



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

### ESTUDIO PARAMÉTRICO DE BOMBAS DE CALOR PARA CALENTAMIENTO DE UNA PISCINA CUBIERTA SEMIOLÍMPICA EN LA CIUDAD DE QUITO.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO

**MONTEROS OBANDO JORGE DAVID**  
jorge.monteros@epn.edu.ec

**PÉREZ ERAZO JAVIER ANTONIO**  
javier.perez@epn.edu.ec

**DIRECTOR:**  
**ING. HIDALGO DÍAZ VÍCTOR HUGO, D.Sc.**  
victor.hidalgo@epn.edu.ec

Quito, febrero 2020

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **JORGE DAVID MONTEROS OBANDO** y **JAVIER ANTONIO PEREZ ERAZO**, bajo mi supervisión.

---

Ing. Víctor Hugo Hidalgo Díaz, D.Sc.

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## DECLARACIÓN

Nosotros, **JORGE DAVID MONTEROS OBANDO** y **JAVIER ANTONIO PEREZ ERAZO**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Jorge David Monteros Obando

---

Javier Antonio Pérez Erazo

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico primeramente a Dios por darme salud y vida.

Dedico a mi padre Gabriel, por la fuerza de carácter y persistencia que me ayuda a progresar día a día y solventar cualquier problema.

Dedico a mi madre Nelly que, gracias a su apoyo incondicional y sus maravillosos consejos, lograron formar a un buen hijo y muy pronto a un gran profesional.

Gracias mami y papi por ser los mejores padres del mundo por todo el sacrificio y amor que me brindaron, motivo por el cual fueron valores fundamentales para la culminación de mi carrera.

Dedico a mis hermanos Gabriel e Isabel por el apoyo necesario para concluir con mis estudios, gracias por saber escuchar y darme ánimos en todo momento. Ñaño, gracias por ser el ejemplo a seguir y hacerme encontrar la luz cuando ya todo sea oscuro. Nena, gracias por prestar tu hombro y escuchar mis buenos y malos momentos, gracias por los consejos y ser como una de mis mejores amigas.

Dedico a mi cuñada Abi que es una excelente mujer llena de muchos valores y principios, gracias por apoyarme y aconsejarme.

Dedico a mis sobrinos que amo desde el fondo de mi corazón Mathi y Santiaguito, que gracias a ellos me hacen salir de mi rutina y recordar momentos cuando era niño. Dedico a Mathi por vivir tantas historias a mi lado y verlo crecer junto a mi, que prácticamente sería como mi hermanito menor. Dedico a Santiaguito, más por las travesuras que hace y de la inocencia reflejada de un angelito, amo mucho a mi otro hermanito pequeñito.

Dedico a mis amigos que hicieron la vida de la Universidad divertida y de muchas experiencias. Aprecio demasiado a mis amigos de la Universidad por los sabios consejos, y anécdotas que se vivieron en las aulas.

Gracias, Gordo, Elmer, Tony, Marquito (gorda), Lucho, Tafur, Shirley, Silvi, Eve, Many, Juanito, Jeff, Steve, Diego, Bubi y Gogo. Muchas gracias por el apoyo incondicional, por molestarme a cada instante que termine mi tesis. Gracias Mafer por apoyarme en las buenas y en las malas, aconsejarme y ayudarme con la tesis. Gracias, chicos a pesar de las duras amanecidas con su debida hidratación se logró. Gracias por encontrar verdaderos amigos que valen la pena.

**David Monteros**

## **DEDICATORIA**

A mi madre Jeanine y a mi padre Javier, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por todo lo que han hecho por mí. Todo lo que he logrado se los debo a ustedes.

Agradezco también a mis hermanos, Cristina e Isaac, por su cariño incondicional durante todo este proceso. A toda mi familia, porque con su apoyo, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona, y de una u otra manera están conmigo en todos mis sueños y metas.

Finalmente, quiero dedicar mi tesis a todos mis amigos, por apoyarme siempre que lo he necesitado, por extender su mano en los momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

**Antonio Pérez**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradecer a Dios por brindarme todas las oportunidades que se han presentado a lo largo de la vida, que de una u otra manera han contribuido a ser un mejor hijo.

Agradezco a toda mi familia que sin su apoyo incondicional no podría seguir adelante.

Agradezco de igual manera a mi director de tesis de grado al D.Sc. Victor Hugo Hidalgo Díaz, por la dirección y colaboración en la realización del proyecto.

De igual manera al Ing. Bolivar Sánchez, Gerente de Quito Tennis y Golf Club, quien fué un pilar importante para la realización de mi proyecto de titulación al darme su apoyo y experiencia en el campo.

A todos mis maestros, compañeros y amigos que estuvieron presentes, y de alguna forma aportaron con su granito de arena, en la elaboración del presente trabajo.

**David Monteros**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres y a mi familia, por ser los principales soportes de mis sueños, por confiar en mí y darme sus consejos, valores y principios.

A mi tutor, D.Sc. Víctor Hugo Hidalgo, por su conocimiento, enseñanza y excelente guía durante este proceso le estaré por siempre agradecido. De igual forma, agradezco a la Escuela Politécnica Nacional y a la Facultad de Ingeniería Mecánica y sus docentes, por formarme como profesional.

**Antonio Pérez**

## ÍNDICE

CERTIFICACIÓN .....	i
DECLARACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
LÍSTA DE SÍMBOLOS .....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	17
Pregunta de Investigación.....	18
Objetivo general .....	18
Objetivos específicos.....	18
1. MARCO TEÓRICO .....	19
1.1. Antecedentes .....	19
1.2. Bomba de Calor .....	19
1.2.1. Ciclo de la Bomba de Calor .....	21
1.2.2. Clasificación de la Bomba de Calor.....	22
1.2.2.1. Bomba de Calor: Fuente de Aire .....	22
1.2.2.2. Bomba de Calor: Fuente de Agua .....	23
1.2.2.3. Bomba de Calor: Fuente Geotérmica.....	23
1.2.3. Subclases de Bomba de Calor .....	24
1.2.4. Componentes de la Bomba de Calor .....	25
1.2.4.1. Compresor.....	25
1.2.4.1.1. Clasificación de Compresores .....	26
1.2.4.1.1.1. Clasificación de Compresores según su Tecnología.....	27
1.2.4.2. Condensador.....	29
1.2.4.3. Evaporador.....	30
1.2.4.4. Dispositivos de Expansión .....	31
1.2.4.5. Órganos de Seguridad y Control .....	31
1.2.4.6. Equipos Auxiliares.....	31
1.2.4.7. Regulador de Potencia .....	32
1.2.4.8. Refrigeración .....	33



1.2.4.8.1.	Refrigerante .....	33
1.2.4.8.1.1.	(R-410A) .....	33
1.2.5.2.1.	Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor .....	38
1.2.5.2.2.	El Ciclo Real de Refrigeración por Compresión de Vapor .....	39
1.2.6.	Coeficiente de Desempeño (COP) .....	40
2.	METODOLOGÍA .....	42
2.1.	Estrategia Metodológica.....	42
2.1.1.1.	Variables.....	43
2.1.1.1.1.	Temperatura .....	43
2.1.1.1.2.	Radiación .....	44
2.1.1.1.3.	Nubosidad.....	44
2.1.1.1.4.	Humedad .....	44
2.1.1.1.5.	Presión Atmosférica .....	45
2.1.2.	Análisis Energético.....	45
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	64
3.1.	Resultados .....	64
4.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	70
4.1.	Conclusiones.....	71
4.2.	Trabajos Futuros.....	71
	Referencias Bibliográficas .....	72
	ANEXOS .....	75
ANEXO I.	Toma de datos accionamiento de bombas de calor en el mes de agosto-septiembre .....	76
ANEXO II.	P&ID de la piscina .....	78
ANEXO III.	Programación de la transformada de Fourier en Python .....	80
ANEXO IV.	Toma de datos temperatura de la piscina en el mes de agosto-septiembre .....	82
ANEXO V.	Fotografías del banco de pruebas .....	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Analogía entre bomba de agua y bomba de calor que utilizan energía eléctrica.....	20
Figura 2. Función de la bomba de calor. ....	20
Figura 3. Ciclos de la bomba de calor de compresión mecánica, accionada por motor eléctrico.....	21
Figura 4. Bomba de calor: fuente de aire.....	22
Figura 5. Bomba de calor: fuente geotérmica.....	23
Figura 6. Flujos de energías en una bomba de calor. ....	25
Figura 7. Compresor de refrigeración abierto.....	26
Figura 8. Compresor de refrigeración cerrado o hermético. ....	27
Figura 9. Compresor de refrigeración semihermético. ....	27
Figura 10. Condensador doble tubo. ....	29
Figura 11. Condensador multitubular horizontal.....	30
Figura 12. Comparación de temperatura vs presión entre refrigerantes R-22 y R-410A. ....	34
Figura 13. Comparación de temperatura vs presión entre refrigerantes R-22 y R-410A. ....	36
Figura 14. Comparación de temperatura vs presión entre refrigerantes R-22 y R-410A. ....	36
Figura 15. Comparación de temperatura vs presión entre refrigerantes R-22 y R-410A. ....	37
Figura 16. Comparación de temperatura vs presión entre refrigerantes R-22 y R-410A. ....	38
Figura 17. Ciclo de refrigeración ideal. ....	38
Figura 18. Ciclo de refrigeración real.....	39
Figura 19. Metodología de desarrollo para el estudio paramétrico de bombas de calor. ....	42
Figura 20. Temperatura promedio al año en la ciudad de Quito.....	43
Figura 21. Nubosidad en la ciudad de Quito. ....	44
Figura 22. Nivel de comodidad de la humedad en la ciudad de Quito. ....	45
Figura 23. Pérdidas energéticas existentes en una piscina. ....	50
Figura 24. Colectores planos protegidos. ....	55
Figura 25. Colectores planos no protegidos. ....	56
Figura 26. Colectores de tubos de vacío. ....	56
Figura 27. Bomba de calor deshumectadora.....	57

Figura 28. Temperatura vs Tiempo (agosto). .....	60
Figura 29. Temperatura vs Tiempo (septiembre). .....	60
Figura 30. Transformada de Fourier (agosto).....	62
Figura 31. Transformada de Fourier (septiembre).....	63
Figura 32. Temperatura vs Mediciones Diarias (agosto). .....	64
Figura 33. Transformada de Fourier (agosto).....	65
Figura 34. Comportamiento general del sistema (agosto). .....	65
Figura 35. Comportamiento del sistema del consumo energético de las bombas de calor y la inversa de la transformada (agosto).....	66
Figura 36. Temperatura vs Mediciones Diarias (septiembre). .....	67
Figura 37. Transformada de Fourier (septiembre).....	67
Figura 38. Comportamiento general del sistema (septiembre). .....	68
Figura 39. Comportamiento del sistema del consumo energético de las bombas de calor y la inversa de la transformada (septiembre). .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Subclases de bomba de calor .....	24
Tabla 2. Propiedades físicas del refrigerante R-410A .....	36
Tabla 3. Humedades absolutas del aire saturado .....	53

## LISTA DE SÍMBOLOS

$E_{entrada}$	Energía de entrada
$E_{salida}$	Energía de salida
$W_{entrada}$	Trabajo de entrada
$\dot{m}$	Flujo másico
$h$	Entalpía
$\Delta ec$	Variación energía cinética
$\Delta ep$	Variación energía potencial
$q_{salida}$	Calor de salida
$COP_R$	Coficiente de operación de enfriamiento
$COP_{BC}$	Coficiente de operación de calentamiento
$t_{Accionamiento BC}$	Tiempo total de accionamiento de las bombas de calor
$E$	Energía entregada por combustión
$V$	Volúmen
$\delta$	Densidad
$C_p$	Podér calorífico
$Q$	Cantidad de calor
$m$	Masa
$C_e$	Calor específico
$\Delta T$	Variación de la temperatura
$Q_e$	Pérdidas de evaporación
$M_e$	Masa de agua evaporada
$C_v$	Calor devaporización de agua
$M_e$	Masa de agua evaporada
$S$	Superficie de la piscina
16	Coficiente de evaporación asociada a la piscina sin agitación

$133n$	Coeficiente de evaporación asociada a la agitación de los ocupantes
$W_e$	Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua
$W_{as}$	Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior
$G_a$	Grado de saturación (Humedad relativa)
$n$	Número de nadadores por $m^2$ de superficie de lámina de agua
$N$	Número total de ocupantes (espectadores)
$Q_R$	Pérdidas por radiación
$S_{piscina}$	Superficie de la piscina
$D$	Constante de Stefan-Boltzmann
$E$	Emisividad de la superficie
$T_{agua}$	Temperatura de agua
$T_c$	Temperatura superficial de los cerramientos
$Q_c$	Pérdidas por convección
$S_{piscina}$	Superficie de la piscina
$T_{aire}$	Temperatura del aire
$Q_{RE}$	Pérdidas por renovación
$V_r$	Volúmen de agua de renovaciones; 5% del volumen de la piscina
$D$	Densidad del agua
$C_e$	Calor específico del agua
$T_x$	Temperatura del agua de la red
$L$	Largo de la piscina
$A$	Ancho de la piscina
$P$	Profundidad de la piscina
$Q_T$	Pérdidas por transmisión
$C_T$	Coeficiente de transmisión de las paredes

$S_{piscina}$	Superficie de la piscina
$T_{agua}$	Temperatura del agua de la piscina
$T_{ex}$	Temperatura exterior de la piscina

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un análisis de factibilidad para el uso de bombas de calor para el calentamiento de una piscina cubierta de la ciudad de Quito, utilizando equipos de medición instalados en la piscina a modo de banco de pruebas. Se determinaron los parámetros principales que rigen el comportamiento de las bombas de calor, para determinar cuál será su comportamiento y el del sistema en general. Con base en los datos obtenidos de medidores instalados, se generaron gráficos que resumen el comportamiento de la temperatura ambiental y, usando la transformada de Fourier, se lo llevó al dominio de la frecuencia. Este espectro de frecuencias fue obtenido mediante la utilización de un software. Estos resultados fueron comparados con los datos de consumo energético mensual de las bombas de calor. Las bombas de calor resultaron ser un equipo bastante superior respecto a las calderas, obteniendo como mejor resultado dentro de nuestra investigación una reducción de más del 97% en el consumo energético.

Con los datos obtenidos del banco de pruebas, se generan gráficos que resumen el comportamiento de la temperatura ambiental. Estos resultados fueron comparados con los datos de consumo energético mensual de las bombas de calor. Las bombas de calor resultaron ser un equipo bastante superior respecto a las calderas, obteniendo como mejor resultado en la investigación una reducción de más del 80% en el consumo energético. Estos resultados pueden ser los esperados en todo el año gracias a la temperatura poco variable de la ciudad de Quito, debido a su ubicación geográfica.

**Palabras clave:** estudio, bomba de calor, piscina, software, temperatura.



## ABSTRACT

In this study, a feasibility analysis was conducted for the use of heat pumps for heating an indoor pool in the city of Quito, using measurement equipment installed in the pool. This measurement equipment was used as a test bench. The main operating parameters of the heat pump were defined, and therefore it is necessary to completely know them to determine the behavior of the system in general. The complete system of heat pump functions was determined, as well as the principles on which it is based for its operation. Based on the data obtained from the test bench, graphs that summarize the behavior of the ambient temperature were generated. Then these graphs were transformed into the frequency domain, thanks to the use of the Fourier transform. This frequency spectrum was obtained through the use of software. These results were compared with the monthly energy consumption data of the heat pumps. The heat pumps turned out to be a much superior equipment compared to the boilers, obtaining as a better result in the investigation a reduction of more than 80% in energy consumption. These results can be expected throughout the whole year thanks to the little variable temperature of the city of Quito, due to its geographical location.

**Keywords:** study, heat pump, pool, software, temperatura

# **“ESTUDIO PARAMÉTRICO DE BOMBAS DE CALOR PARA CALENTAMIENTO DE UNA PISCINA CUBIERTA SEMIOLÍMPICA EN LA CIUDAD DE QUITO”**

## **INTRODUCCIÓN**

En la ciudad de Quito, y en todo el país, el uso de bombas de calor para el tanto de agua caliente sanitaria (ACS) como para el calentamiento de ambientes, se encuentra poco extendido debido a que esta tecnología apenas está ingresando en nuestro medio a pesar de tratarse de un equipo que lleva un tiempo considerable en el mercado. Las bombas de calor permiten el realizar el calentamiento de agua con un consumo energético menor en comparación con otros métodos. En nuestro territorio, son pocas las personas que conocen las aplicaciones y ventajas que se pueden obtener, tales como un alto COP, ahorro económico, al tratarse de un equipo que funciona con energía eléctrica genera menor cantidad de impacto al medio ambiente. Además, permite el calentamiento mediante sistema mixtos, como el uso de bombas de calor en adición a otros métodos de calentamiento de agua como paneles solares, calderos, calefacción a gas (Gulf Stream 2018).

Anteriores trabajos de titulación, como “Instalación de colectores solares planos para calentamiento de agua en la facultad de Ingeniería Mecánica y levantamiento del potencial energético para la instalación a gran escala” (Peñaherrera, 2012), “Diseño y construcción de un prototipo de colector solar con tubos de calor de 25 litros para el calentamiento del agua” (Camacho, 2013), “Modelamiento basado en tecnología de redes neuronales artificiales para el diseño y optimización de colectores solares utilizados para el calentamiento de agua sanitaria en zonas del Ecuador” (Guerrero, 2015), han establecido que la utilización de este tipo de energía es viable para el calentamiento de agua.

El método que se encuentra mayormente extendido en nuestro país para el calentamiento de piscinas es mediante el uso de calderos. Esto es debido a que es una de las primeras tecnologías utilizadas, su costo inicial no es tan elevado y la gente se encuentra más familiarizada con este método convencional.

Otra opción no tan extendida, pero igualmente importante de ser mencionada, el uso de calefactores a gas. Sin embargo, debido a que están sujetos a la variación de los precios del combustible (GLP) y a sus bajos valores de eficiencia, este método no es nada recomendable para ser una solución para la calefacción de piscinas a largo plazo.

Estos métodos más convencionales (calderos a diésel y calefactores a gas) estarán siempre atados al mismo problema: el uso de combustibles fósiles para su funcionamiento. Esto significa que su costo de operación estará atado al valor variable que tienen dichos combustibles en el mercado, además de costos asociados a su transporte (combustible para vehículos, mantenimiento de vehículos) y almacenamiento. Además, un claro problema de este tipo de sistemas es la inevitable generación de contaminación por la quema de combustibles.

El uso de bombas de calor serviría no solo para mitigar los problemas de contaminación y los costos referidos al combustible, sino que el consumo energético también se reducirá. Por estas razones.

## **Pregunta de Investigación**

¿Qué tan factible sería el uso de bombas de calor para el calentamiento de piscinas cubiertas en Quito?

## **Objetivo general**

Desarrollar el estudio paramétrico del uso de bombas de calor para el calentamiento de una piscina cubierta, utilizando un banco de pruebas para determinar la demanda de calentamiento de agua.

## **Objetivos específicos**

- Describir los principios básicos de los sistemas de la bomba de calor.
- Recopilar información acerca de la parametrización en bombas de calor, aplicadas en el calentamiento de una piscina cubierta.
- Estudiar los parámetros que intervienen en el proceso termodinámico que ocurre en una bomba de calor.
- Determinar las necesidades térmicas de una piscina en específico de la ciudad de Quito.
- Presentar criterios para la optimización del calentamiento de la piscina cubierta.
- Construir un banco de pruebas para caracterización de una bomba de calor.
- Realizar las pruebas del funcionamiento del equipo construido.

# 1. MARCO TEÓRICO

En el siguiente punto, se analizará la situación actual de las tecnologías de las bombas de calor, así como también sus aplicaciones para el calentamiento de piscinas. Además, se introducen definiciones de conceptos fundamentales sobre parametrización, ahorro energético, rendimiento, eficiencia y características del refrigerante utilizado (R-410A).

