVIEMBRE	1,000	0,956	0,911	0,867	0,824	0,775	0,714	0,631	0,512
DICIEMBRE	1,000	0,966	0,932	0,896	0,861	0,823	0,777	0,715	0,630

$\alpha$ [°C]	NOROESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,963	0,926	0,888	0,848	0,806	0,772	0,736	0,692
FEBRERO	1,000	0,959	0,923	0,885	0,845	0,799	0,754	0,711	0,640
MARZO	1,000	0,952	0,904	0,859	0,816	0,766	0,707	0,656	0,576
ABRIL	1,000	0,938	0,882	0,825	0,764	0,708	0,634	0,555	0,447
MAYO	1,000	0,929	0,856	0,790	0,717	0,640	0,554	0,458	0,339
JUNIO	1,000	0,920	0,844	0,765	0,689	0,599	0,506	0,397	0,266
JULIO	1,000	0,926	0,851	0,779	0,704	0,619	0,527	0,421	0,290
AGOSTO	1,000	0,932	0,871	0,811	0,741	0,676	0,594	0,502	0,389
SEPTIEMBRE	1,000	0,947	0,899	0,846	0,793	0,745	0,681	0,615	0,522
OCTUBRE	1,000	0,958	0,916	0,871	0,830	0,790	0,743	0,677	0,623
NOVIEMBRE	1,000	0,959	0,920	0,884	0,850	0,813	0,773	0,721	0,683
DICIEMBRE	1,000	0,963	0,928	0,892	0,856	0,818	0,780	0,740	0,702

*Elaboración propia en base a FCEIA-02 y AGR-01. (Datos válidos para la ciudad de Rosario).*



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tablas G.10:** Factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales a la izquierda ( $f_{izq}$ ).

$\alpha$ [°C]	NORTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,899	0,808	0,725	0,645	0,571	0,497	0,416	0,365
FEBRERO	1,000	0,909	0,828	0,751	0,684	0,616	0,550	0,487	0,417
MARZO	1,000	0,932	0,865	0,798	0,734	0,668	0,603	0,544	0,469
ABRIL	1,000	0,953	0,904	0,851	0,792	0,729	0,660	0,585	0,509
MAYO	1,000	0,963	0,925	0,884	0,836	0,777	0,705	0,625	0,539
JUNIO	1,000	0,967	0,933	0,896	0,854	0,801	0,733	0,649	0,556
JULIO	1,000	0,966	0,930	0,891	0,846	0,791	0,721	0,637	0,543
AGOSTO	1,000	0,958	0,914	0,867	0,813	0,751	0,681	0,604	0,520
SEPTIEMBRE	1,000	0,941	0,882	0,820	0,758	0,694	0,631	0,567	0,502
OCTUBRE	1,000	0,917	0,841	0,771	0,703	0,638	0,575	0,503	0,443
NOVIEMBRE	1,000	0,894	0,806	0,720	0,642	0,568	0,492	0,430	0,345
DICIEMBRE	1,000	0,885	0,780	0,695	0,612	0,526	0,456	0,389	0,306

$\alpha$ [°C]	NORESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,958	0,922	0,888	0,853	0,816	0,776	0,726	0,684
FEBRERO	1,000	0,960	0,919	0,878	0,838	0,802	0,760	0,704	0,672
MARZO	1,000	0,953	0,909	0,862	0,812	0,767	0,715	0,647	0,580
ABRIL	1,000	0,936	0,879	0,824	0,760	0,703	0,633	0,559	0,448
MAYO	1,000	0,929	0,857	0,792	0,719	0,643	0,557	0,462	0,343
JUNIO	1,000	0,920	0,844	0,765	0,689	0,599	0,506	0,397	0,266
JULIO	1,000	0,922	0,847	0,770	0,696	0,609	0,520	0,417	0,294
AGOSTO	1,000	0,934	0,867	0,804	0,738	0,667	0,590	0,507	0,397
SEPTIEMBRE	1,000	0,947	0,898	0,846	0,794	0,745	0,682	0,621	0,527
OCTUBRE	1,000	0,954	0,911	0,871	0,831	0,784	0,736	0,692	0,614
NOVIEMBRE	1,000	0,963	0,927	0,889	0,849	0,806	0,770	0,733	0,680
DICIEMBRE	1,000	0,964	0,928	0,892	0,854	0,816	0,779	0,741	0,704

$\alpha$ [°C]	ESTE								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,959	0,917	0,876	0,836	0,792	0,737	0,661	0,556
FEBRERO	1,000	0,946	0,893	0,844	0,791	0,728	0,645	0,549	0,389
MARZO	1,000	0,921	0,851	0,779	0,696	0,597	0,489	0,343	0,160
ABRIL	1,000	0,906	0,808	0,702	0,581	0,463	0,319	0,171	0,053
MAYO	1,000	0,884	0,762	0,628	0,503	0,366	0,227	0,103	0,047
JUNIO	1,000	0,869	0,732	0,582	0,459	0,308	0,184	0,089	0,051
JULIO	1,000	0,874	0,744	0,601	0,477	0,331	0,203	0,094	0,049
AGOSTO	1,000	0,896	0,790	0,674	0,549	0,428	0,279	0,134	0,046
SEPTIEMBRE	1,000	0,923	0,842	0,754	0,653	0,553	0,425	0,278	0,103
OCTUBRE	1,000	0,945	0,887	0,826	0,756	0,684	0,601	0,475	0,311
NOVIEMBRE	1,000	0,961	0,922	0,880	0,835	0,783	0,728	0,662	0,549
DICIEMBRE	1,000	0,967	0,933	0,898	0,862	0,823	0,777	0,719	0,634



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

<b>SURESTE</b>									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,965	0,929	0,894	0,859	0,823	0,788	0,753	0,717
FEBRERO	1,000	0,959	0,919	0,878	0,837	0,797	0,756	0,715	0,675
MARZO	1,000	0,947	0,894	0,841	0,788	0,735	0,682	0,629	0,576
ABRIL	1,000	0,924	0,849	0,773	0,697	0,622	0,546	0,471	0,395
MAYO	1,000	0,905	0,810	0,716	0,621	0,526	0,431	0,337	0,242
JUNIO	1,000	0,896	0,792	0,689	0,585	0,481	0,377	0,273	0,169
JULIO	1,000	0,900	0,799	0,699	0,598	0,498	0,398	0,297	0,197
AGOSTO	1,000	0,917	0,834	0,751	0,668	0,585	0,502	0,419	0,336
SEPTIEMBRE	1,000	0,940	0,879	0,819	0,759	0,698	0,638	0,578	0,518
OCTUBRE	1,000	0,956	0,912	0,867	0,823	0,779	0,735	0,691	0,647
NOVIEMBRE	1,000	0,965	0,929	0,894	0,858	0,823	0,787	0,752	0,716
DICIEMBRE	1,000	0,967	0,935	0,902	0,869	0,837	0,804	0,771	0,738

<b>SUR</b>									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,840	0,710	0,609	0,530	0,456	0,382	0,308	0,235
FEBRERO	1,000	0,864	0,748	0,647	0,549	0,451	0,353	0,255	0,157
MARZO	1,000	0,887	0,777	0,666	0,555	0,445	0,334	0,223	0,113
ABRIL	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
MAYO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
JUNIO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
JULIO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
AGOSTO	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
SEPTIEMBRE	1,000	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
OCTUBRE	1,000	0,873	0,765	0,658	0,553	0,448	0,343	0,238	0,133
NOVIEMBRE	1,000	0,847	0,727	0,629	0,545	0,465	0,386	0,307	0,227
DICIEMBRE	1,000	0,844	0,719	0,618	0,539	0,472	0,406	0,340	0,274

