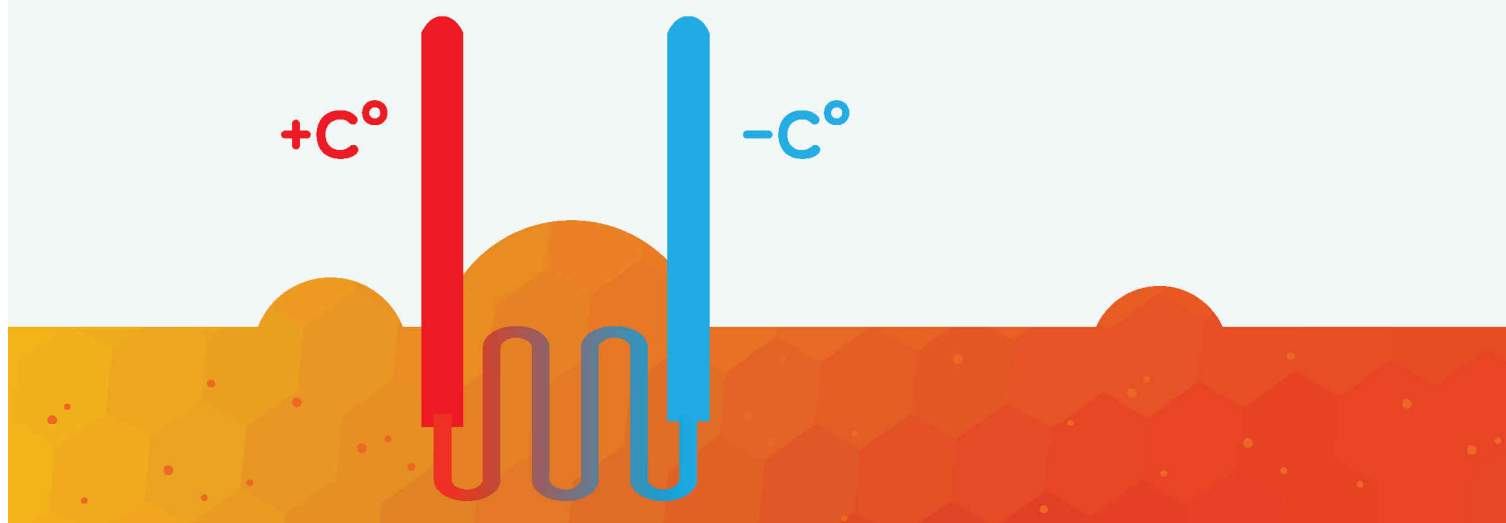


## ÍNDICE DE PRECIOS

# BOMBAS DE CALOR

## GEOTÉRMICAS Y AEROTÉRMICAS EN CHILE



Edición:

**Deutsche Gesellschaft für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

Friedrich-Ebert-Allee 40

53113 Bonn • Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5

65760 Eschborn • Alemania

I [www.giz.de](http://www.giz.de)

Nombre del proyecto:

**NAMA: Energías Renovables para**

**Autoconsumo en Chile**

Marchant Pereira 150

7500654 Providencia

Santiago • Chile

T +56 22 30 68 600

I [www.4echile.cl/nama](http://www.4echile.cl/nama)

Responsable:

**David Fuchs / Ignacio Jofré**

En coordinación con:

**Ministerio de Energía de Chile**

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Pisos  
13 y 14

Edificio Santiago Downtown II

Santiago de Chile

T +56 22 367 3000

I [www.minenergia.cl](http://www.minenergia.cl)

Responsable:

**Gabriel Prudencio / Marcel Silva / Rubén  
Muñoz**

Título:

**Índice de Precios de Bombas de Calor**

**Aclaración**

Esta publicación ha sido preparada por encargo del proyecto "NAMA: Energías Renovables para Autoconsumo en Chile" implementado por el Ministerio de Energía y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. El proyecto se financia a través de la NAMA Facility por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de Alemania, el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial (BEIS) de Gran Bretaña y de la Comisión Europea. Sin perjuicio de ello, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GIZ. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de GIZ.

**Santiago de Chile, enero de 2020.**

Equipo de trabajo:

- Alfredo González (Aguasol)
- David Fuchs (GIZ)
- Elizabeth Soto (Min. Energía)
- Ignacio Jofré (GIZ)
- Katherine Navarrete (Min. Energía)
- Yanara Tranamil (Aguasol)

## Índice

---

Glosario .....	4
1. Introducción .....	5
1.1. Objetivo.....	5
1.2. Metodología.....	5
1.3. Como Utilizar el Índice de Precios .....	9
2. Resultados .....	14
G-1. Precio BC Geotérmica Reversible para Clima.....	15
G-2. Precio BC Geotérmica Reversible para Clima y ACS.....	16
G-3. Precio BC Geotérmica de Frío y Calor Simultáneo .....	17
G-4. Precio BC Geotérmica de Uso Industrial .....	18
G-5. % Costo Instalación BC Geotérmica Circuito Abierto.....	19
G-6. Precio por m <sub>L</sub> de Construcción de Pozo de Agua.....	20
G-7. % Costo Instalación BC Geotérmica Circuito Cerrado .....	21
G-8. Precio por m <sup>2</sup> de Cañería Enterrada Circuito Cerrado Horizontal .....	22
G-9. Precio por m <sub>L</sub> de Cañería Enterrada de Circuito Cerrado Vertical .....	23
G-10. Precio Mantenimiento Preventiva BC Geotérmica.....	24
A-1. Precio BC Aerotérmica Split .....	25
A-2. Precio BC Aerotérmica Compacta de ACS .....	27
A-3. Precio BC Aerotérmica Reversible para Clima y ACS .....	28
A-4. Precio BC Aerotérmica de Uso Industrial.....	29
A-5. Precio Instalación BC Aerotérmica Split.....	30
A-6. Precio Instalación BC Aerotérmica Compacta para ACS .....	31
A-7. % Costo Instalación BC Aerotérmica para Clima y ACS .....	32
A-8. % Costo Instalación BC Aerotérmica de Uso Industrial .....	33
A-9. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica Split .....	34
A-10. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica Compacta para ACS.....	35
A-11. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica para Clima y ACS .....	36
A-12. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica de Uso Industrial.....	37
E-1. Precio por Suministro e Instalación de Radiador .....	38
E-2. Precio por m <sup>2</sup> de Suministro e Instalación de Losa Radiante.....	39
E-3. Precio por Suministro e Instalación de <i>Fancoil</i> .....	40
3. Empresas Participantes .....	41
4. Referencias .....	43

## Glosario

ACS	Agua Caliente Sanitaria
ANESCO	Asociación Nacional de Empresas de Eficiencia Energética
BC	Bomba de Calor
CLP	Pesos chilenos
Cuartil	Los cuartiles son los tres valores de la variable que dividen a un conjunto de datos ordenados en cuatro partes iguales. Q1, Q2 y Q3 determinan los valores correspondientes al 25%, al 50% y al 75% de los datos. Q2 coincide con la mediana
Fancoils	Sistema de emisión comúnmente utilizado para calentar o enfriar aire en recintos a climatizar
Geotermia de baja entalpía	Aprovechamiento del calor de la tierra, asociada a bajas temperaturas o temperatura promedio natural de la tierra
kWt	Kilo Watt Térmico
m <sup>2</sup>	Metro Cuadrado
m <sub>L</sub>	Metro Lineal
Mediana	La mediana es una medida común del centro de los datos. La mitad de las observaciones es menor que o igual al valor y la mitad es mayor que o igual al valor
Sistemas Emisores	Equipos encargados de suministrar o emitir calor y frío en los recintos o procesos objetivos. Se consideraron 3 tipos: radiadores, suelo radiante, <i>fancoils</i>
Split	Tecnología de bomba de calor aerotérmica consistente en una unidad interior y otra exterior utilizada generalmente para climatizar ambientes interiores
Split Inverter	Tecnología que regula automáticamente el funcionamiento del compresor interno del Split con el fin de ahorrar energía respecto a un Split On-Off
Split On-Off	Tecnología de encendido y apagado automático según consigna de temperatura definida por el usuario
Valores Atípicos	Corresponden a valores de datos que están muy alejados de los restantes valores de datos y que pueden afectar fuertemente sus resultados

## 1. Introducción

En el marco del proyecto “NAMA Support Project de Energías Renovables para Autoconsumo en Chile” implementado por el Ministerio de Energía (MINENERGIA) y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional, GIZ), se ha elaborado la primera versión del estudio: “Índice de Precios de Bombas de Calor Geotérmicas y Aerotérmicas en Chile”.

### 1.1. Objetivo

El objetivo general es elaborar para el año 2019, los primeros indicadores de precios referentes al mercado de bombas de calor aerotérmicas y geotérmicas en Chile, considerando de manera desagregada precios de venta, instalación y mantención preventiva de las principales tecnologías de bombas de calor, además de precios de suministro e instalación de sistemas emisores.

Las tecnologías abordadas en el área de aerotermia corresponden a:

- Equipos Split
- Bombas de Calor compactas para ACS
- Bombas de Calor reversibles para Clima y ACS
- Bombas de Calor industriales para Generación de Calor

Las tecnologías geotérmicas abordadas corresponden a:

- Bombas de Calor reversibles para Clima
- Bombas de Calor reversibles para Clima y ACS
- Bombas de Calor de Frío y Calor Simultáneo
- Bombas de Calor industriales para Generación de Calor

Asimismo, en geotermia se han considerado precios de instalación de sistemas de captación abierta y sistemas de captación cerrada horizontal y vertical.

Por último, los sistemas emisores considerados corresponden a:

- Radiadores
- Suelo radiante
- *Fancoils*

Cada una de estas tecnologías se explicará de manera general más adelante en cada descripción del indicador.

El levantamiento de precios en Chile se ha llevado a cabo mediante la implementación de una encuesta dirigida a empresas distribuidoras, instaladoras y empresas que prestan servicios de mantención preventiva.

### 1.2. Metodología

La primera fase de este estudio consistió en la definición de las tecnologías y servicios a abordar en el área de geotermia de baja entalpía, aerotermia y sistemas emisores, donde

se definió para las dos primeras consultar de manera segregada por el precio de venta, instalación y mantención preventiva de las tecnologías seleccionadas. Por otro lado, para los sistemas emisores se definió consultar por el suministro e instalación de radiadores, suelo radiante y *fancoils*. Con ello, se definieron 10 indicadores de precio en geotermia, 12 indicadores en aerotermia y 3 indicadores para los sistemas emisores.

De forma simultánea, se procedió a identificar y filtrar las empresas involucradas en este mercado, lo cual se realizó mediante fuentes como la Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización, Amarillas, ANESCO, entre otras; asimismo, se utilizó el registro de empresas indicadas en el documento “Quién es Quién en sistemas geotérmicos”. Con ello, se elaboró una base filtrada de 198 empresas que indicaban trabajar en al menos una de las áreas abordadas en este estudio, teniendo como registro su correo electrónico y número telefónico.

Teniendo en consideración las áreas a abordar y el registro de las empresas, se diseñó una encuesta dinámica en el software online SurveyGizmo, donde una vez finalizada esta construcción, cada una de las empresas registradas fueron contactadas vía email y mediante contacto telefónico para solicitar su colaboración respondiendo la encuesta.

La invitación consistió en indicar las áreas con las cuales operaba la empresa y, en base a esto, se instó a indicar los precios de venta de equipos y precios de instalación y mantención preventiva cuando las áreas confirmadas correspondían a geotermia y aerotermia; por otro lado, cuando el área confirmada correspondía a Sistemas Emisores, la encuesta estaba dirigida a consultar por precios de suministro e instalación de losa radiante por metro cuadrado, radiadores y *fancoils*.

La desagregación de las áreas abordadas en la encuesta se muestra en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3, las cuales en su totalidad conforman 25 indicadores de precios.

**Tabla 1. Contenido referente a Geotermia abordado en encuesta**

Ítem <i>Venta</i>	Rango consultado	Unidad consultada
G-1. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas reversibles para Clima	$\leq 20$ kWt $> 20 \leq 100$ kWt $> 100$ kWt	CLP sin IVA
G-2. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas reversibles para Clima y ACS		
G-3. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas de Frío y Calor Simultáneo		
G-4. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas Industriales para Generación de Calor		
Ítem <i>Instalación</i>	Rango consultado	Unidad consultada
G-5. % Costo Instalación BC Geotérmica Circuito Abierto <i>% de Costo Total del Proyecto atribuible a la Instalación del equipo de Bomba de Calor geotérmica, considerando un sistema de captación abierto</i>	-	%
G-6. % Costo Instalación BC Geotérmica Circuito Cerrado <i>% de Costo Total del Proyecto atribuible a la Instalación del equipo de Bomba de Calor geotérmica, considerando un sistema de captación cerrado</i>	-	%
G-7. Precio por metro lineal de la construcción de pozos de agua para circuitos de captación abiertos	$\leq 50$ m $>50 \leq 100$ m $>100 \leq 300$ m $> 300$ m	CLP sin IVA por metro lineal
G-8. Precio por metro cuadrado de cañería enterrada en instalaciones geotérmicas con circuito cerrado horizontal	$\leq 50$ m <sup>2</sup> $>50 \leq 100$ m <sup>2</sup> $>100 \leq 300$ m <sup>2</sup> $> 300$ m <sup>2</sup>	CLP sin IVA por metro cuadrado
G-9. Precio por metro lineal de cañería enterrada en instalaciones geotérmicas con circuito cerrado vertical	$\leq 50$ m $>50 \leq 100$ m $>100 \leq 300$ m $> 300$ m	CLP sin IVA por metro lineal
Ítem <i>Mantenimiento Preventiva</i>	Rango consultado	Unidad consultada
G-10. Precio por kWt de realizar mantenimiento preventiva por evento de bombas de calor geotérmicas	$\leq 20$ kWt $> 20 \leq 100$ kWt $> 100$ kWt	CLP sin IVA por kWt de instalación

**Tabla 2. Contenido referente a Aerotermia abordado en encuesta**

<b>Ítem Venta</b>	<b>Rango consultado</b>	<b>Unidad consultada</b>
A-1. Precio de Splits con Tecnología On-Off e Inverter	9.000 BTU/h 12.000 BTU/h 18.000 BTU/h 24.000 BTU/h	CLP sin IVA
A-2. Precio de Bomba de calor compacta para ACS	150 L 300 L	CLP sin IVA
A-3. Precio de Bomba de calor para Clima y ACS	≤ 20 kWt > 20 ≤ 100 kWt > 100 kWt	CLP sin IVA
A-4. Precio de Bombas de Calor Industriales para Generación de Calor		
<b>Ítem Instalación</b>	<b>Rango consultado</b>	<b>Unidad consultada</b>
A-5. Precio de instalación de Splits	9.000 BTU/h 12.000 BTU/h 18.000 BTU/h 24.000 BTU/h	CLP sin IVA
A-6. Precio de instalación de bombas de calor compactas para ACS	150 L 300 L	
A-7. % de Costo Total del Proyecto atribuible a la Instalación de Bombas de Calor para Clima y ACS	≤ 20 kWt > 20 ≤ 100 kWt > 100 kWt	%
A-8. % de Costo Total del Proyecto atribuible a la Instalación de Bombas de Calor Industriales para Generación de Calor	≤ 20 kWt > 20 ≤ 100 kWt > 100 kWt	%
<b>Ítem Mantenimiento Preventiva</b>	<b>Rango consultado</b>	<b>Unidad consultada</b>
A-9. Precio de mantenimiento preventiva de Splits	9.000 BTU/h 12.000 BTU/h 18.000 BTU/h 24.000 BTU/h	CLP sin IVA
A-10. Precio de mantenimiento preventiva de bombas de calor compactas para ACS	150 L 300 L	CLP sin IVA



A-11. Precio por kWt de mantención preventiva por evento de bombas de calor para Clima y ACS	$\leq 20$ kWt $> 20 \leq 100$ kWt $> 100$ kWt	CLP sin IVA por kWt de instalación
A-12. Precio por kWt de mantención preventiva por evento de bombas de calor industriales para Generación de Calor		