## 1.1. Antecedentes

En 1852, William Thompson descubrió que es posible el transmitir calor desde un foco frío a un foco caliente. Para demostrarlo, creó un circuito hermético frigorífico para poder conseguir un ambiente confortable, basado en tres principios fundamentales:

1. La transferencia de calor se da de un cuerpo que posee mayor energía a otro cuerpo de menor energía.
2. Para que se produzca el cambio de estado líquido a gas, se debe ganar energía.
3. La presión y la temperatura están directamente relacionadas.

Esta idea, y el circuito, fueron posteriormente desarrollados por Peter Von Rittinger, un ingeniero y pionero en el procesamiento de minerales austríaco. En el año de 1856 utilizó los principios previamente descritos para secar sal de las marismas, siendo su principal ideal el ahorro económico y el cuidado ambiental.

Debido a Rittinger, las bombas de calor se empezaron a usar frecuentemente para secar sal en las marismas, y para el año de 1857 se demostró que era posible el ahorrar cerca de 293 000 metros cúbicos de leña.

En 1902, William Haviland Carrier, dió con la idea de que no se debía reducir la temperatura, sino el controlar la humedad de un lugar para mejorar la comodidad del personal del trabajo, pensamiento que lo llevó a ser considerado como el padre del aire acondicionado moderno.

## 1.2. Bomba de Calor

Una bomba de calor es una máquina que transfiere calor desde una fuente de calor hacia un destino, utilizando una cantidad relativamente pequeña de trabajo, lo cual se puede utilizar para el calentamiento o enfriamiento de viviendas [1].

El término de bomba de calor proviene de realizar una analogía con una bomba de agua. En la bomba de agua existe una altura a vencer, y mientras mayor sea esta altura, se necesitará de mayor entrega de energía externa. En el caso de las bombas de calor, se

trata de vencer una diferencia de temperaturas, y mientras mayor sea esta diferencia de temperaturas, mayor será el aporte externo que se requerirá [2].



Figura 1. Analogía entre bomba de agua y bomba de calor que utilizan energía eléctrica.  
(Fuente: Urchueguía 2013)  
(Elaboración: Propia)

La bomba de calor transfiere el calor desde un foco frío a un foco caliente con una gran eficiencia, es por ello que está sujeta a las leyes termodinámicas, obteniendo como ventaja el aprovechamiento de energía encontrada en el medio ambiente, la cual se puede encontrar en el aire, agua o en la tierra, para así poder acondicionar mediante la aportación reducida de trabajo en energía eléctrica. La bomba de calor transporta el calor del medio ambiente a un compartimiento a acondicionar o aplicación industrial, interviniendo el flujo natural de calor, de modo que fluya desde una temperatura más baja a otra más alta.

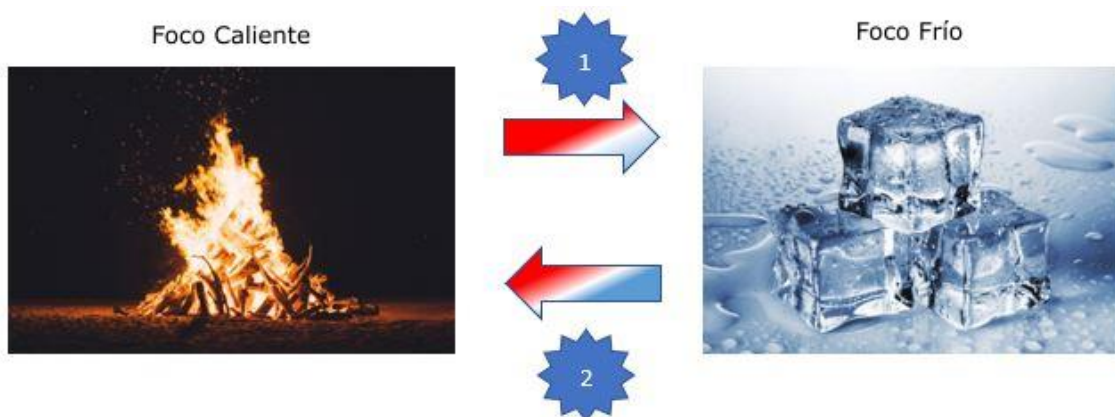


Figura 2. Función de la bomba de calor.  
(Elaboración: Propia)

1. El calor fluye de manera natural del foco caliente al frío.
2. La bomba de calor transporta el calor en la dirección contraria.

### 1.2.2. Ciclo de la Bomba de Calor

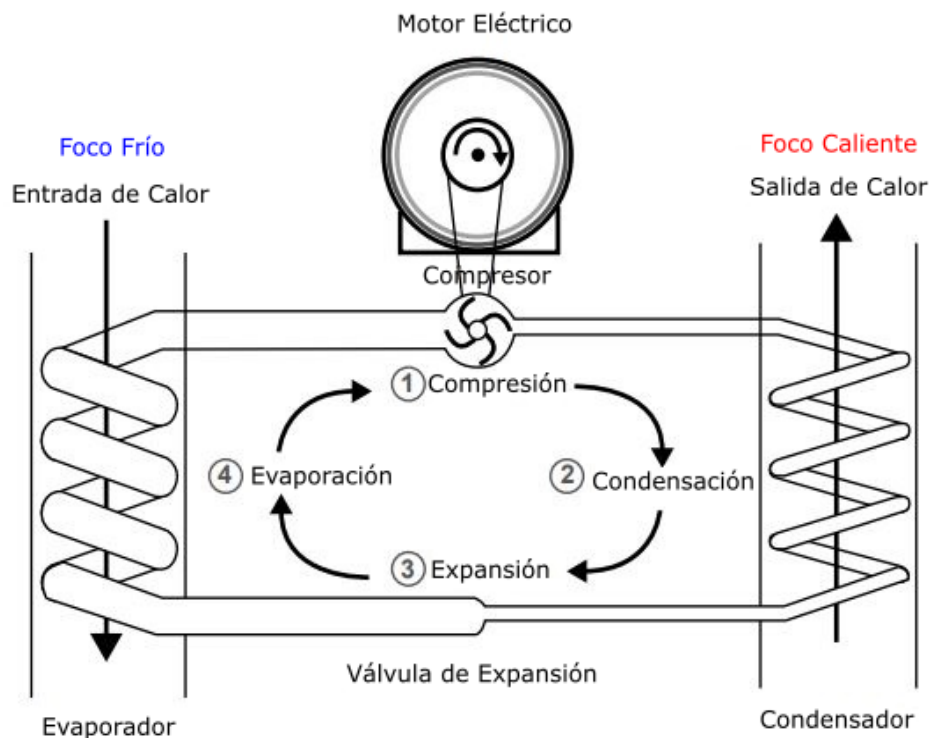


Figura 3. Ciclos de la bomba de calor de compresión mecánica, accionada por motor eléctrico.  
(Elaboración: Propia)

El principio de funcionamiento de la bomba de calor puede resumirse en cuatro etapas:

1. **Compresión:** Se comprime el refrigerante.

La energía eléctrica que consume el compresor se va a transformar en calor, el cual es transmitido al refrigerante al elevar su presión, y aumentando por tanto la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno (entalpía).

2. **Condensación:** El fluido caliente pasa por el condensador.

El fluido cede el calor al foco caliente, cuando este pasa por el intercambiador de calor y cuando se enfría se condensa el refrigerante ya que pasa de estado gaseoso a líquido, también conocido como exotérmico.

3. **Expansión:** Reducción de presión isoentálpica.

El fluido pasa por una válvula de expansión, ya que es un dispositivo que genera una gran pérdida de carga, produciendo así la reducción de presión isoentálpica del fluido desde la presión de condensación hasta la presión de entrada en el evaporador y así se reduce la temperatura del fluido.

4. **Evaporación:** Cambio de fase endotérmico.

El fluido pasa por otro intercambiador de calor que va a estar situado en la fuente fría, que también se lo llama evaporador, donde produce el cambio de fase endotérmico.

El refrigerante se evapora absorbiendo el calor nuevamente, para así volver a reiniciar el ciclo en el compresor.

### 1.2.2. Clasificación de la Bomba de Calor

El funcionamiento con los distintos medios que pueden actuar como focos frío o caliente. La bomba de calor puede utilizar energía almacenada en forma de calor bajo la superficie de tierra sólida, que es la energía geotérmica; en el aire ambiente, que es la energía aerotérmica; o en las aguas superficiales, energía hidrotérmica.

#### 1.2.2.1. Bomba de Calor: Fuente de Aire

Este equipo térmico aprovecha el aire externo de la bomba de calor como fuente de energía, además aprovecha la temperatura del aire interno. La bomba de calor puede aprovechar energía del aire desde una temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$ , pero con una eficiencia baja. Las bombas de calor con fuente de aire requieren calentadores eléctricos, por lo que no es un equipo que se fabrique a gran escala.

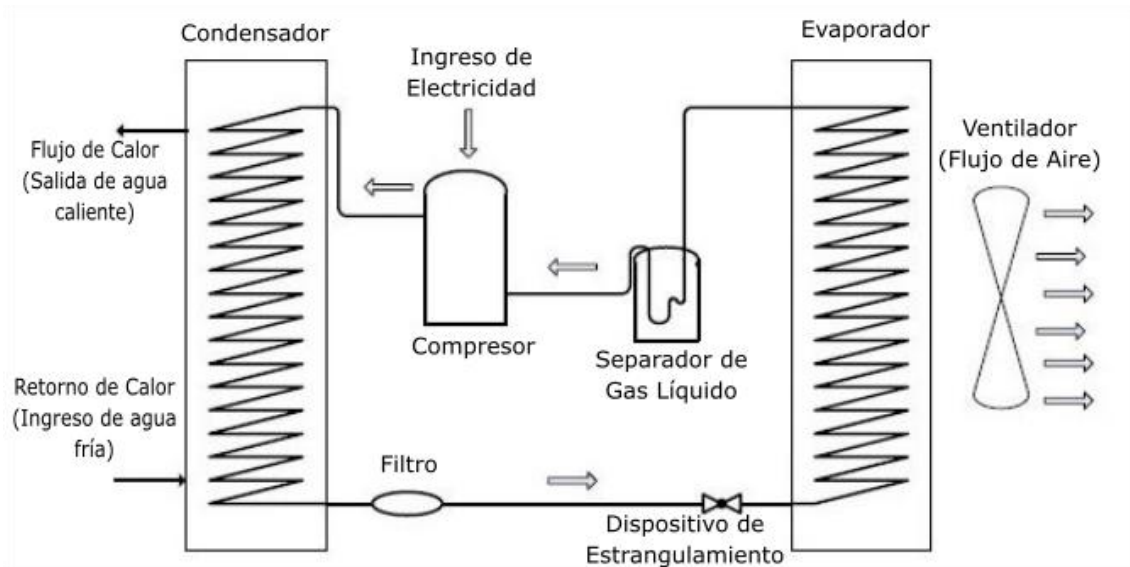


Figura 4. Bomba de calor: fuente de aire.  
(Elaboración: Propia)

El intercambio de calor se da, forzando el aire a pasar por las serpentinas del evaporador, lo que va a aumentar la eficiencia del proceso, y en la que en muchos casos se utiliza como secador y a su vez se aprovecha para el proceso de la bomba de calor.

### 1.2.2.2. Bomba de Calor: Fuente de Agua

Este equipo térmico aprovecha el agua como fuente de energía. Este tipo de bombas de calor de fuente de agua es en lazo abierto, en el que la fuente de calor fluye por el evaporador suministrándole energía al refrigerante, y en cuanto al condensador se encuentra en un recinto cerrado suministrándole energía a un tanque de acumulación de agua para ser utilizada posteriormente.

### 1.2.2.3. Bomba de Calor: Fuente Geotérmica

La bomba de calor de fuente geotérmica capta calor acumulado en la corteza terrestre, las prestaciones y el funcionamiento de la bomba, van a depender en cada caso del medio ambiente en el que estén operando (focos fríos y calientes), en la mayoría de los casos el aprovechamiento de la energía térmica se hace por medio de agua como fluido refrigerante, el cual es bombeado hasta el evaporador de la bomba de calor la cual utiliza esta energía para el proceso. A continuación, en la Figura 5 se muestra el esquema de funcionamiento.

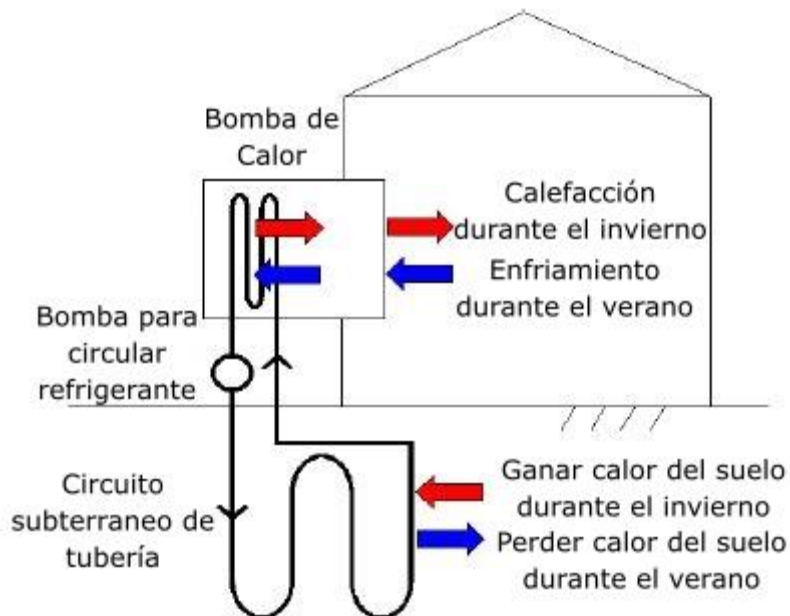


Figura 5. Bomba de calor: fuente geotérmica.  
(Elaboración: Propia)

La bomba de calor de fuente térmica es principalmente utilizada en regiones donde hay estaciones, debido a que los cambios de temperatura bajo tierra no son muy drásticos como los del medio ambiente, lo que hace que la máquina tenga una eficiencia casi constante en el transcurso del año.



### 1.2.3. Subclases de Bomba de Calor

Existen diversas subclases de bombas de calor, estas se pueden clasificar dependiendo del medio que extraen energía y del medio al cual ceden energía [3].

Tabla 1. Subclases de bomba de calor.

Medio del que extrae energía	Medio al cual cede energía
Aire	Aire
Aire	Agua
Agua	Aire
Agua	Agua
Tierra	Aire
Tierra	Agua

(Fuente: Renedo & Fernández, 2010)

(Elaboración: Propia)

*Bombas de calor aire-aire:* Este tipo de bombas de calor extraen calor del aire, cediendo el aire al interior de una industria o una vivienda. Este tipo de bombas de calor son las más utilizadas en climatización.

*Bombas de calor aire-agua:* Este tipo de bombas de calor extraen calor del aire, cediendo energía al agua fría para refrigerar o para calentar agua para calefacción e incluso para agua sanitaria.

*Bombas de calor agua-aire:* Este tipo de bombas de calor extraen energía del mar, ríos, aguas residuales, entre otros para ceder energía al aire.

*Bombas de calor agua-agua:* Este tipo de bombas de calor extraen energía de diversas fuentes de agua, similar al caso anterior, pero sus emisores sus emisores son radiadores de baja temperatura, ventiloconvectores o suelo radiante.

*Bombas de calor tierra-agua:* Este tipo de bombas de calor extraen energía del subsuelo y se lo utiliza para el calentamiento de agua para calefacción y agua sanitaria.

*Bombas de calor tierra-aire:* Este tipo de bombas de calor extrae energía del subsuelo, similar al caso anterior, pero se lo utiliza para la climatización.

A continuación, un ejemplo de los flujos energéticos existentes en una bomba de calor. Como puede observarse, una parte significativa de la energía utilizada por la bomba de calor proviene del medio ambiente exterior, razón por la cual los índices de eficiencia de las bombas de calor son superiores a la unidad.

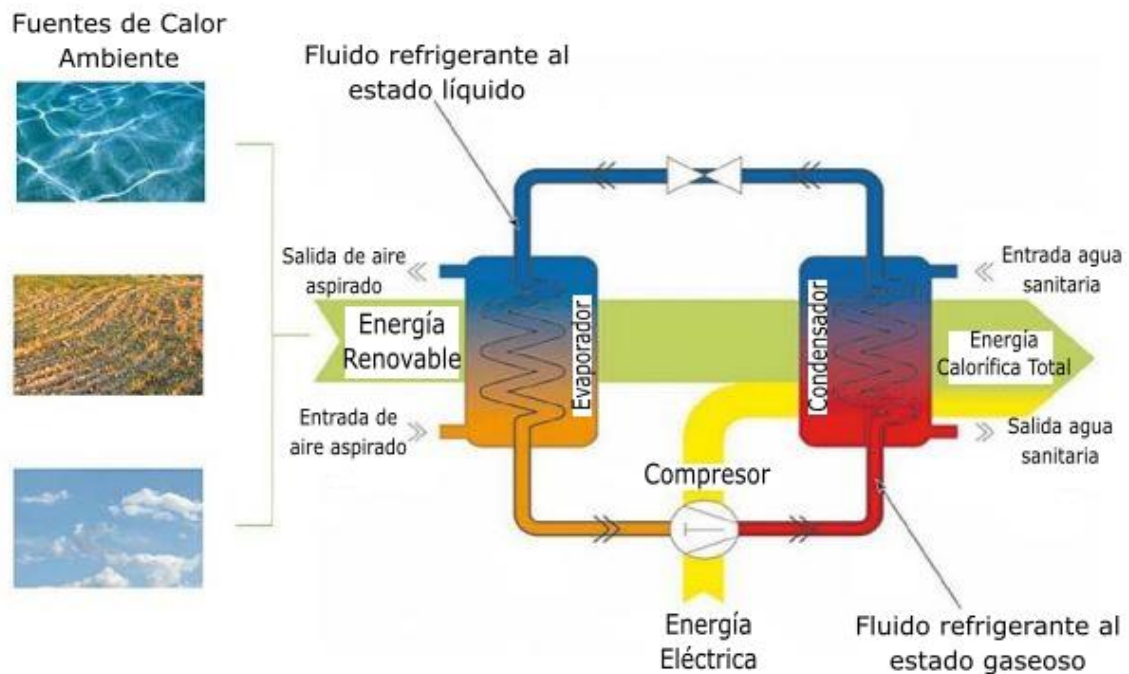


Figura 6. Flujos de energías en una bomba de calor.  
(Elaboración: Propia)

#### 1.2.4. Componentes de la Bomba de Calor

Casi la totalidad de las bombas de calor actualmente utilizadas en los sectores terciario o industrial, son máquinas frigoríficas de compresión de vapor condensable. Sin embargo, para la elaboración de este trabajo se tendrá en cuenta la bomba de calor de fuente de agua, la cual está compuesta de los siguientes elementos [4].

##### 1.2.4.1. Compresor

La función específica de un compresor en una instalación frigorífica consiste en extraer todo el refrigerante evaporado del evaporador (a la presión de baja), y comprimirlo a una presión tal (presión alta), a la que pueda ser condensado por agentes normales (aire, agua, etc.).

La bomba de calor de fuente de agua trabaja con un compresor alternativo el cual tiene un funcionamiento muy similar al motor de explosión de un automóvil: un motor, generalmente eléctrico, el cual acciona el cigüeñal al que van unidas unas bielas que dan un movimiento alternativo a los pistones, este movimiento alternativo permite realizar las diferentes fases de compresión. Constan de los siguientes elementos: cárter, cigüeñal, pistones, bielas y válvulas [4].