<b>SUROESTE</b>									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,965	0,930	0,895	0,860	0,825	0,790	0,755	0,720
FEBRERO	1,000	0,959	0,919	0,878	0,837	0,797	0,756	0,715	0,675
MARZO	1,000	0,947	0,893	0,840	0,786	0,733	0,679	0,626	0,572
ABRIL	1,000	0,925	0,851	0,776	0,701	0,626	0,552	0,477	0,402
MAYO	1,000	0,905	0,810	0,715	0,620	0,525	0,430	0,335	0,240
JUNIO	1,000	0,896	0,792	0,689	0,585	0,481	0,377	0,273	0,169
JULIO	1,000	0,899	0,799	0,698	0,598	0,497	0,397	0,296	0,195
AGOSTO	1,000	0,917	0,834	0,752	0,669	0,586	0,503	0,420	0,338
SEPTIEMBRE	1,000	0,940	0,880	0,819	0,759	0,699	0,639	0,578	0,518
OCTUBRE	1,000	0,955	0,911	0,866	0,821	0,777	0,732	0,687	0,643
NOVIEMBRE	1,000	0,963	0,926	0,890	0,853	0,816	0,779	0,743	0,706
DICIEMBRE	1,000	0,967	0,935	0,902	0,869	0,837	0,804	0,771	0,739



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

OESTE									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,968	0,937	0,904	0,870	0,833	0,789	0,731	0,614
FEBRERO	1,000	0,973	0,946	0,918	0,890	0,861	0,831	0,797	0,747
MARZO	1,000	0,973	0,946	0,919	0,892	0,865	0,838	0,810	0,782
ABRIL	1,000	0,970	0,941	0,911	0,882	0,852	0,823	0,793	0,764
MAYO	1,000	0,966	0,932	0,899	0,865	0,831	0,797	0,763	0,729
JUNIO	1,000	0,963	0,926	0,890	0,853	0,816	0,779	0,742	0,706
JULIO	1,000	0,965	0,930	0,894	0,859	0,824	0,789	0,754	0,718
AGOSTO	1,000	0,969	0,937	0,906	0,875	0,844	0,812	0,781	0,750
SEPTIEMBRE	1,000	0,972	0,944	0,917	0,889	0,861	0,833	0,805	0,778
OCTUBRE	1,000	0,973	0,946	0,919	0,892	0,864	0,836	0,806	0,769
NOVIEMBRE	1,000	0,970	0,940	0,909	0,877	0,843	0,804	0,755	0,662
DICIEMBRE	1,000	0,968	0,936	0,902	0,867	0,828	0,782	0,717	0,582

NOROESTE									
$\alpha$ [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,917	0,832	0,738	0,631	0,502	0,364	0,250	0,164
FEBRERO	1,000	0,940	0,878	0,811	0,734	0,640	0,518	0,383	0,272
MARZO	1,000	0,961	0,921	0,878	0,830	0,773	0,697	0,585	0,450
ABRIL	1,000	0,975	0,949	0,922	0,893	0,860	0,820	0,760	0,648
MAYO	1,000	0,980	0,961	0,941	0,920	0,898	0,873	0,843	0,787
JUNIO	1,000	0,982	0,964	0,946	0,928	0,909	0,890	0,867	0,835
JULIO	1,000	0,982	0,964	0,945	0,926	0,907	0,886	0,861	0,821
AGOSTO	1,000	0,978	0,955	0,931	0,906	0,879	0,847	0,801	0,712
SEPTIEMBRE	1,000	0,967	0,933	0,897	0,858	0,812	0,752	0,659	0,526
OCTUBRE	1,000	0,948	0,895	0,837	0,772	0,692	0,585	0,452	0,331
NOVIEMBRE	1,000	0,925	0,847	0,762	0,665	0,547	0,411	0,287	0,193
DICIEMBRE	1,000	0,909	0,814	0,710	0,591	0,451	0,306	0,189	0,108

*Elaboración propia en base a FCEIA-02 y AGR-01. (Datos válidos para la ciudad de Rosario).*



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

### ANEXO H

#### CAPACIDAD TÉRMICA INTERNA

La capacidad térmica interna de una determinada zona térmica brinda una estimación de la energía que pueden acumular los elementos constructivos que conforman la envolvente térmica que la delimita, y aquellos interiores a la misma. En otras palabras, representa el grado de insensibilidad de la zona térmica a las variaciones de temperatura.

##### H.1. Elementos constructivos a considerar en el cálculo

Para calcular el valor de la capacidad térmica interna de una zona determinada, en primer lugar, se deberán identificar los elementos constructivos a considerar en el cálculo, de acuerdo a la siguiente diferenciación:

- En el caso de zonas térmicas compuestas por un único ambiente climatizado, es decir, sin elementos de separación internos (paredes internas, losas de entrepiso, entre otros), se deberán considerar únicamente los elementos que componen la envolvente térmica que delimita la zona.
- En el caso de zonas térmicas compuestas por más de un ambiente climatizado, se deberán considerar, además de los elementos que componen la envolvente térmica que delimita la zona, los elementos constructivos que materializan la división entre los distintos ambientes.

En ambos casos, se consideran únicamente los elementos opacos (elementos estructurales, mampostería, cubiertas, entre otros); es decir, se excluyen todos aquellos cerramientos transparentes y aberturas de cualquier tipo, ya que no tendrán incidencia en el cálculo de la capacidad térmica interna de la zona, dado que su masa es despreciable en comparación con la del resto de los elementos constructivos.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### H.2. Capacidad térmica interna ( $C$ )

La capacidad térmica interna de una determinada zona térmica, se calcula según la expresión (H.1):

$$C = \left[ \frac{1}{3,6} \sum_{i=1}^N A_i \kappa_{m,i} \right] 10^{-6} \quad \left[ \frac{kWh}{K} \right] \quad (\text{H.1})$$

Siendo:

$A_i$ : el área interna del i-ésimo elemento considerado, expresada en  $m^2$ ;

$\kappa_{m,i}$ : la capacidad térmica por unidad de superficie del i-ésimo elemento considerado, en  $J/m^2K$ ;

$N$ : el número de elementos que se contabilizan para el cálculo, según lo establecido en el **Apartado H.1**.

La capacidad térmica por unidad de superficie ( $\kappa_m$ ) que aparece en la expresión (H.1), se calcula de manera diferente para cada elemento constructivo, de acuerdo con su tipología. En el presente procedimiento, se distinguen tres tipos de elementos constructivos a los fines del cálculo de la capacidad térmica por unidad de superficie, que se enumeran a continuación:

- **TIPO 1:** Elementos de la envolvente térmica adyacentes al exterior, según **Apartado H.2.1**.
- **TIPO 2:** Elementos de la envolvente térmica adyacentes a otra zona térmica o a un ambiente no climatizado, según **Apartado H.2.2**.
- **TIPO 3:** Elementos internos a la zona térmica, según **Apartado H.2.3**.