**Tabla 3. Contenido referente a Sistemas Emisores abordado en encuesta**

Venta e Instalación	Rango consultado	Unidad consultada
E-1. Precio de suministro e instalación de un radiador	$\leq 1$ kWt $> 1 \leq 5$ kWt $> 5 \leq 10$ kWt $> 10 \leq 15$ kWt $> 15 \leq 20$ kWt	CLP sin IVA
E-2. Precio de suministro e instalación de metro cuadrado de losa radiante	$\leq 50$ m <sup>2</sup> $>50 \leq 100$ m <sup>2</sup> $>100 \leq 300$ m <sup>2</sup> $> 300$ m <sup>2</sup>	
E-3. Precio de suministro e instalación de un <i>fancoil</i>	$\leq 5$ kWt $> 5 \leq 10$ kWt $> 10 \leq 15$ kWt $> 15 \leq 20$ kWt $> 20$ kWt	

### 1.3. Como Utilizar el Índice de Precios

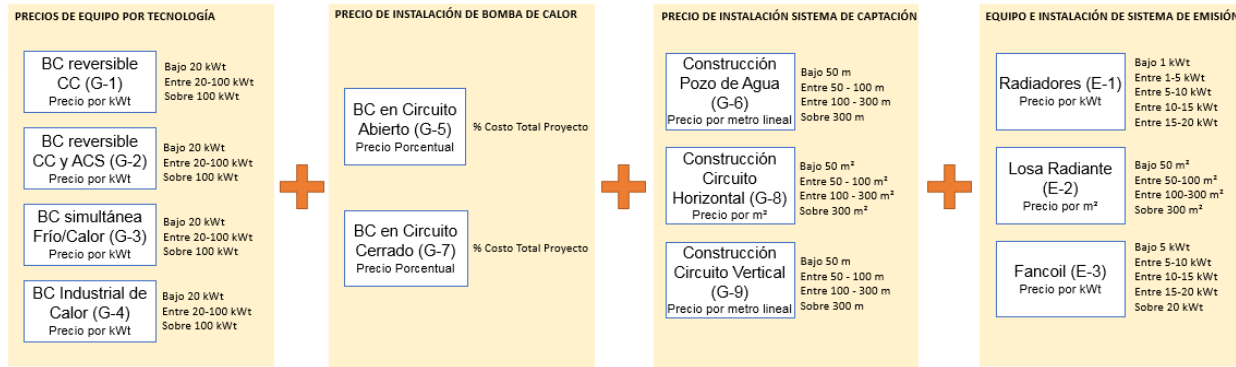
Como se ha señalado anteriormente, el índice de precios de las bombas de calor se presenta desagregado en los 25 indicadores presentados en el subcapítulo anterior.

Estos índices de precios permiten caracterizar por una parte el precio esperado de una instalación, así como los costos de mantención preventiva esperados para su futura operación.

Los siguientes esquemas se presentan como guía para la correcta utilización del índice de precios.

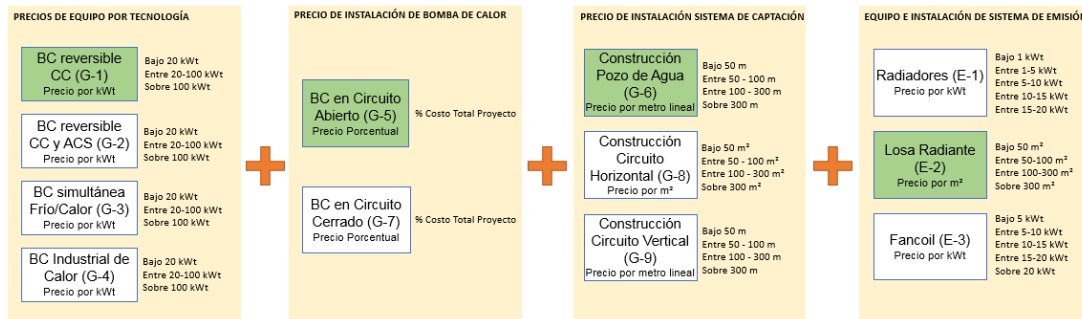
#### 1.3.1 Instalación Proyectos de Geotermia

Para determinar el costo o precio final de un proyecto de bombas de calor geotérmicas se deben considerar 4 indicadores de precios diferentes los cuales deben ser sumados. El siguiente esquema muestra estos 4 grupos de índices de precio a buscar y seleccionar.



**Ilustración 1. Pasos para obtención de precio instalación geotérmica**

**Ejemplo 1:** Proyecto bomba de calor geotérmica reversible de circuito abierto con sistemas de emisión en base a losa radiante



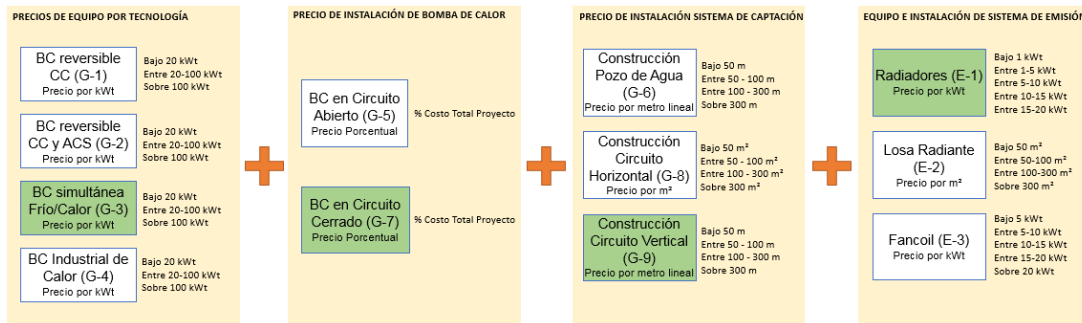
Supondremos que la ingeniería del proyecto diseñó una bomba de calor geotérmica reversible para calefacción de ciclo abierto de 24 kWt, al mismo tiempo de estimar que el caudal de diseño del pozo de agua se encontraría a 30 m de profundidad. Además, la superficie a calefaccionar correspondería a 12 recintos de 20 m<sup>2</sup> cada uno.

Para determinar el costo global del proyecto consideraremos las medianas de los 4 índices de precio resaltados en verde:

- Índice G-1: \$207.019 CLP/kWt x 24 kWt = \$4.968.456
- Índice G-5: 40% del costo total
- Índice G-6: \$110.000 CLP/m.l. x 30 m.l. = \$3.300.000
- Índice E-2: \$26.500 CLP/m<sup>2</sup> x 12 x 20 m<sup>2</sup> = \$6.340.000
- Subtotal: \$14.628.456
- Costo instalación (G-5): 40% \* \$14.628.456 = \$ 5.851.382

**TOTAL: \$20.479.838.-**

**Ejemplo 2:** Proyecto bomba de calor geotérmica simultánea de frío y calor de circuito cerrado en base a pozos verticales con sistemas de emisión en base fancoils.



Supondremos que la ingeniería del proyecto determinó que se usarán 3 bombas de calor geotérmicas simultáneas de frío y calor de circuito cerrado de 80 kWt de calor cada una, con 37 pozos verticales de 50 m de profundidad y con un total de 20 fancoils de 15 kWt cada uno.

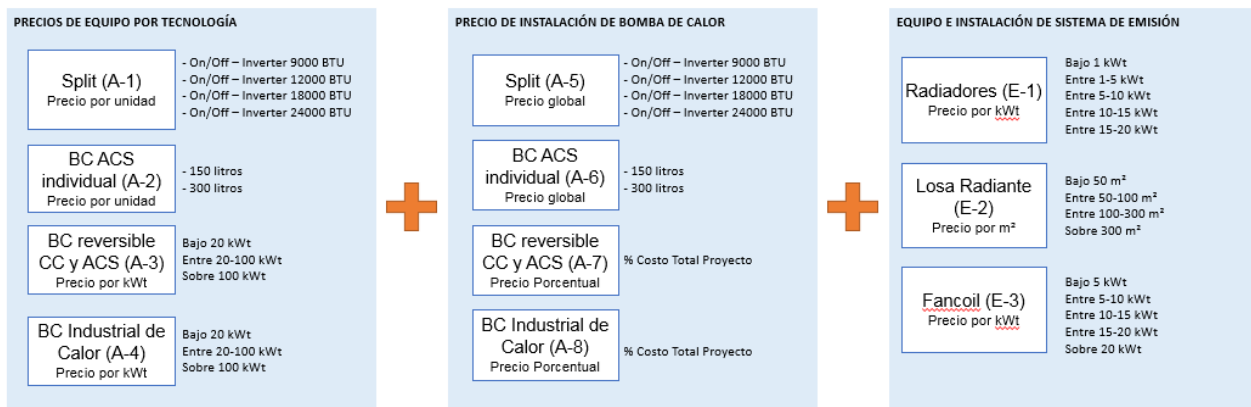
En este caso se tomarán las medianas de los 4 índices de precio resaltados en verde:

- Índice G-3:  $\$143.967 \text{ CLP/kWt} \times 3 \times 80 \text{ kWt} = \$34.552.080$
- Índice G-7: 30% del costo total
- Índice G-9:  $\$120.000 \text{ CLP/m.l.} \times 37 \text{ pozos} \times 50 \text{ m.l.} = \$222.000.000$
- Índice E-3:  $\$65.385 \text{ CLP/m}^2 \times 20 \times 15 \text{ kWt} = \$19.615.500$
- Subtotal:  $\$276.167.580$
- Costo instalación (G-5):  $30\% \times \$276.167.580 = \$82.850.274$

**TOTAL: \$359.017.854.-**

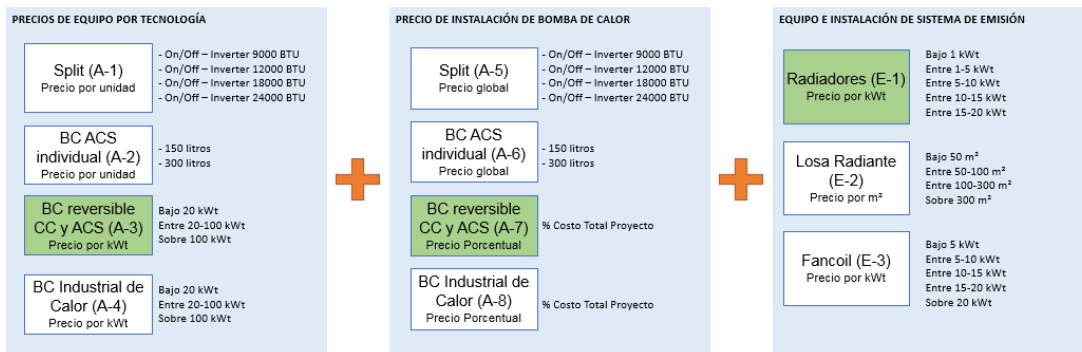
### 1.3.2 Instalación Proyectos de Aerotermia

Para determinar el costo o precio final de un proyecto de bombas de calor aerotérmicas se deben considerar 3 indicadores de precios diferentes los cuales deben ser sumados. El siguiente esquema muestra estos 3 grupos de índices de precio a buscar y seleccionar.



**Ilustración 2. Pasos para obtención de precio instalación aerotérmica**

**Ejemplo 3:** Proyecto bomba de calor aerotérmica reversible de calefacción y ACS con sistemas de emisión en base a radiadores

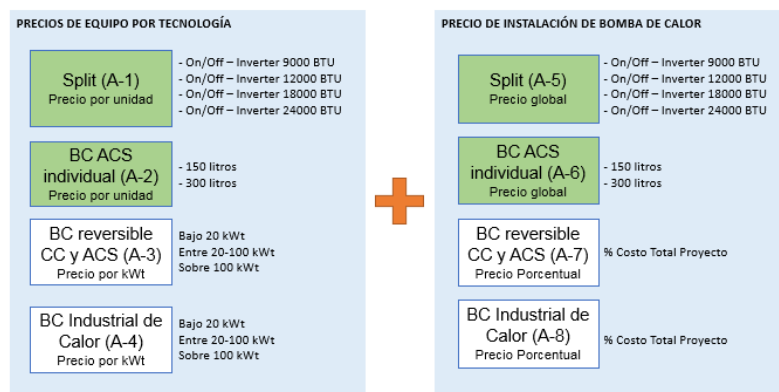


Supondremos que la ingeniería del proyecto diseñó una bomba de calor aerotérmica reversible de calefacción y ACS de 150 kWt de calor que calefaccionará un edificio que contempla 130 radiadores de 10 kWt cada uno.

Para determinar el costo global del proyecto consideraremos las medianas de los 3 índices de precio resaltados en verde:

- Índice A-3:  $\$108.182 \text{ CLP/kWt} \times 150 \text{ kWt} = \$16.227.300$
  - Índice A-7: 45% del costo total
  - Índice E-1:  $\$45.417 \text{ CLP/kWt} \times 130 \times 10 \text{ kWt} = \$59.042.100$
  - Subtotal:  $\$75.269.400$
  - Costo instalación (A-7):  $45\% * \$75.269.400 = \$33.871.230$
- TOTAL: \$109.140.630.-**

**Ejemplo 4:** Proyecto Split + bomba de calor individual de ACS.



Un proyecto para una vivienda particular busca instalar un Split tipo Inverter de 18.000 BTU más una bomba de calor individual de ACS de 300 litros

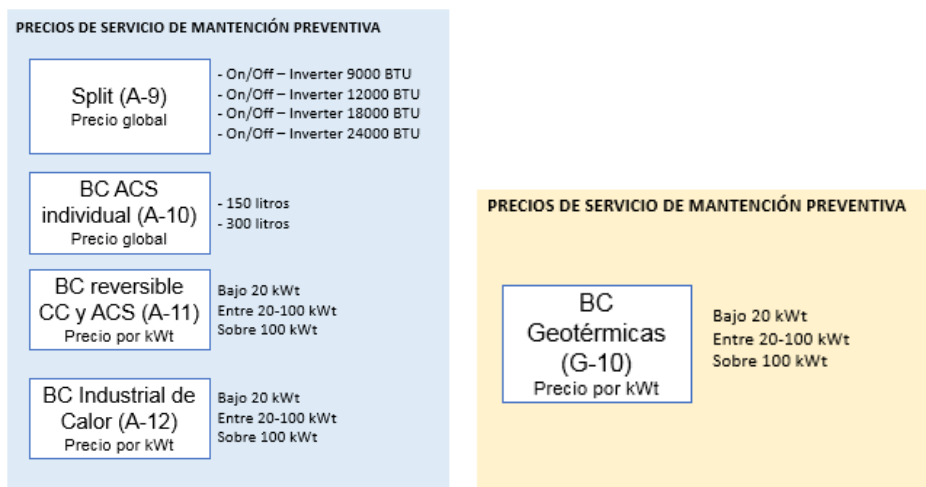
Para determinar el costo de ambos equipos instalados en su vivienda se tomarán las medianas de los 4 índices de precio resaltados en verde:

- Índice A-1: \$419.952 CLP
- Índice A-2: \$1.700.000 CLP
- Índice A-5: \$135.000 CLP
- Índice A-6: \$200.000 CLP

**TOTAL: \$2.454.952.-**

### 1.3.3 Mantenimiento Preventiva de Proyectos de Bombas de Calor

Para determinar el costo o precio final de mantenimiento preventivo de un proyecto de bombas de calor se deben considerar los indicadores de precios específicos de mantenimiento que se resumen en el siguiente esquema, en donde los de color azul corresponden a bombas de calor aerotérmicas, mientras los de color naranja a bombas de calor geotérmicas.



