

# INFORME FINAL

## DOCUMENTO N°3

### MANUAL DE USUARIO

Proyecto: **Plataforma de Información y Herramienta de Evaluación del Costo del Ciclo de Vida de la Edificación**

Código: **13BPR2-22132**

Beneficiario: **Universidad del Desarrollo**

Jefe de Proyecto: **Florian Schepp Ferrada**



# Tabla de Contenido

<b>1. Presentación</b>	<b>1</b>
<b>2. Métodos y Recursos</b>	<b>1</b>
<b>3. Información General</b>	<b>2</b>
1.1 Nombre del Proyecto	2
1.3 Destino de la Edificación	3
1.4 Categoría de la Edificación	3
<b>4. Definición Tipo de Análisis</b>	<b>3</b>
2.1 Tipo de Análisis	3
2.2 Periodo de Estudio	3
2.3 Tasa de Descuento	3
2.4 Superficie Acondicionada	4
<b>5. Análisis Calefacción</b>	<b>4</b>
<b>5.1 Análisis Calefacción Manual</b>	<b>4</b>
3.1.1 Selección del Caso Base y Alternativas	4
3.1.2 Estimación Costo Operacional Anual	4
<b>5.2 Análisis de Calefacción Guiado</b>	<b>4</b>
3.2.1. Número de Pisos	5
3.2.2. Altura de Piso a Cielo (m)	5
3.2.3. Forma Aproximada	5
3.2.4 Calidad de Aislación	5
3.2.5 Calidad de Ventanas	6
3.1.6 Tramos de Uso Calefacción	6
3.2.7 Temperatura de Confort	6
3.2.8 Selección del Caso Base y Alternativas	7
3.2.9 Estimación Costo Operacional Anual	7
<b>4. Análisis Agua Caliente Sanitaria (ACS)</b>	<b>7</b>
4.1 Número de Personas / Camas / Trabajadores	7
4.2 Número de Duchas Simultáneas	8
4.3 Tipo de Ducha	8
4.4 Temperatura de Consumo ACS	8
4.4 Demanda Anual de Energía	8
4.5 Potencia Máxima Instantánea	9
4.6 Selección del Caso Base y Alternativas	9
4.7 Sistemas Solares Térmicos	9
4.8 Estimación Costo Operacional Anual	9
<b>5. Análisis Iluminación</b>	<b>10</b>
5.1 Superficie Acondicionada	10
5.2. Iluminación Recomendada	10
5.3 Requerimiento de Iluminación	11
5.4 Horas de Uso	11
5.5 Porcentaje de Uso	11
5.6 Selección del Caso Base y Alternativas	11
5.7 Estimación Costo Operacional Anual	11
<b>6. Análisis Mejoras Constructivas</b>	<b>11</b>
6.1 Selección del Caso Base	12
6.2 Selección de Alternativas	12
<b>Anexos</b>	<b>13</b>
<b>1. Inflación y Tasa de Descuento</b>	<b>13</b>
<b>2. Metodología Análisis Calefacción Guiado</b>	<b>15</b>

## 1. Presentación

El presente Manual, tiene por objetivo facilitar la utilización de la herramienta integrada dentro de la Plataforma Observatorio Energía y Edificación, resultado del proyecto apoyado por Corfo denominado “Plataforma de Información y Herramienta de Evaluación del Costo del Ciclo de Vida de la Edificación”, Código 13BPR2-22132. La herramienta se encuentra disponible en la web de la plataforma: [www.energiayedificacion.cl](http://www.energiayedificacion.cl)

## 2. Métodos y Recursos

La herramienta ACCVE tiene por objetivo facilitar el análisis comparativo del costo operacional acumulado de diferentes equipos, sistemas y/o soluciones constructivas utilizados en una edificación de acuerdo a la siguiente categorización:

- Calefacción
- Agua Caliente Sanitaria (ACS)
- Iluminación
- Mejoras Constructivas

Para la realización del cálculo del costo operacional acumulado, la herramienta utiliza un flujo de caja futuro como método base, en el cual se consideran los costos directos asociados al servicios seleccionado (Calefacción, Agua Caliente e Iluminación).

Para realizar el cálculo de costo operacional acumulado, por medio de un flujo de caja futuro, es necesario determinar el periodo de estudio que se considerará. Por lo mismo, la herramienta considera las siguientes alternativas como periodos de estudio:

- 5 años
- 10 años
- 15 años
- 20 años

Con el objetivo de determinar el valor actual de un flujo o costo futuro, y realizar un análisis comparativo objetivo, es necesario aplicar una tasa de descuento. La herramienta considera, una tasa nominal (con inflación) de bajo riesgo de inversión como valor por *default* de 4,5% pronosticada por la Asociación de Bancos e Instituciones Financieras (ABIF) para el mediano y largo. La herramienta considera las siguientes tasas de descuento:

- 4,0%
- 4,5%
- 5,0%

Estos costos asociados consideran la inversión inicial del equipo o sistema, y sus costos operacionales anuales asociados de acuerdo a las siguientes variables:

- Demanda de energía
- Eficiencia del equipo o sistema
- Tipo de combustible (o energético)
- Costo del combustible (o energético)
- Incremento anual estimado del combustible (o energético)

La inversión o costo inicial del equipo o sistema seleccionado está dado por un costo de referencia de acuerdo a una base de datos contenida en la herramienta.