El compresor es uno de los dispositivos que se utiliza en los sistemas para aumentar la presión del fluido de trabajo. El compresor puede comprimir el fluido de trabajo a muy altas presiones. En los compresores la transferencia de calor es casi insignificante

( $Q \approx 0$ ) ya que normalmente están bien aislados. En este tipo de dispositivos se puede comprender que los cambios de energía potencial son insignificantes ( $\Delta ep \cong 0$ ); las velocidades en los compresores son muy bajas como para que su valor tenga un cambio importante en su energía cinética ( $\Delta ec \cong 0$ ). [5]

A continuación, el balance de energía del compresor:

$$E_{entrada} - E_{salida} = \frac{\partial E_{sistema}}{\partial t} \partial t = 0 \text{ (Sistema Estable)}$$

$$E_{entrada} - E_{salida} = 0$$

$$E_{entrada} = E_{salida}$$

$$W_{entrada} + \dot{m} * h_1 = Q_{salida} + \dot{m} * h_2 \text{ (Puesto que } \Delta ec = \Delta ep \cong 0)$$

De este resultado se obtiene la ecuación de la energía del compresor:

$$W_{entrada} = \dot{m} * q_{salida} + \dot{m}(h_2 + h_1) \quad (\text{Ec. 1})$$

#### 1.2.4.1.1. Clasificación de Compresores

Los compresores abiertos son utilizados en aplicaciones o instalaciones de producción que tienen un motor eléctrico externo [6].



Figura 7. Compresor de refrigeración abierto.  
(Fuente: <http://bitzermx.com/compresores-reciprocantes/> [7].)

Los compresores cerrados o herméticos: Tienen como principal característica estar sellados herméticamente, lo que es ideal para otras aplicaciones [6].

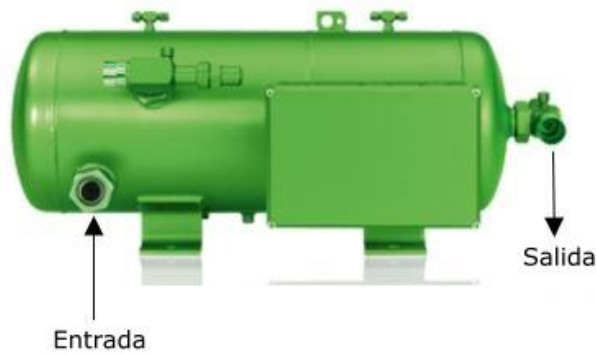


Figura 8. Compresor de refrigeración cerrado o hermético.  
(Fuente: <http://bitzermx.com/compresores-reciprocantes/> [7].)

Los compresores semiherméticos: Son los que cuentan con un motor integrado pero no están sellados; esta característica les permite ser reparables [6].



Figura 9. Compresor de refrigeración semihermético.  
(Fuente: <http://bitzermx.com/compresores-reciprocantes/> [7].)

#### 1.2.4.1.1. Clasificación de Compresores según su Tecnología

*Compresores de Pistón:* Son compresores de refrigeración, también conocidos como reciprocantes. Funcionan con el movimiento de émbolos dentro de uno o varios cilindros movidos por un cigüeñal para obtener gases a alta presión. La capacidad de estos compresores de refrigeración se ve afectada por la presión de trabajo.

Sus principales ventajas son:

- Manejo de grandes cantidades de refrigerante
- Estabilidad
- Reducción de ruido
- Fácil mantenimiento y limpieza

Estos compresores son utilizados para aplicaciones comerciales e industriales (en sistemas estacionarios principalmente), al igual que para productos cárnicos, aplicaciones médicas y sistemas de criogenización [6].

*Compresores de Tornillo:* Su característica principal es que están integrados por dos tornillos conectados y que giran en sentido contrario. Al momento que los tornillos empiezan a girar, crean una succión para la toma de gas refrigerante mientras va aumentando la presión del mismo a través de las cavidades.

Sus principales ventajas son:

- Manejo de grandes cantidades de refrigerante
- Estabilidad
- Reducción de ruido
- Fácil mantenimiento y limpieza

Dependiendo de la selección de compresores de tornillo (semiherméticos, herméticos, o abiertos) tienen distintas aplicaciones: para sistemas comerciales, industriales y marinos, sistemas de riesgos de explosiones, sistemas de transporte, y optimizados para bombas de calor y chillers.

*Compresores de Scroll:* Los compresores herméticos de scroll son considerados eficientes, y son muy comunes en la industria del aire acondicionado comercial. El compresor tiene dos funciones en el ciclo de refrigeración por compresión. La primera es succionar el vapor refrigerante para mantener la temperatura de evaporación requerida, y la segunda es que puede elevar la presión del vapor refrigerante lo suficientemente alto para que la temperatura de saturación sea mayor que el medio de enfriamiento posible.

Sus principales ventajas son:

- Reducción de ruido
- Baja vibración
- Eficiente a altas temperaturas
- No requiere gran volumen de aceite

Las principales aplicaciones de estos compresores son de aire acondicionado residencial o comercial y en refrigeración de alta y media temperatura, ya sea en equipos estacionarios o en transporte [6].

### 1.2.4.2. Condensador

El condensador de la bomba de calor es donde se recoge el efecto útil de la máquina, por el cual circula el fluido que se desea calentar, aire o agua, que a su vez posteriormente pueden ceder su calor a otro medio.

La cantidad de calor evacuada en el condensador es:

- Calor sensible del vapor recalentado a la salida del compresor.
- Calor latente de condensación.
- Calor sensible de subenfriamiento del líquido.

Para la bomba de calor de fuente de agua se utilizan condensadores de agua, los cuales se dividen en dos tipos:

*Doble tubo a contracorriente.* - En general son dos tubos de cobre, uno dentro del otro. El agua circula por el tubo interior y el refrigerante se condensa en el espacio intermedio. El tubo interior puede ser liso o aleteado en el exterior. Este tipo de condensadores es muy utilizado en máquinas compactas hasta de 100 KW de potencia térmica en el condensador. Da problemas de mantenimiento por la dificultad de limpieza.

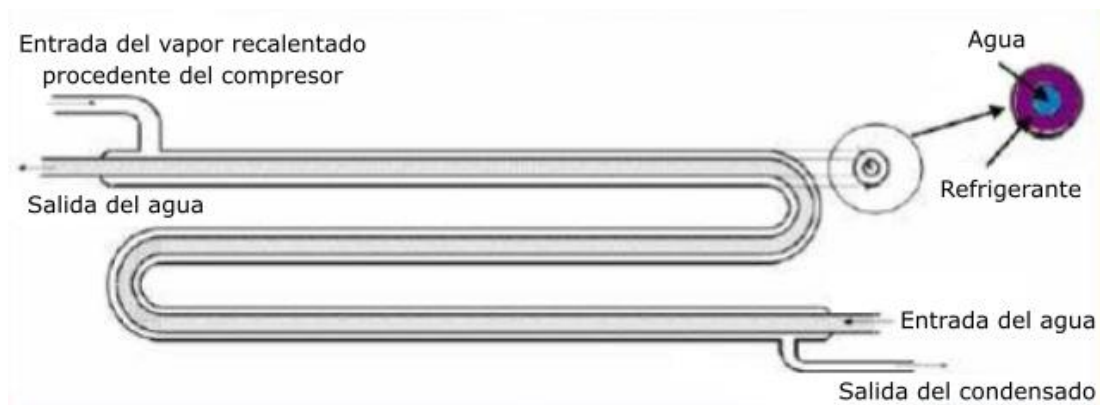


Figura 10. Condensador doble tubo.  
(Fuente: [https://docit.tips/download/tiposcondensadores\\_pdf](https://docit.tips/download/tiposcondensadores_pdf) [8].)

*Multitubulares horizontales.* - Los tubos están situados horizontalmente dentro de una virola; los tubos están unidos a dos placas laterales, con sendas tapas que forman las cajas de agua. El agua circula por el exterior de los tubos y el refrigerante se condensa en el interior. Los tubos suelen ser de cobre, la envolvente de acero y las tapas de fundición, cuando el agua a calentar lo requiera, los tubos pueden ser inoxidable, cuproníquel, etc [4].



Figura 11. Condensador multitubular horizontal.  
(Fuente: [https://docit.tips/download/tiposcondensadores\\_pdf](https://docit.tips/download/tiposcondensadores_pdf) [8].)

### 1.2.4.3. Evaporador

La función del evaporador en una bomba de calor es tomar el calor de la fuente fría que se dispone. El calor se extrae del fluido exterior que puede ser aire o agua.

El condensador y el evaporador son dispositivos en los cuales entran dos tipos de fluidos los cuales realizan un intercambio de calor a través de las paredes de las tuberías del dispositivo sin mezclarse.

El intercambiador de calor es uno de los dispositivos que no recibe ni entrega trabajo ( $W = 0$ ), también los cambios de energía cinética y potencial son mínimos debido a que la velocidad del fluido no cambia durante el proceso de transferencia de calor y no existe una variación significativa de altura entre la entrada y salida del fluido por tanto el cambio de energía también es casi mínimo e incluso insignificante para el flujo como para tomarlo en cuenta que ( $\Delta ep \cong \Delta ec \cong 0$ ). El análisis para los intercambiadores de calor se puede realizar en base a la tasa de transferencia de calor la cual está estrictamente relacionada con la selección del volumen de control para el análisis [5]

A continuación, el balance de masa del intercambiador de calor:

$$\begin{aligned}
 m_{entrada} &= m_{salida} \\
 \dot{m}_1 &= \dot{m}_2 = \dot{m}_W \\
 \dot{m}_3 &= \dot{m}_4 = \dot{m}_R
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 2}$$

A continuación, el balance de energía del intercambiador de calor:

$$\dot{E}_{entrada} - \dot{E}_{salida} = \frac{\partial E_{sistema}}{\partial t} \partial t = 0 \text{ (Sistema Estable)}$$

$$\dot{E}_{entrada} - \dot{E}_{salida} = 0$$

$$E_{entrada} = E_{salida}$$

$$\dot{W} + \dot{m}_1 * h_1 + \dot{m}_3 * h_3 = \dot{Q} + \dot{m}_2 * h_2 + \dot{m}_4 * h_4 \text{ (Puesto que } \Delta ec = \Delta ep \cong 0)$$

$$\dot{m}_1 * h_1 + \dot{m}_3 * h_3 = \dot{m}_2 * h_2 + \dot{m}_4 * h_4 \text{ (Puesto que } \dot{Q} \cong 0, \dot{W} \cong 0)$$

$$\dot{m}_W(h_1 - h_2) = \dot{m}_R(h_4 - h_3) \quad (\text{Ec. 3})$$

#### 1.2.4.4. Dispositivos de Expansión

Reducen la presión de condensación a la de evaporación. La operación se realiza por laminación del fluido, al pasar por un estrangulamiento: esta operación se realiza sin intercambio de calor ni realización de trabajo, y por consiguiente es a entalpía constante.

Los elementos más comúnmente utilizados en las bombas de calor son:

- Tubo capilar: son tubos de sección interior pequeña y calibrada.
- Válvula de expansión termostática: es un órgano de expansión automático, de manera que, en realidad, cumple con las funciones de efectuar la expansión y de regular automáticamente la alimentación del líquido al evaporador [4].

#### 1.2.4.5. Órganos de Seguridad y Control

Son los encargados de activar una señal o para el compresor en caso de que la máquina se encuentre trabajando fuera de las condiciones normales de funcionamiento. Los elementos más comúnmente utilizados son:

*Presostato de alta presión:* Para detener el compresor cuando se alcanza una presión de condensación elevada.

*Presostato de baja presión:* Para detener el funcionamiento del compresor, también cuando esté presente una presión de aspiración muy por debajo de los estándares de funcionamiento.

*Presostato de aceite:* Para detener el compresor cuando se encuentre muy baja la presión del aceite de engrase.

*Termostato de descarga:* Que corta al compresor cuando la temperatura de descarga se encuentra muy alta [4].

#### 1.2.4.6. Equipos Auxiliares

Los siguientes son equipos extras que pueden encontrarse en la actualidad:

- Válvula de inversión del ciclo o válvula de cuatro vías: Estas válvulas tiene como misión invertir las funciones de los intercambiadores de calor exterior



e interior. Son utilizadas para la inversión del ciclo y el desescarchado del evaporador.

- Válvulas selenoides: Es una válvula electromagnética que cierra el paso del líquido al evaporador, cuando el compresor se para, con el fin de evitar que el evaporador se inunde.
- Separador de aceite.
- Filtros deshidratador, otros [4].

#### **1.2.4.7. Regulador de Potencia**

Cuando las necesidades de calor son menores que la potencia que puede suministrar la bomba de calor, es necesario disponer de algún procedimiento de parcializar la potencia.

Existen varios tipos de reguladores de potencia, los principales son:

*Todo-nada:* La regulación más sencilla es por parada y puesta en marcha alternativamente.

*Todo-poco:* Se puede fraccionar la potencia total de la bomba en varios compresores. El mantenimiento de la temperatura se obtiene actuando todo o nada sobre los compresores.

*Variación de la velocidad del compresor:* Es poco usado en razón a su gran costo.

*By-pass de gas caliente:* A través de una válvula se derivan gases calientes de la descarga a la aspiración. El consumo del compresor es el mínimo que a plena potencia. Se usa en sistemas pequeños.

*Anulación de cilindros:* Es un sistema muy utilizado para la regulación de potencia en compresores de pistón. Fundamentalmente consiste en facilitar el escape de los gases del cilindro de manera que estos no se comprimen.

*Laminado de gas en aspiración:* Se origina una disminución de la presión de aspiración que da origen al aumento de la relación de compresión y la disminución del peso específico de los vapores. La potencia absorbida disminuye menos que la potencia calorífica.

*Corredera:* Es un dispositivo que se usa en los compresores de tornillo. La corredera se desplaza axialmente y descubre así una lumbrera en la pared interna del cilindro, de forma que una parte del gas aspirado retorna a la aspiración sin ser comprimido [4].

#### **1.2.4.8. Refrigeración**

Es necesario hacer hincapié en el proceso de refrigeración, y para esto se basa en el libro de termodinámica de Cengel.

La refrigeración es un proceso que consiste en bajar o mantener el nivel de calor de un cuerpo o un espacio. Refrigerar es un proceso termodinámico en el que se extrae calor del objeto considerado (reduciendo su nivel térmico), y se lleva a otro lugar capaz de admitir esa energía térmica sin problemas o con muy reducidos problemas, como en el caso de la bomba de calor, la energía es aprovechable [9].

##### **1.2.4.8.1. Refrigerante**

Un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente enfriador, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

Aquellos que absorben calor al evaporador a baja temperatura y lo ceden al condensador a alta temperatura y presión, son llamados refrigerantes primarios; los refrigerantes secundarios, son cualquier líquido enfriado mediante un refrigerante y que circula como fluido de transferencia de calor.

Las características y propiedades termodinámicas de un refrigerante:

- Alto calor latente de vaporización, permite reducir el caudal másico circulante de refrigerante y tamaño de los equipos (compresor y tubería).
- Presión de trabajo moderada, evita la descomposición del lubricante y el asociado daño para el compresor.
- Tasa de compresión y exponente isoentrópico, ya que, al tener un menor exponente isoentrópico, el trabajo del compresor disminuye, siendo un ahorro energético [9].

##### **1.2.4.8.1.1. (R-410A)**

El refrigerante R-410A es una mezcla casi azeotrópica compuesta por los refrigerantes R-125 y R-32. Es un producto químicamente estable, con bajo deslizamiento de temperatura y baja toxicidad. Hoy en día se utiliza en nuevos equipos de aire acondicionado, bombas de calor, etc.

El refrigerante R-410A es el nuevo sustituto al refrigerante R-22 con cero agotamiento a la capa de ozono, trabaja a presiones elevadas y con aceite sintético POE. La capacidad frigorífica que presenta puede ser 50% superior al R-22, es por ello que se puede utilizar componentes más pequeños y a su vez fabricar máquinas más compactas en comparación con el R-22 [12].

A continuación, se puede observar la figura comparativa de temperatura vs presión de los refrigerantes R-22 y R-410A.

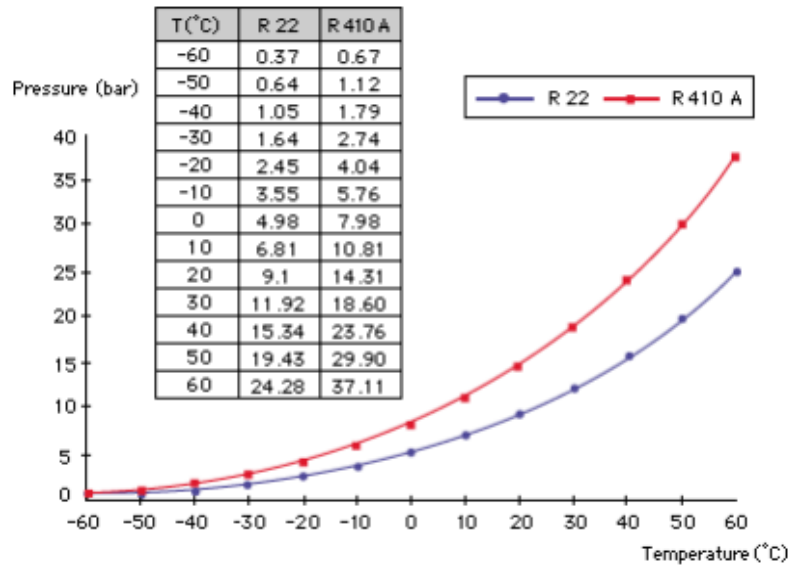


Figura 12. Comparación de temperatura vs presión entre refrigerantes R-22 y R-410A.  
(Fuente: Gasservel [10].)

Al utilizar el refrigerante R-410 se debe tomar en cuenta el diseño de accesorios de cobre, tubería, válvulas, compresores, etc para el aumento de presión [10].

Tabla 2. Propiedades físicas del refrigerante R-410A.

<b>Propiedades Físicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>R-410A</b>
Peso molecular	(g/mol)	72,6
Temperatura ebullición (a 1.013 bar)	(°C)	-51,58
Deslizamiento temperatura de ebullición (a 1.013 bar)	(K)	0,1
Temperatura crítica	(°C)	72,13
Presión crítica	(bar abs)	49,26
Densidad crítica	(Kg/m <sup>3</sup> )	488,90
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/m <sup>3</sup> )	1062
Densidad del líquido (-25°C)	(Kg/m <sup>3</sup> )	1273
Densidad del vapor saturado (25°C)	(Kg/m <sup>3</sup> )	4,12
Presión del vapor (25°C)	(bar abs)	16,5
Presión del vapor (-25°C)	(bar abs)	3,30
Calor de vaporización a punto de ebullición	(KJ/Kg)	276
Calor específico del líquido (25°C)	(KJ/Kg K)	1,84
Calor específico del vapor (25°C)(1atm)	(KJ/Kg K)	0,83
Conductibilidad térmica del líquido (25°C)	(W/mK)	0,088
Conductibilidad térmica del vapor (25°C)(1atm)	(W/mK)	0,013
Solubilidad con el agua (25°C)	ppm	Despreciable
Límite de inflamabilidad	(% vol.)	Ninguno
Toxicidad (AEL)	ppm	1000
ODP	-	0
PCA (GWP)	-	2088*

(Fuente: Gasservel [10].)

## 1.2.5. Ciclos Ideales y Reales

### 1.2.5.1. Ciclo Ideal de la Bomba de Calor

El ciclo ideal se entiende como un proceso totalmente reversible. Este tipo de procesos tiene una eficiencia térmica máxima los cuales permiten determinar sus temperaturas máximas y sirven como un estándar para los ciclos de potencias reales [5].