**Ilustración 3. Obtención de precio mantenimiento preventiva**

**Ejemplo 5:** Split tipo ON/OFF de 12.000 BTU

- Índice A-9: **\$46.850**

**Ejemplo 6:** Instalación con bomba de calor aerotérmica industrial de 350 kWt de calor

- Índice A-12: \$5.000 CLP/kWt x 350 kWt = **\$1.750.000**

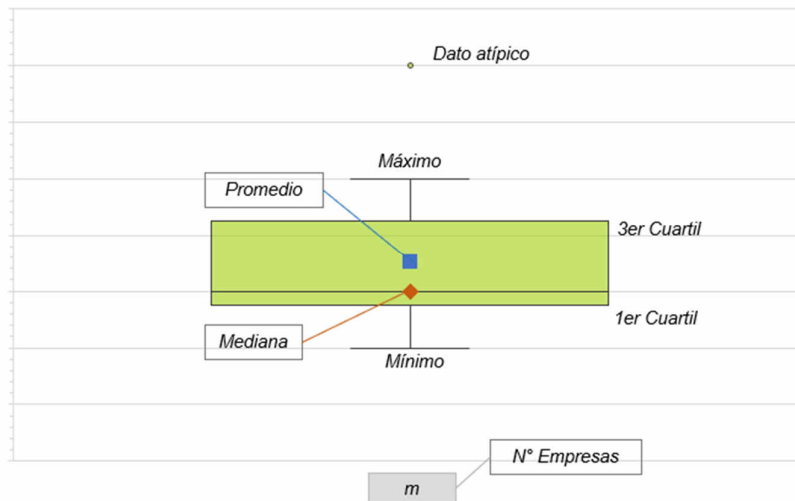
**Ejemplo 7:** Instalación con bomba de calor geotérmica de 75 kWt de calor

- Índice G-10: \$6.750 CLP/kWt x 75 kWt = **\$506.250**

## 2. Resultados

De las 198 empresas levantadas inicialmente para la realización de la encuesta, 30 de éstas fueron descartadas por no contestar ni a los teléfonos ni a los correos electrónicos publicados en sus sitios web. Es así como se ha establecido que 168 empresas formarían parte del universo nacional del mercado de bombas de calor. De todas estas empresas, 65 de ellas respondieron una o varias de las preguntas de la encuesta, por lo que finalmente el presente estudio de índices de precios representa a un 39% de las empresas del mercado nacional.

Para cada uno de los 25 índices de precio desagregados resumidos en la metodología se presenta una gráfica de cajas y bigotes similar al que se presenta a continuación.



Este gráfico muestra por una parte tanto el valor promedio como la mediana de todos los datos registrados, además de mostrar los valores máximos y mínimos de la muestra, descontando los valores atípicos. Finalmente, abajo en gris se muestra el número de empresas que respondió algún valor en este rango. De cada uno de estos valores, se indica en el gráfico su valor específico.

Como elementos secundarios que no se cuantifican, pero si se representan, podemos mencionar los propios valores atípicos, que corresponden a valores que se escapan estadísticamente de los restantes valores de la muestra, pero que se decidió no eliminar ya que cada uno de éstos fueron datos confirmados por las empresas que respondieron la encuesta y, por lo tanto, representan a parte del mercado objetivo consultado. Finalmente, las cajas de color verde muestran en su extremo inferior el 1er cuartil y en su extremo superior el 3er cuartil de la muestra. Este rango intercuartil representa el 50% intermedio de los datos de la muestra. Cabe señalar que el 2do cuartil equivale a la mediana. Y, por consiguiente, los valores bajo el 1er cuartil y hasta el mínimo, representan el rango del primer 25% de datos de la muestra. Mientras los valores sobre el 3er cuartil y hasta el máximo, representan el rango del 25% superior de datos de la muestra.

### G-1. Precio BC Geotérmica Reversible para Clima



Este primer indicador hace referencia al precio de bombas de calor geotérmicas reversibles destinadas para calefacción y refrigeración. La consulta realizada en la encuesta consistió en preguntar por la potencia térmica del equipo de Clima y su respectivo precio sin incluir IVA, lo cual permitió determinar su precio unitario por kWt.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponden a 15, siendo 83 el número de precios registrados. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 4, en la cual se muestra el precio de venta por kWt considerando los tres rangos de potencia definidos en este estudio. Por otra parte, para cada rango se muestra el número de empresas que registraron precios correspondientes a esta tecnología.

Fuente: [1]

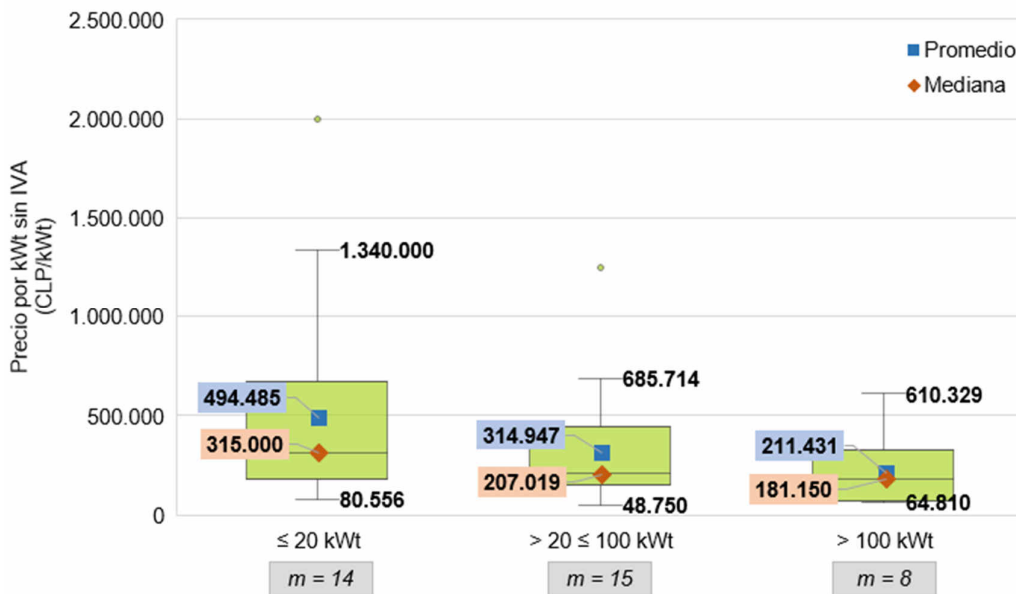


Ilustración 4. Análisis estadístico de Indicador G-1

A partir del procesamiento estadístico realizado se observa una dispersión decreciente a medida que la potencia térmica aumenta. Con relación a los dos primeros rangos, se observa un valor atípico que genera en ambos casos que el promedio sea mayor a la mediana, y que además haya un sesgo hacia el 50% superior. En lo que respecta al nivel de dispersión de dichos rangos y sus valores atípicos, podrían explicarse por las diferencias tecnológicas y de garantía que puede ofrecer cada equipo geotérmico de climatización. Además, se puede apreciar una disminución de la dispersión en el último rango, donde el 75% de los datos se concentra entre los 65.000 y 330.000 CLP/kWt. A modo de conclusión, se observa que el comportamiento del precio por kWt tiende a disminuir a medida que aumenta su capacidad térmica de diseño.

## G-2. Precio BC Geotérmica Reversible para Clima y ACS



El presente indicador hace referencia al precio de venta de bombas de calor geotérmicas reversibles cuya función es climatizar y producir agua caliente sanitaria. Dentro de la encuesta, la consulta realizada consistió en preguntar por la potencia térmica del equipo de climatización y ACS y su respectivo precio sin incluir IVA, lo cual permitió determinar su precio unitario por kWt.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 13, siendo 77 el número de precios registrados. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 5, en la cual se muestra el precio de venta por kWt considerando los tres rangos de potencia definidos en este estudio.

Fuente: [2]

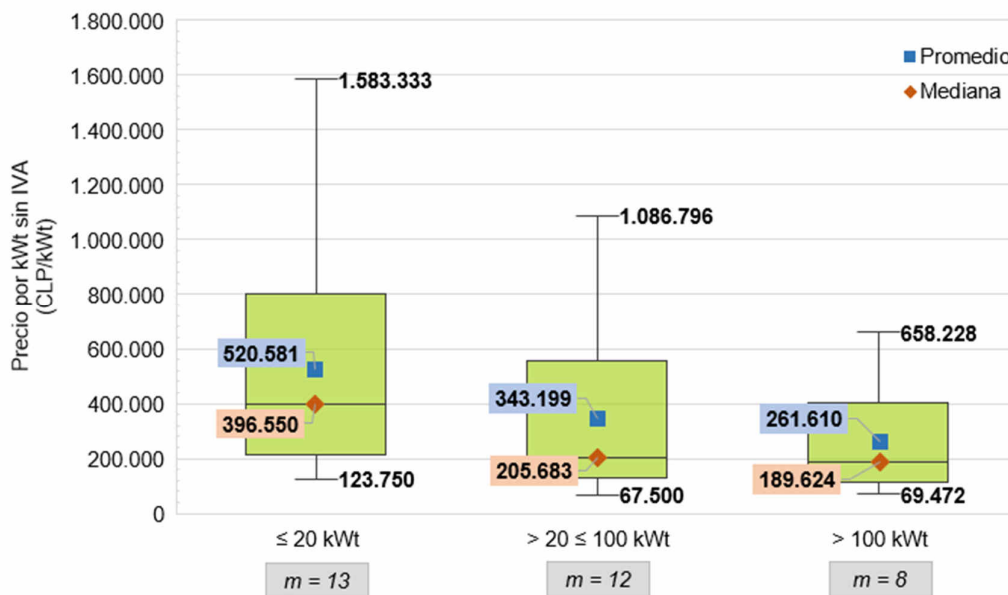


Ilustración 5. Análisis estadístico de Indicador G-2

Se puede observar una importante dispersión para los tres rangos de potencia térmica definidos, la cual tiende a disminuir cuando la potencia térmica aumenta. Asimismo, se observa una tendencia a la reducción del precio por kWt cuando la potencia de diseño incrementa, y que puede reflejarse al comparar los promedios del primer y tercer rango cuya magnitud se reduce aproximadamente a un 50%. Por último, no se observan valores atípicos en ninguno de los rangos, lo cual podría explicarse por corresponder a una tecnología más madura en el mercado chileno.



### G-3. Precio BC Geotérmica de Frío y Calor Simultáneo



El presente indicador hace referencia al precio de venta de bombas de calor geotérmicas cuya función es climatizar ambientes produciendo calefacción y refrigeración de manera simultánea. Dentro de la encuesta, la consulta realizada consistió en preguntar por la potencia térmica del equipo de frío y calor simultáneo y su respectivo precio sin incluir IVA, lo cual permitió determinar su precio unitario por kWt.

Fuente: [3]

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 7, siendo 29 el número de precios registrados. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 6, que muestra el precio de venta por kWt considerando los tres rangos de potencia definidos en este estudio.

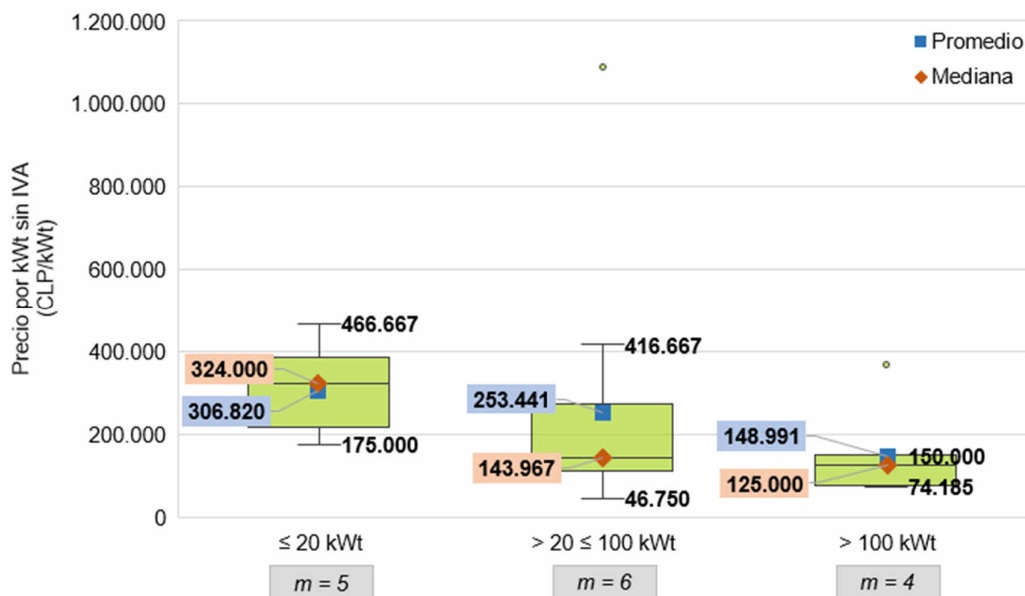


Ilustración 6. Análisis estadístico de Indicador G-3

Se puede apreciar una menor dispersión para los tres rangos definidos, lo cual podría explicarse por el menor número de respuestas registradas para este tercer indicador. Asimismo, para los últimos dos rangos se observan valores atípicos que exceden notablemente los máximos correspondientes a cada uno, y que generan que la distribución sea asimétrica. Es importante señalar que el menor número de respuestas en este indicador podría explicarse porque la tecnología de climatización de frío y calor simultáneo no se ha masificado dentro de este mercado.

#### G-4. Precio BC Geotérmica de Uso Industrial



Fuente: [4]

El presente indicador hace referencia al precio de venta de bombas de calor geotérmicas cuya función es producir agua caliente de proceso para uso industrial. Dentro de la encuesta, la consulta realizada consistió en preguntar por la potencia térmica del equipo geotérmico industrial y su respectivo precio sin incluir IVA, lo cual permitió determinar su precio unitario por kWt.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 9, siendo 42 el número de precios registrados. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 7, que muestra el precio de venta por kWt considerando los tres rangos de potencia definidos.

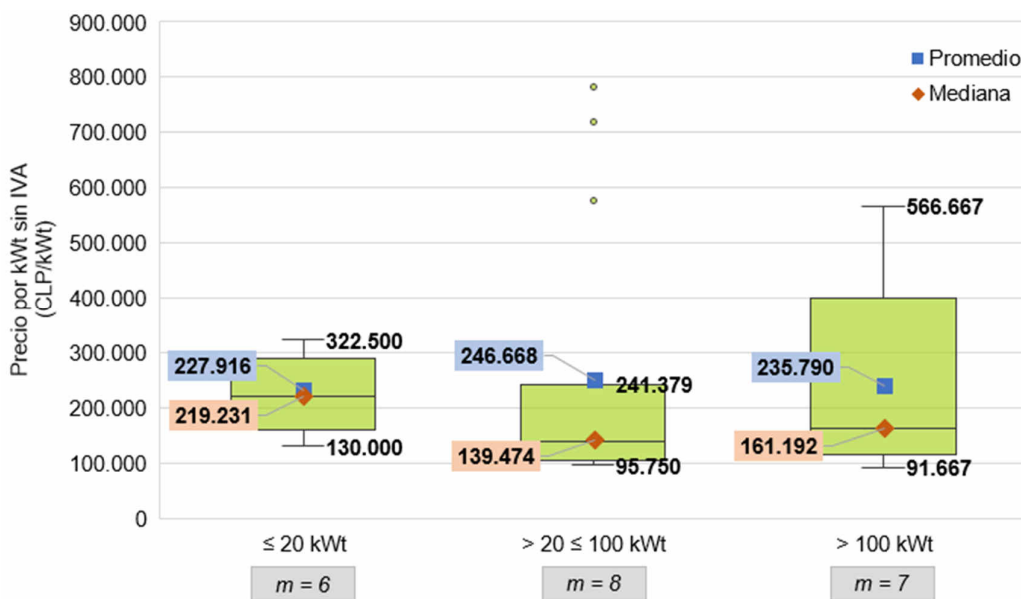
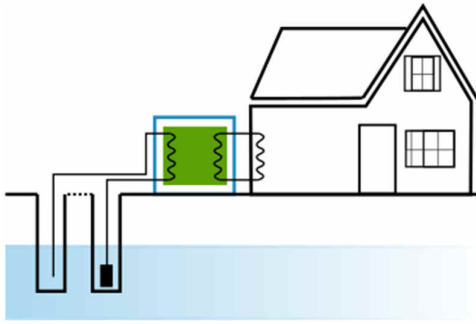


Ilustración 7. Análisis estadístico de Indicador G-4

Por una parte, se puede observar que el conjunto de datos correspondientes al primer rango de potencia muestra una distribución simétrica con una baja dispersión, y cuyo máximo es 2,5 veces mayor al mínimo registrado. Con relación al segundo rango, este muestra una distribución asimétrica con una mayor dispersión, donde además se observan tres valores atípicos que desplazan el promedio respecto a la mediana. Cabe mencionar que tales valores atípicos exceden los máximos correspondientes a cada rango, lo cual podría explicarse por diferencias marcadas en lo que respecta al modelo y alcances tecnológicos entre bombas de calor geotérmicas para uso industrial (como puede ser la temperatura máxima de servicio). Por otra parte, se observa una importante dispersión en el último rango donde la potencia térmica supera los 100 kWt, lo cual quiere decir que dentro de éste, existen sistemas industriales cuyo precio unitario puede variar notablemente de un equipo a otro, y lo cual se refleja al observar que el máximo es aproximadamente 6 veces mayor al mínimo registrado. En base a lo anterior, se puede desprender que no hay una tendencia clara que explique la relación entre el precio unitario por kWt y la potencia térmica, lo cual podría explicarse por las diferencias tecnológicas y de garantía que puede ofrecer cada equipo geotérmico, así como por el pequeño universo de empresas que ofrecen esta tecnología y por ende la inmadurez del mercado.