Los costos por combustible o energético y el incremento anual estimado fueron determinados a partir de información proveniente de diversas fuentes. Estos datos serán actualizados trimestralmente y publicados en la página de la plataforma: [www.energiayedificacion.cl](http://www.energiayedificacion.cl)

La siguiente tabla muestra los costos e incrementos estimados para Enero del 2016. Es importante mencionar que todos los valores consideran IVA y que se encuentran expresados en una unidad común y comparable (\$/kWh). Para estimar este valor, se utilizó el poder calorífico inferior de cada combustible.

		La Serena-Coquimbo				Valparaíso-Viña del Mar				Gran Santiago				Gran Concepción			
		Usuario Doméstico		Usuario Comercial		Usuario Doméstico		Usuario Comercial		Usuario Doméstico		Usuario Comercial		Usuario Doméstico		Usuario Comercial	
Electricidad	Costo de Energético (\$/kWh)	\$124,46	\$124,46	\$113,74	\$113,74	\$135,66	\$135,66	\$125,51	\$125,51	\$ 97,80	\$ 97,80	\$ 91,05	\$ 91,05	\$113,78	\$113,78	\$107,41	\$107,41
		5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años
	Incremento Anual (%)	1,05%	1,05%	1,05%	1,05%	1,05%	1,05%	1,05%	1,05%	1,05%	1,76%	1,76%	1,76%	1,76%	1,32%	1,32%	1,32%
Gas Licuado	Costo de Energético (\$/kWh)	\$ 71	\$ 71	\$ 71	\$ 71	\$ 75	\$ 75	\$ 75	\$ 75	\$ 69	\$ 69	\$ 69	\$ 69	\$ 72	\$ 72	\$ 72	\$ 72
		5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años
	Incremento Anual (%)	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%
Gas Natural	Costo de Energético (\$/kWh)	N/A	N/A	N/A	N/A	\$ 78	\$ 78	\$ 78	\$ 78	\$ 65	\$ 65	\$ 65	\$ 65	\$ 81	\$ 81	\$ 81	\$ 81
		5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años
	Incremento Anual (%)	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%
Kerosene	Costo de Energético (\$/kWh)	\$ 64	\$ 64	\$ 64	\$ 64	\$ 63	\$ 63	\$ 63	\$ 63	\$ 62	\$ 62	\$ 62	\$ 62	\$ 62	\$ 62	\$ 62	\$ 62
		5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años
	Incremento Anual (%)	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%
Diesel	Costo de Energético (\$/kWh)	\$ 52,95	\$ 52,95	\$ 52,95	\$ 52,95	\$ 50,56	\$ 50,56	\$ 50,56	\$ 50,56	\$ 51,66	\$ 51,66	\$ 51,66	\$ 51,66	\$ 53,05	\$ 53,05	\$ 53,05	\$ 53,05
		5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años
	Incremento Anual (%)	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%	1,055%	1,055%	1,041%	1,041%
Leña	Costo Energético (\$/kWh)	\$ 29	\$ 29	\$ 29	\$ 29	\$ 32	\$ 32	\$ 32	\$ 32	\$ 32	\$ 32	\$ 32	\$ 32	\$ 26	\$ 26	\$ 26	\$ 26
		5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años
	Incremento Anual (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Pellet	Costo de Energético (\$/kWh)	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49	\$ 49
		5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años
	Incremento Anual (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%

### 3. Información General

Para comenzar a utilizar la herramienta, y antes de seleccionar el tipo de análisis que se quiere realizar (Calefacción, Agua Caliente Sanitaria, Iluminación y Mejoras Constructivas), es necesario ingresar antecedentes generales comunes al tipo de análisis. En la siguiente sección se identifican los antecedentes generales requeridos y su definición.

#### 1.1 Nombre del Proyecto

Se refiere al nombre que identifique el proyecto a analizar.

#### 1.2. Centro Urbano

Se refiere al centro urbano donde se emplaza el proyecto. La selección de emplazamiento del proyecto está vinculado a los costos iniciales y de instalación de los equipos, sistemas y soluciones, además del costo e incremento anual estimado de los combustibles o energéticos. Asimismo, la selección de emplazamiento, está vinculada al análisis de calefacción guiado. Los centro urbanos considerados en la Versión 1.0 de la Herramienta son:

- La Serena – Coquimbo
- Valparaíso – Viña del Mar
- Santiago < 1.000m
- Santiago > 1.000m
- Gran Concepción

### 1.3 Destino de la Edificación

El destino de la edificación se refiere al uso principal que se realiza en el edificio a analizar. Esta selección está vinculada mediante la categoría de la edificación (punto siguiente) con los sistemas de calefacción disponibles, con el requerimiento de agua caliente sanitaria y la iluminancia recomendada. El destino de la edificación considerado en la herramienta son:

- Vivienda
- Oficina
- Hotelería
- Retail
- Deporte
- Salud
- Educación

### 1.4 Categoría de la Edificación

La categoría de la edificación es una sub-clasificación del destino de la Edificación, y de esta selección dependen directamente los sistemas de calefacción disponibles, el requerimiento de agua caliente sanitaria y la iluminancia recomendada.

## 4. Definición Tipo de Análisis

### 2.1 Tipo de Análisis

En esta sección de la herramienta se debe seleccionar el tipo de análisis que se quiere realizar. Los análisis disponibles, en forma independiente, en la Versión 1.0 de la Herramienta son:

- Calefacción
- Agua Caliente Sanitaria
- Iluminación
- Mejoras Constructivas

### 2.2 Periodo de Estudio

Una vez seleccionado el tipo de análisis, se debe seleccionar el periodo de estudio a considerar para el análisis comparativo del costo acumulado operacional. Los periodos disponibles en la herramienta son:

- 5 años
- 10 años
- 15 años
- 20 años

### 2.3 Tasa de Descuento

La tasa de descuento sirve para traer costos futuros a valores presentes. Se sugiere utilizar una tasa nominal (con inflación) y libre de riesgo. En este caso la tasa por *default* es 4,5. Este valor se determinó en base al pronóstico para la tasa nominal a mediano y largo plazo realizado por la Asociación de Bancos e Instituciones Financieras (4,38% a 5 años, y 4,57% a 10 años). Para mayor información sobre la tasa de descuento, ver anexo 01.