En los tres casos, para el cálculo de la capacidad térmica por unidad de superficie, se deben considerar todas las capas que conforman el espesor del elemento constructivo, excepto los revestimientos livianos (maderas, alfombras, revestimientos en seco, entre otros). El efecto de la resistencia térmica que agregan estos revestimientos, se contempla mediante una corrección al valor de la capacidad térmica por unidad de superficie, tal como se indica en el **Apartado H.3**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### H.2.1. Capacidad térmica por unidad de superficie ( $\kappa_m$ ) en elementos TIPO 1

Para calcular el valor de la capacidad térmica por unidad de superficie de un elemento constructivo determinado, es necesario definir previamente parámetros que caractericen el comportamiento dinámico del mismo y que condensen en único valor las propiedades térmicas de las distintas capas que lo conforman. Los correspondientes parámetros se calculan según las expresiones (H.2) a (H.9).

❖ **Densidad equivalente:**

$$\rho_{eq} = \frac{1}{e_T} \sum_{j=1}^M \rho_j e_j \quad \left[ \frac{kg}{m^3} \right] \quad (H.2)$$

Siendo:

$\rho_j$ : la densidad del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $kg/m^3$ , obtenida del **ANEXO J**;

$e_j$ : el espesor de la j-ésima capa del elemento constructivo considerado, expresado en  $m$ ;

$e_T$ : el espesor total del elemento constructivo considerado, expresado en  $m$ ;

$M$ : la cantidad total de capas que componen el elemento constructivo considerado.

❖ **Calor específico equivalente:**

$$c_{eq} = \frac{1}{e_T} \sum_{j=1}^M c_j e_j \quad \left[ \frac{J}{kgK} \right] \quad (H.3)$$

Siendo:

$c_j$ : el calor específico del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $J/kgK$ , obtenida del **ANEXO J**;

$e_j$ : el espesor de la j-ésima capa del elemento constructivo considerado, expresado en  $m$ ;

$e_T$ : el espesor total del elemento constructivo considerado, expresado en  $m$ ;

$M$ : la cantidad total de capas que componen el elemento constructivo considerado.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

### ❖ Conductividad equivalente:

$$\lambda_{eq} = \frac{1}{e_T} \sum_{j=1}^M \lambda_j e_j \quad \left[ \frac{W}{mK} \right] \quad (\text{H.4})$$

Siendo:

$\lambda_k$ : la conductividad térmica del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $W/mK$ , obtenida del **ANEXO J**;

$e_j$ : el espesor de la j-ésima capa del elemento constructivo considerado, expresado en  $m$ ;

$e_T$ : el espesor total del elemento constructivo considerado, expresado en  $m$ ;

$M$ : la cantidad total de capas que componen el elemento constructivo considerado.

### ❖ Difusividad equivalente:

$$\alpha_{eq} = \frac{\lambda_{eq}}{\rho_{eq} c_{eq}} \quad \left[ \frac{m^2}{s} \right] \quad (\text{H.5})$$

Siendo:

$\lambda_{eq}$ : la conductividad equivalente del elemento constructivo considerado, en  $W/mK$ ;

$\rho_{eq}$ : la densidad equivalente del elemento constructivo considerado, en  $kg/m^3$ ;

$c_{eq}$ : el calor específico equivalente del elemento constructivo considerado, en  $J/kgK$ .

### ❖ Espesor equivalente:

$$e_{eq} = \frac{1}{\rho_{eq} c_{eq}} \sum_{j=1}^M \rho_j c_j e_j \quad [m] \quad (\text{H.6})$$

Siendo:

$\rho_{eq}$ : la densidad equivalente del elemento constructivo considerado, en  $kg/m^3$ ;

$c_{eq}$ : el calor específico equivalente del elemento constructivo considerado, en  $J/kgK$ .

$\rho_j$ : la densidad del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $kg/m^3$ , obtenida del **ANEXO J**;

$c_j$ : el calor específico del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $J/kgK$ , obtenida del **ANEXO J**;

$e_j$ : el espesor de la j-ésima capa del elemento constructivo considerado, expresado en  $m$ .



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ❖ Profundidad de penetración periódica:

$$\delta = 166\sqrt{\alpha_{eq}} \quad [m] \quad (\text{H.7})$$

Siendo:

$\alpha_{eq}$ : la difusividad equivalente, expresada en  $m^2/s$ .

### ❖ Relación entre el espesor equivalente y la profundidad de penetración periódica:

$$\zeta = \frac{e_{eq}}{\delta} \quad (\text{H.8})$$

Siendo:

$e_{eq}$ : el espesor equivalente del elemento constructivo considerado, expresado en  $m$ ;

$\delta$ : la profundidad de penetración periódica, expresada en  $m$ .

### ❖ Factor de corrección dinámico:

$$\Psi = \alpha c_{eq} \rho_{eq} \zeta (10^{-6}) + \beta e_{int} \rho_{int} c_{int} (10^{-6}) + \gamma \quad (\text{H.9})$$

Siendo:

$c_{eq}$ : el calor específico equivalente del elemento constructivo considerado, en  $J/kgK$ ;

$\rho_{eq}$ : la densidad equivalente del elemento constructivo considerado, en  $kg/m^3$ ;

$\zeta$ : la relación entre el espesor equivalente y la profundidad de penetración periódica;

$e_{int}$ : el espesor de la primera capa de la cara interna del elemento constructivo considerado, en  $m$ ;

$\rho_{int}$ : la densidad del material de la primera capa de la cara interna del elemento constructivo considerado, expresada en  $kg/m^3$ ;

$c_{int}$ : el calor específico del material de la primera capa de la cara interna del elemento constructivo considerado, expresado en  $J/kgK$ ;

$\alpha, \beta, \gamma$ : son coeficientes de ajuste del factor de corrección periódico – estacionario, que contemplan la distribución de las capas que conforman el elemento constructivo considerado, según **Tabla H.1**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla H.1:** Coeficientes de ajuste del factor de corrección periódico – estacionario ( $\alpha, \beta, \gamma$ ).

COMPOSICIÓN DEL ELEMENTO (Desde el interior hacia el exterior)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Maciza	1,797	0,053	0,141
Maciza - Hueca	1,744	0,168	-0,003
Maciza - Aislante - Maciza	2,067	-2,581	0,229
Maciza - Aislante - Hueca	1,462	0,593	0,235
Hueca	2,494	0,101	0,098
Hueca - Maciza	3,063	-5,658	0,013
Hueca - Aislante - Maciza	3,402	0,059	0,235
Hueca - Aislante - Hueca	2,756	-3,993	0,389

*Elaboración propia en base a Norma ISO 13786 y FCEIA-01.*

Finalmente, la capacidad térmica periódica por unidad de superficie de un determinado elemento constructivo, se calcula según la expresión (H.10).

$$\kappa_m = \frac{1}{\psi} c_{eq} \rho_{eq} e_T \quad \left[ \frac{J}{m^2 K} \right] \quad (\text{H.10})$$

Siendo:

$c_{eq}$ : el calor específico equivalente del elemento constructivo considerado, en  $J/kgK$ ;

$\rho_{eq}$ : la densidad equivalente del elemento constructivo considerado, en  $kg/m^3$ ;

$e_T$ : el espesor total del elemento constructivo considerado, expresado en  $m$ ;

$\psi$ : el factor de corrección dinámico.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### H.2.2. Capacidad térmica por unidad de superficie ( $\kappa_m$ ) en elementos TIPO 2

Para calcular el valor de la capacidad térmica por unidad de superficie de un elemento constructivo adyacente a otra zona térmica o a un ambiente no climatizado, resulta necesario identificar si el mismo presenta una capa de material aislante ( $\lambda < 0,05 \text{ W/mK}$ ), o no.