Las bombas de calor comprenden de los siguientes procesos:

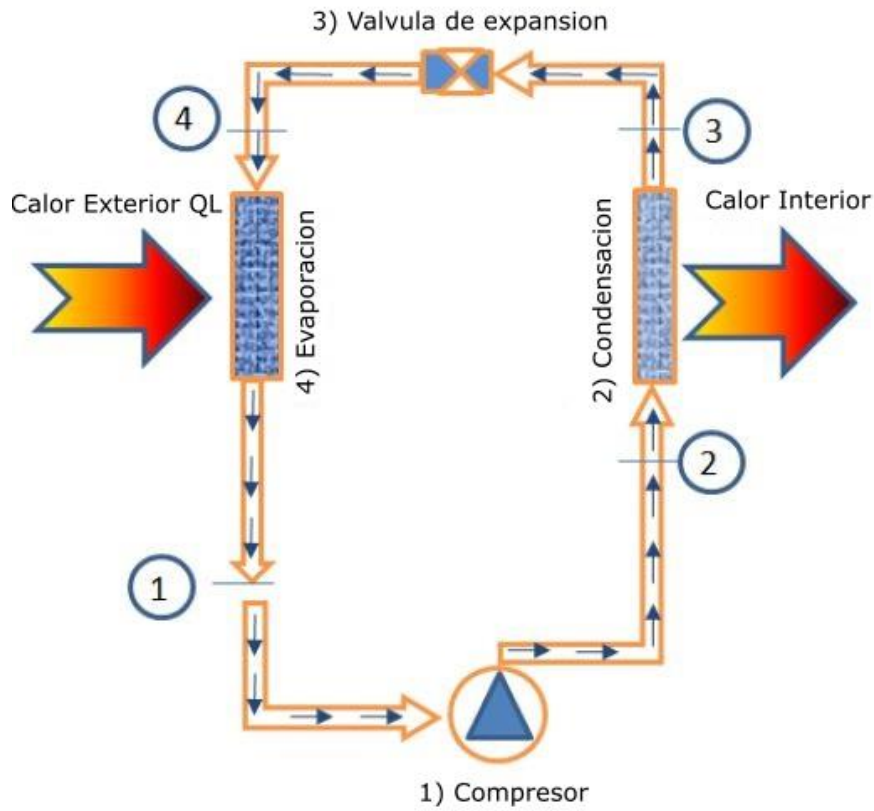


Figura 13. Comparación de temperatura vs presión entre refrigerantes R-22 y R-410A.  
(Fuente: Gasservel [10].)

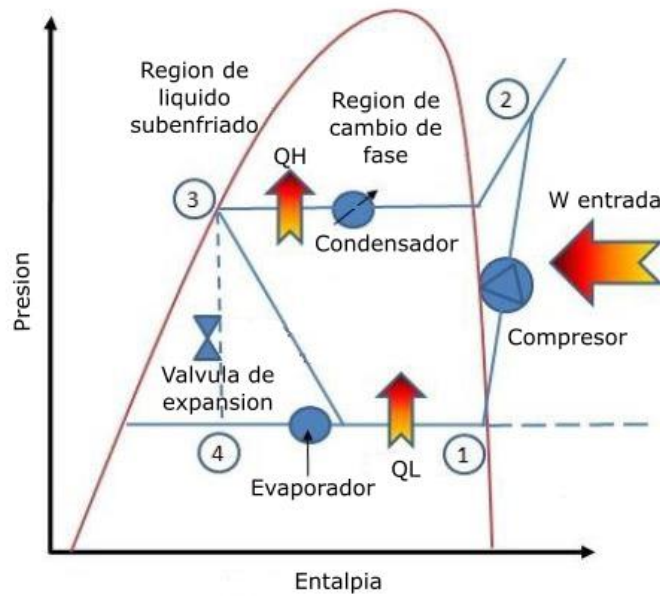


Figura 14. Comparación de temperatura vs presión entre refrigerantes R-22 y R-410A.  
(Fuente: Gasservel [10].)

- 1-2 Compresión isotrópica en un compresor.
- 2-3 Rechazo de calor a presión constante en un condensador.
- 3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión.
- 4-1 Absorción de calor a presión constante en un evaporador.

### 1.2.5.2. Ciclo Real de la Bomba de Calor

En el ciclo ideal el refrigerante sale del evaporador y entra al compresor como vapor saturado, sin embargo en la práctica no es posible realizar este proceso y ser completamente preciso razón por la cual es más fácil diseñar un sistema de modo que el refrigerante este sobrecalentado a la entrada del compresor, también la línea que conecta al evaporador suele ser muy larga en ciertos equipos por tanto la caída de presión y la fricción del fluido aumentan al igual que el área de transferencia de calor haciendo que estas pérdidas serán muy significativas. Uno de los resultados del sobrecalentamiento es que la ganancia en la línea de conexión y las caídas de presión en el evaporador producen un aumento en el volumen específico, como resultado se obtiene un aumento en la potencia de entrada del compresor [5].

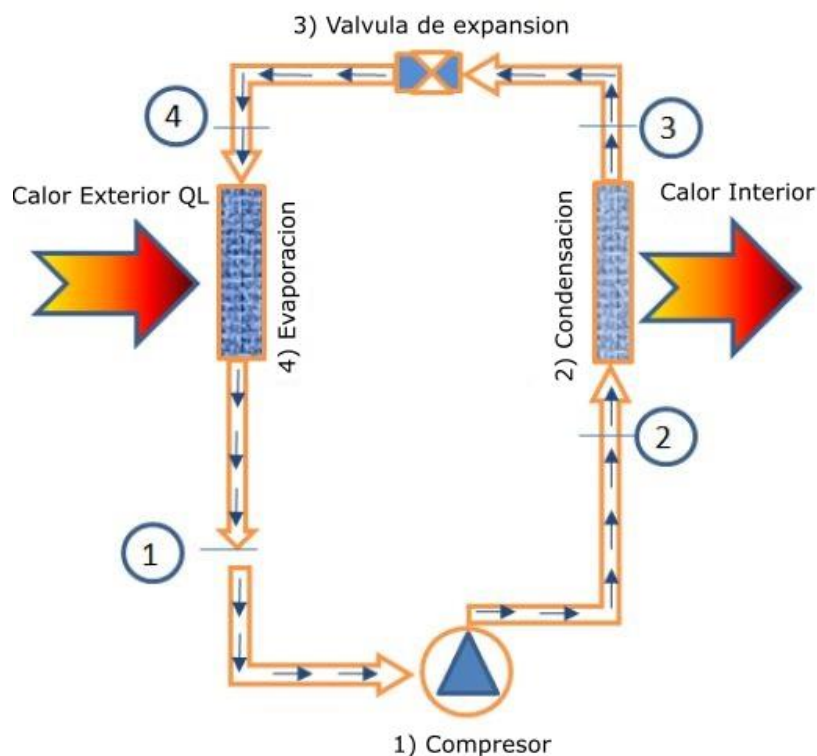


Figura 15. Comparación de temperatura vs presión entre refrigerantes R-22 y R-410A.  
(Fuente: Gasservel [10].)

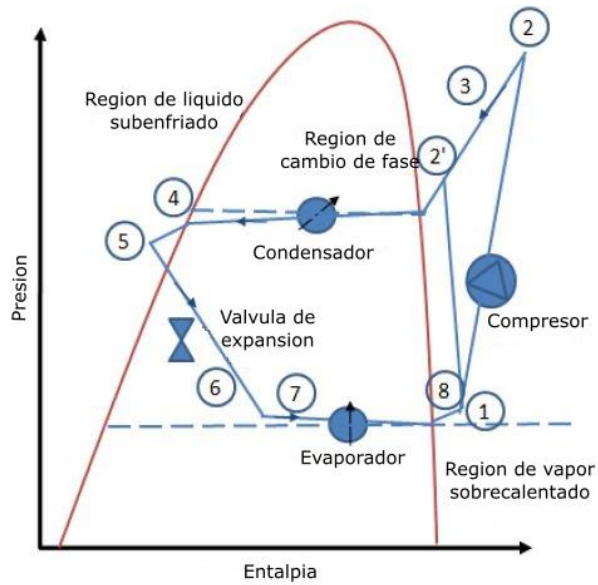


Figura 16. Comparación de temperatura vs presión entre refrigerantes R-22 y R-410A. (Fuente: Gasservel [10].)

### 1.2.5.2.1. Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor

Mucho de los aspectos imprácticos asociados con el ciclo de refrigeración pueden ser eliminados al evaporar el refrigerante por completo antes de que se comprima, ya al sustituir la turbina por un dispositivo de estrangulamiento, tal como una válvula de expansión o tubo capilar. El ciclo que resulta se denomina ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, y se muestra de manera esquemática y en un diagrama T-s [9].

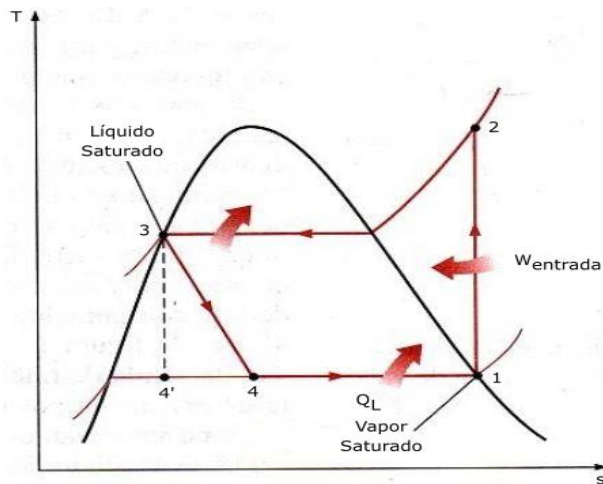


Figura 17. Ciclo de refrigeración ideal. (Fuente: <https://es.slideshare.net/irisyaninacamposjime/ciclos-de-refrigeracion-termodinamica> [9].)

*1-2 Compresión isoentrópico en el compresor:* El refrigerante entra al compresor como vapor saturado y se comprime isoentropicamente hasta la presión del condensador. La temperatura del refrigerante aumenta mediante el proceso de compresión isoentropico.

*2-3 Rechazo de calor a presión constante en el condensador:* El refrigerante entra en el condensador como vapor sobre calentado y sale como líquido saturado como resultado de rechazo de calor hacia los alrededores (energía útil), en el cual no se tiene en cuenta caídas de presión en el condensador.

*3-4 Estrangulación en un dispositivo de expansión:* El refrigerante entra como líquido saturado, después del condensador se estrangula hasta la presión del evaporador al pasar por una válvula de expansión o por un tubo capilar. La temperatura del refrigerante desciende por debajo de la temperatura de la fuente de energía.

*4-1 Absorción de calor a presión constante en el evaporador:* El refrigerante entra al evaporador como un vapor húmedo de baja calidad y se evapora por completo absorbiendo calor de la fuente de energía. El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado para ingresar nuevamente al compresor para volverse a realizar en ciclo [9].

#### **1.2.5.2.2. El Ciclo Real de Refrigeración por Compresión de Vapor**

Un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor se diferencia de uno ideal en varios aspectos, principalmente, debido a las irreversibilidades que ocurren en varios componentes. Cuando se habla de irreversibilidad se dice de aquella energía que se pierde en el proceso, la cual no se puede aprovechar y es inherente al proceso como lo es la fricción del fluido (caídas de presión) y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores. El ciclo real de refrigeración por compresión de vapor se muestra en un diagrama T-s [9].

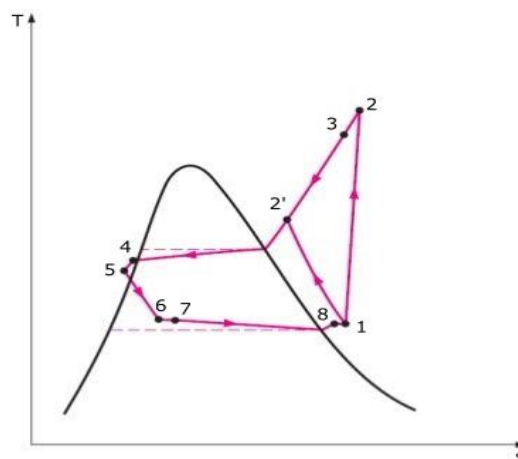


Figura 18. Ciclo de refrigeración real.

(Fuente: <https://es.slideshare.net/irisyaninacamposjime/ciclos-de-refrigeracionintermodinamica> [9].)



El proceso de compresión real incluirá efecto de fricción, lo cual la entropía puede incrementar (1-2) o disminuir (1-2') y aumentar la transferencia de calor.

El refrigerante ingresa al condensador (2-5) como vapor sobre calentado, cuando el refrigerante está en el proceso de condensación, hay una disminución de la temperatura debido a que no es un proceso a presión constante.

La válvula de expansión (5-6) es un equipo el cual estrangula el refrigerante para tumbarle la presión y a su vez la temperatura para las condiciones de funcionamiento del evaporador.

El refrigerante entra al evaporador (6-1) en donde el fluido gana energía de la fuente de energía. En la que se tiene que asegurar que el refrigerante sale como vapor sobre calentado para garantizar el funcionamiento del compresor [9].

### 1.2.6. Coeficiente de Desempeño (COP)

El desempeño de refrigerantes y bombas de calor se expresa en términos del coeficiente de desempeño (COP), por sus siglas en inglés (coefficient of performance), el cual es definido de la siguiente manera:

COP enfriamiento:

$$COP_R = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{\text{Efecto de enfriamiento}}{\text{Entrada de trabajo}} = \frac{Q_L}{W_{\text{neto entrada}}} \quad (\text{Ec. 4})$$

COP calentamiento:

$$COP_{BC} = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{\text{Efecto de enfriamiento}}{\text{Entrada de trabajo}} = \frac{Q_H}{W_{\text{neto entrada}}} \quad (\text{Ec. 5})$$

Estas relaciones también pueden ser expresadas en forma de tasa sustituyendo las cantidades de  $Q_L$ ,  $Q_H$  y  $W_{\text{neto entrada}}$  por  $\dot{Q}_L$ ,  $\dot{Q}_H$  y  $\dot{W}_{\text{neto entrada}}$ . Ambas cantidades de  $COP_R$  y  $COP_{BC}$  pueden ser mayores que 1.

Adicionalmente, basándose en las ecuaciones (Ec. 1) y (Ec. 2) se puede obtener la ecuación (Ec. 3).

$$COP_{BC} = COP_R + 1 \quad (\text{Ec. 6})$$

De la anterior ecuación podemos ver que  $COP_{BC} > 1$ , puesto que  $COP_R$  es una cantidad positiva.

El COP para el calentamiento y para el enfriamiento es diferente, cuando se necesita calcular el COP de un equipo que enfría, es la relación entre el calor removido de la

fuelle fría y el trabajo aplicado. Sin embargo, para un equipo que calienta, el COP se calcula [9].

## 2. METODOLOGÍA

En esta sección se detalla la metodología general para el estudio paramétrico de bombas de calor para calentamiento de una piscina cubierta semiolímpica en la ciudad de Quito.

### 2.1. Estrategia Metodológica

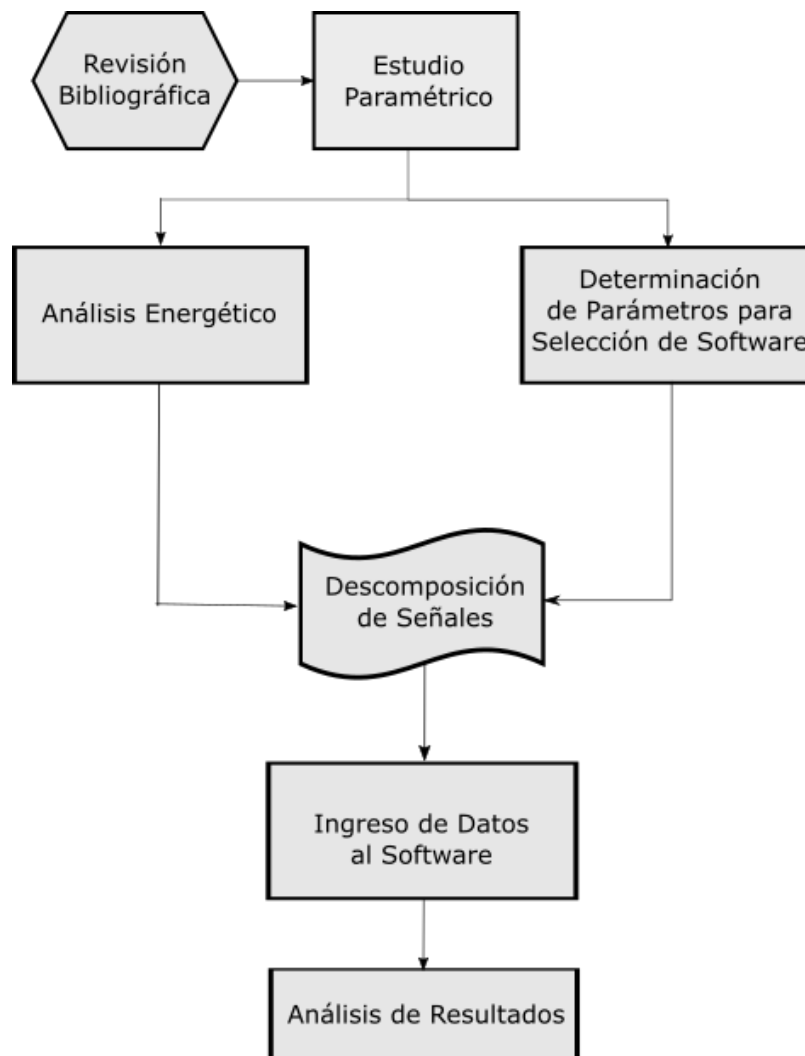


Figura 19. Metodología de desarrollo para el estudio paramétrico de bombas de calor.  
(Fuente: Propia)

En la Figura 19 se detalla la metodología seguida para el estudio paramétrico de bombas de calor. En primera instancia se realiza la revisión bibliográfica referente a parámetros que va a estar influenciada la bomba de calor.

### 2.1.1. Estudio Paramétrico

En el estudio paramétrico se consideran variables que van a definir el funcionamiento del sistema para conocer en qué condiciones el sistema trabaja de la manera más eficiente.

#### 2.1.1.1. Variables

El funcionamiento de las Bombas de Calor se rige a variables que deben de ser definidas para la realización de este estudio, como son: Temperatura, radiación, nubosidad, humedad, presión atmosférica.

##### 2.1.1.1.1. Temperatura

La temperatura en la ciudad de Quito, varía en un rango promedio de 9 [°C] a 19 [°C], sin embargo, se tienen varios días en los cuales la temperatura sale del rango promedio esperado. Por tanto, es necesario darle un mayor seguimiento de esta variable para llevar a cabo el estudio. A continuación, se muestra la temperatura promedio al año en la ciudad de Quito, como se ilustra en la Figura 20.

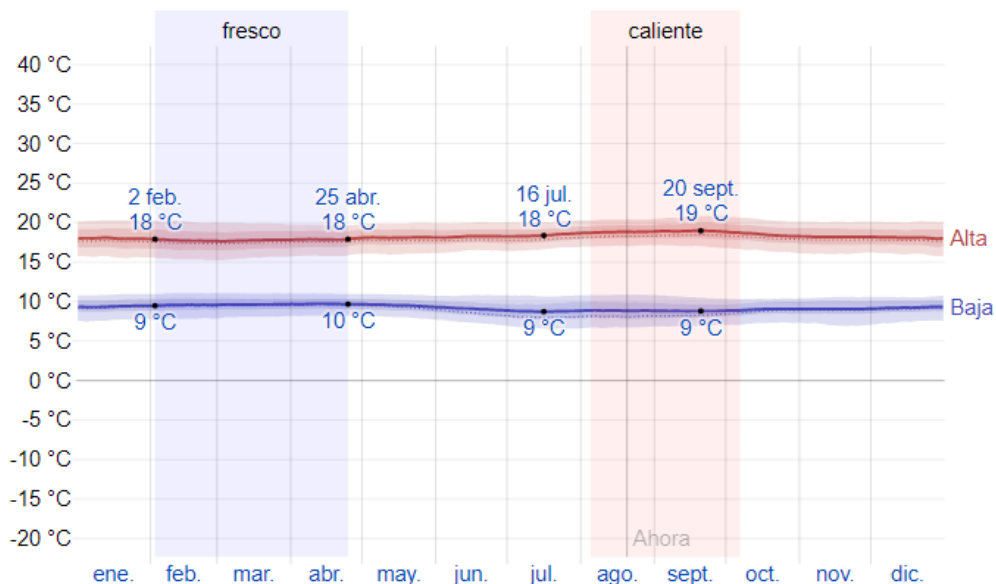


Figura 20. Temperatura promedio al año en la ciudad de Quito.  
(Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/20030/Clima-promedio-en-Quito-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o> [11].)

### 2.1.1.1.2. Radiación

La radiación percibida en Quito varía durante todo el año. Por tanto, es necesario darle un mayor seguimiento de esta variable para llevar a cabo el estudio.