Las tasas disponibles en la herramienta son:

- 4,0%
- 4,5%

- 5,0%

## 2.4 Superficie Acondicionada

La superficie acondicionada no corresponde necesariamente a la superficie total del edificio, sino al área real que se pretende acondicionar. Este valor se despliega al seleccionar el en análisis para calefacción o iluminación, ya que están directamente vinculados con ellos.

## 5. Análisis Calefacción

El análisis de calefacción puede realizarse de dos formas, Manual o Guiada.

### 5.1 Análisis Calefacción Manual

En el primer caso, denominado “Manual”, el usuario ingresa directamente los valores requeridos para la Demanda Anual de Energía (kWh/año) y la Potencia Máxima (kW). Estos valores pueden provenir de herramientas de cálculo térmico estáticas (p. ej. Planilla del Sistema de Calificación Energética de Viviendas), o bien, de herramientas más sofisticadas como software de modelación dinámica (Design Builder, Tas, Energy Plus, etc.).

#### 3.1.1 Selección del Caso Base y Alternativas

Una vez ingresado ambos datos (demanda y potencia), se procede a seleccionar desde la base de datos integrada a la herramienta, el sistema y equipo para el caso base. La selección de este caso base, representa la alternativa contra la cual las siguientes alternativas seleccionadas se compararán, en términos de inversión inicial y costo operacional.

La herramienta permite la selección de hasta 3 alternativas de sistemas y equipos de calefacción, fuera del caso base.

#### 3.1.2 Estimación Costo Operacional Anual

Una vez seleccionados los sistemas y/o equipos a comparar, la herramienta calcula el costo operacional anual por concepto de calefacción para el caso base y las alternativas elegidas. El costo operacional anual se determina considerando los siguientes factores:

- Eficiencia del sistema y/o equipo seleccionado
- Costo del Combustible o Energético
- Incremento anual estimado del combustible o energético

### 5.2 Análisis de Calefacción Guiado

El análisis de calefacción guiado, está disponible para cuando no se dispongan datos de Demanda Anual de Energía y Potencia Máxima proveniente de otras herramientas específicas de cálculo térmico, y solo para edificaciones con destino vivienda unifamiliar aislada. La inclusión de esta sección, tiene por objetivo ampliar la oferta de uso de la herramienta.

La estimación de la Demanda Anual de Energía y Potencia Máxima Requerida se realiza mediante el Método de los Grados-Hora Anuales y las características generales de la vivienda (tamaño, forma y construcción).

La metodología específica utilizada para la estimación del consumo energético en viviendas unifamiliares aisladas se detalla en el anexo 02 del presente documento. De acuerdo a esta metodología, el usuario debe ingresar la siguiente información:

### 3.2.1. Número de Pisos

Los número de pisos se requieren para estimar el volumen de aire y la superficie de la envolvente expuesta al exterior.

- 1 Piso
- 2 Pisos

### 3.2.2. Altura de Piso a Cielo (m)


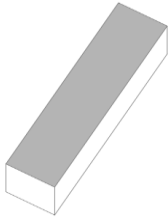



Al igual que el número de pisos, la altura del espacio interior (Piso a Cielo) permite estimar el volumen de aire y la superficie de la envolvente

- 2,3 m
- 2,4 m
- 2,5 m

### 3.2.3. Forma Aproximada

De acuerdo al número de pisos y su altura, se requiere seleccionar la forma aproximada de la vivienda. Esto permite estimar un “factor de forma”, el que establece una relación entre la superficie útil y la superficie de los paramentos verticales exteriores. Esto permite estimar la superficie de la envolvente expuesta al exterior.

Factor de Forma

										
	Pisos		Pisos		Pisos		Pisos		Pisos	
Altura	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2,3	0,92	1,30	1,15	1,62	1,15	1,62	1,23	1,75	1,23	1,75
2,4	0,96	1,35	1,20	1,70	1,20	1,70	1,20	1,82	1,20	1,82
2,5	1,00	1,41	1,25	1,77	1,25	1,77	1,34	1,90	1,34	1,90

### 3.2.4 Calidad de Aislación

La calidad de aislación tiene relación a la capacidad de oponerse al paso del calor (energía) que pueden alcanzar los elementos constructivos (muros y techos). En este caso, la aislación estándar es aquella que cumple con la Reglamentación Térmica (RT)

- Estándar (RT)
- Mejorada
- Superior



Zona	Valor U		% Superficie Vidriada		
	Techumbre	Muro	Monolítico	DVH Estándar	DVH Premium
	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K			
1	0,84	4,0	50%	60%	80%
2	0,60	3,0	40%	60%	80%
3	0,47	1,9	25%	60%	80%
4	0,38	1,7	21%	60%	75%
5	0,33	1,6	18%	51%	70%
6	0,28	1,1	14%	37%	55%
7	0,25	0,6	12%	28%	37%

### 3.2.5 Calidad de Ventanas

- Vidrio Simple
- Termopanel
- Termopanel Superior

Calidad de Ventanas

Calidad de Ventanas	Ventilación ren/hr	Valor U (W/m <sup>2</sup> K)
Vidrio Simple	1,5	5,5
Termopanel	1,0	2,7
Termopanel Superior	0,5	1,9