En base a ello, se deberán aplicar las expresiones (H.11) y (H.12), según corresponda.

- Si el elemento constructivo considerado presenta al menos una capa compuesta por un material aislante, la capacidad térmica por unidad de superficie se calcula según la expresión (H.11):

$$\kappa_m = \sum_{j=1}^M \rho_j c_j e_j \quad \left[ \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{K}} \right] \quad (\text{H.11})$$

Siendo:

$\rho_j$ : la densidad del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $\text{kg/m}^3$ , obtenida del ANEXO J;

$c_j$ : el calor específico del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $\text{J/kgK}$ , obtenida del ANEXO J;

$e_j$ : el espesor de la j-ésima capa del elemento constructivo considerado, expresado en  $\text{m}$ .

$M$ : la cantidad de capas que componen el elemento constructivo, hasta el primer aislante.

- Si el elemento constructivo considerado no posee capas compuestas por material aislante, la capacidad térmica por unidad de superficie se calcula según la expresión (H.12):

$$\kappa_m = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^M \rho_j c_j e_j \quad \left[ \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{K}} \right] \quad (\text{H.12})$$

Siendo:

$\rho_j$ : la densidad del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $\text{kg/m}^3$ , obtenida del ANEXO J;

$c_j$ : el calor específico del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $\text{J/kgK}$ , obtenida del ANEXO J;

$e_j$ : el espesor de la j-ésima capa del elemento constructivo considerado, expresado en  $\text{m}$ .

$M$ : la cantidad total de capas que componen el elemento constructivo considerado.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### H.2.3. Capacidad térmica por unidad de superficie ( $\kappa_m$ ) en elementos TIPO 3

El valor de la capacidad térmica por unidad de superficie de un elemento constructivo interno a la zona térmica, es decir, que divide ambientes climatizados que forman parte de la misma, se calcula según la expresión (H.13).

$$\kappa_m = \sum_{j=1}^M \rho_j c_j e_j \quad \left[ \frac{J}{m^2 K} \right] \quad (\text{H.13})$$

Siendo:

$\rho_j$ : la densidad del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $kg/m^3$ , obtenida del **ANEXO J**;

$c_j$ : el calor específico del material de la j-ésima capa que conforma el elemento constructivo considerado, expresada en  $J/kgK$ , obtenida del **ANEXO J**;

$e_j$ : el espesor de la j-ésima capa del elemento constructivo considerado, expresado en  $m$ .

$M$ : la cantidad total de capas que componen el elemento constructivo considerado.

### H.3. Capacidad térmica por unidad de superficie corregida ( $\kappa'_m$ )

En los casos los que el elemento constructivo considerado posea revestimientos livianos, se deberá corregir el valor de la capacidad térmica por unidad de superficie según la expresión (H.14). Se consideran revestimientos livianos aquellos que poseen masa despreciable pero una resistencia térmica importante, como por ejemplo, revestimientos de madera.

$$\kappa'_m = \sqrt{\frac{\kappa_m^2}{1 + \omega^2 \kappa_m^2 (R + R_{si})^2}} \quad \left[ \frac{J}{m^2 K} \right] \quad (\text{H.14})$$

Siendo:

$\kappa_m$ : la capacidad térmica por unidad de superficie del elemento constructivo considerado, calculada según **Apartado H.2.1 / H.2.2 / H.2.3**, expresada en  $J/m^2K$ ;

$\omega$ : la frecuencia angular que para variaciones diarias toma el valor de  $73(10^{-6}) 1/s$ ;

$R$ : la resistencia térmica del revestimiento liviano, expresada en  $m^2K/W$ ;

$R_{si}$ : la resistencia superficial interna, que representa la resistencia térmica de la capa superficial de aire adyacente a la superficie interior del elemento considerado; se obtiene de la **Tabla B.2**, en  $m^2K/W$ .



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ANEXO I

#### NIVEL GENERAL DE ILUMINACIÓN NATURAL

El nivel general de iluminación natural representa la capacidad de aprovechamiento, de un ambiente determinado, de la luz natural diurna disponible en el mismo. En otras palabras, da una aproximación del comportamiento de un ambiente en relación a la luz natural que recibe.

Un ambiente podrá ser clasificado como muy luminoso, moderadamente luminoso, o poco luminoso; lo que se traduce en un nivel general de iluminación natural fuerte, medio, o débil, respectivamente.

El nivel general de iluminación natural de un ambiente, se determina según la **Tabla I.1**, en relación al correspondiente valor del factor de luz natural, calculado según el **Apartado I.2**.

**Tabla I.1:** Nivel general de iluminación natural.

D [%]	NIVEL GENERAL DE ILUMINACIÓN NATURAL
$D \geq 3\%$	FUERTE
$3\% > D \geq 2\%$	MEDIO
$D < 2\%$	DÉBIL

*Fuente: Norma Europea UNE EN 15193:2007.*

#### I.1. Factor de luz natural (D)

El factor de luz natural representa la capacidad de aprovechamiento de la luz natural diurna disponible en un ambiente determinado, en función de características geométricas del mismo, de los elementos que lo delimitan, y de los posibles obstáculos que se interpongan a la radiación solar directa.

El factor de luz natural de un ambiente determinado, se calcula según la expresión (I.1):

$$D = (4,13 + 20 I_T - 1,36 I_P) F_s \quad [\%] \quad (\text{I.1})$$

Siendo:

$I_T$ : el índice de transparencia del ambiente considerado, según **Apartado I.1.1**;

$I_P$ : el índice de profundidad del ambiente considerado, que se adopta igual a 2,50;

$F_s$ : el factor de reducción del área de captación solar efectiva, debido a sombras generadas por elementos externos, calculado según **Apartado G.1.2**.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### I.1.1. Índice de transparencia ( $I_T$ )

El índice de transparencia del i-ésimo ambiente considerado, se calcula según la expresión (I.2):

$$I_{T,i} = \frac{A_{ab,i}}{A_{u,i}} \quad (\text{I.2})$$

Siendo:

$A_{ab,i}$ : el área total de vanos de las aberturas que poseen superficies transparentes con incidencia de la radiación solar, en el i-ésimo ambiente considerado, expresada en  $m^2$ ;

$A_{u,i}$ : la superficie útil del i-ésimo ambiente considerado, expresada en  $m^2$ .

### I.2 Factor de luz natural corregido ( $D'$ )

Con el objetivo de considerar el impacto de las aberturas existentes y de las correspondientes protecciones o sistema de oscurecimiento, sobre el nivel de iluminación interior de un ambiente, se calcula un valor corregido del factor de luz natural ( $D$ ) mediante una estimación simplificada, según la expresión (I.3):

$$D' = D \tau_{D65} k_1 k_2 k_3 \quad [\%] \quad (\text{I.3})$$

Siendo:

$D$ : el factor de luz natural, expresado en %, calculado según **Apartado I.1**;

$\tau_{D65}$ : el factor de transmisión hemisférica directa de las aberturas, obtenida de la **Tabla I.2**;

$k_1$ : el factor de corrección por elementos de la abertura, según **Apartado I.2.1**;

$k_2$ : el factor de corrección por suciedad del acristalamiento, según **Apartado I.2.2**;

$k_3$ : el factor de corrección por ángulo de incidencia, que se adopta igual a 0,90.