Se conoce que la temperatura está en función de la radiación.

### 2.1.1.1.3. Nubosidad

La nubosidad en la ciudad de Quito varía en el transcurso de todo el año, como se muestra en la Figura 21. Pero una ventaja de la radiación es que depende en gran medida de la nubosidad. Es decir, con los datos de radiación obtenidos se puede prescindir de los valores de nubosidad.

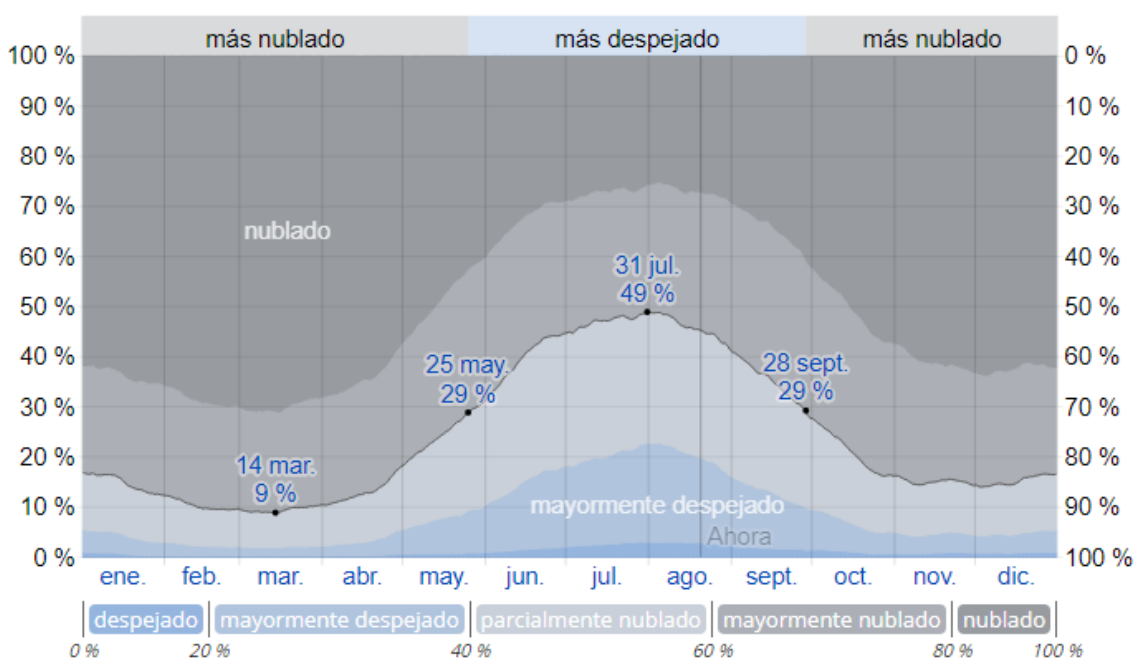


Figura 21. Nubosidad en la ciudad de Quito.

(Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/20030/Clima-promedio-en-Quito-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o> [11].)

### 2.1.1.1.4. Humedad

La humedad percibida en Quito no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0% [11]. A continuación, se muestra la humedad promedio al año en la ciudad de Quito, como se ilustra en la Figura 22.

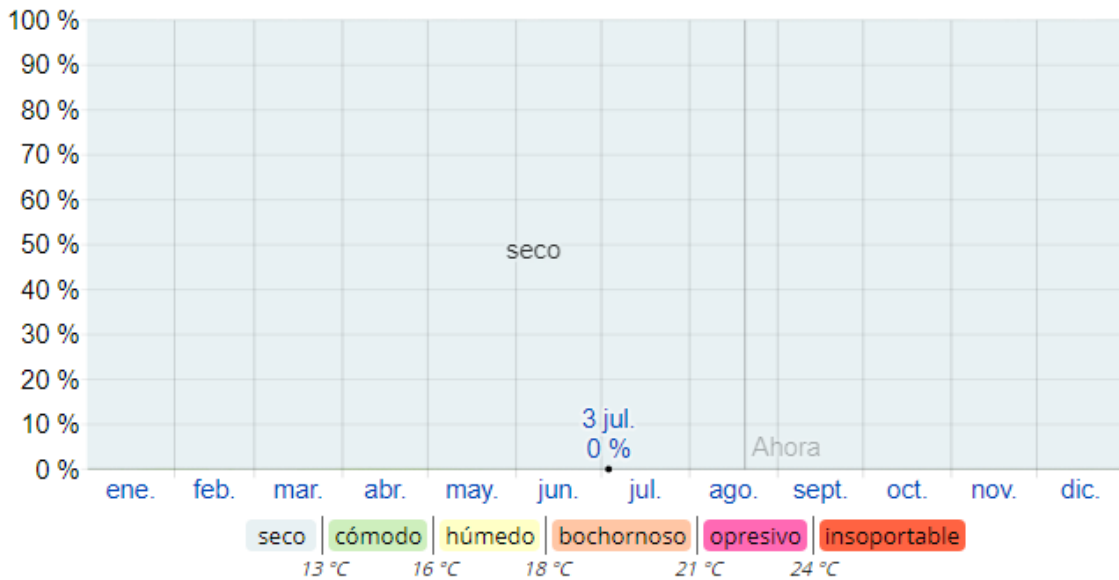


Figura 22. Nivel de comodidad de la humedad en la ciudad de Quito.  
(Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/20030/Clima-promedio-en-Quito-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o> [11].)

#### 2.1.1.1.5. Presión Atmosférica

La presión atmosférica en la ciudad de Quito va a ser constante debido a que está en función de la altura con respecto al nivel del mar, por lo tanto, la variación en el consumo energético de la Bomba de Calor no se deberá a la presión atmosférica.

Como la humedad y la presión atmosférica en la ciudad de Quito son prácticamente constantes, para el estudio paramétrico serán despreciadas.

Por lo tanto, las variables que se van a considerar para el estudio paramétrico de las Bombas de Calor son: Temperatura y Radiación.

#### 2.1.2. Análisis Energético

En este punto se considera la cantidad de energía que van a demandar los equipos involucrados para el calentamiento del agua, así como las necesidades energéticas de la piscina y las pérdidas a las que es susceptible el sistema.

##### 2.1.2.1. Consumo Energético

Para obtener los datos del consumo energético, es necesario llevar la toma de datos mensuales del tiempo de accionamiento de las bombas de calor, como se muestra en el Anexo 1.

Para poder analizar el consumo energético de las bombas de calor, se consideraron los siguientes aspectos:

- Todos los lunes la piscina no se encuentra habilitada por facilidad de mantenimiento, pero el sistema sigue funcionando ya que recuperar la temperatura de la piscina de un día para otro es complicado y costoso.

- El sistema de calentamiento de la piscina cubierta cuenta con 4 bombas de calor las cuales se activan en pares, bomba 1 con bomba 2 y bomba 3 con bomba 4. Para cada par de bombas se instaló un horómetro con el fin de contabilizar el tiempo de trabajo.
- El sistema de calentamiento de la piscina cubierta trabaja adicionalmente con colectores solares para reducir el costo energético.

### **Mes de Agosto**

El cálculo del tiempo total de accionamiento de las bombas de calor, en horas, se realiza de la siguiente manera:

$$t_{\text{Accionamiento BC}} = \left( \frac{t_{\text{diario BC 1 y 2}}[\text{minutos}] + t_{\text{diario BC 3 y 4}}[\text{minutos}]}{60 [\text{minutos}]} \right) * 2 [\text{horómetros}] \quad (\text{Ec. 7})$$

Sucesivamente se calcula para todos los días del mes, dando como resultado:

$$t_{\text{Total Accionamiento BC}} = 107.75 [\text{horas}]$$

El cálculo del consumo energético diario de las bombas de calor, en KWh, se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Consumo Energético Diario} = \text{Potencia BC [KW]} * t_{\text{Total Accionamiento BC}}[\text{horas}] \quad (\text{Ec. 8})$$

Sucesivamente se calcula para todos los días del mes, con una potencia de la Bomba de Calor de 40 [KW], dando como resultado:

$$\text{Consumo Energético Mensual} = 4455.367 [\text{KW}]$$

Además, para conocer el costo energético diario, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Costo Diario} = \text{Tarifa} \left[ \frac{\$}{\text{KWh}} \right] * \text{Consumo Energético Diario [KWh]} \quad (\text{Ec. 9})$$

Se realiza el cálculo para todos los días del mes, con una tarifa del  $0.0952 \frac{\$}{\text{KWh}}$ , dando como resultado:

$$\text{Costo Mensual} = \$ 410.31$$

*Estos resultados se encuentran detallados en el Anexo I, el cual muestra el consumo diario y mensual de las bombas de calor.*

## Mes de Septiembre

Para calcular el tiempo total de accionamiento de las bombas de calor en horas, se utiliza la fórmula:

$$t_{\text{Accionamiento BC}} = \left( \frac{t_{\text{diario BC 1 y 2}}[\text{minutos}] + t_{\text{diario BC 3 y 4}}[\text{minutos}]}{60 [\text{minutos}]} \right) * 2 [\text{horómetros}] \quad (\text{Ec. 7})$$

A continuación, se realiza el cálculo para todos los días del mes, dando como resultado:

$$t_{\text{Total Accionamiento BC}} = 66.93 [\text{horas}]$$

Para calcular el consumo energético diario de las bombas de calor en KWh:

$$\text{Consumo Energético Diario} = \text{Potencia BC [KW]} * t_{\text{Total Accionamiento BC}}[\text{horas}] \quad (\text{Ec. 8})$$

Así sucesivamente se calcula para todos los días del mes, con una potencia de la Bomba de Calor de 40 [KW], dando como resultado:

$$\text{Consumo Energético Mensual} = 2677.007 [\text{KW}]$$

Para saber el costo energético diario, se tiene que:

$$\text{Costo Diario} = \text{Tarifa} \left[ \frac{\$}{\text{KWh}} \right] * \text{Consumo Energético Diario [KWh]} \quad (\text{Ec. 9})$$

Así sucesivamente se calcula para todos los días del mes, de acuerdo con una tarifa del  $0.0952 \frac{\$}{\text{KWh}}$ , dando como resultado:

$$\text{Costo Mensual} = \$ 254.85$$

*Estos resultados se encuentran detallados en el Anexo I, el cual muestra el consumo diario y mensual de las bombas de calor.*

### **2.1.2.1.1. Consumo Energético Caldero vs Consumo Energético Bombas de Calor**

El costo del diésel en el año 2019 era de \$2.74 por galón. Según datos de Quito Tennis and Golf Club el costo asociado al diésel cada mes fue superior a \$6500. Esto es un consumo cercano a los 3000 galones al mes que equivalen a  $11.36 \text{ m}^3$ .

$$E = V * \delta * Cp \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

$E = \text{Energía entregada por combustión [KJ]}$



$V = \text{Volumen [m}^3\text{]}$

$\delta = \text{densidad } \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$

$C_p = \text{Poder Calorífico } \left[ \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right]$

$$E = 11.36 \text{ [m}^3\text{]} * 840 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] * 4500 \left[ \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right]$$

$$E = 429408000 \text{ [KJ]} \cong 119280 \text{ [KWh]}$$

El diésel consumía mensualmente un monto aproximado de 119 000 [KWh], mientras que las bombas de calor, gracias a los horómetros y a los datos del consumo, se conoce que consumieron en el mes de agosto 4455.367 [KWh]. Este último resultado representa un valor aproximado de un 4% de la energía consumida con respecto al caldero.

En el mes de septiembre, el consumo fue inclusive menor, 2677.007 [KWh] que representa un valor cercano al 2% de la energía que consumió el caldero.

#### **2.1.2.2. Necesidades Térmicas de una Piscina en la Ciudad de Quito**

La piscina que se consideró es la de Quito Tennis y Golf Club, y se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- La piscina semiolímpica debe estar en un rango de 25[°C] a 28[°C], según la Federación Internacional de Natación (FINA), para nadar en competición estándar y en los juegos Olímpicos.
- El volumen de la piscina semiolímpica es de 489 [m<sup>3</sup>].
- La piscina de Quito Tennis y Golf Club es cubierta.

El mantenimiento que se realiza a la piscina cubierta es aproximadamente cada 3 meses, durante el cual la piscina es completamente vaciada.

Una vez finalizado el mantenimiento respectivo de la piscina, se procede al llenado, para ello ingresa agua de la red pública a una temperatura aproximada de 10 [°C] hacia las bombas de calor para así llegar a la temperatura deseada del club.

Para saber la energía que se requiere para elevar la temperatura de acuerdo con el volumen de la piscina se realiza el siguiente cálculo utilizando la ecuación de la cantidad de calor:

$$Q = m * C_e * \Delta T \quad (\text{Ec. 11})$$

$$Q = m * Ce * (T_{deseada} - T_{inicial})$$

Donde:

$Q =$  Cantidad de calor [J]

$m =$  Masa [Kg]

$Ce =$  Calor específico  $\left[\frac{J}{Kg}\right]$

$\Delta T =$  Variación de la temperatura [°C]

$$m = \delta * V \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

$\delta =$  densidad  $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$

$V =$  Volumen [ $m^3$ ]

$$m = \left(1000 \frac{Kg}{m^3}\right) (489 m^3)$$

$$m = 489000 Kg$$

$$Q = (489000 Kg) \left(4186 \frac{J}{Kg}\right) (28^\circ C - 10^\circ C)$$

$$Q = 36845172 [KJ]$$

$$Q = (36845172 KJ) \left(\frac{0.00027778 KWh}{1KJ}\right)$$

$$Q = 10234.77 [KWh]$$

La energía que se necesita es aproximadamente 10234.77 [KWh], para elevar la temperatura desde los 10 [°C] hasta los 28 [°C], cabe recalcar que esta energía es utilizada cada vez que la piscina es vaciada por completo.

Durante el mes de agosto, el Consumo Energético es de: 4455.367 [KW] (Ver Anexo I), y para el mes de septiembre, el Consumo Energético es de: 2677.007 [KW] (Ver Anexo I).

### 2.1.2.3. Pérdidas Energéticas

Como regla general se aconseja que la temperatura del aire se sitúe siempre dos o tres grados por encima de la del agua y la humedad relativa en torno al 65%, las razones son en primer lugar el confort, ya que debemos evitar en lo posible que los bañistas que salen mojados tengan la sensación de frío. [5]

Las pérdidas de calor pueden deberse a varios factores entre los cuales se menciona los más fluyentes:

- Pérdidas por Evaporación ( $Q_e$ )
- Pérdidas por Radiación ( $Q_R$ )
- Pérdidas por Convección ( $Q_c$ )
- Perdidas por Renovación ( $Q_{RE}$ )
- Pérdidas por Transmisión ( $Q_T$ )

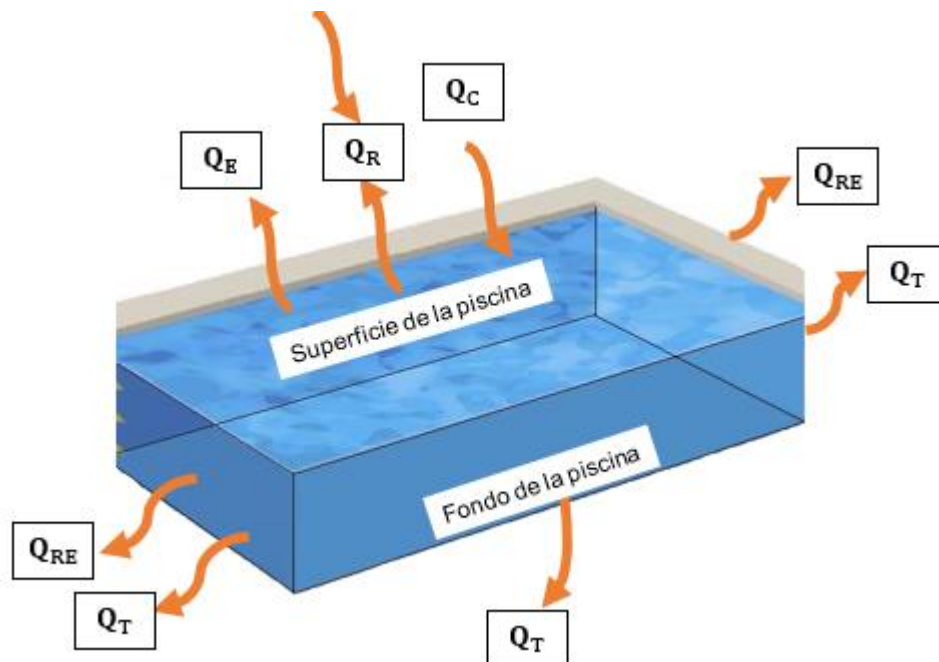


Figura 23. Pérdidas energéticas existentes en una piscina.  
(Fuente: Austin, M. (2009).)

### 2.1.2.3.1. Pérdidas por Evaporación

En el proceso de evaporación del agua del vaso de la piscina se absorbe calor por lo que se produce un enfriamiento del resto del agua que no se evapora, es decir, disminuye la temperatura del agua del vaso. Por tanto, cuanto más evaporación exista más se enfriará el agua de la piscina y mayores serán las necesidades que habrá que aportar para mantener la temperatura de la misma.

Las pérdidas de calor por la evaporación del agua, sin considerar el aporte de humedad de los espectadores, es la siguiente en los distintos supuestos de ocupación. [5]

$$Q_e = M_e * C_v [W] \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

$$Q_e = \text{Pérdidas de evaporación} [W]$$

$$M_e = \text{Masa de agua evaporada} \left[ \frac{Kg}{h} \right]$$

$$C_v = \text{Calor de vaporización de agua} \left[ \frac{W * h}{Kg} \right]$$

Para el cálculo de la masa evaporada se usa la ecuación de Bernier:

$$M_e = S * [(16 + 133n) * (W_e - Ga * W_{as})] + 0.1 * N \left[ \frac{Kg}{h} \right] \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

$$M_e = \text{Masa de agua evaporada} \left[ \frac{Kg}{h} \right]$$

$$S = \text{Superficie de la piscina} [m^2]$$

$$16 = \text{Coeficiente de evaporación asociada a la piscina sin agitación}$$

$$133n = \text{Coeficiente de evaporación asociada a la agitación de los ocupantes}$$

$$W_e = \text{Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua} \left[ \frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire}} \right]$$

$$W_{as} = \text{Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior} \left[ \frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire}} \right]$$

$$Ga = \text{Grado de saturación (Humedad relativa)}$$

$n$  = Número de nadadores por  $m^2$  de superficie de lámina de agua

$N$  = Número total de ocupantes (espectadores)

Los valores de las humedades absolutas del aire saturado se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Humedades absolutas del aire saturado.

Temperatura [°C]	Humedad Absoluta $W [Kg_{AGUA}/Kg_{AIRE}]$
20	0,0147
21	0,0155
22	0,0165
23	0,0177
24	0,0187
25	0,0200
26	0,0213
27	0,0225
28	0,0240
29	0,0255
30	0,0270

(Fuente: D. Lomas, R. Montalvo, 2017.)