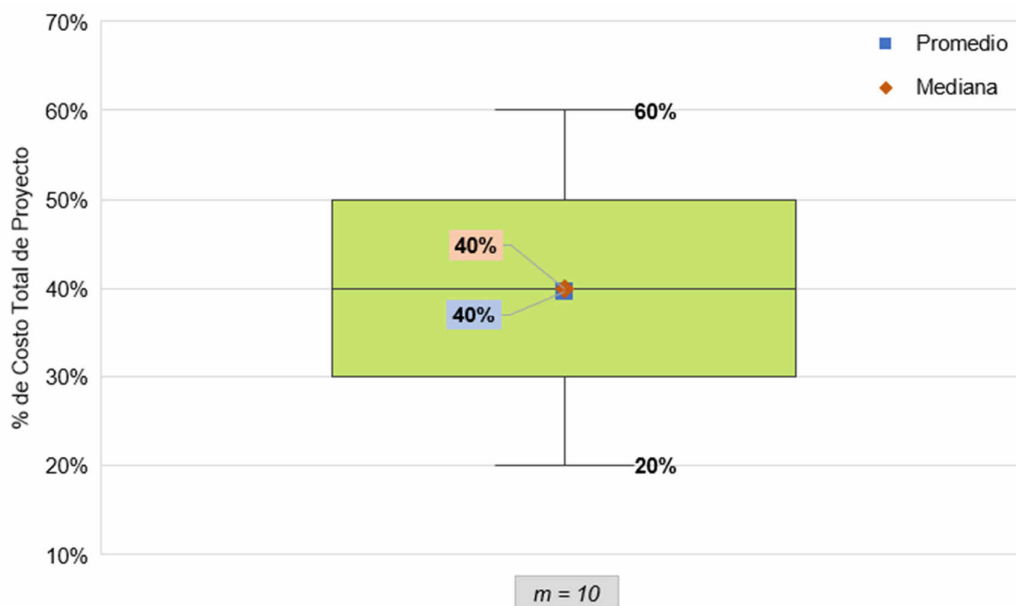
### G-5. % Costo Instalación BC Geotérmica Circuito Abierto



Fuente: EP

El presente indicador hace referencia al porcentaje del costo total de un proyecto atribuible a la instalación de una bomba de calor geotérmica, considerando un circuito de captación abierto. Este porcentaje toma en cuenta el costo por mano de obra y suministro de equipos hidráulicos, cañerías, válvulas y otros equipos que se requieran para la instalación del equipo de bomba de calor. Por otro lado, éste excluye el costo de construcción de pozos de agua o instalaciones de sistemas de captación de aguas superficiales, además del suministro e instalación de sistemas de distribución y fuentes emisoras. El valor consultado corresponde a un valor porcentual menor a 100%.

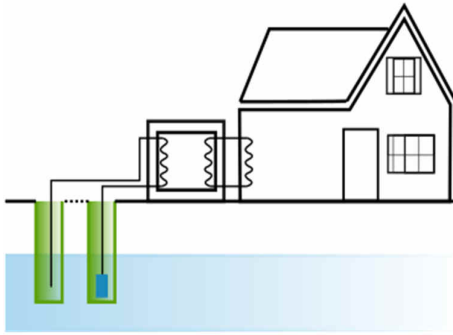
El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 10, siendo 14 el número de respuestas registradas. Los resultados obtenidos referentes a este indicador se representan en la Ilustración 8.



**Ilustración 8. Análisis estadístico de Indicador G-5**

A partir de esta gráfica es posible observar un alto nivel de dispersión, lo cual podría explicarse por las diferencias en costos que existe entre los proyectos que consideran un circuito de captación con aguas superficiales y, proyectos en donde se considera un circuito de captación con aguas subterráneas. Para este último caso, el porcentaje del costo total del proyecto atribuible a la instalación del equipo de bomba de calor es menor, debido a que la construcción de pozos de agua tomará mayor relevancia en cuanto a costos. Por otro lado, para proyectos en donde el circuito de captación opera con aguas superficiales, este quinto indicador es mayor comparativamente debido a que el costo del sistema de captación disminuye.

## G-6. Precio por m<sub>L</sub> de Construcción de Pozo de Agua



Fuente: EP

El presente indicador hace referencia al precio por metro lineal correspondiente a la construcción de un pozo de agua contemplado en proyectos geotérmicos de baja entalpía con circuito de captación abierto. Este precio unitario considera el costo por mano de obra, la perforación y el suministro de equipos auxiliares requeridos en esta construcción. Dentro de la encuesta, la consulta realizada consistió en preguntar por el precio por metro lineal considerando cuatro rangos de profundidad, los cuales corresponden a los descritos en la Tabla 1.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 12, siendo 13 el número de respuestas registradas. Los resultados obtenidos referentes a este indicador se representan en la Ilustración 9.

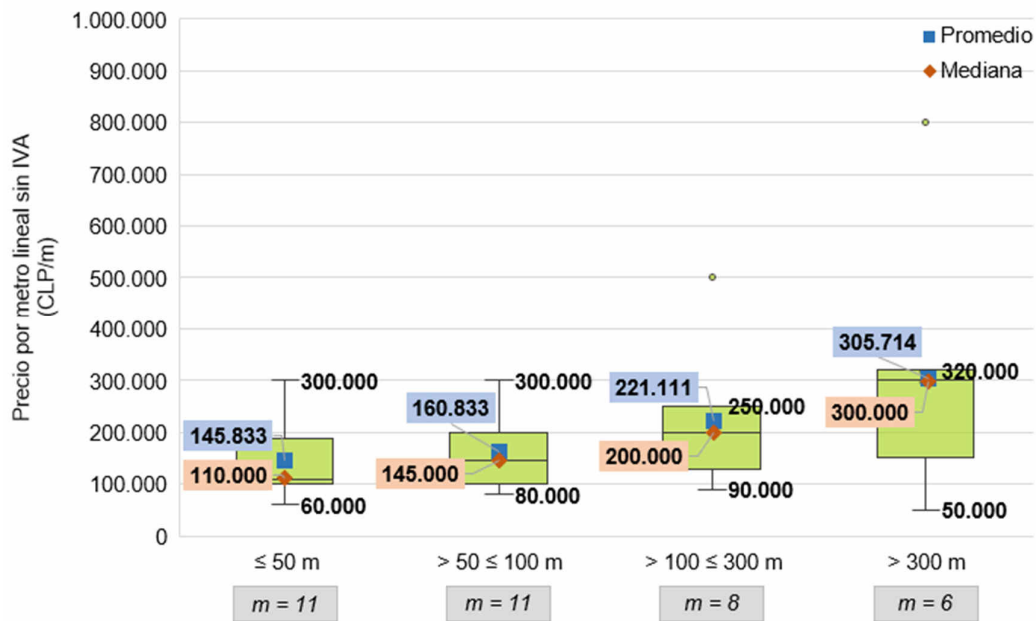
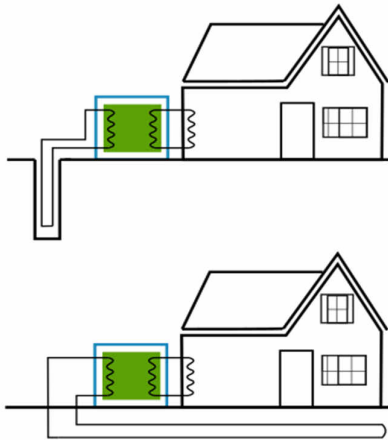


Ilustración 9. Análisis estadístico de Indicador G-6

Los resultados correspondientes a este sexto indicador muestran una moderada dispersión para los dos primeros rangos evaluados, en donde los mínimos registrados varían entre \$60.000 y \$80.000 y el máximo para ambos corresponde a \$300.000. Por otra parte, en los últimos dos intervalos se presenta una mayor dispersión, donde además se observan dos valores atípicos que exceden los máximos registrados. Cabe notar que el número de empresas que registraron precios para profundidades mayores a 100 metros lineales es comparativamente menor, lo cual podría explicarse por la baja o nula frecuencia con la cual se solicitan proyectos a tal profundidad. Asimismo, se observa que a medida que incrementa la profundidad del pozo, el costo por metro lineal tiende a crecer, lo cual podría explicarse debido al aumento de la complejidad técnica de la perforación.

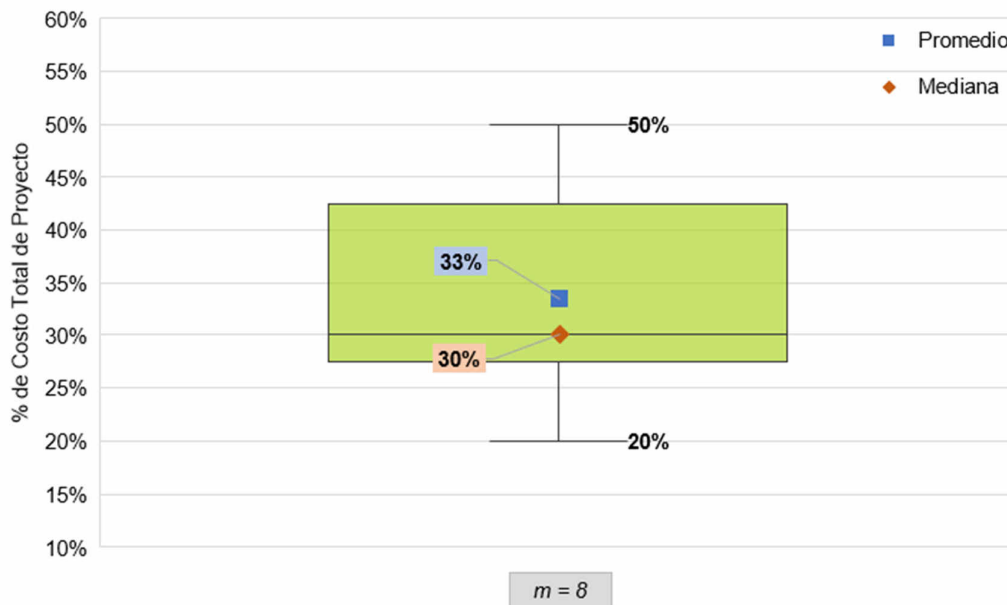
### G-7. % Costo Instalación BC Geotérmica Circuito Cerrado



El presente indicador hace referencia al porcentaje del costo total de un proyecto atribuible a la instalación de una bomba de calor geotérmica, considerando un circuito de captación cerrado. Este valor porcentual considera el costo por mano de obra y suministro de equipos hidráulicos, cañerías, válvulas y otros subsistemas que se requieran para la instalación del equipo de bomba de calor. Por otro lado, éste excluye el costo por el suministro de la bomba de calor, el sistema de captación y el suministro e instalación de sistemas de distribución y fuentes emisoras. El valor consultado corresponde a un valor porcentual menor a 100%.

Fuente: EP

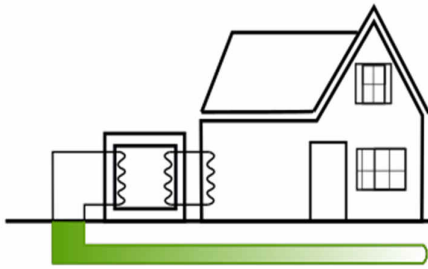
El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 8, siendo 9 el número de respuestas registradas. Los resultados obtenidos se representan en la Ilustración 10.



**Ilustración 10. Análisis estadístico de Indicador G-7**

Los resultados obtenidos para este indicador presentan una moderada dispersión, siendo el mínimo valor registrado un 20% y el máximo 50%. Respecto al promedio, este corresponde a un 33%, el cual es menor respecto al porcentaje obtenido para sistemas de captación abiertos. Esto podría indicar que, para proyectos geotérmicos que operan con un sistema de captación cerrado, los costos estarían concentrados principalmente en el sistema de captación. Por otro lado, la dispersión que existe en estos resultados podría explicarse por las variables que presenta cada proyecto geotérmico, las cuales dependen además del tipo de captación (horizontal o vertical).

### G-8. Precio por m<sup>2</sup> de Cañería Enterrada Circuito Cerrado Horizontal



El presente indicador corresponde al precio por metro cuadrado del suministro e instalación de un sistema de captación horizontal contemplado en un proyecto geotérmico de baja entalpía. Este indicador considera el costo por mano de obra, el suministro de cañerías y el costo de la remoción, relleno y compactación del terreno. Dentro de la encuesta, la pregunta realizada consistió en consultar por el costo por metro cuadrado de cañería enterrada considerando 4 rangos de superficie, los cuales corresponden a los indicados en la Tabla 1.

Fuente: EP

El número de empresas que registraron al menos un valor asciende a 7. Los resultados obtenidos referentes a este indicador se representan en la Ilustración 11

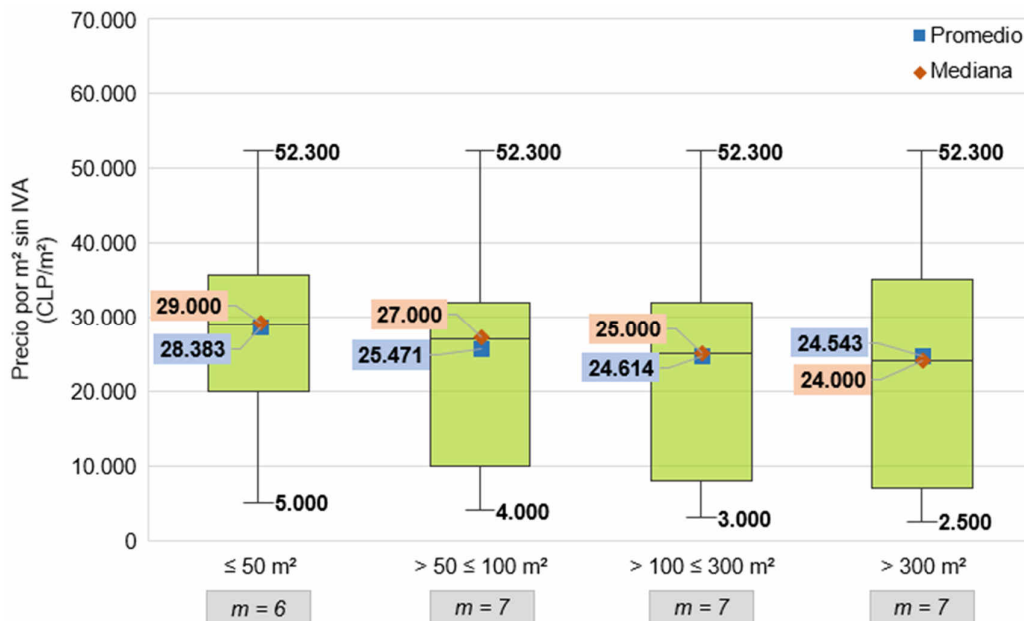
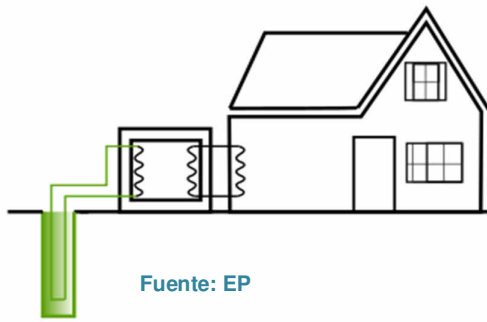


Ilustración 11. Análisis estadístico de Indicador G-8

Se puede observar que existe una alta dispersión en todos los intervalos de profundidad considerados; asimismo, se aprecia que los máximos registrados poseen un orden de magnitud más respecto a los mínimos. Esto, podría explicarse por las diferentes condiciones bajo las cuales se construye un sistema de captación geotérmico horizontal, en donde incide de manera relevante el número de zanjas, la distancia entre cañerías, la profundidad, la metodología de excavación, entre otros. Por otra parte, de la ilustración se desprende que con el aumento de la superficie de captación, el precio por metro cuadrado tiende a disminuir.