**Tabla I.2:** Factor de transmisión hemisférica directa ( $\tau_{D65}$ ).

TIPO DE VIDRIO	$\tau_{D65}$
Vidrio simple	0,90
Vidrio simple, bajo emisivo	0,85
Vidrio doble	0,82
Vidrio doble, bajo emisivo	0,78
Vidrio triple	0,75
Vidrio triple, bajo emisivo	0,69

*Fuente: UNE EN 15193:2008.*



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### I.2.1. Factor de corrección por elementos de la abertura ( $k_1$ )

El factor de corrección por elementos de la abertura, se obtiene de la **Tabla I.3**, de acuerdo con los elementos de la abertura que contribuyen a disminuir la incidencia de la luz natural en el interior del ambiente. En caso de existir más de un elemento en una abertura considerada, se deberán multiplicar los factores correspondientes a los elementos individuales.

**Tabla I.3:** Factor de corrección por elementos de la abertura ( $k_1$ ).

ELEMENTOS DE LA ABERTURA	$k_1$
Abertura con vidrio simple de 4 mm	1,00
Abertura con doble vidrio	0,90
Vidrio esmerilado	0,90 – 1,00
Mosquitero	0,60 – 0,80
Rejas	0,90 – 0,95
Tela de protección solar	0,15 – 0,40

Fuente: Iluminación, Asociación Argentina de Luminotecnia.

### I.2.2. Factor de corrección por suciedad ( $k_2$ )

El factor de corrección por suciedad, se obtiene de la **Tabla I.6**, en función del índice de transparencia del ambiente considerado, calculado según **Apartado I.1.1**, el factor de reflexión de pisos y el factor de reflexión de paredes, según valores obtenidos de **Tabla I.4** y **Tabla I.5**, respectivamente.

**Tabla I.4:** Factor de reflexión de pisos.

Alfombra oscura (marrón, rojo, azul, negro)	
Baldosa oscura (marrón, rojo, azul, negro)	10%
Cerámica oscura (marrón, rojo, azul, negro)	
Madera oscura (marrón, rojo, azul, negro)	
Baldosa	
Cerámica roja o marrón claro	20%
Madera intermedia	
Cemento	
Baldosa crema o gris claro	40%

Fuente: Iluminación, Asociación Argentina de Luminotecnia.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla I.5:** Factor de reflexión de paredes.

Revoque oscuro y hormigón	
Revoque rugoso	
Revestimiento en madera oscura	20%
Ladrillo visto	
Pintura oscura (púrpura, púrpura, rojo, marrón, azul)	
Revoque claro	
Revestimiento en madera clara	40%
Pintura de colores medios (verde, gris, naranja, rosa)	
Pintura clara (beige, amarillo, crema, marfil, gris claro)	60%
Azulejos de colores claros	
Azulejos blancos brillosos	
Pintura blanca a la cal	80%

Fuente: Iluminación, Asociación Argentina de Luminotecnia.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

**Tabla I.6:** Factor de corrección por suciedad ( $k_2$ ).

FACTOR DE REFLEXIÓN DE PISOS	$I_t$	FACTOR DE REFLEXIÓN DE PAREDES			
		20%	40%	60%	80%
10%	2%	-	-	0,1	0,1
	5%	-	0,1	0,2	0,3
	7%	-	0,1	0,2	0,5
	10%	0,1	0,2	0,3	0,6
	15%	0,1	0,3	0,4	0,9
	20%	0,1	0,3	0,6	1,2
	25%	0,2	0,4	0,7	1,5
	30%	0,2	0,5	0,9	1,8
	35%	0,2	0,6	1,0	2,1
	40%	0,3	0,6	1,1	2,3
	45%	0,3	0,6	1,1	2,3
20%	2%	-	0,1	0,1	0,2
	5%	-	0,1	0,2	0,4
	7%	0,1	0,2	0,3	0,5
	10%	0,1	0,2	0,5	0,8
	15%	0,1	0,3	0,6	1,2
	20%	0,2	0,4	0,8	1,5
	25%	0,3	0,5	1,0	1,8
	30%	0,3	0,6	1,2	2,2
	35%	0,4	0,7	1,4	2,5
	40%	0,4	0,8	1,6	2,8
	45%	0,5	0,9	1,8	3,1
40%	2%	-	0,1	0,2	0,2
	5%	0,1	0,1	0,3	0,5
	7%	0,1	0,2	0,5	0,7
	10%	0,2	0,3	0,6	1,1
	15%	0,2	0,5	0,9	1,5
	20%	0,3	0,6	1,2	2,1
	25%	0,4	0,8	1,4	2,5
	30%	0,5	0,9	1,7	3,0
	35%	0,5	1,0	1,9	3,4
	40%	0,6	1,2	2,2	3,8
	45%	0,7	1,3	2,4	4,1
	50%	0,8	1,5	2,6	4,4

Fuente: Iluminación, Asociación Argentina de Luminotecnia.





## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

### ANEXO J

#### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

ROCAS Y SUELOS NATURALES	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$c$ [J/kgK]
Rocas y terrenos	1200	0,31	880
Toba	1400	0,38	840
Caliza porosa	1700	0,93	840
Caliza compacta	2000	1,16	840
Piedra pómez (600)	600	0,25	840
Piedra pómez (800)	800	0,34	840
Piedra pómez (1000)	1000	0,405	840
Piedra pómez (1400)	1400	0,62	840
Mármol	2650	2,80	840
Ónix	2650	2,70	840
Granito	2750	3,50	840
Cuarcita	2800	6,00	840
Basalto	2900	2,50	840
Arcilla	1200	0,37	840
Suelo natural	1750	1,56	880

MATERIALES Y SUELOS DE RELLENO	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$c$ [J/kgK]
Arena (h. 2%)	1400	0,58	780
Arena de río (h. 10%)	1400	0,93	1060
Arena de río (h. 20%)	1400	1,33	1400
Arena de río (saturada)	1400	1,88	1400
Arena de mar (h. 10%)	1400	1,24	780
Arena de mar (h. 20%)	1400	1,75	1060
Arena de mar (saturada)	1400	2,44	1400
Arenisca (a)	2200	1,40	1400
Arenisca (b)	2400	2,10	710
Escorias porosas (a)	800	0,24	710
Escorias porosas (b)	1000	0,29	710
Escorias porosas (c)	1200	0,33	710
Escorias porosas (d)	1400	0,41	710
Gravas	1650	0,93	710