(Elaboración: Propia)

### 2.1.2.3.2. Pérdidas por Radiación

Las pérdidas por radiación están en función de la diferencia entre la temperatura media de los cerramientos y del agua, elevadas ambas a la cuarta potencia y expresadas en grados Kelvin ( $K=°C+273$ ). [5]

$$Q_R = S_{piscina} * D * E * (T_{agua}^4 - T_c^4) \left[ \frac{W}{m^2} \right] \quad (Ec. 15)$$

Donde:

$Q_R$  = Pérdidas por radiación [W]

$S_{piscina}$  = Superficie de la piscina [ $m^2$ ]

$D$  = Constante de Stefan – Boltzmann ( $5.67 \times 10^{-8}$ )  $\left[ \frac{W}{m^2 K^4} \right]$

$E$  = Emisividad de la superficie (0.95) agua

$T_{agua} = \text{Temperatura de agua [K]}$

$T_c = \text{Temperatura superficial de los cerramientos [K]}$

En el caso de piscinas cubiertas los cerramientos deben encontrarse a muy pocos grados de temperatura por debajo, dependiendo del tipo de cerramiento y coeficiente de transmisión de calor, de la del aire ambiente, y por tanto a muy poca diferencia con la del agua, así pues, estas pérdidas por radiación en piscinas cubiertas se consideran generalmente despreciables. [5]

### 2.1.2.3.3. Pérdidas por Convección

Al igual que las pérdidas por radiación en el caso de piscinas cubiertas de pérdidas por convección  $Q_c$  también se suelen despreciar, ya que al aplicar la fórmula el valor resultante es pequeño, pues la diferencia de temperaturas también lo es. [5]

$$Q_c = S_{piscina} * 0.6246 * (T_{agua} - T_{aire})^{\frac{4}{3}} [W] \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

$Q_c = \text{Pérdidas por convección [W]}$

$S_{piscina} = \text{Superficie de la piscina [m}^2 \text{]}$

$T_{agua} = \text{Temperatura de agua [K]}$

$T_{aire} = \text{Temperatura del aire [K]}$

Y, en cualquier caso, cuando el recinto está a régimen tendríamos una ganancia de calor al ser la temperatura del aire superior a la del agua. [5]

### 2.1.2.3.4. Pérdidas por Renovación

En una piscina cubierta existen pérdidas continuas de agua, desde la evaporada, a la que los propios bañistas sacan del vaso, o la gastada en la limpieza de fondos y filtros. Sin embargo, estas cantidades son muy inferiores al 5% del volumen total del vaso que obligatoriamente por razones higiénicas sanitarias, debe reponerse diariamente. [5]

$$Q_{RE} = V_r * \delta * C_e * (T_{agua} - T_x) [W] \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

$Q_{RE} = \text{Pérdidas por renovación [W]}$

$V_r =$  *Volúmen de agua de renovaciones* [ $m^3$ ]; 5% del volumen de la piscina

$\delta =$  *densidad del agua*:  $1000 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right]$

$C_e =$  *Calor específico del agua*:  $1.16 \left[ \frac{Wh}{Kg \text{ } ^\circ C} \right]$

$T_{agua} =$  *Temperatura del agua de la piscina* [ $^\circ C$ ]

$T_x =$  *Temperatura del agua de la red* [ $^\circ C$ ]

Para poder calcular el volumen de agua de renovaciones se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_r = L * A * P * 5\% [m^3] \quad (\text{Ec. 18})$$

Donde:

$L =$  *Largo de la piscina* [ $m$ ]

$A =$  *Ancho de la piscina* [ $m$ ]

$P =$  *Profundidad de la piscina* [ $m$ ]

### 2.1.2.3.5. Pérdidas por Transmisión

Las pérdidas por transmisión dependerán de cómo fue construida la piscina y del material del cual fue construida ya que esto da su coeficiente de transmisión térmica.

Por lo general, la construcción de las piscinas se realiza con hormigón y en el subsuelo de los conjuntos, el cálculo de estas pérdidas se lo realiza por medio de la siguiente fórmula. [5]

$$Q_T = C_T * S_{piscina} * (T_{agua} - T_{ex}) [W] \quad (\text{Ec. 19})$$

$Q_T =$  *Pérdidas por transmisión* [ $W$ ]

$C_T =$  *Coeficiente de transmisión de las paredes*:  $1.50 \left[ \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} \right]$

$S_{piscina} =$  *Superficie de la piscina* [ $m^2$ ]

$T_{agua} =$  *Temperatura del agua de la piscina* [ $^\circ C$ ]

$T_{ex} =$  *Temperatura exterior de la piscina* [ $^\circ C$ ]

En el Anexo II, se puede observar el P&ID de la piscina, para tener mayor referencia.

#### **2.1.2.4. Criterios de Optimización para el Calentamiento**

Es necesario tomar en cuenta diferentes formas de mejorar la eficiencia del sistema de calentamiento de piscinas, ya que el ahorro energético es el fin de este estudio.

Entre las formas en las que se puede conseguir este objetivo, se destacan las siguientes:

##### **2.1.2.4.1. Uso de Colectores Solares**

Un colector o captador solar es un dispositivo capaz de captar la energía solar y elevar la temperatura de un fluido seleccionado para su aprovechamiento, es decir, transformar la energía solar en energía térmica. Se dividen dos grupos, captadores de baja temperatura y captadores de alta temperatura. Los captadores de baja temperatura se utilizan principalmente para funciones de confort, como calentar agua para su uso en casas o piscinas y para calentamiento de ambientes. Los captadores de alta temperatura se conforman por espejos y se utilizan sobre todo para generar vapor de agua y, por tanto, mover turbinas y generar energía eléctrica.

Existen tres tipos de colectores solares: colectores planos protegidos, colectores planos no protegidos y colectores de tubos de vacío

- Los colectores planos protegidos son los más usados debido a su relación coste-producción. El captador se encuentra dentro de una caja rectangular, con una cara expuesta al sol cubierta por vidrio, mientras que las caras restantes son opacas y se encuentran aisladas térmicamente.



Figura 24. Colectores planos protegidos.

(Fuente: <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/energia-solar/colectores-solares-planos-proteccion-contrasobrecalentamiento-thermprotect-de-viessmann.html>.)



- Los colectores planos no protegidos son similares a los primeros, con la diferencia de que no se encuentran dentro de una caja ni están térmicamente aislados.



Figura 25. Colectores planos no protegidos.  
(Fuente: <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/energia-solar/colectores-solares-planos-proteccion-contrasobrecalentamiento-thermprotect-de-viessmann.html>.)

- Los tubos de vacío son tubos finos a través de los cuales pasa el fluido. Tienen una menor superficie captadora, pero las pérdidas de calor son las menores en comparación con los otros tipos de colectores.



Figura 26. Colectores de tubos de vacío.  
(Fuente: Propia)

#### 2.1.2.4.2. Control de la Humedad en el Aire de la Piscina Cubierta

El control de la humedad en piscinas cubiertas es sumamente importante para evitar el exceso de agua condensada en las paredes, ventanas, espejos, techo, entre otros, del

recinto dentro del cual se encuentre la piscina. Esto principalmente se requiere para evitar el detrimento de dichos objetos. Además, un ambiente excesivamente húmedo y cálido es ideal para la proliferación de bacterias y hongos.

Es necesario el cumplir con ciertas condiciones de humedad y temperatura dentro de las instalaciones para que se pueda asegurar que la salud de los usuarios no se vea en riesgo, así como también para que la infraestructura no se vea afectada.

El RITE 2007 establece que la temperatura de aire seco en los lugares en los que se encuentren piscinas debe encontrarse 1 [°C] o 2 [°C] por sobre el agua, con un máximo de 30 [°C].

El mismo RITE 2007 informa que la humedad relativa del aire debe encontrarse en todo momento por debajo del 65%, protegiendo el establecimiento de posibles formaciones de condensación.

*Bomba de calor deshumectadora.* - La bomba de calor deshumectadora es un equipo que, como lo indica su nombre, elimina la humedad del ambiente en el cual se encuentre en funcionamiento, y tiene la ventaja de que además puede calentar el aire. Permite la deshumectación al introducir aire del exterior hacia dentro del recinto.

Es una máquina que ocupa un ciclo de refrigeración para eliminar la humedad del aire, y como efecto adicional, eleva la temperatura del aire, por lo que tiene doble utilidad en el recinto en donde se encuentre la piscina.

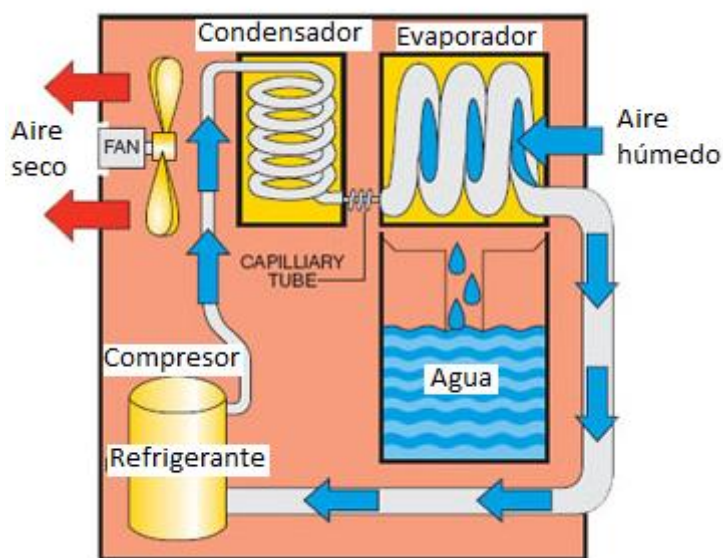


Figura 27. Bomba de calor deshumectadora.

(Fuente: <https://h2otek.com/tienda/deshumidificadores/662-deshumidificador-cap-9200-btu-hr-115v-marca-ebac-mod-orion-deshumidificadores-condensacion-desecantes.html>.)

### **2.1.2.4.3. Intercambiadores de Calor**

La mayoría de la energía requerida que se consume para el uso y mantenimiento de una piscina climatizada es utilizada para el calentamiento del agua, siendo el otro consumidor las bombas de impulsión del agua. Es por ello que es sumamente importante el tratar de volver el proceso de calentamiento lo más eficiente posible. Un intercambiador de calor para la piscina es una de las maneras más utilizadas para lograr dicho propósito.

Existen dos grandes divisiones, tomando en cuenta el grado de contacto con los fluidos: intercambiadores de contacto directo e intercambiadores de contacto indirecto. Entre los de contacto indirecto tenemos:

- *De tubos concéntricos:* son los más sencillos que existen. Se constituyen de tubos concéntricos de diámetros diferentes. Un fluido fluye por el tubo interior y el otro fluye por fuera del tubo interior, dentro del tubo exterior.
- *De carcasa y tubos:* compuestos por tubos cilíndricos colocados dentro de una carcasa cilíndrica. Un fluido fluye por dentro de los tubos y el otro fluye por dentro de la carcasa, por el exterior de los tubos.
- *Compactos:* diseñados para obtener una gran área de transferencia de calor por unidad de volumen. Se conforman de placas delgadas o aletas corrugadas con poco espacio entre sí. Estas placas se sujetan a las paredes que separan a los fluidos.
- *De placas:* se forma por varias placas apiladas unas sobre otras. Cada dos placas se genera un canal de circulación por el que fluye uno de los fluidos. Entre las placas restantes, fluye el otro fluido en dirección opuesta. Gracias a este sistema y a la corrugación de las placas se genera un fluido turbulento que optimiza el intercambio de calor.

### **2.1.3. Determinación de Parámetros para Selección de Software**

Actualmente, existe una gran cantidad de programas capaces de llevar a cabo esta tarea, y son bastante variados de acuerdo con las prestaciones que desee el usuario, si se trata de un software de pago, si se tiene o no experiencia en el área de programación, si se trata de un código de uso libre, entre otras.

Dentro de los lenguajes y programas que evaluamos para saber si nos serían útiles tenemos:

- Java, conocido por ser ampliamente usado en aplicaciones para Android y el desarrollo de software de dispositivos móviles en general.
- JavaScript, orientado principalmente para aplicaciones web, servidores, aplicaciones de teléfonos móviles. Su particularidad radica en que no es necesario el que se lleve a cabo una compilación. Además, gracias a HTML5 (lenguaje básico de la World Wide Web) y las librerías de gráficos de 2 y 3 dimensiones, tiene un papel importante para el desarrollo de videojuegos.
- C/C++, el lenguaje C++ nace como una extensión del lenguaje C para que pueda manipular objetos. Hoy en día, los dos lenguajes se siguen usando para bases de datos, navegadores, compiladores.
- Swift, un lenguaje sumamente utilizado para aplicaciones de iOS y macOS, debido a que fue creado por Apple. A pesar de que nació en el año 2014, tiene una gran comunidad, sobre todo porque ahora es de código abierto.
- Matlab es un sistema de cómputo numérico que posee un lenguaje de programación propio y ofrece un IDE (Entorno de Desarrollo Integrado). Entre sus prestaciones, Matlab posee la representación de datos y funciones, creación de interfaz de usuarios, implementación de algoritmos o la comunicación con programas en otros lenguajes.
- Python, uno de los lenguajes más usados en la actualidad y la tendencia continúa. Puede tener varias aplicaciones, como Inteligencia Artificial, gracias a bibliotecas como Keras o TensorFlow, además de poseer bibliotecas de procesamiento de datos. Python también se emplea en desarrollo de páginas web [12].

### **2.1.3.1. Python**

Python es un lenguaje de programación capaz de analizar y ejecutar otros programas. La ideología con la que fue desarrollado se basa en que su código debe ser fácilmente leído.

Es un programa multiparadigma, esto es permitir a los programadores el uso del paradigma que ellos consideren como el mejor para cada caso, por lo cual es sumamente adaptable a infinidad de situaciones. Además, su licencia es de código abierto, es decir, el desarrollo del software se basa en la colaboración abierta de cualquiera de los usuarios; se enfoca más en los beneficios prácticos que este modelo trae. Estas características lo convierten en uno de los lenguajes de programación más usados a nivel mundial.

### 2.1.3.1.1. Datos Obtenidos

- Mes de agosto

En la figura 28, muestra el cambio de la temperatura ambiente durante todo el mes.

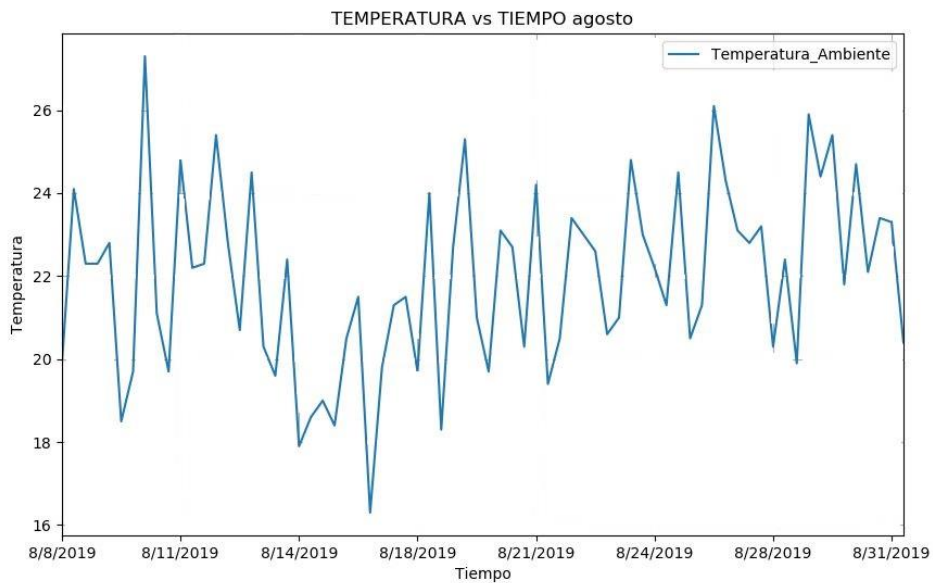


Figura 28. Temperatura vs Tiempo (agosto).  
(Fuente: Propia.)

- Mes de septiembre

En la figura 29, muestra el cambio de la temperatura ambiente durante todo el mes.

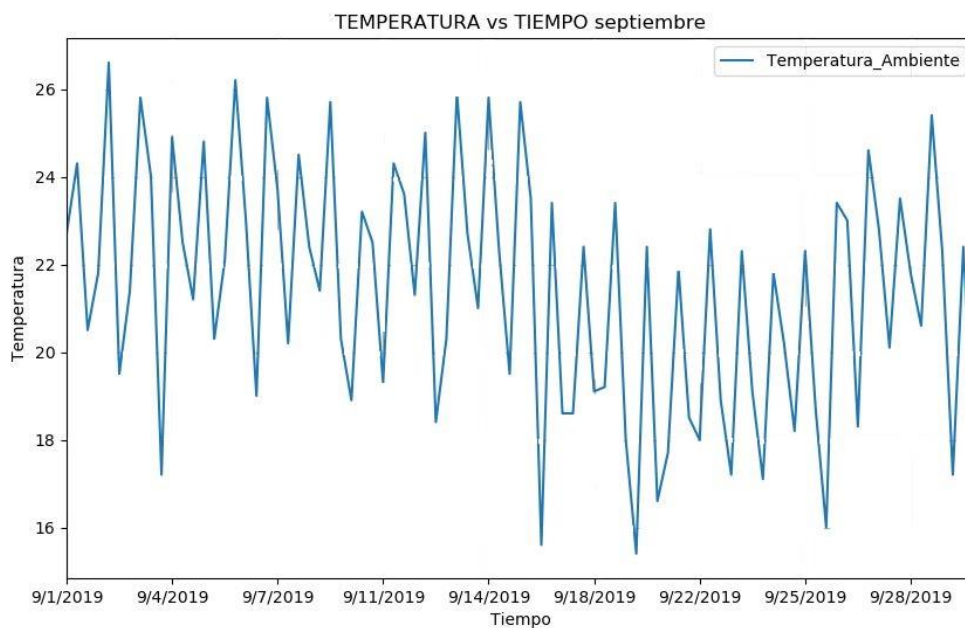


Figura 29. Temperatura vs Tiempo (septiembre).  
(Fuente: Propia.)

Toda la programación que se realizó en el software Python se encuentra en el Anexo III.

#### **2.1.4. Descomposición de Señales**

La descomposición de señales es un método que actualmente es aplicado en diferentes campos, como el análisis y procesamiento de señales de audio, biomédicas, sísmica, temperatura [13]. En el análisis de señales, sean estas de fuentes naturales o artificiales, generalmente, encontramos varios factores por lo que poseen interferencia. Es un procedimiento básico, las señales deben ser filtradas. No obstante, identificar la señal de cierto fenómeno es un proceso que requiere más procedimientos, pues se considera como un conjunto de componentes que interactúan entre sí distorsionando la señal deseada [14].

Existen varios métodos de descomposición de señales tanto con un tratamiento empírico como matemático, de diferente complejidad y de acuerdo con el área de aplicación. Para nuestro caso se utiliza la Transformada de Fourier.

La mejor forma de aplicar la transformada de Fourier para este proyecto es el usar un software que permita realizar dicha operación.

##### **2.1.4.1. Transformada de Fourier**

La transformada de Fourier fue introducida por Joseph B. Fourier en 1811. Hoy en día es una de las herramientas más útiles para el estudio y el tratamiento de múltiples aspectos de las ecuaciones en derivadas parciales [15].

La idea básica de la transformada de Fourier en lo referente a las EDPs, es la misma que en el caso de la de Laplace, esto es, transformar un problema complicado en otro más fácil de resolver y luego obtener la solución del problema original como la transformada de Fourier inversa de la solución del problema transformado. La transformada de Fourier es una herramienta básica en el análisis de señales aperiódicas que tienen energía finita [16].

La transformada de Fourier utiliza funciones armónicas básicas por la descomposición resultan funciones con frecuencia y amplitudes bien definidas. La desventaja de este método es que la transformada es independiente de la naturaleza de la señal y requiere una configuración inicial previo al procesamiento. Además, al tener una amplitud y frecuencia fija para cada componente, no se presentarán los cambios de la naturaleza de la señal y en un determinado tiempo. La descomposición mediante la transformada de Fourier considera a la señal estacionaria, lo que no permite su utilización para la descomposición de señales no estacionarias [17].

### 2.1.4.2. Inversa de Fourier

De lo que trata la transformada de Fourier es el entregar el espectro de frecuencias de una función. Esta transformación matemática contendrá a cada una de las frecuencias de la señal durante todo el tiempo en el cual sucedió o existió la señal.

El teorema de la inversión de Fourier dice que, para varios tipos de funciones, es posible el recuperar la función a partir de su transformada de Fourier. Es decir, que en teoría es posible el conocer a la función original, es decir, reconstruirla, si se conoce toda la información de la frecuencia y la amplitud de la función.