### 3.1.6 Tramos de Uso Calefacción

- Mañana y Tarde
- Mañana, Medio día y Tarde

Tramos de Uso Calefacción

Mañana		Medio Día		Tarde	
05:00	08:00	12:00	14:00	18:00	21:00
3 horas		2 horas		3 horas	

### 3.2.7 Temperatura de Confort

- Mínima (18°C)
- Media (20°C)
- Alta (22°C)

### 3.2.8 Selección del Caso Base y Alternativas

Una vez estimados los datos críticos (Demanda Anual de Energía y Potencia Máxima Requerida) se procede a seleccionar desde la base de datos integrada a la herramienta, el sistema y equipo para el caso base. La selección de este caso base, representa la alternativa contra la cual las siguientes alternativas seleccionadas se compararán, en términos de inversión inicial y costo operacional.

La herramienta permite la selección de hasta 3 alternativas de sistemas y equipos de calefacción, fuera del caso base.

### 3.2.9 Estimación Costo Operacional Anual

Una vez seleccionados los sistemas y/o equipos a comparar, la herramienta calcula el costo operacional anual por concepto de calefacción para el caso base y las alternativas elegidas. El costo operacional anual se determina considerando los siguientes factores:

- Demanda anual de energía (kWh/año).
- Eficiencia del sistema y/o equipo seleccionado
- Costo del Combustible o Energético (\$/kWh)
- Incremento anual estimado del combustible o energético (%)

## 4. Análisis Agua Caliente Sanitaria (ACS)

El análisis de ACS permite comparar el costo operacional de alternativas de equipos para la generación de Agua Caliente Sanitaria. La versión 1.0 de la herramienta considera el análisis de ACS de forma independiente a la los equipos de calefacción. Los equipos considerados son calefont (natural, forzado e inteligente), termos acumuladores y sistemas solares térmicos (termosifón y forzados).

### 4.1 Número de Personas / Camas / Trabajadores

De acuerdo a la selección realizada sobre el “Destino y Categoría de Edificación”, en la sección “Información General”, se requiere ingresar el número de personas, camas o trabajadores según el uso del edificio. El valor ingresado está vinculado a los requerimientos de Agua Caliente de acuerdo a la siguiente tabla:

Requerimiento de ACS

Destino Edificación	Categoría Edificación	Requerimiento de ACS	Unidad
Vivienda			
	Unifamiliar	50	l/persona
	Colectiva	40	l/persona
Oficinas		5	l/persona
Hotelería			
	4 y 5 Estrellas	100	l/cama
	3 Estrellas	80	l/cama
	2 Estrellas	60	l/cama
	1 Estrella	50	l/cama
Salud		80	l/cama
Deporte		40	l/persona
Retail		5	l/trabajador

Con esto se obtiene los siguientes datos:

- Demanda Diaria de Agua Caliente Sanitaria (litros)
- Demanda Anual de Agua Caliente Sanitaria (litros)

#### 4.2 Número de Duchas Simultáneas

Para determinar la potencia máxima instantánea, se requiere ingresar el número de duchas simultaneas que pueden llegar a realizarse en la vivienda o edificación.

#### 4.3 Tipo de Ducha

Para determinar la potencia máxima instantánea, se requiere ingresar el tipo de duchas utilizada en la vivienda o edificación. La herramienta considera las siguientes duchas y caudales:

- Antigua (14 litros/segundo)
- Normal (10 litros/segundo)
- Eficiente (7 litros/segundo)

#### 4.4 Temperatura de Consumo ACS

Para determinar la Demanda Anual de Energía (kWh/año) se requiere seleccionar la temperatura de consumo del Agua Caliente Sanitaria. La herramienta considera las siguientes temperaturas a seleccionar:

- Baja (35°C)
- Normal (40°C)
- Alta (45°C)

#### 4.4 Demanda Anual de Energía

La formula utilizada para estimar la Demanda Anual de Energía (kWh/año) es la siguiente:

$$\frac{((\text{Demanda Anual de ACS} \times \text{Calor Específico del Agua}) \times (\text{T}^\circ \text{ de Consumo ACS} - \text{Temperatura Mínima de Red Anual}))}{3.600}$$

El Calor Específico del Agua es: 4,186 kJ/kgK

La Temperatura Mínima de Red Anual está vinculada a la selección del “Centro Urbano” realizada en la sección “Información General” de acuerdo a la siguiente tabla:

Temperatura Mínima de Red Anual

Centro Urbano	Temperatura
La Serena - Coquimbo	14,3 °C
Valparaiso - Viña del Mar	11,6 °C
Santiago < 1000m	10,8 °C
Santiago > 1000m	10,8 °C
Gran Concepción	9,8 °C

#### 4.5 Potencia Máxima Instantánea

La fórmula utilizada para estimar la Potencia Máxima Instantánea (kW) es la siguiente:

$$\left( \left( \left( \text{N}^\circ \text{ de Duchas Simultáneas} \times \text{Tipo de Ducha} \right) / 60 \right) \times \text{Calor Específico del Agua} \right) \times \left( \text{T}^\circ \text{ de Consumo ACS} - \text{T}^\circ \text{ Mínima Red Anual} \right)$$

El Calor Específico del Agua es: 4,186 kJ/kgK

La Temperatura Mínima de Red Anual está vinculada a la selección del “Centro Urbano” realizada en la sección “Información General” de acuerdo a la siguiente tabla:

Temperatura Mínima de Red Anual

Centro Urbano	Temperatura
La Serena - Coquimbo	14,3 °C
Valparaiso - Viña del Mar	11,6 °C
Santiago < 1000m	10,8 °C
Santiago > 1000m	10,8 °C
Gran Concepción	9,8 °C

#### 4.6 Selección del Caso Base y Alternativas

Una vez estimados los datos críticos (Demanda Anual de Energía y Potencia Máxima Instantánea) se procede a seleccionar desde la base de datos integrada a la herramienta, el sistema y equipo para el caso base. La selección de este caso base, representa la alternativa contra la cual las siguientes alternativas seleccionadas se compararán, en términos de inversión inicial y costo operacional.