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

HORMIGONES NORMALES Y LIVIANOS	$\rho$	$\lambda$	$c$
	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[J/kgK]
Hormigón normal con agregados pétreos (1800)	1800	0,97	840
Hormigón normal con agregados pétreos (1900)	1900	1,09	840
Hormigón normal con agregados pétreos (2000)	2000	1,16	840
Hormigón normal con agregados pétreos (2200)	2200	1,40	840
Hormigón normal con agregados pétreos (2400)	2400	1,63	840
Hormigón normal con agregados pétreos (2500)	2500	1,74	840
Hormigón de ladrillo triturado (1600)	1600	0,76	840
Hormigón de ladrillo triturado (1800)	1800	0,93	840
Hormigón normal con escoria de alto horno	2300	1,40	840
Hormigón de arcilla expandida (700)	700	0,22	840
Hormigón de arcilla expandida (800)	800	0,29	840
Hormigón de arcilla expandida (900)	900	0,35	840
Hormigón de arcilla expandida (1000)	1000	0,42	840
Hormigón de arcilla expandida (1400)	1400	0,57	840
Hormigón de arcilla expandida (1600)	1600	0,89	840
Hormigón con vermiculita (500)	500	0,14	840
Hormigón con vermiculita (600)	600	0,16	840
Hormigón celular (600)	600	0,16	840
Hormigón celular (800)	800	0,22	840
Hormigón celular (1000)	1000	0,30	840
Hormigón celular (1200)	1200	0,40	840
Hormigón celular (1400)	1400	0,50	840
Hormigón con cáscara de arroz y canto rodado (1100)	1100	0,37	840
Hormigón con cáscara de arroz y canto rodado (1300)	1300	0,45	840
Hormigón con cáscara de arroz y canto rodado (1600)	1600	0,63	840
Hormigón con cáscara de arroz y canto rodado (2000)	2000	1,09	840
Hormigón con poliestireno expandido (300)	300	0,09	840
Hormigón con poliestireno expandido (500)	500	0,15	840
Hormigón con poliestireno expandido (1000)	1000	0,26	840
Hormigón con poliestireno expandido (1300)	1300	0,35	840
Hormigón con fibras celulosicas (300)	300	0,09	840
Hormigón con fibras celulosicas (400)	400	0,14	840
Hormigón con fibras de vidrio (2100)	2100	1,11	840
Hormigón refractario	900	0,18	840
Hormigón con carbón	600	0,13	840
Hormigón con viruta de madera (400)	400	0,14	840
Hormigón con viruta de madera (500)	500	0,16	840



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

MORTEROS DE CEMENTO Y YESOS	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$c$ [J/kgK]
Morteros de revoques y juntas (exterior)	1900	1,16	840
Morteros de revoques y juntas (interior)	1900	0,93	840
Mortero de cemento y arena 1:3 (h. 0%)	1900	0,89	840
Mortero de cemento y arena 1:3 (h. 6%)	2000	1,13	840
Mortero de cemento y arena 1:3 (h. 10%)	2100	1,30	840
Mortero de cemento y arena 1:4 (h. 0%)	1950	0,92	840
Mortero de cemento y arena 1:4 (h. 5%)	2000	1,10	840
Mortero con perlita (h. 12%)	600	0,19	840
Mortero de yeso y arena (h. 12%)	1500	0,65	840
Mortero de cal y yeso (h. 12%)	1400	0,70	840
Enlucido de yeso (800)	800	0,40	840
Enlucido de yeso (1000)	1000	0,49	840
Enlucido de yeso (1200)	1200	0,64	840



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

PANELES O PLACAS DE REVESTIMIENTO	$\rho$	$\lambda$	$c$
	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[J/kgK]
Yeso (600)	600	0,31	840
Yeso (700)	800	0,37	840
Yeso (1000)	1000	0,44	840
Yeso (1200)	1200	0,51	840
Fibrocemento (600)	600	0,15	1300
Fibrocemento (700)	700	0,26	1300
Fibrocemento (800)	800	0,30	1300
Fibrocemento (1200)	1200	0,39	1300
Fibrocemento (1300)	1300	0,45	1300
Fibrocemento (1400)	1400	0,51	1300
Fibrocemento (1500)	1500	0,58	1300
Fibrocemento (1700)	1700	0,70	1300
Fibrocemento (1800)	1800	0,87	1300
Fibrocemento (2000)	2000	0,95	1300

VIDRIOS Y PLÁSTICOS RÍGIDOS	$\rho$	$\lambda$	$c$
	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[J/kgK]
Vidro para ventanas	2800	0,815	840
Vidrio armado con malla metálica	2700	1,05	840
Vidrio resistente al calor	2200	1,07	840
Resina acrílica	1140	0,20	1470
Policarbonato	1150	0,23	1470
Polietileno de baja densidad	920	0,35	1470
Polietileno de alta densidad	960	0,50	1470
Polipropileno	915	0,24	1470
Poliestireno	1050	0,17	1470
Policloruro de vinilo rígido	1350	0,16	1470

METALES	$\rho$	$\lambda$	$c$
	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[J/kgK]
Acero de construcción	7800	58	480
Fundición	7200	50	480
Aluminio	2700	204	480
Cobre	8900	384	480
Latón	8600	110	480
Bronce	8800	42	480
Acero inoxidable	8550	17,7	480



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

MADERAS	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	c [J/kgK]
Fresno (paralelo a las fibras)	740	0,30	2120
Fresno (perpendicular a las fibras)	740	0,17	2120
Haya (paralelo a las fibras)	800	0,36	2120
Haya (perpendicular a las fibras)	800	0,24	2120
Abedul (perpendicular a las fibras)	680	0,13	2120
Alerce (perpendicular a las fibras)	600	0,14	2120
Balsa (perpendicular a las fibras) (150)	150	0,05	2120
Balsa (perpendicular a las fibras) (250)	250	0,0955	2120
Gaoba (paralelo a las fibras)	700	0,31	2120
Gaoba (perpendicular a las fibras)	700	0,15	2120
Arce (paralelo a las fibras)	700	0,42	2120
Arce (perpendicular a las fibras)	700	0,16	2120
Roble	650	0,24	2120
Pino spruce, abeto (paralelo a las fibras)	500	0,28	2120
Pino spruce, abeto (perpendicular a las fibras)	720	0,16	2120
Teca (paralelo a las fibras)	700	0,16	2120
Teca (perpendicular a las fibras)	700	0,14	2120
Nogal	1300	0,27	2120
Madera dura	600	0,34	2120
Madera terciada	600	0,11	2120
Madera enchapada		0,15	2120
Tableros de partículas aglomeradas en general(200)	200	0,06	1680
Tableros de partículas aglomeradas en general (300)	300	0,069	1680
Tableros de partículas aglomeradas en general (400)	400	0,078	1680
Tableros de partículas aglomeradas en general (500)	500	0,087	1680
Tableros de partículas aglomeradas en general (600)	600	0,09	1680
Tableros de partículas aglomeradas en general (700)	700	0,11	1680
Tableros de partículas aglomeradas en general (800)	800	0,13	1680
Tableros de partículas aglomeradas en general (900)	900	0,15	1680
Tableros de partículas aglomeradas en general (1000)	1000	0,17	1680
Tableros de partículas aglomeradas de lino (300)	300	0,073	1680
Tableros de partículas aglomeradas de lino (400)	400	0,081	1680
Tableros de partículas aglomeradas de lino (500)	500	0,11	1680
Tableros de partículas aglomeradas de lino (600)	600	0,12	1680
Tableros de partículas aglomeradas de lino (700)	700	0,15	1680
Tableros de fibra de madera aglomerada (200)	200	0,047	1680
Tableros de fibra de madera aglomerada (300)	300	0,054	1680
Tableros de fibra de madera aglomerada (350)	350	0,056	1680
Tableros lignocelulósicos de partículas aglomeradas con resinas sintéticas	100	0,24	1680
Laminado plástico decorativo en una cara	1400	0,49	1470
Laminado plástico decorativo en ambas caras	1400	0,44	1470