En el presente estudio, la importancia de la transformada de Fourier radica en la necesidad de encontrar las funciones componentes de la serie temporal obtenida por las mediciones de la temperatura diaria. Al utilizar la inversa de la transformada de Fourier, se colocan a las funciones componentes de acuerdo con la fecha en la que se recopilaron y se obtiene un cuadro que nos muestra cuáles son las ondas más importantes o dominantes de nuestra onda original, además de en qué fecha llegaron a su pico o a su valle, y por tanto en qué momento fueron más influyentes para el funcionamiento de las bombas de calor.

### 2.1.5. Ingreso de Datos al Software

- Mes de agosto

En la figura 30, muestra la transformada de Fourier obtenida a partir de los datos de cambio de temperatura.

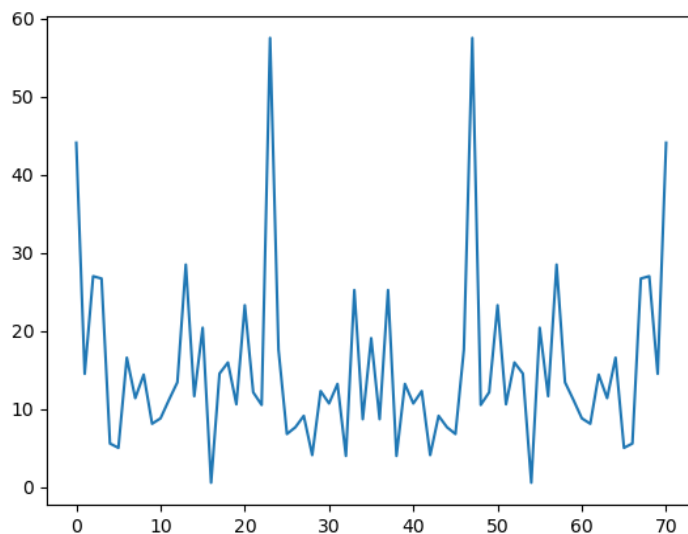


Figura 30. Transformada de Fourier (agosto).  
(Fuente: Propia)

- Mes de septiembre

En la figura 31, muestra la transformada de Fourier obtenida a partir de los datos de cambio de temperatura.

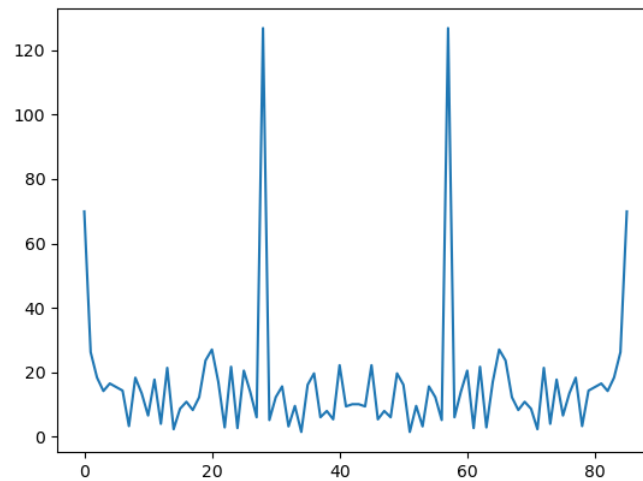


Figura 31. Transformada de Fourier (septiembre).  
(Fuente: Propia)

En el Anexo III, se detalla la programación realizada en el software Python, con el que se obtuvieron las graficas tanto para la transformada de Fourier.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

- Mediciones tomadas para el mes de agosto.

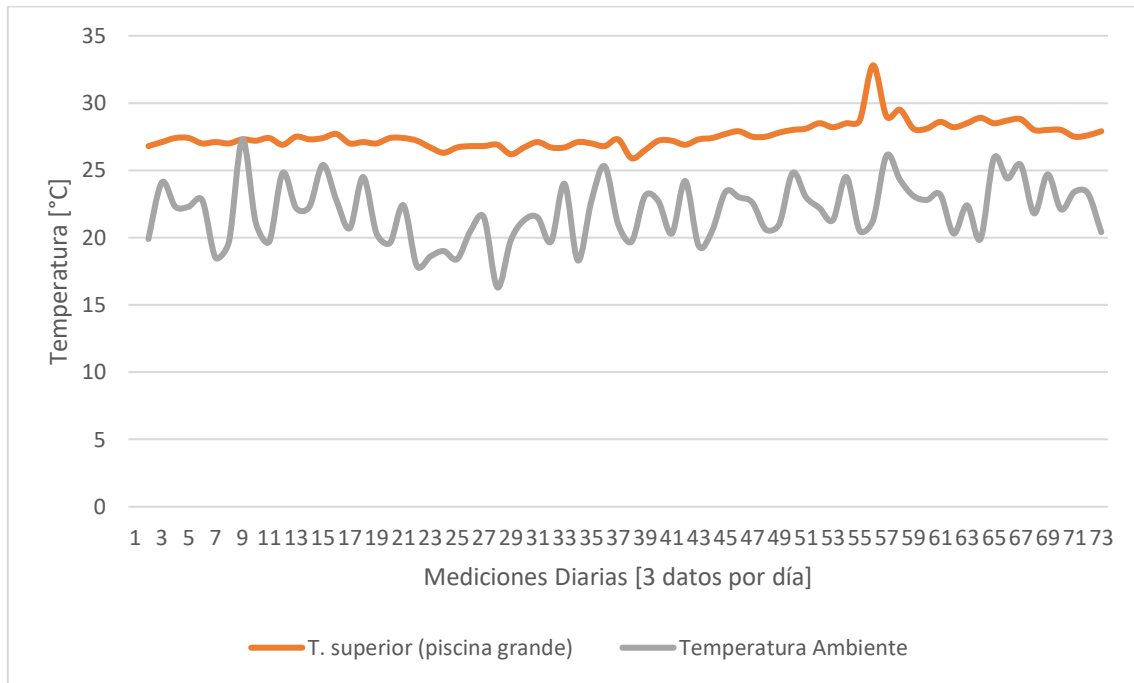


Figura 32. Temperatura vs Mediciones Diarias (agosto).  
(Fuente: Propia)

En la figura 32 se puede ver que la temperatura de la piscina es prácticamente constante a lo largo del tiempo. Esto es, claramente, lo deseado.

La temperatura a lo largo del día tiene valores bastante variados que, sin embargo, siguen el ciclo esperado. Sin embargo, estos valores cambiantes afectan al funcionamiento del sistema de calentamiento de la piscina, ya que, con menores temperaturas ambientales, es necesario un mayor trabajo por parte de este.

De la figura 32, se establece que, independientemente de la temperatura externa, el sistema es capaz de mantener la temperatura del agua de la piscina dentro de los valores deseados.

Existe un pico encontrado en la temperatura de la piscina. Este se debe a la incorrecta manipulación de una de las válvulas de paso de agua caliente, es decir, un error humano.

En el Anexo IV, se pueden observar los datos de la temperatura para el mes de agosto.

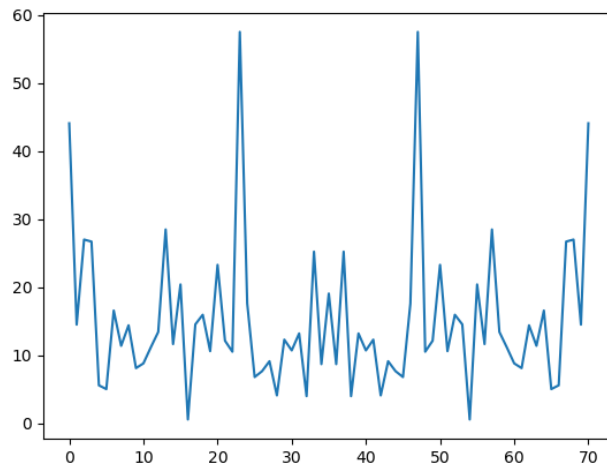


Figura 33. Transformada de Fourier (agosto).  
(Fuente: Propia)

La transformada de Fourier del mes de agosto muestra el espectro de frecuencias que componen a la función temperatura ambiente. Se tienen dos picos importantes que dividen a la función en tres partes. Al inicio y al fin del mes también se tienen picos altos, aunque no tanto como los intermedios. Esto lleva a concluir que los cambios importantes dentro del comportamiento del clima a lo largo de este mes ocurren aproximadamente cada diez días.

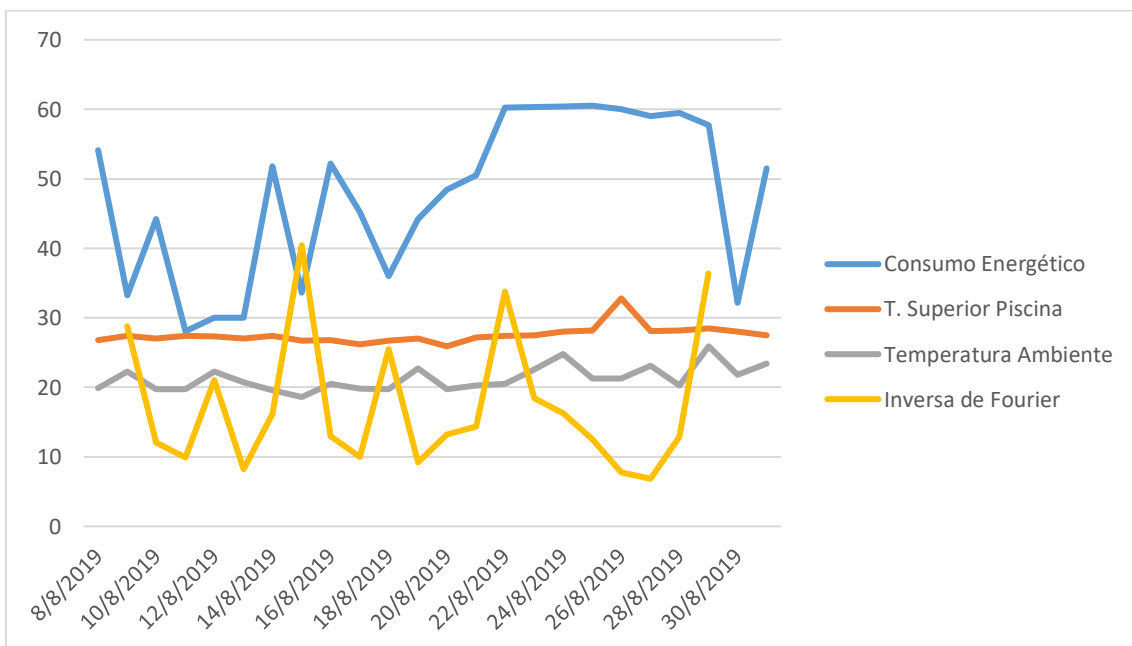


Figura 34. Comportamiento general del sistema (agosto).  
(Fuente: Propia)

En la figura 34, se encuentra plasmado el comportamiento general del sistema a lo largo del mes de agosto, el cual incluye el consumo energético de las bombas de calor, la temperatura del agua de la piscina, la temperatura ambiente y la inversa de la transformada de Fourier.

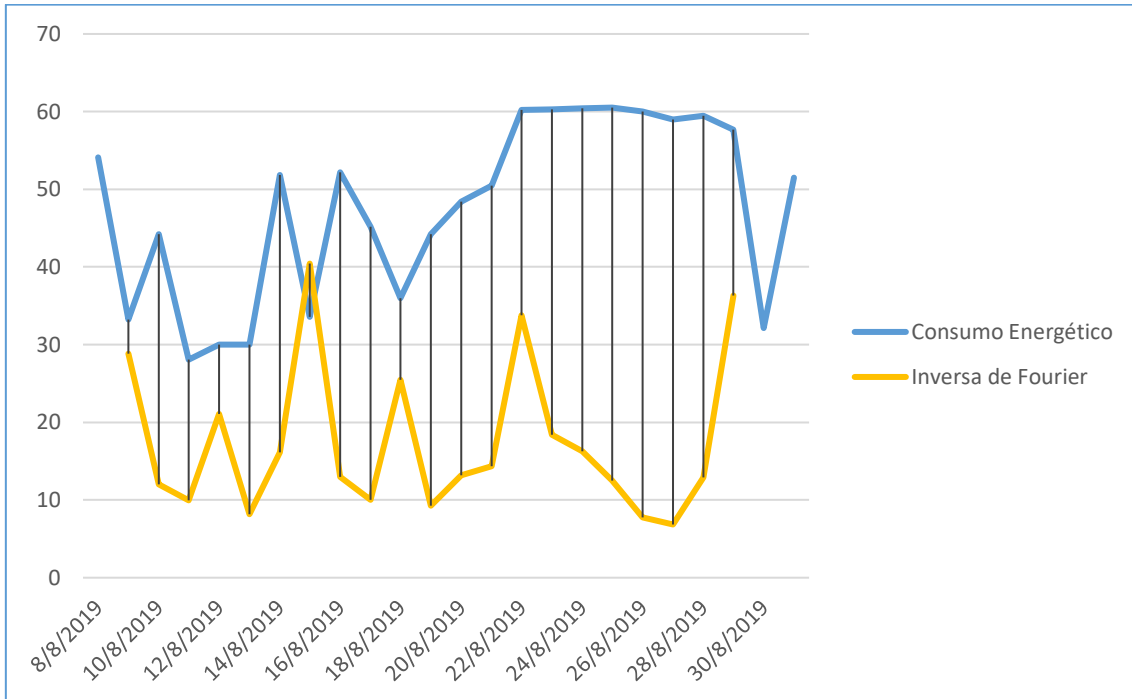


Figura 35. Comportamiento del sistema del consumo energético de las bombas de calor y la inversa de la transformada (agosto).  
(Fuente: Propia)

En la figura 35, en la cual solamente se muestra el consumo de energía de las bombas y de la inversa de la transformada, se puede observar con mayor claridad la correlación existente entre el consumo energético y las componentes de la inversa de la transformada. Cuando las componentes llegan a valores extremos (es decir, los picos y valles de la inversa) es cuando se tienen variaciones importantes en el funcionamiento de las bombas de calor. El caso más claro es a partir aproximadamente de la tercera semana de agosto, cuando las componentes principales que muestran el comportamiento de la temperatura ambiente llegan a sus valores más bajos y se mantienen en los mismos durante un tiempo considerable. Durante este periodo, el consumo energético de las bombas es el más elevado del mes y se mantiene de esta manera hasta que nuevamente en la inversa se ve el inicio de un nuevo pico.

- Mediciones tomadas para el mes de septiembre.

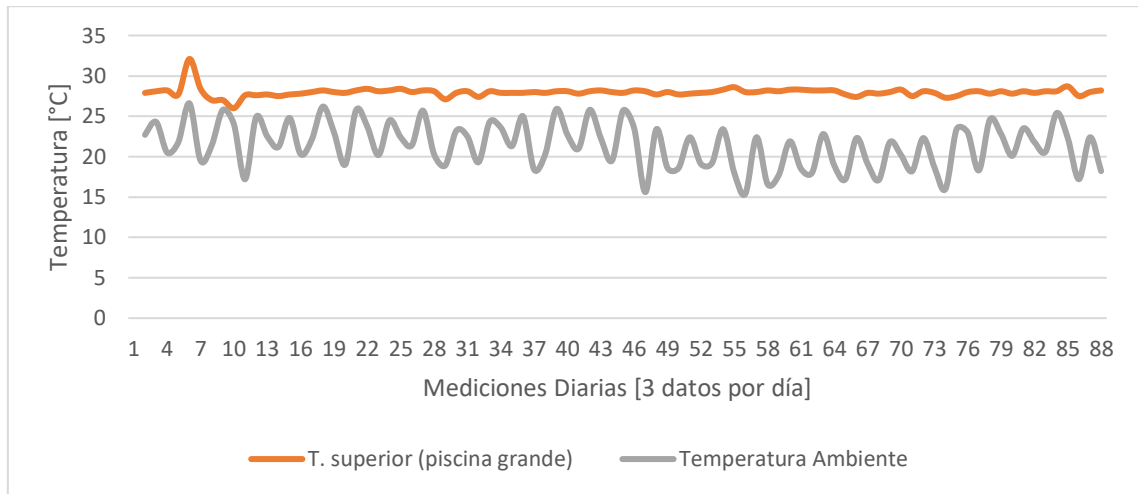


Figura 36. Temperatura vs Mediciones Diarias (septiembre).  
(Fuente: Propia)

En la figura 36, se observa que la temperatura de la piscina se mantiene prácticamente constante a diferencia de la temperatura ambiente que tiende a variar en el transcurso del tiempo, lo cual es lo esperado y, al igual que en el mes anterior, refleja que el sistema tiene un buen desempeño para mantener el agua climatizada. Existen unas temperaturas elevadas que sobrepasan los 28 [°C] debido a la incorrecta manipulación de válvulas de paso de agua caliente.

En el Anexo IV, se pueden observar los datos de la temperatura para el mes de septiembre.

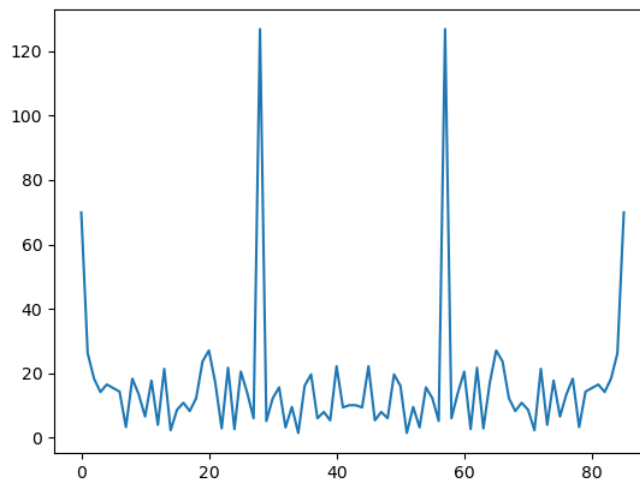


Figura 37. Transformada de Fourier (septiembre).  
(Fuente: Propia)

En la figura 37, se obtiene la transformada del mes de septiembre. Se ve claramente dos picos ubicados aproximadamente al primer y segundo tercio del mes, indicando que los cambios más fuertes en el comportamiento de la temperatura y del consumo energético deberían darse aproximadamente cada 10 días. También se tienen picos en el inicio y el final del mes.