### G-9. Precio por m<sub>L</sub> de Cañería Enterrada de Circuito Cerrado Vertical



Fuente: EP

El presente indicador hace referencia al precio por metro lineal del suministro e instalación de un sistema de captación vertical contemplado en un proyecto geotérmico de baja entalpía. Este indicador considera el costo por mano de obra, el suministro de cañerías y el costo de la perforación y relleno del terreno. Dentro de la encuesta, la pregunta realizada consistió en consultar por el costo por metro lineal de cañería enterrada considerando 4 rangos de profundidad, los cuales corresponden a los indicados en la Tabla 1.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 5. Los resultados obtenidos referentes a este indicador se representan en la Ilustración 12.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 5. Los resultados obtenidos referentes a este indicador se representan en la Ilustración 12.

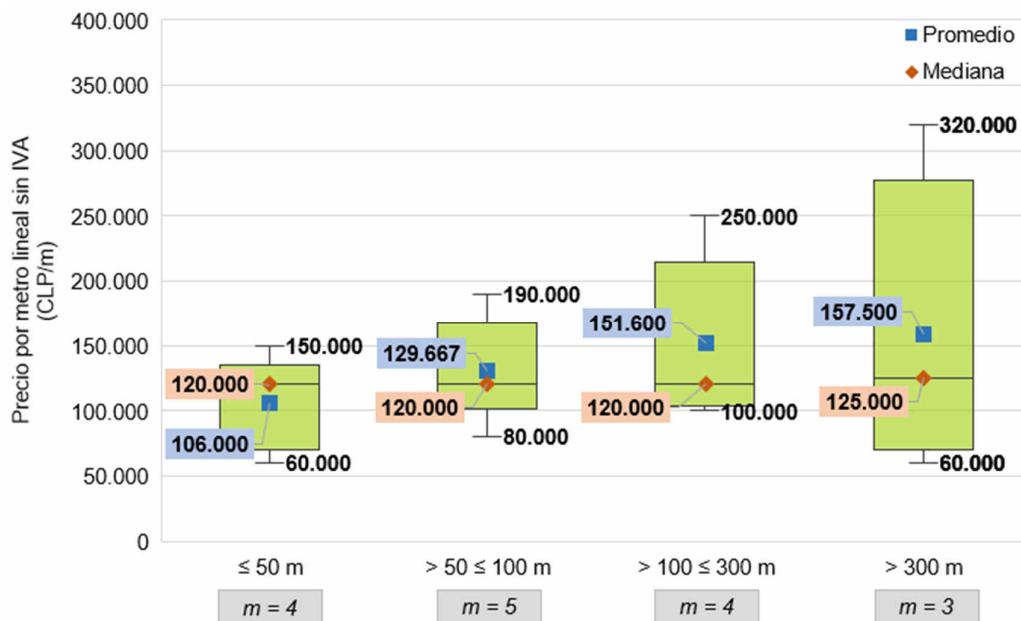


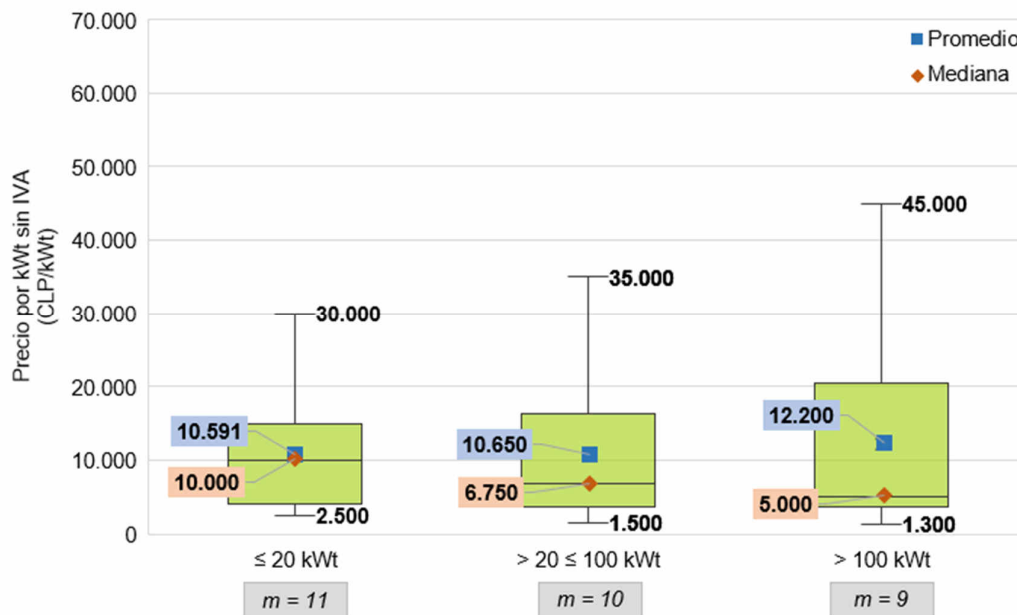
Ilustración 12. Análisis estadístico de Indicador G-9

Se puede observar una importante dispersión que crece a medida que la profundidad de perforación aumenta. De manera desagregada, se observa que el intervalo de precios para el primer rango de profundidad varía de 60.000 a 150.000 CLP/ml, el cual es el único que muestra un sesgo hacia el 50% inferior. El segundo rango, cuyo mínimo es 80.000 y máximo 190.000 CLP/ml, posee una media 22% mayor al promedio del primer rango. El tercer rango y cuarto rango poseen promedios superiores a los rangos anteriores además de mostrar una notable mayor dispersión. Cabe notar que el número de empresas que registraron precios para profundidades mayores a 100 metros lineales es comparativamente menor, lo cual podría explicarse por la baja o nula frecuencia con la cual se solicitan proyectos de esta envergadura. Asimismo, se observa que a medida que incrementa la profundidad del pozo, el costo por metro lineal tiende a crecer, lo cual podría explicarse por el aumento de la complejidad técnica de una perforación a mayores profundidades.

### G-10. Precio Mantenimiento Preventiva BC Geotérmica

El presente indicador corresponde al precio por kWt asociado al servicio de mantenimiento preventiva de bombas de calor geotérmicas y su sistema de captación, excluyendo los sistemas de distribución y fuentes emisoras. Por otra parte, este indicador está asociado a la mantención preventiva por evento. Dentro de la encuesta, la pregunta realizada consistió en consultar por el precio por kWt considerando 3 rangos de potencia térmica instalada, rangos que se indican en la Tabla 1.

El número de empresas que registraron al menos un valor para este indicador corresponde a 11. En la Ilustración 13 se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico.



**Ilustración 13. Análisis estadístico de Indicador G-10**

Se observa una mayor dispersión a medida que aumenta la potencia térmica de la instalación, donde se aprecia además que los máximos tienen una importante incidencia en los promedios, que a la vez superan notablemente a la mediana y que hacen que la distribución no sea homogénea. De manera desagregada, se observa para el primer rango que el 50% de los precios unitarios se encuentran entre 2.500 y 10.000 CLP/kWt; en el segundo rango, se encuentran entre 1.500 y 6.750 CLP/kWt; y en el último, este 50% se encuentra entre 1.300 y 5.000 CLP/kWt. En términos de promedios, se observa que el precio unitario del servicio de mantención preventiva de bombas de calor geotérmicas tiende a aumentar ligeramente a medida que aumenta la potencia térmica de la instalación. Tanto esta tendencia, como el nivel de dispersión de los datos estaría relacionado con los requerimientos técnicos y logísticos que dependen de cada proyecto, y de los servicios y garantías que ofrecen las distintas empresas participantes.



### A-1. Precio BC Aerotérmica Split



El presente indicador alude al precio de venta de los sistemas de aire acondicionado conocidos como Splits, los cuales corresponden a sistemas fragmentados cuya unidad interior se instala en el habitáculo a climatizar, y la unidad exterior en una zona donde se pueda realizar el intercambio térmico con el aire ambiente. Dentro de la encuesta, se consultó por el precio de venta de equipos Split con tecnología On-Off y con tecnología Inverter, donde además se evaluó por potencia térmica de diseño, las cuales se registran en la Tabla 2.

Fuente: [5]

El número de empresas que registraron al menos un precio de venta de equipos Split con tecnología *On-Off* corresponde a 39, y 38 para los equipos Split con tecnología *Inverter*. Los resultados obtenidos para ambas se muestran respectivamente en la Ilustración 14 e Ilustración 15.

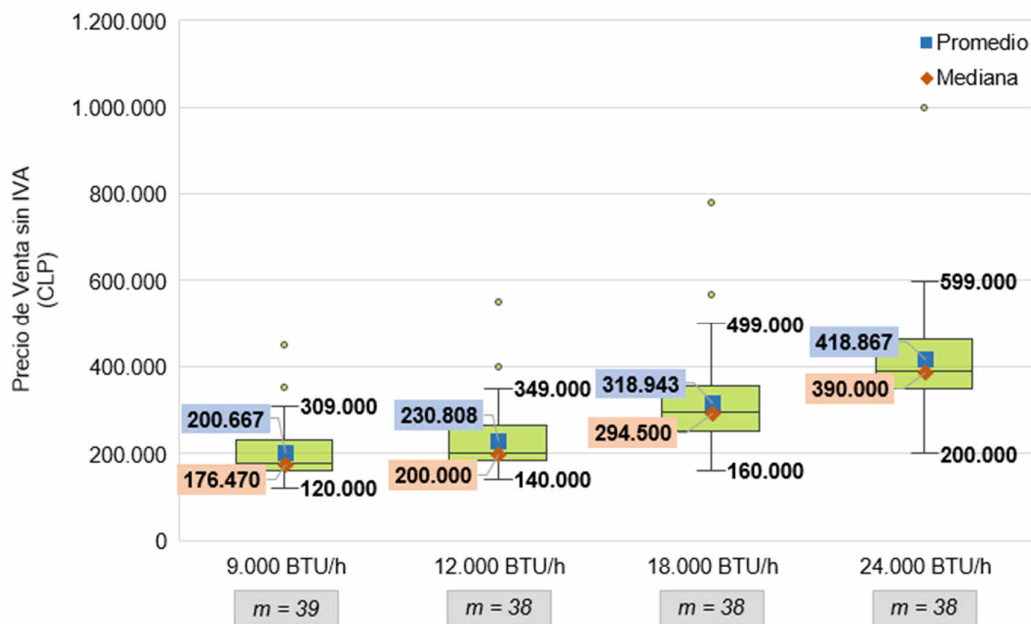
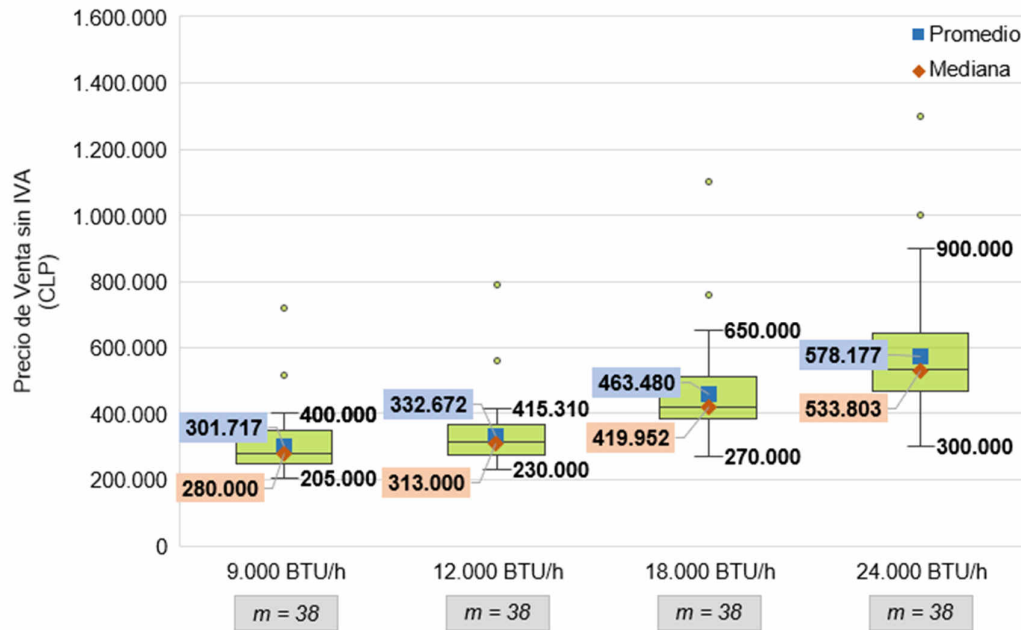


Ilustración 14. Análisis estadístico de Indicador A-1, tecnología On-Off



**Ilustración 15. Análisis estadístico de Indicador A-1, tecnología Inverter**

Se puede observar una baja dispersión de los datos obtenidos, en donde además se aprecia una tendencia al crecimiento a medida que aumenta la potencia térmica de diseño del equipo. Por otro lado, se observa que el promedio es ligeramente superior a la mediana, lo cual se explica por los valores atípicos que se presentan en cada rango. Mientras tanto, en la Ilustración 15 se observa la misma tendencia, aunque con magnitudes superiores debido a que los sistemas con tecnología *inverter* se caracterizan por tener mayores costos de inversión. Al comparar los promedios de ambas tecnologías, se obtiene que el precio de estos últimos puede ser entre 38 a 50% superior respecto al precio de los sistemas On-Off. Por último, para los equipos *inverter* se observan dos valores atípicos por cada rango, lo cual incide en que el promedio sea levemente superior a la mediana.

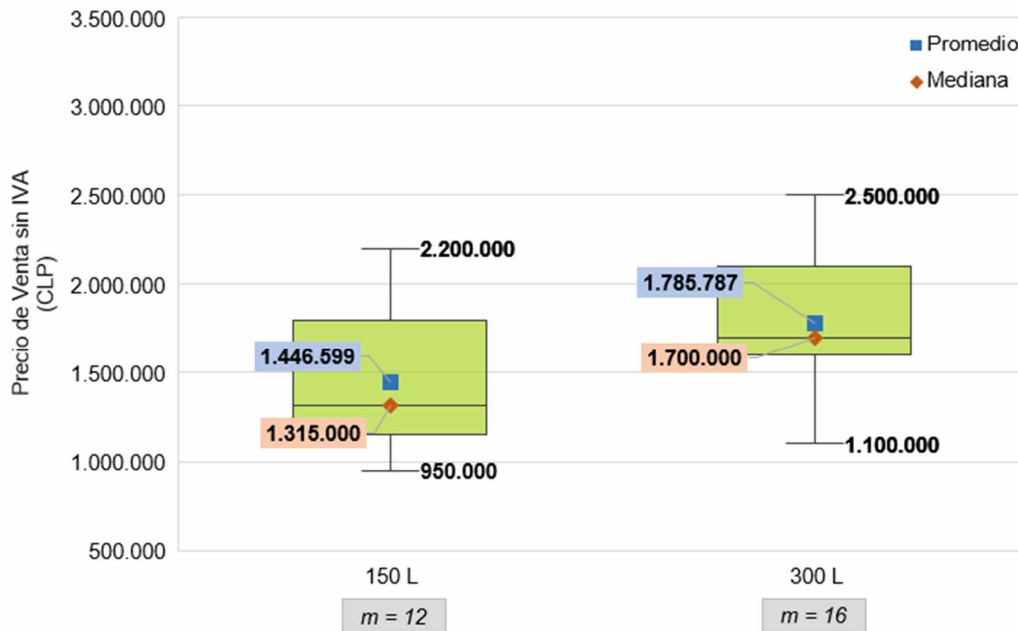
## A-2. Precio BC Aerotérmica Compacta de ACS



El presente indicador alude al precio de venta de bombas de calor aerotérmicas cuyo fin es producir agua caliente sanitaria para uso doméstico, y cuya configuración permite integrar en un mismo sistema el circuito frigorífico y el estanque de acumulación. Dentro de la encuesta, se consultó por el precio de venta de esta tecnología considerando las capacidades volumétricas de 150 y 300 litros.