La herramienta permite la selección de hasta 3 alternativas de sistemas y equipos de calefacción, fuera del caso base.

#### 4.7 Sistemas Solares Térmicos

En caso de seleccionar un sistema solar térmico, es necesario seleccionar los equipos complementarios. En el caso de un sistema solar termosifón, el calefón Inteligente; y en el caso de un sistema solar forzado, el acumulador y el calefón inteligente.

El aporte solar considerado para estimar el costo anual operacional se determinó mediante el algoritmo f-chart resultando los siguientes aportes:

Aporte Solar

Centro Urbano	Aporte Solar
La Serena - Coquimbo	79%
Valparaiso - Viña del Mar	65%
Santiago < 1000m	78%
Santiago > 1000m	78%
Gran Concepción	65%

#### 4.8 Estimación Costo Operacional Anual

Una vez seleccionados los sistemas y/o equipos a comparar, la herramienta calcula el costo operacional anual por concepto de ACS para el caso base y las alternativas elegidas. El costo operacional anual se determina considerando los siguientes factores:

- Demanda anual de energía ACS
- Eficiencia del sistema y/o equipo seleccionado

- Costo del combustible o energético
- Incremento anual estimado del combustible o energético

## 5. Análisis Iluminación

Este módulo permite realizar un análisis comparativo simplificado del costo operacional de la iluminación funcional entre distintos tipos de ampolletas, tubos y casquillos. Se consideran tecnologías incandescente, fluorescente y LED; y casquillos E27, GU10, G13 y G5.

### 5.1 Superficie Acondicionada

Corresponde a la superficie a considerar para el análisis comparativo de iluminación funcional.

### 5.2. Iluminación Recomendada

De acuerdo al destino y categoría de edificación se recomienda un valor de iluminancia según la siguiente tabla. Este valor está vinculado a la selección realizada en la sección de Información General (Destino y Categoría de Edificación).

Iluminancia Recomendada

Destino Edificación	Categoría Edificación	Iluminancia Recomendada (lúmen/m2)
Vivienda		
	Unifamiliar	200
	Colectiva	200
Oficina		
	Tipo A	500
	Tipo B	450
	Tipo C	400
Hotelería		
	4 y 5 Estrellas	300
	3 Estrellas	250
	2 Estrellas	200
	1 Estrella	200
Retail		
	Tipo A	500
	Tipo B	450
	Tipo C	400
Deporte		
	Camarines	200
	Gimnasio (Fitness)	300
	Spa	200
	Piscina	200
Salud		
	Hospital	350
	Consultorio	300
	Cesfam	250
	Consultas Médicas	200
Educación		
	Instituto/Universidad	500
	Colegio	450
	Escuela	400
	Jardín	350

### 5.3 Requerimiento de Iluminación

De acuerdo a la superficie a acondicionar luminicamente y a la luminancia recomendada por unidad de superficie de acuerdo al destino y categoría de edificación, se estima el Requerimiento de Iluminación.

### 5.4 Horas de Uso

Se requiere seleccionar la cantidad de horas estimadas de uso de iluminación artificial al día. En este caso, la herramienta considera los siguientes número de horas de uso:

- 2 horas
- 4 horas
- 6 horas

### 5.5 Porcentaje de Uso

Existe la posibilidad de seleccionar un porcentaje de uso de la iluminación artificial, entendiendo que puede utilizarse solo parte de la iluminación disponible. En este caso, la herramienta considera los siguientes porcentajes de uso:

- 100%
- 75%
- 50%
- 25%

### 5.6 Selección del Caso Base y Alternativas

Una vez estimados los datos críticos (requerimiento de iluminación) y realizada la selección de los parámetros de uso de iluminación artificial, se procede a seleccionar desde la base de datos integrada a la herramienta, el casquillo y la tecnología de iluminación para el caso base. La selección de este caso base, representa la alternativa contra la cual las siguientes alternativas seleccionadas se compararán, en términos de costo inicial y operacional. La herramienta permite la selección de hasta 3 alternativas de comparación, fuera del caso base.

### 5.7 Estimación Costo Operacional Anual

Una vez seleccionados las soluciones a comparar, la herramienta calcula el costo operacional anual por concepto de iluminación para el caso base y las alternativas elegidas. El costo operacional anual se determina considerando los siguientes factores:

- Requerimiento de Iluminación (lm)
- Flujo luminoso del dispositivo (lm)
- Cantidad de unidades (requerimiento de iluminación / flujo luminoso)
- Consumo de energía por unidad (W)
- Horas de Uso (hr/año)
- Porcentaje de Uso
- Costo de la Electricidad
- Incremento anual estimado Electricidad

## 6. Análisis Mejoras Constructivas

El análisis de mejoras constructivas permite evaluar la relación entre el costo inicial de diversas alternativas constructivas contra el costo operacional acumulado de la edificación. Para utilizar este módulo de análisis, es necesario conocer la Demanda Anual de Energía (kWh/año) para calefacción y

la Potencia Máxima (kW) requerida para la edificación analizada de acuerdo a cada solución constructiva a comparar, además de los m<sup>2</sup> de solución. El análisis permite comparar tipos de marcos y ventanas, muros cortina y aislación (interior y exterior).