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

MAMPSTERÍA DE LADRILLOS CERÁMICOS HUECOS (bloques definidos según IRAM 11601)	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	c [J/kgK]
Bloque cerámico A (8x15x25)	863	0,38	840
Bloque cerámico A (8x18x25)	863	0,35	840
Bloque cerámico A (18x8x25)	933	0,51	840
Bloque cerámico A (20x18x40)	710	0,61	840
Bloque cerámico A (12x18x25)	800	0,33	840
Bloque cerámico A (12x18x33)	800	0,33	840
Bloque cerámico A (15x18x33)	707	0,38	840
Bloque cerámico A (18x18x25)	694	0,44	840
Bloque cerámico A (18x18x33)	694	0,44	840
Bloque cerámico A (18x18x40)	861	0,58	840
Bloque cerámico A (20x18x40)	810	0,63	840
Bloque cerámico A (13x18x25)	800	0,35	840
Bloque cerámico A (18x8x25)	944	0,38	840
Bloque cerámico A (18x8x25)	694	0,53	840
Bloque cerámico A (20x12x25)	750	0,42	840
Bloque cerámico A (20x18x25)	680	0,43	840
Bloque cerámico A (20x18x33)	720	0,40	840
Bloque cerámico A (18x18x25)	756	0,38	840
Bloque cerámico A (18x18x33)	756	0,38	840
Bloque cerámico B (12x18x40)	867	0,28	840
Bloque cerámico B (12x19x33)	867	0,28	840
Bloque cerámico B (12x19x40)	867	0,28	840
Bloque cerámico B (18x19x33)	778	0,39	840
Bloque cerámico B (18x19x40)	806	0,33	840
Bloque cerámico B (18x19x33)	706	0,42	840
Bloque cerámico B (18x19x40)	844	0,33	840
Bloque cerámico B (12x18x24)	667	0,31	840
Bloque cerámico C (18x18x25)	678	0,36	840
Bloque cerámico C (20x18x40)	600	0,33	840
Bloque cerámico C (18x18x33)	694	0,30	840
Bloque cerámico C (18x18x25)	672	0,35	840
Bloque cerámico D (16x19x25)	850	0,26	840
Bloque cerámico E (17x19x33)	747	0,37	840
Bloque cerámico F (12x16x24,6)	1383	0,46	840
Bloque cerámico G (12x11,3x25)	1417	0,50	840
Bloque cerámico H (18x11,3x25)	839	0,53	840
Bloque cerámico I (12x6x25)	1008	0,40	840



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

MAMPSTERÍA DE LADRILLOS MACIZOS	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$c$ [J/kgK]
Ladrillo cerámico macizo (1600)	1600	0,81	800
Ladrillo cerámico macizo (1800)	1800	0,91	800
Ladrillo cerámico macizo (2000)	2000	1,10	800
Bloque de suelo cemento macizo	1800	0,62	840

MAMPSTERÍA DE BLOQUES DE HORMIGÓN	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$c$ [J/kgK]
Hormigón de arcilla expandida (6,6x19x39)	909	0,29	840
Hormigón de arcilla expandida (9,2x19,39)	707	0,34	840
Hormigón de arcilla expandida (14,2x19x39)	542	0,46	840
Hormigón (10x19x39)	1300	0,59	840
Hormigón (20x20x40)	1170	1,00	840
Hormigón de arcilla expandida (29,5x19x39)	400	0,78	840
Hormigón (19,5x19,5x39,5)	882	0,63	840
Hormigón (19,5x19,5x39)	1026	1,03	840
Hormigón (19x19x39)	989	0,90	840
Hormigón (19x19x39)	842	0,86	840
Hormigón con diiv. cartón y aluminio en caras (19x19x39)	837	0,40	840
Hormigón con enrejado de cartón (19x19x39)	847	0,46	840
Hormigón con relleno de arcilla expandida (19x19x39)	847	0,46	840
Hormigón con relleno de poliestireno expandido (19x19x39)	847	0,48	840
Hormigón con relleno de sílice expandida (19x19x39)	889	0,43	840
Hormigón con relleno de vermiculita (19x19x39)	1000	0,49	840
Hormigón con relleno de perlita (19x19x39)	947	0,39	840
Hormigón con relleno de fibra de vidrio (20x20x10)	695	0,28	840
Hormigón liviano (17,4x64x75)	747	0,44	840
Hormigón con agregado volcánico (12x19x39)	9300	0,29	840
Hormigón (16x15x40)	1213	0,39	840
Hormigón con granulado volcánico (18,5x20x40)	1049	0,39	840
Hormigón (14x19x39)	1357	0,35	840
Hormigón (19x19x37,3)	1211	0,42	840
Hormigón (19x19x39)	1184	0,44	840
Hormigón (19x20x40)	947	0,58	840
Hormigón (19x20x40)	947	0,51	840
Hormigón (19x19x39)	1442	0,50	840



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS	$\rho$	$\lambda$	$c$
	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[J/kgK]
Lana de vidrio (8-10)	9	0,045	710
Lana de vidrio (11-14)	12,5	0,043	710
Lana de vidrio (15-18)	16,5	0,040	710
Lana de vidrio (19-30)	24,5	0,037	710
Lana de vidrio (31-45)	38	0,034	710
Lana de vidrio (46-100)	73	0,033	710
Lana mineral (30-50)	40	0,042	710
Lana mineral (51-70)	60	0,040	710
Lana mineral (71-150)	110	0,038	710
Perlita suelta	80	0,054	840
Mortero de perlita con yeso (400)	400	0,100	840
Mortero de perlita con yeso (500)	500	0,120	840
Mortero de perlita con yeso (600)	600	0,140	840
Mortero de perlita con yeso (700)	700	0,180	840
Mortero de perlita con cemento (300)	300	0,088	840
Mortero de perlita con cemento (400)	400	0,093	840
Mortero de perlita con cemento (500)	500	0,120	840
Mortero de perlita con cemento (600)	600	0,140	840
Mortero de perlita con cemento (700)	700	0,180	840
Poliestireno expandido en planchas (15)	15	0,037	1470
Poliestireno expandido en planchas (20)	20	0,035	1470
Poliestireno expandido en planchas (25)	25	0,033	1470
Poliestireno expandido en planchas (30)	30	0,032	1470
Poliuretano	45	0,024	1470
Vermiculita suelta	105	0,070	710
Vermiculita con cemento (400)	400	0,110	710
Vermiculita con cemento (500)	500	0,130	710
Vermiculita con cemento (600)	600	0,170	710
Vermiculita con cemento (700)	700	0,200	710
Vermiculita con cemento (800)	800	0,240	710
Vermiculita con yeso en placas o revoque (200)	200	0,110	710
Vermiculita con yeso en placas o revoque (400)	400	0,130	710
Vermiculita con yeso en placas o revoque (500)	500	0,150	710
Vermiculita con yeso en placas o revoque (600)	600	0,190	710
Vermiculita con yeso en placas o revoque (700)	700	0,220	710
Vermiculita con yeso en placas o revoque (800)	800	0,260	710
Vermiculita con yeso en placas o revoque (900)	900	0,290	710
Vermiculita con yeso en placas o revoque (1000)	1000	0,340	710