El número de empresas que registraron al menos un precio de venta corresponde a 17, donde el análisis estadístico realizado a los resultados obtenidos se muestra en la Ilustración 16.

Fuente: [6]



**Ilustración 16. Análisis estadístico de Indicador A-2**

Se puede observar que el rango de precios para bombas de calor cuya capacidad corresponde a 150 litros varía entre \$950.000 y \$2.200.000, con un promedio equivalente a \$1.446.599 y el cual es ligeramente superior a la mediana. Además, se observa que el 50% de los resultados referidos a esta capacidad volumétrica presenta una mayor dispersión respecto al 50% de los datos correspondientes a bombas de calor de 300 litros de capacidad, las cuales, por otro lado, se caracterizan por poseer precios de venta superiores. El rango de precios para éstas varía de \$1.100.000 a \$2.500.000 cuyo promedio de \$1.785.787 es aproximadamente un 20% superior respecto al de las bombas de calor de 150 litros de capacidad.

### A-3. Precio BC Aerotérmica Reversible para Clima y ACS



El presente indicador hace referencia al precio de venta de bombas de calor aerotérmicas reversibles cuyo fin es climatizar y producir agua caliente sanitaria. Dentro de la encuesta, se consultó por la potencia térmica del equipo de Clima y ACS y su respectivo precio sin incluir IVA, lo cual permitió determinar su precio unitario por kWt.

Fuente: [7]

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 20, siendo 68 el número de precios registrados por aquéllas. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 17, en la cual se muestra el precio de venta por kWt considerando los tres rangos de potencia definidos en este estudio.

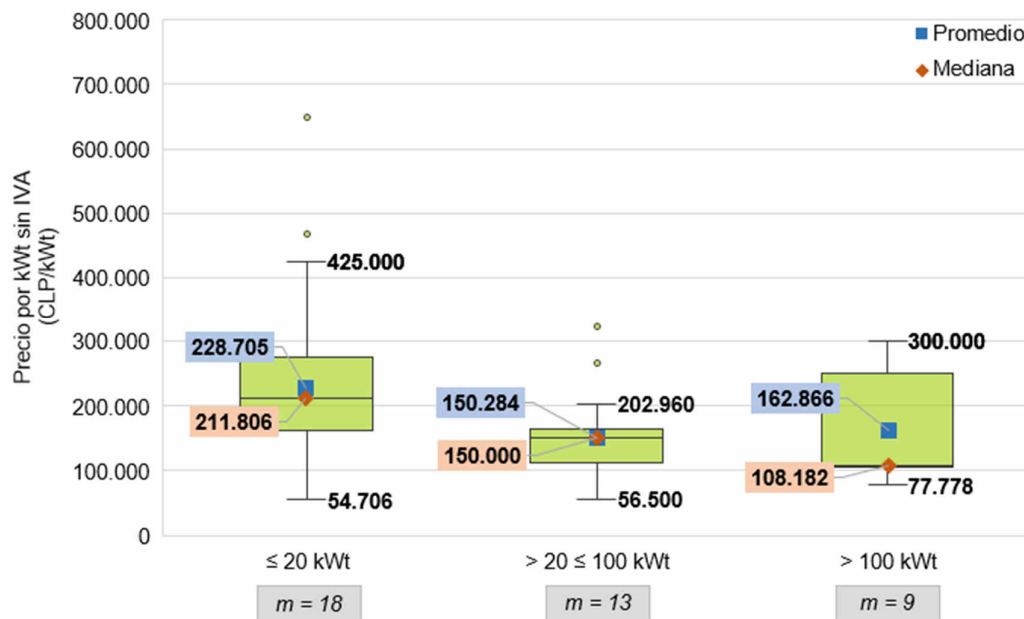


Ilustración 17. Análisis estadístico de Indicador A-3

Se observa que el primer rango presenta cierta simetría, aunque con un ligero sesgo hacia el 50% de los precios de mayor magnitud, lo cual se explica por los dos valores atípicos que superan el máximo de 425.000 CLP/kWt. Mientras tanto, en el rango  $> 20 \leq 100$  kWt se observa una menor dispersión y un sesgo que tiende a precios de menor magnitud, además de la presencia de dos valores atípicos que exceden el máximo de 202.960 CLP/kWt. Por otro lado, en el último rango se presentan una mayor dispersión, donde además se desprende que el 50% de los datos se concentra en el intervalo de precios de 77.778 a 108.182 CLP/kWt. Por otro lado, cabe destacar que el número de empresas que registraron al menos un valor por rango es menor a medida que la potencia térmica aumenta, lo cual se explica porque en aerotermia hay un número reducido de sistemas que superan los 100 kWt, y donde se prefiere contar con sistemas modulares para alcanzar dichas magnitudes. En términos generales se observa una tendencia a la disminución de precios al aumentar la potencia térmica de la bomba de calor, aunque no es una tendencia notoria.

#### A-4. Precio BC Aerotérmica de Uso Industrial



El presente indicador hace referencia al precio de venta de bombas de calor aerotérmicas cuya función es producir agua caliente de proceso para uso industrial. Dentro de la encuesta, la consulta realizada consistió en preguntar por la potencia térmica del equipo geotérmico industrial y su respectivo precio sin incluir IVA, lo cual permitió determinar su precio unitario por kWt.

Fuente: [8]

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 8, siendo 33 el número de precios registrados por aquéllas. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 18, en la cual se muestra el precio de venta por kWt considerando los tres rangos de potencia definidos.

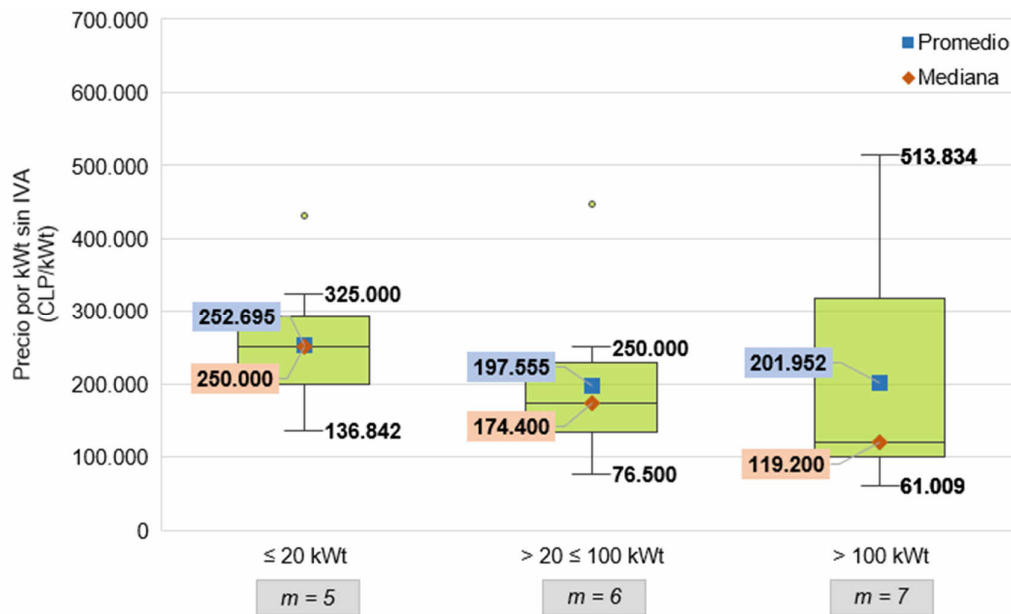


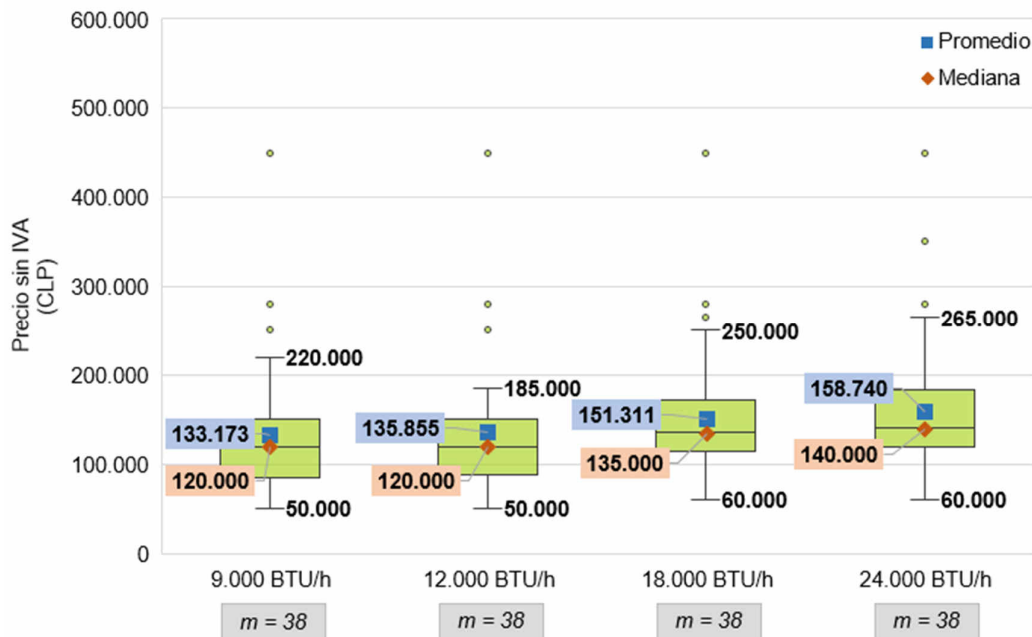
Ilustración 18. Análisis estadístico de Indicador A-4

Se observa que los primeros dos rangos presentan una moderada dispersión, además de tender a ser simétricos. En ambos, por otro lado, se observa un valor atípico que excede el máximo, lo cual para el segundo rango incide en el aumento del promedio respecto a la mediana. Mientras tanto, en el tercer rango se observa una importante dispersión, donde se aprecia además que la primera mitad de los precios se concentra en el intervalo de 61.009 a 119.200 CLP/kWt. Asimismo, se desprende que los precios de mayor magnitud en este rango alteran el promedio respecto a la mediana. En términos generales se observa una tendencia a disminuir el precio por kWt a medida que aumenta la potencia térmica de la bomba de calor de uso industrial, aunque para potencias superiores a 100 kWt existe una mayor dispersión de precios.

### A-5. Precio Instalación BC Aerotérmica Split

El presente indicador alude al precio del servicio de instalación básica de una bomba de calor aerotérmica tipo Split. Dentro de la encuesta, se consultó por el precio de instalación sin incluir IVA, diferenciando las potencias térmicas estándar de estos equipos.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 38, siendo 166 el número de precios registrados por aquéllas. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 19.



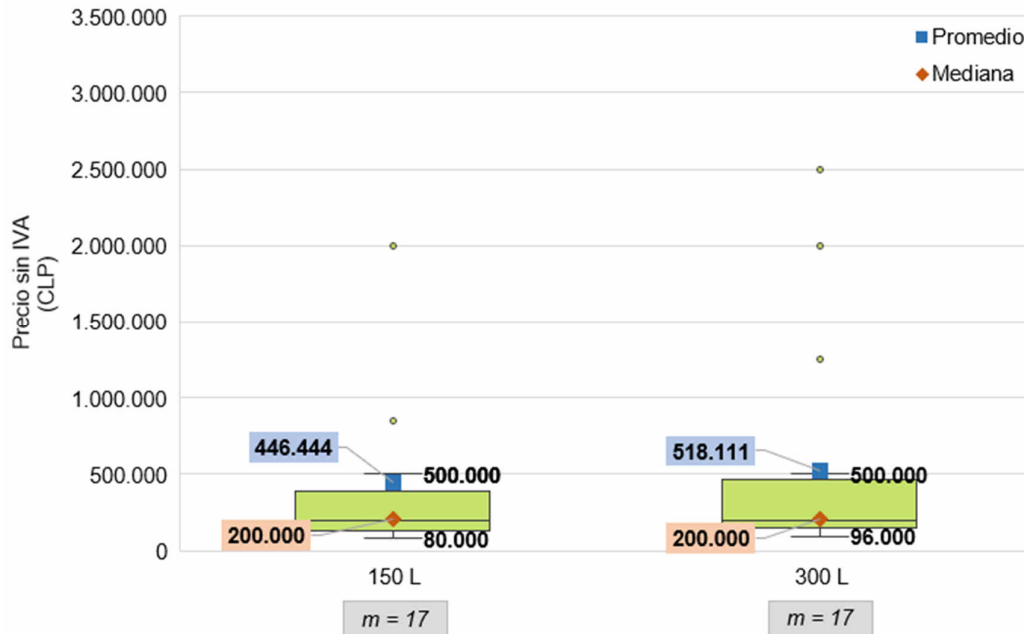
**Ilustración 19. Análisis estadístico de Indicador A-5**

Se desprende que el precio del servicio de instalación tiende a aumentar a medida que aumenta la potencia térmica del equipo de aire acondicionado, lo cual se explica porque con ésta aumenta el tamaño del equipo y con ello los requerimientos técnicos. En lo que respecta el gráfico, se observa que todas las potencias presentan una discreta dispersión, además de presentar una tendencia a ser simétricos. Por otro lado, los mínimos tienden a oscilar en \$50.000 a 60.000, y los máximos entre \$185.000 y \$265.000, presentando valores atípicos que exceden dichos máximos y los que generan que los promedios sean superiores a las medianas.

### A-6. Precio Instalación BC Aerotérmica Compacta para ACS

El presente indicador hace referencia al precio del servicio de instalación de bombas de calor compactas que producen agua caliente sanitaria. Dentro de la encuesta, se pregunta por el precio de instalación sin incluir IVA, para dos capacidades volumétricas distintas, 150 y 300 litros.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 16, siendo 34 el número de precios registrados por aquéllas. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 20.



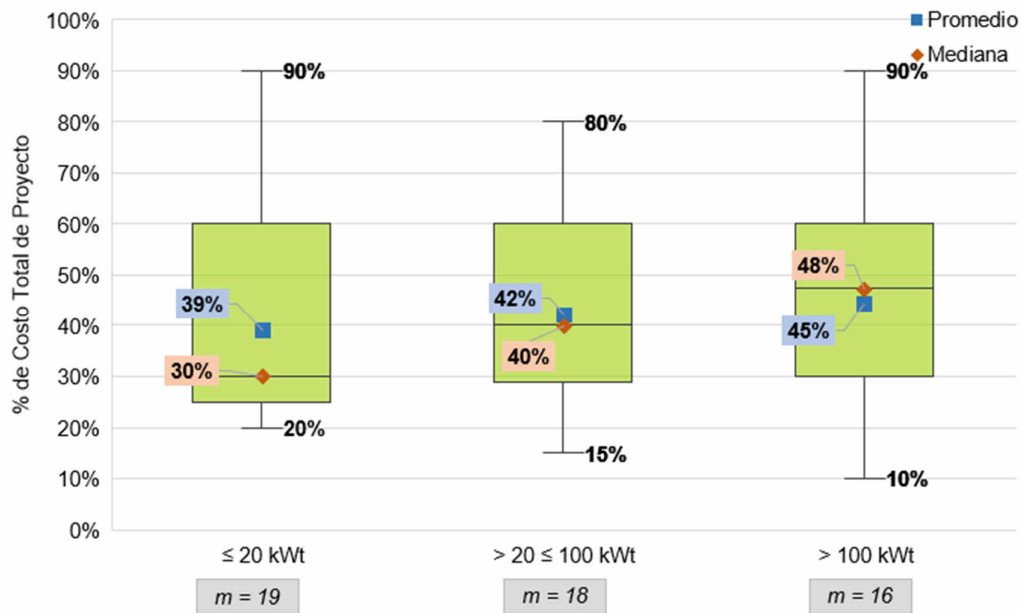
**Ilustración 20. Análisis estadístico de Indicador A-6**

Se observa que la capacidad de una bomba de calor para ACS que varía entre 150 y 300 litros no tiene una importante incidencia en el precio de instalación dentro de los rangos de precio que excluyen los valores atípicos. Al comparar ambas capacidades, se observa que el 50% de los resultados se encuentran entre \$80.000 – \$96.000 y 200.000, siendo este último valor equivalente a la mediana. Por otro lado, se observa que los valores atípicos que exceden el máximo de \$500.000 en ambos rangos, generan que el promedio duplique a la mediana. La presencia de dichos valores atípicos podría explicarse por los distintos requerimientos técnicos asociados a cada proyecto y las posibles garantías que ofrezca cada empresa dentro del servicio de instalación.