### **6.1 Selección del Caso Base**

Para determinar el caso base, se requiere seleccionar desde la base de datos integrada a la herramienta, la solución constructiva correspondiente al caso base (ej. Ventana Marco Aluminio Vidrio Simple). Una vez seleccionada, es necesario ingresar los m<sup>2</sup> asociados a esta solución, y la demanda anual de energía y potencia máxima que la edificación necesita al utilizar esta solución constructiva. Por último, para realizar el análisis, se requiere seleccionar un sistema o equipo de calefacción, el que asociado al costo del combustible y la estimación de incremento de costo anual, permite estimar el costo operacional anual para la edificación de acuerdo a la solución constructiva empleada. La selección de este caso base, representa la alternativa contra la cual las siguientes alternativas seleccionadas se compararán, en términos de costo inicial y operacional.

### **6.2 Selección de Alternativas**

Para la selección de las alternativas de comparación, se debe seguir el mismo procedimiento, procurando ingresar la demanda anual de energía y potencia máxima que la edificación necesita al utilizar la solución constructiva alternativa (ej. Ventana Marco PVC Vidrio Doble).

La herramienta permite la selección de hasta 3 alternativas de comparación, fuera del caso base.

## Anexos

### 1. Inflación y Tasa de Descuento

En general, para evaluar proyectos se recomienda hacerlo en términos reales, es decir, se deben evaluar relativos al poder económico que el dinero tiene hoy. En palabras simples, se recomienda hacerlo en UF. Esto quiere decir que si la única variable que influye sobre el precios de las distintas partidas de costos es la inflación, se entiende que no existen variaciones reales de precio y se dejan constantes. Así mismo, si hay variaciones por sobre o por debajo de la inflación, esas variaciones reales se deben incorporar al flujo, como aumento de los valores si la variación es superior a la inflación, y en decrementos de los valores si la variación es inferior a la inflación.

Por lo tanto, los flujos de caja se recomienda hacerlos en términos reales, independiente de la moneda en que se expresen. Si el flujo se expresa en UF, los valores se pueden corregir en cualquier momento al valor nominal diario. Más aún, si el flujo se construye en términos reales, pero en pesos, yenes o dólares, se entiende que todos los valores expuestos en el flujo de caja, en dichas monedas, corresponden al poder adquisitivo que ellas tienen en el tiempo cero, donde se toma la decisión.

Tomando en cuenta lo anterior, es posible construir flujos de caja en términos nominales (con inflación) o en términos reales (considerando poder adquisitivo del año 0). Cualquiera sea el caso, se deben descontar a tasas de descuento distinta, siendo el flujo real descontado a tasa real y el flujo nominal a tasa nominal (tasa con inflación incluida).

Por último, es posible demostrar que un flujo nominal, descontado a tasa nominal (donde todos los ingresos y egresos varían con la misma inflación), y un flujo real, descontado a tasa real, obtienen el mismo valor actual neto (VAN), motivo por el cual debería dar lo mismo evaluar en términos reales o nominales. Sin embargo, la teoría sugiere evaluar en términos reales.

Dado lo anterior, asumiendo que el resultado de la evaluación es el mismo con o sin inflación, al tratarse la plataforma de un sistema de información destinada a ayudar a personas y empresas del rubro construcción, no necesariamente especialistas financieros, puede ser útil hablar y demostrar los beneficios de ciertas tecnologías y los ahorros de costos energéticos incluyendo la inflación. Esto hace más real o tangible los análisis comparativos para el usuario y permite evaluar de mejor manera los flujos. En definitiva, los flujos en términos reales son una abstracción que tiene muchos beneficios de tratamiento de la información pero que no muestra la verdadera tendencia que tienen los costos en la realidad.

Dado que da lo mismo en términos de cálculo, se sugiere para mayor visualización de los procesos de cambio de precios el que se presente todo con inflación y para ello deberá utilizarse una tasa de descuento nominal.

Para considerar el IPC o medición de la inflación, se debe pronosticar la inflación promedio de los próximos 5 a 15 años. No se trata de saber cuál es la inflación del mes en curso o del próximo, sino del promedio para los próximos años. Siempre es difícil predecir cómo será la inflación. Ni las autoridades económicas, ni los agentes del mercado tienen claridad de la métrica inflacionaria para cada año.

Para enfrentar la necesidad de estimar dicho valor, la manera utilizada preferentemente es usar la meta inflacionaria impuesta por el Banco Central de Chile, organismo autónomo cuya misión es mantener la inflación dentro de una banda de control de 2% a 4 %.

Dicho lo anterior, es posible entender que si el mandato del Banco Central es el mencionado, todas sus acciones se aplicarán con la finalidad de lograr la meta y el mejor pronóstico es que la inflación se sitúe en torno a 3% en largo plazo. Probablemente en los próximos 5 años el promedio de inflación sea un poco más elevado que dicha estimación, dado las altas tasas de inflación ocurridas en los últimos 3 años, que movilizarán los promedios de largo plazo al rango superior de la meta y probablemente se



exceda el promedio, pero se espera que para el 2017 vuelva a niveles de 3% bajando el promedio para los próximos 5 años.

Respecto de las tasas sugeridas en la herramienta, son libres de riesgo, puesto que los beneficiarios o usuarios de las viviendas o inmuebles que serán objeto de análisis con la plataforma, son individuos que están realizando el análisis como personas, teniendo como alternativas libres de riesgo depositar el “sobre costo” de medidas de eficiencia energética en ahorros en instituciones financieras.