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

FORJADOS CERÁMICOS (Losas de viguetas con bloques cerámicos + capa de compresión)	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$c$ [J/kgK]
Forjados cerámicos (h=12 L=50)	1000	0,88	840
Forjados cerámicos (h=12 50<L<60)	1000	0,81	840
Forjados cerámicos (h=16 L=50)	1000	1,05	840
Forjados cerámicos (h=16 50<L<60)	1000	0,96	840
Forjados cerámicos (h=20 L=50)	1000	1,11	840
Forjados cerámicos (h=20 50<L<60)	1000	1,02	840
Forjados cerámicos (h=25 L=50)	1000	1,28	840
Forjados cerámicos (h=25 50<L<60)	1000	1,18	840
Forjados cerámicos (h=20 L=50)	1000	0,82	840
Forjados cerámicos (h=20 50<L<70)	1000	0,77	840
Forjados cerámicos (h=25 L=50)	1000	0,94	840
Forjados cerámicos (h=25 50<L<70)	1000	0,89	840

PISOS	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$c$ [J/kgK]
Baldosas cerámicas	2100	0,70	840
Baldosas de hormigón	2100	1,15	840
Baldosas de plástico	1000	0,51	1000
Baldosas de corcho	530	0,08	1890
Chacho (800)	800	0,11	1470
Caucho (1300)	1300	0,13	1470
Caucho (1500)	1500	0,19	1470
Parquet (500)	500	0,17	1680
Parquet (700)	700	0,23	1680

CUBIERTAS	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$c$ [J/kgK]
Techado y fieltro asfáltico	1150	0,17	1000
Asfalto (espesor mínimo 7mm y membranas asfálticas)	2000	0,70	1000
Tejas curvas		0,70	840
Tejas planas		0,76	840



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

VENTANAS	$\rho$	$\lambda$	$c$
	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[J/kgK]
Vidrio incoloro común	2800	0,002	840
Vidrio incoloro común con cortina de madera (cerrada)	2800	0,188	840
Vidrio incoloro común con cortinas internas	2800	0,030	840
Policarbonato transparente incoloro de 3mm de espesor	2800	0,013	840
DVH, con vidrio incoloro común y cortina de madera (cerrada)	2800	0,295	840
DVH, con vidrio incoloro común de 3mm y cámara de aire de 6mm	2800	0,140	840
DVH, con vidrio incoloro común de 3mm y cámara de aire de 12mm	2800	0,155	840
TVH, con vidrio incoloro común de 3 mm y dos cámaras de aire de 12mm	2800	0,278	840
DVH, con vidrio reflectante de 4mm hacia el exterior	2800	0,120	840
DVH, con vidrio reflectante de 4mm hacia el interior	2800	0,187	840

VENTANAS	K [W/m <sup>2</sup> K]	
	SIN PROTECCIÓN	CON PROTECCIÓN
Incoloro (3 a 10 mm)	5,80	2,80
Laminado (3+3) o (4+4)	5,70	2,80
Laminado 4+4 reflectivo cara 2	5,60	2,70
Coloreado en su masa (3 mm)	5,80	2,70
Coloreado en su masa (6 mm)	5,70	2,70
Monolítico de 6 mm reflectivo en cara 2	3,80	2,25
Monolítico de 6 mm tonalizado con baja emisividad	3,68	2,20
DVH Incoloro ext; incoloro interior (3+12+3 mm),(4+12+4 mm),(6+12+6 mm)	2,80	2,15
DVH Color ext; incoloro interior (3+12+3 mm), (6+12+6 mm)	2,70	2,15
DVH Reflectivo Incoloro/color ext; incoloro int (6+12+6 mm)	1,80	1,40
DVH Incoloro/color ext; Low-e interior (3+12+3 mm),(6+12+6 mm)	1,80	1,40
DVH Reflectivo incoloro/color ext, Low-e int (6+12+6 mm)	1,70	1,30
DVH Incoloro ext., Low E c/argón (4+15+4)	1,30	1,05
DVH Reflectivo Incoloro ext., Low E c/argón (4+15+4)	1,30	1,05
DVH Lam. 4+4 reflectivo cara 2+12 + incoloro int. 6mm	2,70	1,80
DVH Lam. 4+4 reflectivo cara 2+12+6mm Low E cara 5	1,80	1,34
U Glass simple	5,80	
U Glass doble	1,80	
Ladrillos de vidrio de 8 cm con una cámara	2,80	
Ladrillos de vidrio de 16 cm con dos cámaras	1,80	
Policarbonato macizo transparente incoloro de 3 mm	5,46	
Policarbonato incoloro con 2 cámaras espesor 10 mm	2,70	
Policarbonato opalino satinado con 2 cámaras espesor 10 mm	2,70	

NOTA: Los valores de transmitancia térmica presentados en esta tabla, son válidos para ventanas en el plano vertical, debido a que han sido calculados considerando las resistencias superficiales.

Las protecciones contemplan cortinas de enrollar exteriores de madera, PVC, o aluminio.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

---

### BIBLIOGRAFÍA

- Noma IRAM 11549. Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario.
- Norma IRAM 11601. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- Norma IRAM 11603. Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Norma IRAM 11605. Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en elementos opacos.
- Norma IRAM 11625. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos en edificios en general.
- Norma IRAM 11630. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- Norma IRAM 11659-1. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, deficiones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración.
- Norma IRAM 11659-2. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas.
- Norma IRAM 11900. Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente.
- Norma IRAM 62406. Etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire.
- Norma IRAM AADL J 2003. Iluminación natural de edificios. Métodos de determinación.
- Norma IRAM AADL J 2006. Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación.
- Norma NAG-313. Aparato de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios provistos de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos (calefones), Adenda N° 1.
- Norma NAG-314. Aprobación de calentadores de agua por acumulación de funcionamiento automático (termotanques), Adenda N° 1.
- Norma NAG-315. Artefactos de calefacción independientes por convección que utilizan combustibles gaseosos.
- Norma NAG-329. Aprobación de aparatos de calefacción central a gas por medio de agua caliente.



## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

- Norma ISO 13370:2007. Thermal performance of buildings. Heat transfer by the ground. Calculation methods.
- Norma ISO 13786:2007. Thermal performance of building components – Dynamic thermal characteristics – Calculation methods.
- Norma ISO 13789:2008. Thermal performance of buildings. Transmission and ventilation heat transfer coefficients. Calculation method.
- Norma ISO 13790:2008. Energy performance of buildings. Calculation of energy use for space heating and cooling.
- Norma EN 15193:2007. Eficiencia energética de los edificios. Requisitos energéticos para iluminación.
- Norma UNI TS 11300-1:2008. Prestazioni energetiche degli edifici.
- *Manuale della certificazione energética degli edifici. Norme, procedure e strategie d'intervento.* Milano, Edizioni Ambiente, 2010.
- *Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE³X.* Madrid, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2015.
- *Iluminación, Tomo 1.* Buenos Aires, Asociación Argentina de Luminotecnia, 2001.
- *Iluminación, Tomo 2.* Buenos Aires, Asociación Argentina de Luminotecnia, 2001.
- Morris G. Davis. *Building Heat Transfer.* Chichester, John Wiley & Sons Ltd., 2004.
- ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), 2005. Chapter 27: Ventilation and infiltration.
- Balance Energético Nacional. Ministerio de Energía y Minería de la Nación. Buenos Aires, 2014.
- Ordenanza N°8.757. Municipalidad de Rosario. Rosario, 2011.
- Informe técnico AGR-01: *Análisis y procesamiento estadístico de datos meteorológicos de la provincia de Santa Fe.* Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.
- Informe técnico FCEIA-01: *Fundamentos técnicos para la implementación de un protocolo para el etiquetado energético de edificios.* Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.
- Informe técnico FCEIA-02: *Base de datos de radiación solar para la ciudad de Rosario.* Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.