### A-7. % Costo Instalación BC Aerotérmica para Clima y ACS

El presente indicador hace referencia al porcentaje del costo total de un proyecto asociado a la instalación de una bomba de calor aerotérmica de Clima y ACS. Este valor porcentual considera el costo por mano de obra y suministro de equipos hidráulicos, cañerías, válvulas y otros equipos que se requieran para la instalación del equipo de bomba de calor. Por otro lado, éste excluye el costo por el suministro de la bomba de calor y el suministro e instalación de sistemas de distribución y fuentes emisoras. Dentro de la encuesta, se realiza la consulta de este porcentaje de costos atribuible a la instalación del equipo de clima y ACS considerando tres rangos de potencia instalada, los cuales se indican en la Tabla 2.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 20, siendo 53 el número de respuestas registradas por aquéllas. Los resultados obtenidos referentes a este indicador se representan en la Ilustración 21.



**Ilustración 21. Análisis estadístico de Indicador A-7**

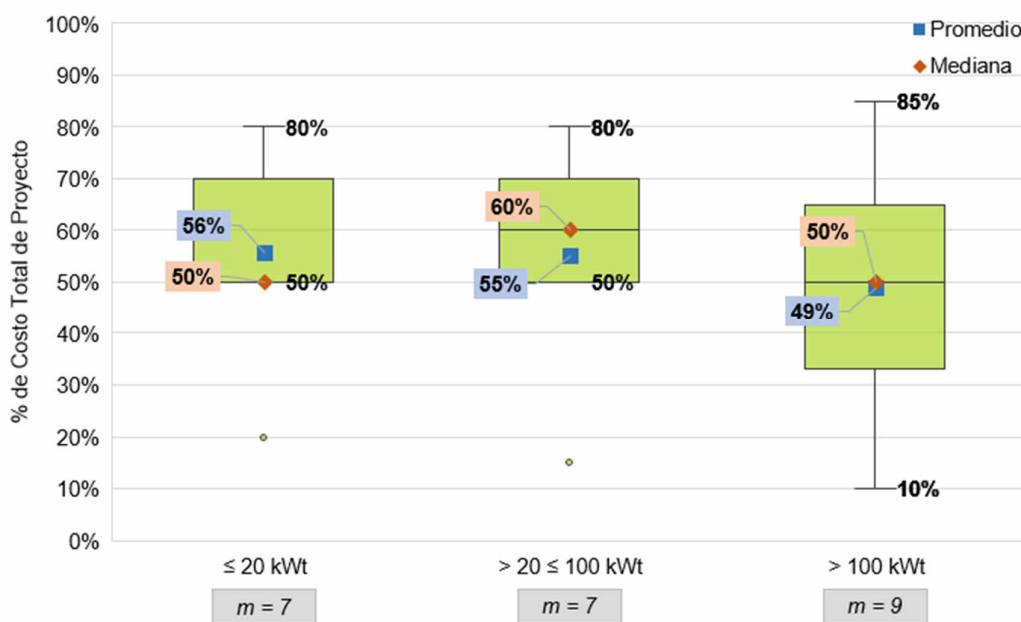
Se observa una importante dispersión para los tres rangos de potencia instalada considerados, donde, para el primer rango de potencia instalada el servicio de instalación puede oscilar entre el 20 y 90%, para el segundo rango de 15 a 80%, y de 10 a 90% para el último rango. No obstante, se aprecia que en todos los casos el 75% de los valores porcentuales registrados referentes al servicio de instalación no supera el 60% del costo total de un proyecto. Por otra parte, se observa que con el aumento de la potencia térmica, el promedio porcentual aumento, lo cual podría explicarse porque con ello aumentan los requerimientos técnicos y la logística para instalar un sistema de bomba de calor aerotérmica para clima y ACS.



### A-8. % Costo Instalación BC Aerotérmica de Uso Industrial

El presente indicador alude al porcentaje del costo total de un proyecto asociado a la instalación de una bomba de calor aerotérmica cuyo fin es producir agua caliente para proceso. Este valor porcentual considera el costo por mano de obra y suministro de equipos hidráulicos, cañerías, válvulas y otros subsistemas que se requieran para la instalación de la bomba de calor dentro de un proyecto industrial, excluyendo por otro lado, el costo por el suministro de esta última. Dentro de la encuesta, se realiza la consulta de este porcentaje de costos considerando tres rangos de potencia instalada, los cuales corresponden a los indicados en la Tabla 2.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 9. Los resultados obtenidos referentes a este indicador se representan en la Ilustración 22.



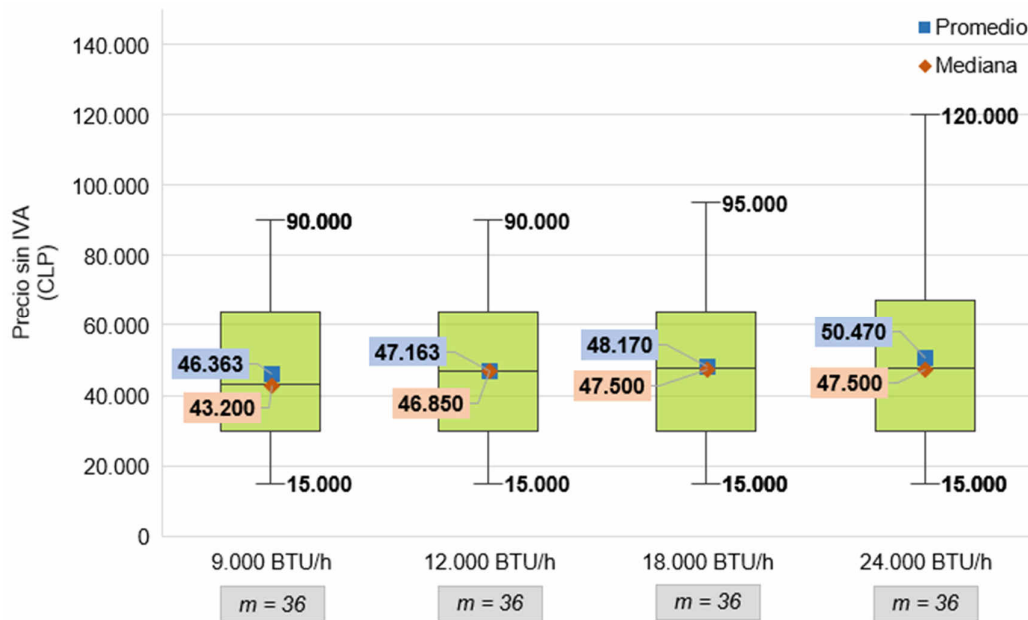
**Ilustración 22. Análisis estadístico de Indicador A-8**

Se desprende que no hay una tendencia concluyente que se relacione con el aumento de la potencia térmica de la instalación. Por otro lado, se observa un alto grado de dispersión, sobre todo en el rango que supera los 100 kWt, lo cual podría explicarse por las diferencias técnicas, de logística y de garantía que exige cada proyecto térmico en el área industrial. Cabe señalar que respecto al área de climatización, existen pocas empresas involucradas en el área industrial que suministren e instalen bombas de calor para producción de agua caliente de proceso.

### A-9. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica Split

El presente indicador alude al precio del servicio de mantenimiento preventiva de un equipo de aire acondicionado Split. Dentro de la encuesta, se consultó por el precio de mantenimiento preventiva sin incluir IVA, diferenciando las potencias térmicas estándar de estos equipos. Cabe señalar que este precio corresponde al servicio de mantenimiento preventiva por evento, es decir, por la instancia en donde se realiza este servicio, el cual puede ser o no parte de un plan trimestral, semestral o anual.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 36, siendo 160 el número de precios registrados por aquéllas. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 23.



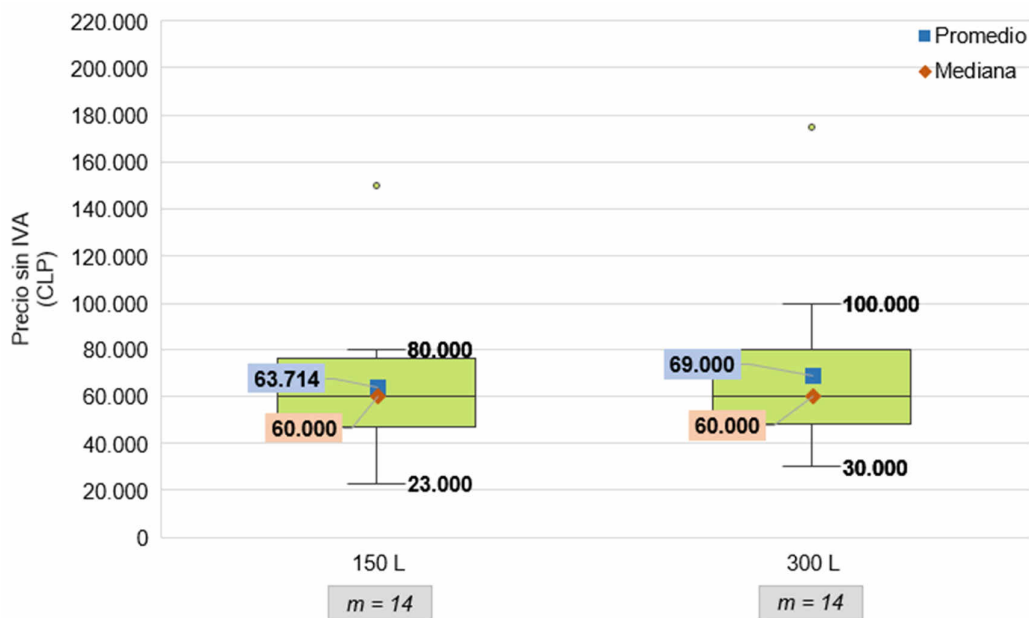
**Ilustración 23. Análisis estadístico de Indicador A-9**

Se observa un rango de precios del servicio de mantenimiento preventiva que oscila entre los \$15.000 y los \$90.000 a \$120.000, lo cual depende de la potencia térmica de diseño del equipo de aire acondicionado. Por otra parte, se observa para las distintas capacidades una distribución simétrica de los precios registrados, cuyos promedios y medianas son suficientemente cercanos. Asimismo, se observa un promedio ligeramente creciente a medida que aumenta la capacidad térmica, habiendo una diferencia del 9% aproximadamente entre el promedio correspondiente a equipos de 9.000 BTU/h y de 24.000 BTU/h.

### A-10. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica Compacta para ACS

El presente indicador hace referencia al precio del servicio de mantenimiento preventiva de bombas de calor compactas que producen agua caliente sanitaria. Dentro de la encuesta, se pregunta por el precio de mantenimiento sin incluir IVA considerando las capacidades volumétricas de acumulación de 150 y 300 litros. Cabe señalar que este precio corresponde al servicio de mantenimiento preventiva por evento, es decir, por la instancia en la cual se realiza este servicio, el que puede ser o no parte de un plan trimestral, semestral o anual.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 14, siendo 29 el número de precios registrados por aquéllas. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 24.



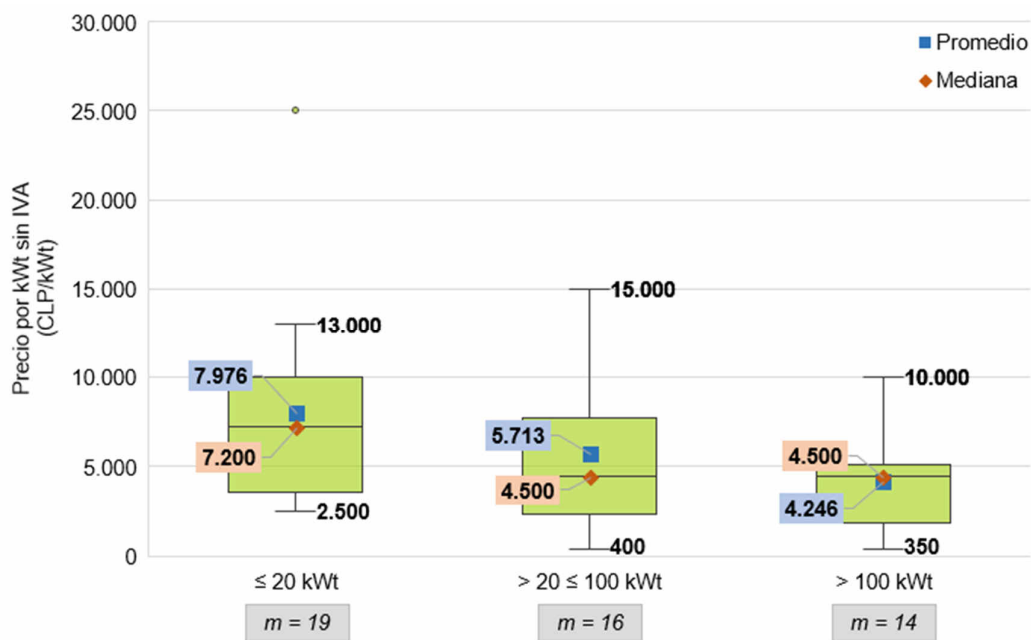
**Ilustración 24. Análisis estadístico de Indicador A-10**

Se puede observar que entre las dos capacidades consideradas, el precio del servicio de mantenimiento preventiva no presenta una variación relevante, lo cual se reafirma al comparar los valores extremos, promedio y mediana. Como es posible apreciar, los mínimos corresponden a \$23.000 y \$30.000 y los máximos a \$80.000 y \$100.000; respecto a los promedios, este aumenta en un 8% aproximadamente al aumentar la capacidad volumétrica de 150 a 300 litros. Por otra parte, en cada capacidad se observa un valor atípico el cual incide en que el promedio sea levemente superior a la mediana, la que en ambos casos corresponde a \$60.000.

### A-11. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica para Clima y ACS

El presente indicador corresponde al precio por kWt asociado al servicio de mantenimiento preventiva de bombas de calor para Clima y ACS, donde se excluye la mantención preventiva de los sistemas de distribución y fuentes emisoras. Dentro de la encuesta, la pregunta realizada consistió en consultar por el precio por kWt sin IVA considerando 3 rangos de potencia térmica instalada, rangos que se indican en la Tabla 2. Cabe señalar que este precio corresponde al servicio de mantención preventiva por evento, es decir, por la instancia en la cual se realiza este servicio, el que puede ser o no parte de un plan trimestral, semestral o anual.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 19, siendo 49 el número de precios registrados por aquéllas. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 25.