A diciembre de 2015, la tasa nominal es de 4,8% según la Asociación de Bancos e Instituciones Financieras (ABIF). Sin embargo, y como mencionado anteriormente, lo relevante es encontrar los flujos nominales a tasas de descuento de largo plazo, 5 o a 10 años según sea el caso. Esta misma agrupación pronostica 4,38% a 5 años, y 4,57% a 10 años en términos nominales.

## 2. Metodología Análisis Calefacción Guiado

La metodología utilizada para la estimación de la demanda anual de energía y la potencia máxima requerida en el caso del análisis de calefacción guiado, se basa sobre el método grados-hora, y la definición simplificada de las características generales de la vivienda (tamaño, forma y construcción).

El método grados-hora permite determinar la cantidad de horas en las que se requiere calefacción, en base a los datos climáticos de los centros urbanos considerados. Para realizar esta estimación se consideraron además las siguientes variables:

- Periodos de uso de calefacción durante el año
- Tramos de uso de calefacción durante el día
- Temperaturas de confort

Como no se dispone del archivo de clima específico para Santiago > 1000 (Zona 5), se estimó que los grados día de esta área urbana, será igual a los de Zona Térmica 3 (Santiago < 1000) multiplicado por un factor que corresponde a la razón entre los grados día promedio de la zona 5 y los de la zona 3, indicados en la Reglamentación Térmica de la OGUC.

Los periodos de uso de calefacción durante el año se establecieron de acuerdo como sigue:

- La Serena – Coquimbo: Del 01 de mayo al 30 de septiembre
- Valparaíso – Viña del Mar: Del 01 de mayo al 30 de septiembre
- Gran Santiago: Del 01 de mayo al 30 de septiembre
- Gran Concepción: Del 15 de abril al 15 de octubre

Se determinaron dos modalidades de uso de calefacción de acuerdo a los siguientes tramos:

- Mañana y tarde (**MT**)
- Mañana, medio día y tarde (**MMT**)

Los horarios específicos para cada uno de estos tramos son los siguientes:

Mañana		Medio Día		Tarde	
05:00	08:00	12:00	14:00	18:00	21:00
3 horas		2 horas		3 horas	

Por último, el set de temperaturas de confort preestablecidas para determinar los grados-hora de calefacción para cada centro urbano son:

- Baja (18°C)
- Media (20°C)
- Alta (22°C)

Con todo lo anterior, se obtiene la siguiente tabla resumen con los grados-hora para cada centro urbano, de acuerdo a los tramos de uso de calefacción y la temperatura de confort determinada.

Grados Hora Anuales	Mañana y Tarde			Mañana, Medio-día y Tarde		
	18	20	22	18	20	22
La Serena-Coquimbo	3.674	4.889	6.111	4.062	5.562	7.085
Valparaíso-Viña del Mar	4.406	5.601	6.823	4.762	6.165	7.651
Santiago < 1000m	5.954	7.169	8.392	6.582	8.061	9.570
Santiago > 1000m	9.356	11.266	13.187	10.343	12.667	15.038
Gran Concepción	6.204	7.667	9.131	7.068	8.888	10.715

Para estimar el consumo anual de energía de una vivienda es necesario primero estimar el coeficiente específico de pérdidas de calor de la vivienda. Para realizar esto, se consideró el siguiente procedimiento.

### Datos

Se debe ingresar los siguientes parámetros:


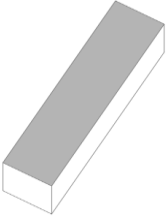



- Zona Urbana "ZU"

- La Serena – Coquimbo
- Valparaíso - Viña del Mar
- Santiago < 1000m
- Santiago > 1000m
- Gran Concepción

- Superficie habitable "S" (en m<sup>2</sup>)

- Altura representativa de los recintos "h" (en m)

- Factor de forma aproximada de la vivienda en la que se hará el cálculo "T"

										
	Pisos		Pisos		Pisos		Pisos		Pisos	
Altura	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2,3	0,92	1,30	1,15	1,62	1,15	1,62	1,23	1,75	1,23	1,75
2,4	0,96	1,35	1,20	1,70	1,20	1,70	1,20	1,82	1,20	1,82
2,5	1,00	1,41	1,25	1,77	1,25	1,77	1,34	1,90	1,34	1,90

- Calidad de Aislación "ai"

- Estándar (RT)
- Mejorada
- Superior

- Calidad de Ventana "v"

- Vidrio Simple

- Termopanel
  - Termopanel Superior
- Ciclos de Calefacción "**Cc**"
- Mañana y Tarde
  - Mañana, Medio día y Tarde
- Nivel de Calefacción "**Nc**"
- Mínima (18°C)
  - Media (20°C)
  - Alta (22°C)
- Tipo de combustible "**tc**"
- Electricidad
  - Gas Licuado
  - Gas Natural
  - Kerosene
  - Diesel
  - Leña
  - Pellet

### Cálculo

Con **S** y **h** el programa calcula el volumen "**V**" de aire interior de la vivienda en m<sup>3</sup>

$$V = S * h$$

Con **ZU**, **S**, **h**, **T**, **ai** y **v** el programa calcula las superficies de muro, techo y ventana de la vivienda con el siguiente procedimiento:

- Con **ZU** y **ai** se decide la Zona térmica de cálculo "**ZTc**".
- Si **ai** es "estándar" **ZTc** es igual a la Zona Térmica de la conurbación definido en la Reglamentación Térmica de la OGUC
- Si **ai** es "mejorado", **ZTc** es un grado superior a la Zona Térmica de la conurbación
- Si **ai** es "superior", **ZTc** es dos grados más que la Zona Térmica de la conurbación

Con **ZTc** y **v** se ingresa a la tabla:

Zona	Valor U		% Superficie Vidriada		
	Techumbre	Muro	Monolítico	DVH Estándar	DVH Premium
	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K			
1	0,84	4,0	50%	60%	80%
2	0,60	3,0	40%	60%	80%
3	0,47	1,9	25%	60%	80%
4	0,38	1,7	21%	60%	75%
5	0,33	1,6	18%	51%	70%
6	0,28	1,1	14%	37%	55%
7	0,25	0,6	12%	28%	37%

De la tabla se obtienen las Transmitancias Térmicas (Valor U) de cálculo de techumbre (**Ut**) y muro (**Um**) y el porcentaje de superficie vidriada (**Psv**) de la vivienda respecto a los paramentos verticales de su envolvente. **Psv** debe expresarse como decimal (60% = 0,60).

Con **S**, **h**, **T** y **P<sub>sv</sub>** el programa calcula las superficies de vidrio (**S<sub>v</sub>**), muro (**S<sub>m</sub>**) y techo (**S<sub>t</sub>**) con las siguientes fórmulas:

Tipo T	Superficie Vidrio ( <b>S<sub>v</sub></b> )	Superficie Muro ( <b>S<sub>m</sub></b> )	Superficie Techo ( <b>S<sub>t</sub></b> )
a	$(P_{sv} * (4 * h * \sqrt{S}))$	$((1 - P_{sv}) * (4 * h * \sqrt{S}))$	S
b	$(P_{sv} * (4 * h * \sqrt{2S}))$	$((1 - P_{sv}) * (4 * h * \sqrt{2S}))$	S/2
c	$(P_{sv} * (5 * h * \sqrt{S}))$	$((1 - P_{sv}) * (5 * h * \sqrt{S}))$	S
d	$(P_{sv} * (5 * h * \sqrt{2S}))$	$((1 - P_{sv}) * (5 * h * \sqrt{2S}))$	S/2
e	$(P_{sv} * (5 * h * \sqrt{S}))$	$((1 - P_{sv}) * (5 * h * \sqrt{S}))$	S
f	$(P_{sv} * (5 * h * \sqrt{2S}))$	$((1 - P_{sv}) * (5 * h * \sqrt{2S}))$	S/2
g	$(P_{sv} * (12 * h * \sqrt{S/5}))$	$((1 - P_{sv}) * (12 * h * \sqrt{S/5}))$	S
h	$(P_{sv} * (12 * h * \sqrt{2 * S/5}))$	$((1 - P_{sv}) * (12 * h * \sqrt{2 * S/5}))$	S/2
i	$(P_{sv} * (12 * h * \sqrt{S/5}))$	$((1 - P_{sv}) * (12 * h * \sqrt{S/5}))$	S
j	$(P_{sv} * (12 * h * \sqrt{2 * S/5}))$	$((1 - P_{sv}) * (12 * h * \sqrt{2 * S/5}))$	S/2

Con **v** y la tabla siguiente se determina la transmitancia térmica U del vidrio (**U<sub>v</sub>**) y la tasa de ventilación media estimada para la vivienda, expresada en **ren/hr**

			Ventilación ren/hr	U <sub>v</sub> W/m <sup>2</sup> K
Ventanas	Estándar	Monolítico	1,5	5,5
	Mejorado	DVH estándar	1	2,7
	Superior	DVH premium	0,5	1,9

Se calcula el coeficiente específico de pérdidas de calor de la vivienda  $\sum U * S$  expresado en W/K de la siguiente forma:

$$\sum U * S = (U_v * S_v) + (U_m * S_m) + (U_t * S_t) + 0,279 * S * h * \text{ren/hr}$$

El último término corresponde a las pérdidas de calor específicas por ventilación.

Obteniendo  $\sum U * S$  se multiplica por cada elemento de la tabla resumida de grados-hora anuales, resultando la tabla de **Consumo Anual de Energía** de calefacción para la en cuestión.

Por ejemplo, si la  $\Sigma U \cdot S = 0,509 \text{ kW/K}$ , dicha tabla resultaría en

$\Sigma U \cdot A \text{ (kW/K)}$	0,509
-----------------------------------	-------

Consumo Energía Anual kW h	Ciclo de Calefacción					
	M-T			M-M-T		
	Nivel de Calefacción					
	18	20	22	18	20	22
La Serena - Coquimbo	1.870	2.488	3.110	2.067	2.831	3.606
Valparaíso - Viña del Mar	2.242	2.850	3.472	2.423	3.137	3.894
Santiago < 1000 m	3.030	3.648	4.271	3.350	4.102	4.870
Santiago > 1000 m	4.761	5.733	6.711	5.264	6.446	7.653
Gran Concepción	3.157	3.902	4.647	3.597	4.523	5.453

En el caso que la vivienda analizada se emplace en Valparaíso, y de acuerdo a un ciclo (o tramo) de calefacción MT (Mañana y Tarde), con una temperatura esperada de confort de 22°C, se estima una demanda anual de energía de 3.471 kWh de calefacción.

Finalmente, de acuerdo al tipo de combustible (o fuente de energía)  $t_c$ , se obtiene el valor del kWh de dicha fuente de energía, el que al multiplicarlo por la demanda anual de energía y la eficiencia del sistema o equipo, se obtiene el costo operacional anual de calefacción.