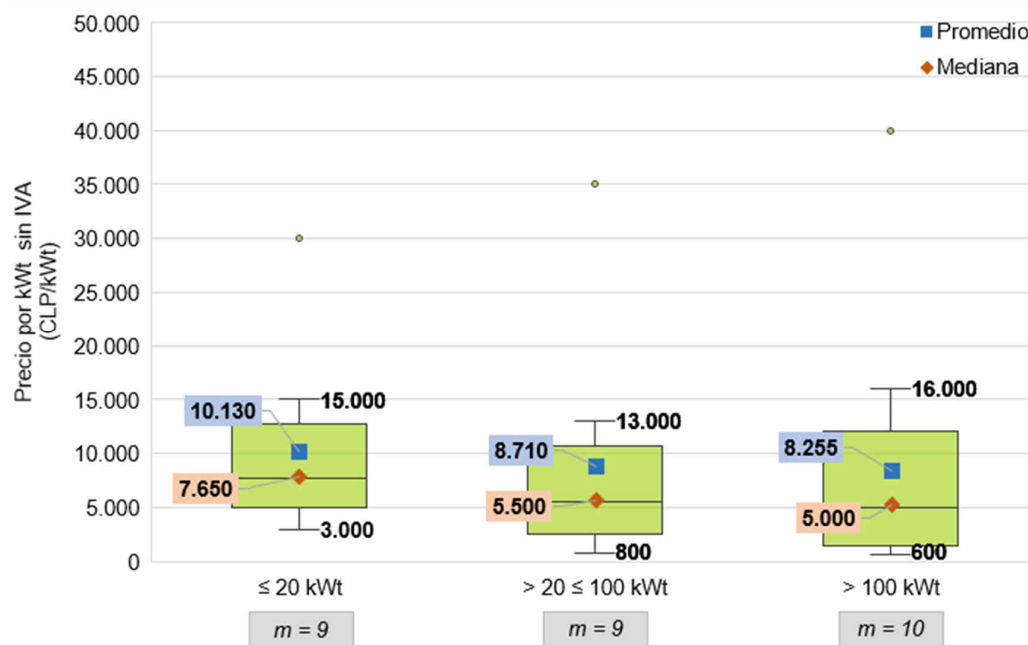
**Ilustración 25. Análisis estadístico de Indicador A-11**

Se observa una mayor dispersión de precios para los primeros dos rangos de potencia instalada, donde, para el primero se observa un mínimo de 2.500 CLP/kWt y un máximo de 13.000 CLP/kWt, el cual es superado por un valor atípico 92% mayor. Respecto al segundo rango, cuyo mínimo y máximo son 400 y 15.000 CLP/kWt respectivamente, se observa que el 50% de los datos se concentran en el intervalo de 400 a 4.500 CLP/kWt. Mientras tanto, en el último rango, se observa una disminución de precios, en donde el mínimo es 350 CLP/kWt y el máximo 10.000 CLP/kWt. Asimismo, se observa que el 75% de los datos se encuentra en el intervalo de 350 a 5.000 CLP/kWt.

### A-12. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica de Uso Industrial

El presente indicador corresponde al precio por kWt asociado al servicio de mantenimiento preventiva de bombas de calor cuya función es producir agua caliente para proceso. En la encuesta, la pregunta realizada consistió en consultar por el precio por kWt sin IVA considerando 3 rangos de potencia térmica instalada, rangos que se indican en la Tabla 2. Cabe señalar que este precio corresponde al servicio de mantenimiento preventiva por evento, es decir, por la instancia en la cual se realiza este servicio, el que puede ser o no parte de un plan trimestral, semestral o anual.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 10, siendo 31 el número de precios registrados por aquéllas. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 26.



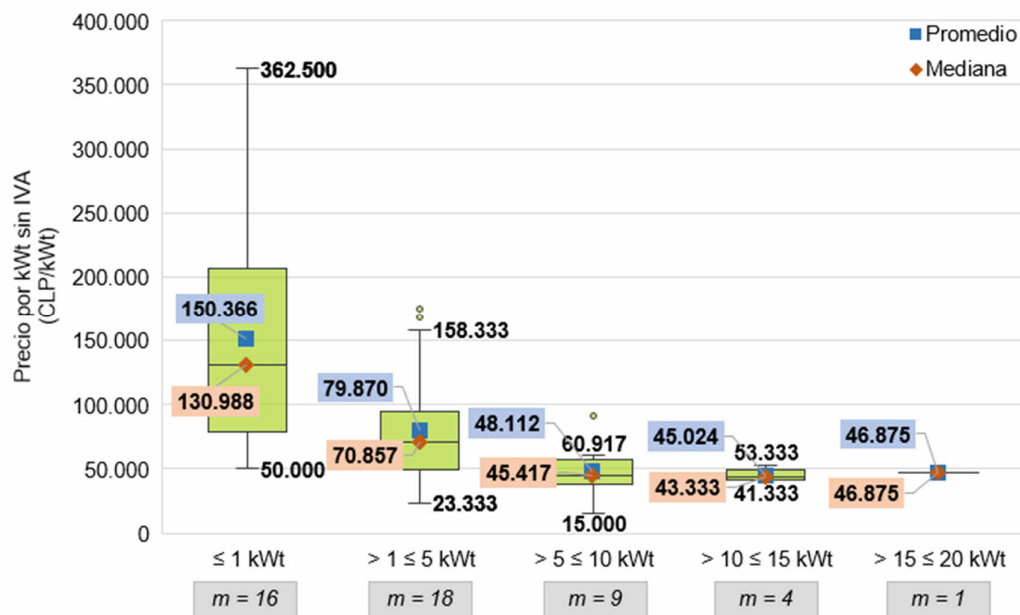
**Ilustración 26. Análisis estadístico de Indicador A-12**

De los resultados obtenidos se observa una importante dispersión en todos los casos, en donde además se tiene un valor atípico que altera el promedio respecto a la mediana. Por otra parte, se observa que el 50% de los resultados para el primer rango se encuentra en el intervalo de 3.000 a 7.650 CLP/kWt, de 800 a 5.500 CLP/kWt para el segundo rango, y de 600 a 5.000 CLP/kWt para el último rango. En términos de promedio, se observa que el precio unitario del servicio de mantenimiento preventiva de bombas de calor industriales destinadas a calor de proceso tiende a disminuir a medida que aumenta la potencia térmica de la instalación. Cabe señalar que al igual que en los servicios de instalación, el número de empresas que están involucradas en el área industrial es bastante reducido al compararlo con el número de empresas involucradas en el área de climatización en lo que respecta servicios de mantenimiento preventiva.

## E-1. Precio por Suministro e Instalación de Radiador

El presente indicador alude al precio del suministro e instalación de un radiador, el cual corresponde a uno de los principales sistemas emisores que pueden conectarse a un sistema de bomba de calor de expansión indirecta. Cabe señalar que este valor involucra el costo por mano de obra, la instalación del sistema de distribución de agua y el suministro e instalación de equipos auxiliares tales como válvulas, equipos hidráulicos, entre otros; por otro lado, este valor excluye el costo por suministro e instalación del sistema de bomba de calor. La consulta realizada en la encuesta consistió en preguntar por la potencia térmica del radiador y su respectivo precio sin incluir IVA, lo cual permitió determinar su precio unitario por kWt.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 19, siendo 68 el número de precios registrados. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 27, en la cual se muestra el precio de suministro e instalación por kWt considerando los 5 rangos de potencia térmica definidos en este estudio.



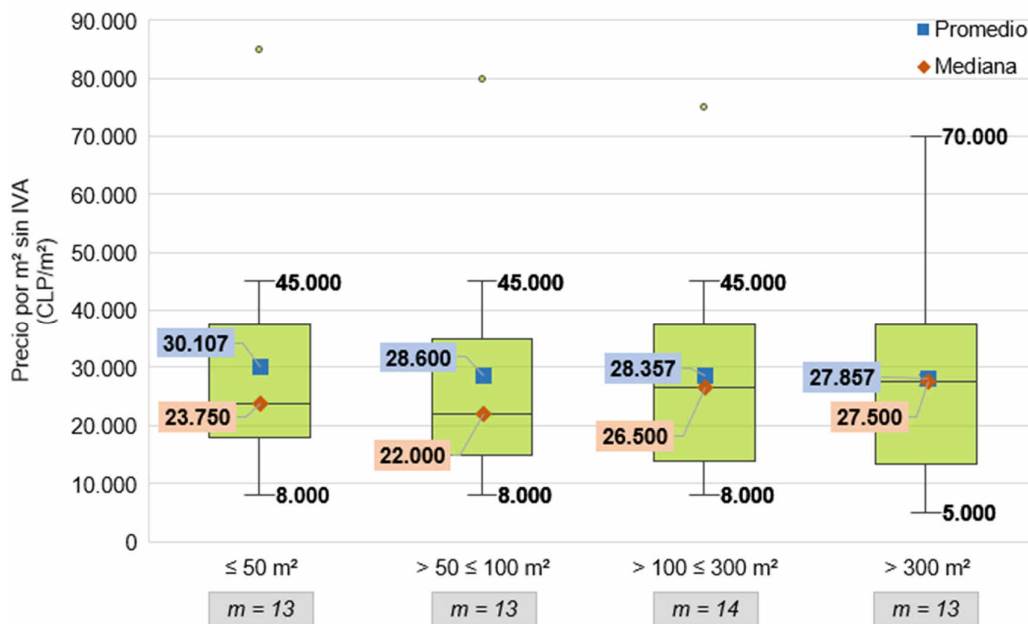
**Ilustración 27. Análisis estadístico de Indicador E-1**

Se puede observar una importante dispersión que decae a medida que aumenta la potencia térmica de este sistema emisor. Asimismo, se observa una tendencia a disminuir el precio de suministro e instalación por kWt para los primeros tres rangos de capacidad térmica, donde posteriormente dicho precio unitario tiende a estabilizarse en torno a los 45.000 CLP/kWt. Cabe destacar que a pesar de presenciarse valores atípicos, estos no exceden de manera relevante a los máximos registrados. Asimismo, cabe destacar que el mayor número de respuestas se registra en los dos primeros rangos, cuyo comportamiento decae a medida que aumenta la potencia térmica del radiador.

## E-2. Precio por m<sup>2</sup> de Suministro e Instalación de Losa Radiante

El presente indicador hace referencia al precio por metro cuadrado del suministro e instalación de losa radiante, el cual corresponde a uno de los tres sistemas emisores considerados en este estudio. Este precio por suministro e instalación involucra el costo por mano de obra, la instalación del sistema de distribución de agua y el suministro e instalación de equipos auxiliares tales como válvulas, equipos hidráulicos, entre otros; por otro lado, este valor excluye el costo por suministro e instalación del sistema de bomba de calor. Dentro de la encuesta, se consultó por el precio sin incluir IVA de m<sup>2</sup> de losa radiante para cuatro rangos diferentes de superficie, los cuales se indican en la Tabla 3.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 14, siendo 57 el número de precios registrados por aquéllas. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 28, en la cual se muestra el precio de suministro e instalación por metro cuadrado de suelo radiante.



**Ilustración 28. Análisis estadístico de Indicador E-2**

Del procesamiento estadístico realizado se desprende que existe un alto grado de dispersión en todos los casos, en donde para los primeros tres rangos el mínimo corresponde a 8.000 CLP/m<sup>2</sup> y el máximo es igual a 45.000 CLP/m<sup>2</sup>, donde además se observan valores atípicos cuya magnitud descende a medida que aumenta la superficie de losa radiante; respecto al cuarto rango, este posee un mínimo de 5.000 CLP/m<sup>2</sup> y máximo igual a 70.000 CLP/m<sup>2</sup> sin presencia de valores atípicos. En términos generales, no se observa una tendencia directa que relacione el precio por metro cuadrado de losa radiante y la superficie de instalación.

### E-3. Precio por Suministro e Instalación de *Fancoil*

El presente indicador hace referencia al precio del suministro e instalación de un *fancoil*, el cual corresponde a otro principal sistema emisor que pueden conectarse a un sistema de bomba de calor de expansión indirecta. Cabe señalar que este valor involucra el costo por mano de obra, la instalación del sistema de distribución de agua y el suministro e instalación de equipos auxiliares tales como válvulas, equipos hidráulicos, entre otros; por otra parte, este valor excluye el costo por suministro e instalación del sistema de bomba de calor. En la encuesta se preguntó por la potencia térmica del *fancoil* y su respectivo precio de suministro e instalación sin incluir IVA, lo cual permitió determinar el precio unitario por kWt.

El número de empresas que registraron al menos un valor corresponde a 16, siendo 60 el número de precios registrados. Los resultados obtenidos de este indicador se grafican en la Ilustración 29, en la cual se muestra el precio de suministro e instalación por kWt considerando los 5 rangos de potencia térmica indicados en la Tabla 3.

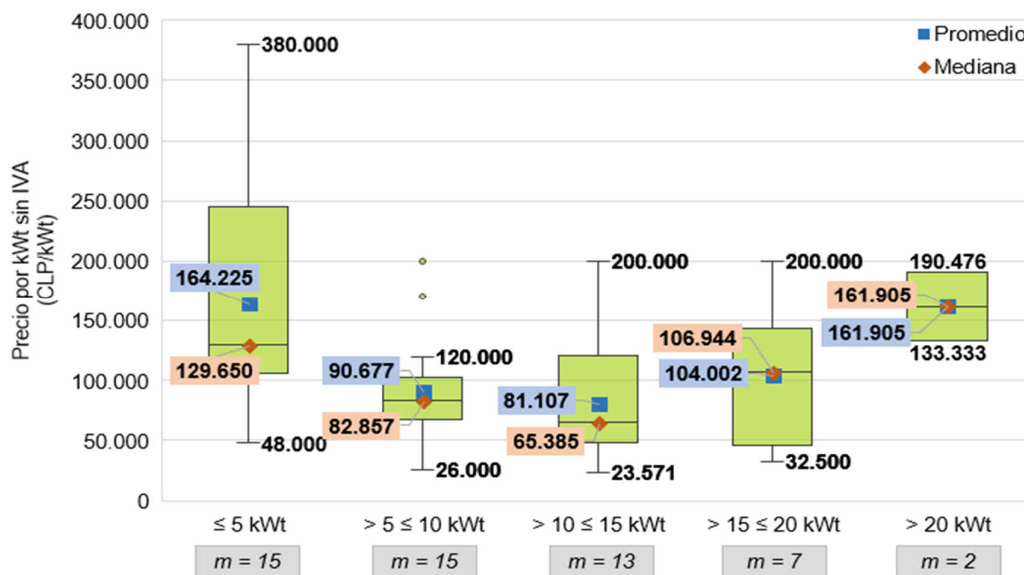


Ilustración 29. Análisis estadístico de Indicador E-3

Se observa una importante dispersión en lo que respecta sistemas emisores menores o iguales a 5 kWt, cuyo mínimo corresponde a 48.000 CLP/kWt y máximo a 380.000 CLP/kWt, donde además se observa que el 50% de los datos se encuentra entre 48.000 y 129.650 CLP/kWt. De manera opuesta, el segundo rango presenta una menor dispersión, donde el promedio se aproxima a los 91.000 CLP/kWt, el cual es 9% mayor a la mediana debido a la presencia de dos valores atípicos que exceden el máximo registrado. Respecto a los tres últimos rangos, se observa nuevamente una mayor dispersión, donde además se aprecia que a medida que aumenta la potencia térmica de este sistema emisor, aumenta el precio por kWt instalado. Esto último, estaría relacionado con el mayor grado de complejidad que conllevaría instalar un *fancoil* de mayor tamaño, el cual requiere de más requerimientos técnicos.



### 3. Empresas Participantes

Una vez más agradecemos a las empresas participantes en este levantamiento de información. Cabe mencionar que la información contenida en esta publicación corresponde a datos entregados por las empresas participantes, los cuales no han sido modificados. El listado de empresas participantes en ningún caso constituye una recomendación por parte del Ministerio de Energía ni de GIZ. Asimismo, el listado de proveedores representa solo a las empresas que han participado voluntariamente de este estudio, no representando la totalidad del mercado chileno.





PRIMATERM



## 4. Referencias

- [1] «Catálogo Bombas de Calor Geotérmicas Tonon Forty,» [En línea]. Available: <https://www.archiexpo.es/>. [Último acceso: 2019].
- [2] «Catálogo Bomba de Calor Geotérmica Ecoforest,» [En línea]. Available: <https://www.e-ner.es/>. [Último acceso: 2019].
- [3] «Calor y Frío: Bombas de Calor Agua-Agua Airlan NXP para instalaciones geotérmicas,» [En línea]. [Último acceso: 2019].
- [4] «Catálogo Bomba de Calor Geotérmica Trane España,» [En línea]. Available: <https://www.trane.com/>. [Último acceso: 2019].
- [5] Baxi España, «Catálogo Bombas de Calor para ACS,» [En línea]. Available: <https://www.baxi.es/productos/bombas-calor/acs>. [Último acceso: 2019].
- [6] Mundo Clima, «Catálogo Bomba de Calor Aerotérmica para Clima y ACS,» [En línea]. Available: <http://www.mundoclima.com/gama/industrial/aeroterminia/aeroterminia-otras-temporadas/mundoclima-aerotherm/>. [Último acceso: 2019].
- [7] GEA, «Bomba de Calor Industrial Integrada en Plantas de Refrigeración,» [En línea]. Available: <https://www.gea.com/es/products/gea-open-type-heat-pump.jsp>. [Último acceso: 2019].
- [8] «Catálogo Aire Acondicionado Split,» [En línea]. Available: <https://www.aire-acondicionado.cl/tienda/>. [Último acceso: 2019].

\* EP: Elaboración Propia