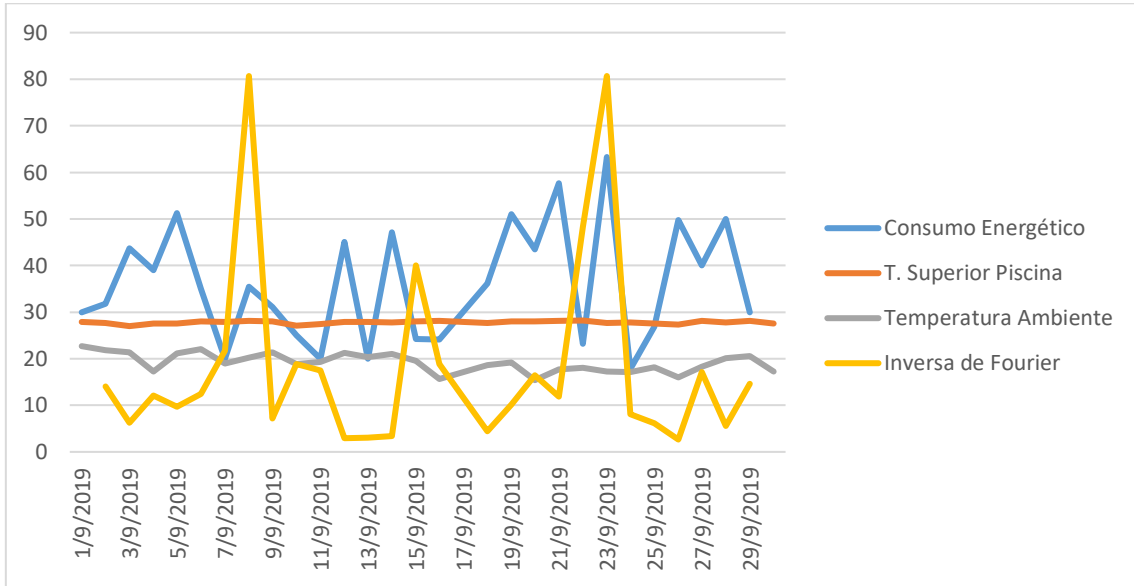


Figura 38. Comportamiento general del sistema (septiembre).  
(Fuente: Propia)

En la figura 38, se observa todas las componentes estudiadas para el mes de septiembre, tales como el consumo energético de las bombas de calor, la temperatura de la piscina, la temperatura ambiente y la inversa de la transformada de Fourier

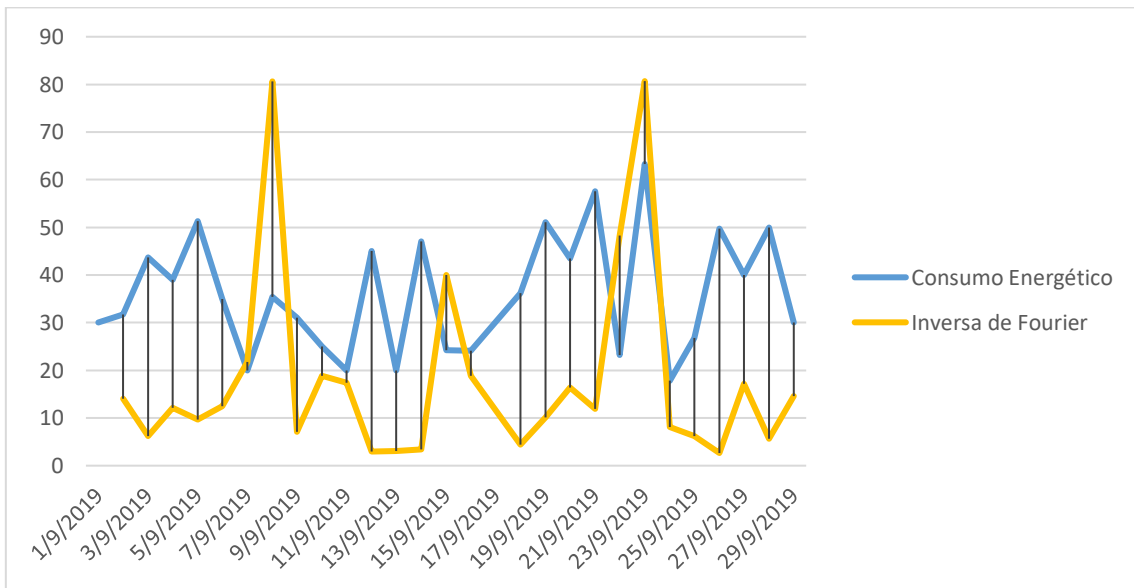


Figura 39. Comportamiento del sistema del consumo energético de las bombas de calor y la inversa de la transformada (septiembre).  
(Fuente: Propia)

En la figura 39 se muestran solamente las curvas de consumo energético y de la inversa de la transformada. Además, se puede ver como el comportamiento del consumo varía conforme va cambiando la inversa. Cuando los valores de la inversa son bajos, el consumo energético es elevado, mientras que cuando se tienen puntos altos, entonces el consumo se reduce.

Los datos obtenidos en el cuadro anterior nos señalan lo esperado: al tener una mayor temperatura ambiente, las bombas de calor consumen menor energía. Sin embargo, existen dos picos importantes en el mes de septiembre en los cuales esto no se cumple por completo. Es más, en uno de los picos (cuando la temperatura es la más elevada), se tiene también el consumo de energía de mayor magnitud de todo el mes. Durante esa fecha, todas las bombas de calor se mantenían activas, por lo que el consumo fue exageradamente elevado respecto de los requerimientos.

## **4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

### **4.1 Conclusiones**

La bomba de calor es un equipo sumamente atractivo en lo que se refiere a climatización de piscinas, tanto por su relación costo-beneficio como en eficiencia de calentamiento, tal como se demostró en el presente estudio. Sus prestaciones la vuelven, sino la mejor, una de las más importantes opciones para el calentamiento de agua para recreación y de uso doméstico, además de climatización de ambientes.

A pesar del gran resultado obtenido gracias a las bombas de calor, el uso únicamente de éstas no se compara con la combinación de otros elementos que ayuden a elevar la eficiencia de dichas bombas, tales como máquinas deshumectadoras o colectores solares. Como se presenta en el apartado de Criterios de Optimización para el Calentamiento, la mejor manera de realizar el trabajo es el uso de varias tecnologías, de varias opciones, para asegurarnos así que la configuración final es la mejor, tomando en cuenta los requerimientos del usuario, así como también los costos de adquisición, operación y mantenimiento del sistema final.

La ubicación geográfica de Quito le otorga condiciones climáticas prácticamente constantes a lo largo del año. Esto hace que el comportamiento de las bombas de calor no varíe excesivamente y por tanto el estudio pueda ser aplicado para establecer el funcionamiento y los costos de consumo energético de las bombas de calor durante cualquier momento.

De acuerdo con lo investigado en el marco teórico y lo corroborado por la toma de datos realizada, las bombas de calor consumen menor energía dependiendo de la temperatura a la que se encuentre el ambiente, siendo menor el consumo mientras mayor sea la temperatura. Esto es debido a que las bombas extraen el calor del ambiente para entregarlo al fluido a calentar. Por ello, es indispensable que las bombas no se encuentren en un lugar cerrado o sin acceso al aire. De encontrarse en esta situación, el aire que rodea a las bombas y del cual se debería extraer el calor sería muy frío, haciendo que las bombas trabajen en exceso y consuman mucha más energía.

### **4.2. Trabajos Futuros**

Tras haber presentado en este trabajo las ventajas y limitaciones de un equipo de calentamiento de piscinas basado en bombas de calor, tanto teóricamente como con los datos obtenidos, queda por determinar si existen otros métodos que logren equipararse a los resultados logrados por las bombas y mostrados en este estudio.

Al igual que lo presentado en este trabajo, es posible analizar nuevos métodos y sistemas para el calentamiento de piscinas (especialmente con los métodos presentados como criterios de optimización para el calentamiento) y compararlos frente a los datos de consumo mostrados, determinar los puntos en los cuales son superiores y en cuales flaquean, tanto frente a las bombas de calor como a los métodos convencionales de calentamiento de piscinas (calderos a diésel y calderos a gas), y establecer bajo qué condiciones es mejor utilizar a cada uno de ellos.

Finalmente, se puede presentar un estudio de todos los equipos probados y las distintas combinaciones en las que se pueda configurar un sistema de calentamiento de piscinas, estableciendo cual es la mejor manera de llevar a cabo dicha tarea.



## Referencias Bibliográficas

- [1] Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), Guía Técnica de Diseño de Sistemas de Bomba de Calor Geotérmica, Madrid, 2010.
- [2] Urchueguía, J, La energía geotérmica somera, una solución para la climatización eficiente de edificios, Valencia, 2013. [Online]. Available: <https://www.madridsubterra.es/wp-content/uploads/2015/12/documentacion/Geotermia%20somera.pdf>
- [3] Renedo, C., & Fernández, I, Bombas de Calor, Cantabria, 2010. [Online]. Available: <https://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/frio-industrial-y-aire-acondicionado/material-de-clase-2/004%20Bomba%20Calor.pdf>
- [4] Román Monasterio, Pedro Hernández, Javier Saiz, La Bomba de Calor, Primera Edición ed., Antonio Garcia, Ed. Madrid, España: Mc Graw-Hill, 1993.
- [5] D. Lomas, R. Montalvo, Análisis y simulación de los sistemas de calentamiento de agua para piscinas, por medio de bombas de calor, UPS, Quito, 2017.
- [6] Bitzer, Principales tipos de compresores de Refrigeración y HVAC, México. [Online]. Available: <http://bitzermx.com/2015/12/10/tipos-de-compresores-de-refrigeracion-y-hvac/>
- [7] Bitzer, Compresores Reciprocantes, México, 2015. [Online]. Available: <http://bitzermx.com/compresores-reciprocantes/>
- [8] DOCIT.TIPS., Tipos de condensadores. [Online]. Available: [https://docit.tips/download/tiposcondensadores\\_pdf](https://docit.tips/download/tiposcondensadores_pdf)
- [9] Cengel Y., Boles M., Termodinámica, Sexta Edición, ed., Ricardo Bosque, Ed. México D.F, México: Mc Graw-Hill, 2009.
- [10] Gasservel. Especialista en gases refrigerantes y productos para A/A y refrigeración. R-410A, Madrid.
- [11] Weather Spark, El clima promedio en Quito, 2019. [Online]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/20030/Clima-promedio-en-Quito-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- [12] YeePLY, 2019. [Online]. Available: Lenguajes de programación más usados según el tipo de desarrollo. <https://www.yeeply.com/blog/lenguajes-de-programacion-mas-usados/>

- [13] A. Rahimpour, A Review on Signal Descomposition Methods, tech. Rep., University of Tennessee, USA, 2017.
- [14] Metatrader5, Introducción al método de descomposición de modo empírico, 2014.
- [15] José L. López, La transformada de Fourier: propiedades y aplicaciones.
- [16] Folland. La Transformada de Fourier.
- [17] D. Labate, F. L. Foresta, G. Occhiuto, F. Carlo Morabito, A. Lay-Ekuakille, and P. Vergallo, Empirical Mode Descomposition vs. Wavelet Descomposition for the Extraction of Respiratory Signal from Single-Channel ECG: A Comparison, IEEE Sensors Journal, 2013.
- [18] Slide Share, Ciclos de Refrigeración-Termodinámica, 2019. [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/irisyaninacamposjime/ciclos-de-refrigeracintermodinamica>
- [19] GlobalEcuador, CIA.LTDA, 2018. [Online]. Available: <http://www.globalecuador.com.ec/producto/refrigerante-r410a/>
- [20] Agustín, M, Climatización de piscinas cubiertas, CIATESA, 2009.

## **ANEXOS**

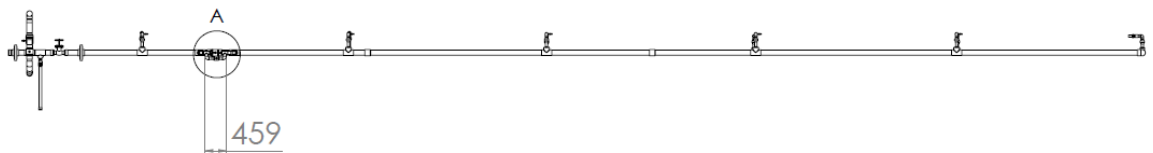
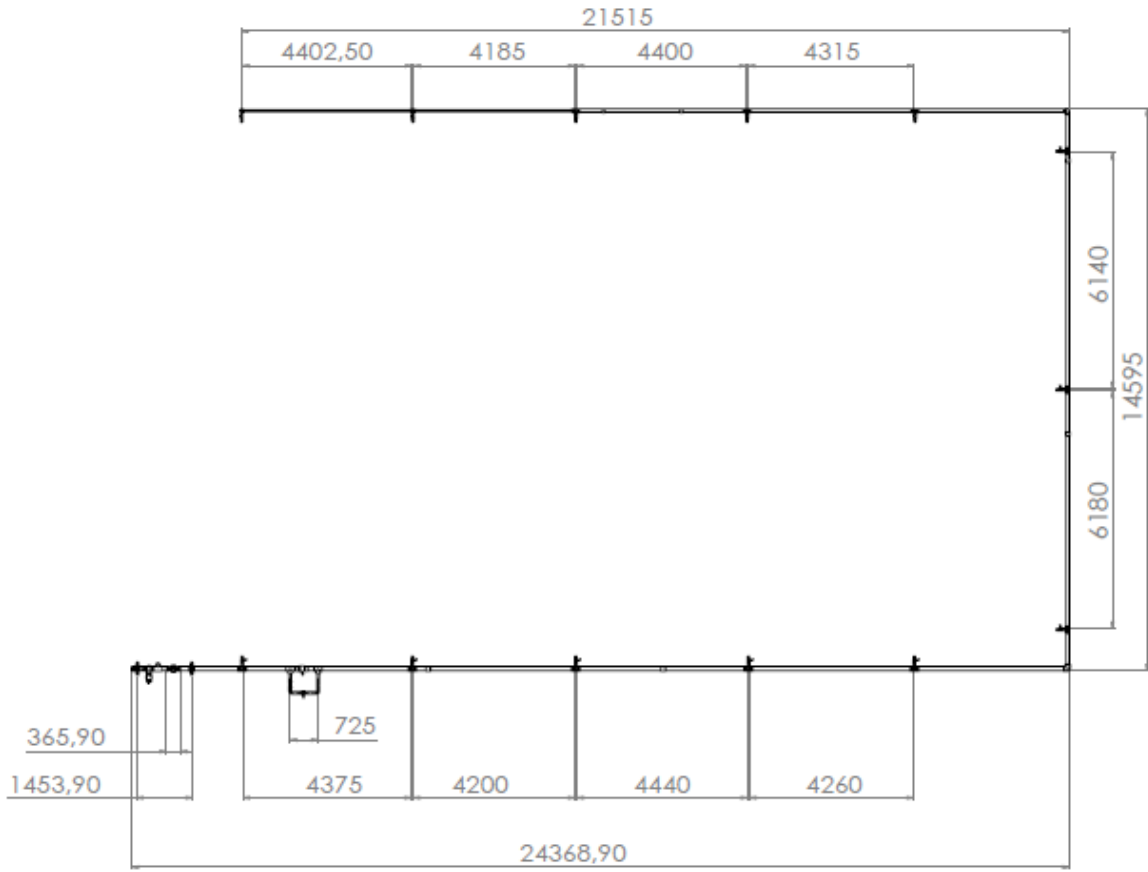
**ANEXO I.**  
**TOMA DE DATOS ACCIONAMIENTO DE BOMBAS DE CALOR EN**  
**EL MES DE AGOSTO.**

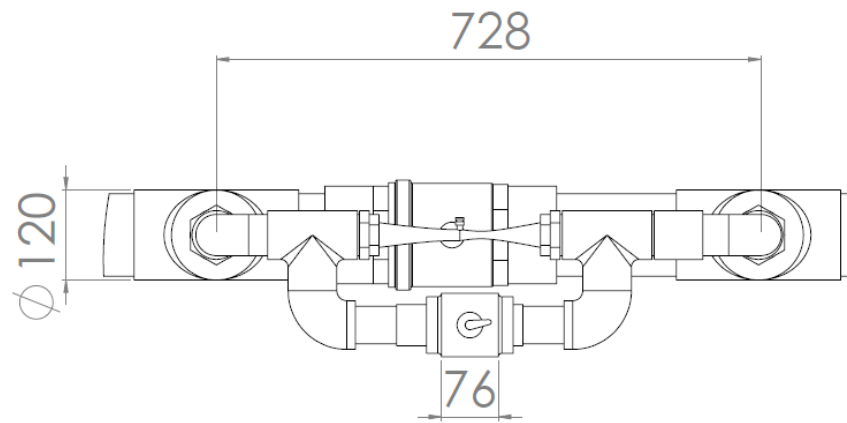
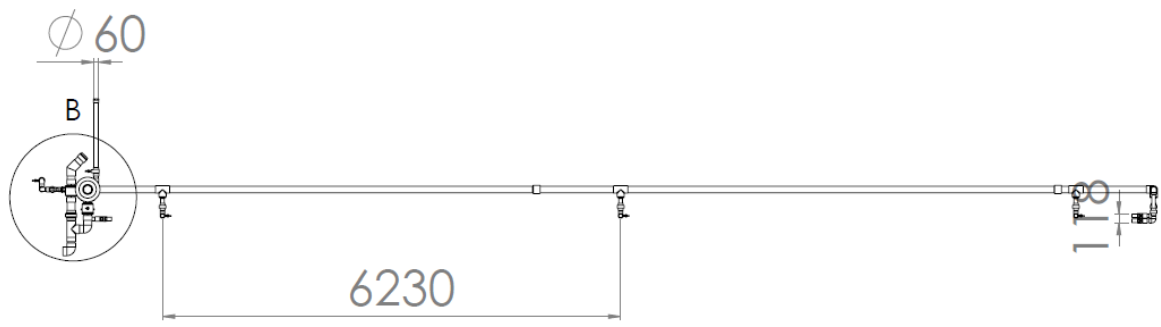
N°	Fecha	Hora	BOMBA 1 y 2		BOMBA 3 y 4		Tiempo Total de Accionamiento de las Bombas [Horas]	Consumo diario [KWh]	Total Costo [\$0,0952 /KWh]
			Tiempo Acumulado Accionamiento [minutos]	Tiempo Diario Accionamiento [minutos]	Tiempo Acumulado Accionamiento [minutos]	Tiempo Diario Accionamiento [minutos]			
1	1/8/2019	7:00	0,000	13,300	0,000	10,510	0,794	31,747	\$ 3,02
2	2/8/2019	7:00	20,390	20,390	9,305	9,305	0,990	39,593	\$ 3,77
3	3/8/2019	7:00	44,220	23,830	41,000	31,695	1,851	74,033	\$ 7,05
4	4/8/2019	7:00	69,530	25,310	57,450	16,450	1,392	55,680	\$ 5,30
5	5/8/2019	7:00	91,360	21,830	57,463	0,013	0,728	29,123	\$ 2,77
6	6/8/2019	7:00	104,410	13,050	64,580	7,117	0,672	26,890	\$ 2,56
7	7/8/2019	7:00	120,230	15,820	80,020	15,440	1,042	41,680	\$ 3,97
8	8/8/2019	7:00	142,500	22,270	98,340	18,320	1,353	54,120	\$ 5,15
9	9/8/2019	7:00	163,480	20,980	102,300	3,960	0,831	33,253	\$ 3,17
10	10/8/2019	7:00	183,470	19,990	115,470	13,170	1,105	44,213	\$ 4,21
11	11/8/2019	7:00	201,520	18,050	118,470	3,000	0,702	28,067	\$ 2,67
12	12/8/2019	7:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	\$ -
13	13/8/2019	7:00	239,080	239,080	120,350	120,350	11,981	479,240	\$ 45,62
14	14/8/2019	7:00	261,140	22,060	137,150	16,800	1,295	51,813	\$ 4,93
15	15/8/2019	7:00	280,300	19,160	143,180	6,030	0,840	33,587	\$ 3,20
16	16/8/2019	7:00	300,310	20,010	162,330	19,150	1,305	52,213	\$ 4,97
17	17/8/2019	7:00	322,050	21,740	174,502	12,172	1,130	45,216	\$ 4,30
18	18/8/2019	7:00	331,250	9,200	192,305	17,803	0,900	36,004	\$ 3,43
19	19/8/2019	7:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	\$ -
20	20/8/2019	7:00	367,250	367,250	225,560	225,560	19,760	790,413	\$ 75,25
21	21/8/2019	7:00	389,090	21,840	241,570	16,010	1,262	50,467	\$ 4,80
22	22/8/2019	7:00	411,580	22,490	264,240	22,670	1,505	60,213	\$ 5,73
23	23/8/2019	7:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	\$ -
24	24/8/2019	7:00	459,410	459,410	289,050	289,050	24,949	997,947	\$ 95,00
25	25/8/2019	7:00	483,320	23,910	310,530	21,480	1,513	60,520	\$ 5,76
26	26/8/2019	7:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	\$ -
27	27/8/2019	7:00	523,410	523,410	330,480	330,480	28,463	1138,520	\$ 108,39
28	28/8/2019	7:00	548,510	25,100	350,000	19,520	1,487	59,493	\$ 5,66
29	29/8/2019	7:00	570,580	22,070	371,190	21,190	1,442	57,680	\$ 5,49
30	30/8/2019	7:00	593,370	22,790	372,520	1,330	0,804	32,160	\$ 3,06
31	31/8/2019	7:00	613,450	20,080	391,050	18,530	1,287	51,480	\$ 4,90
<b>TOTAL</b>			<b>613,450</b>	<b>613,450</b>	<b>391,050</b>	<b>391,050</b>	<b>107,750</b>	<b>4455,367</b>	<b>\$ 410,31</b>

## TOMA DE DATOS ACCIONAMIENTO DE BOMBAS DE CALOR EN EL MES DE SEPTIEMBRE.

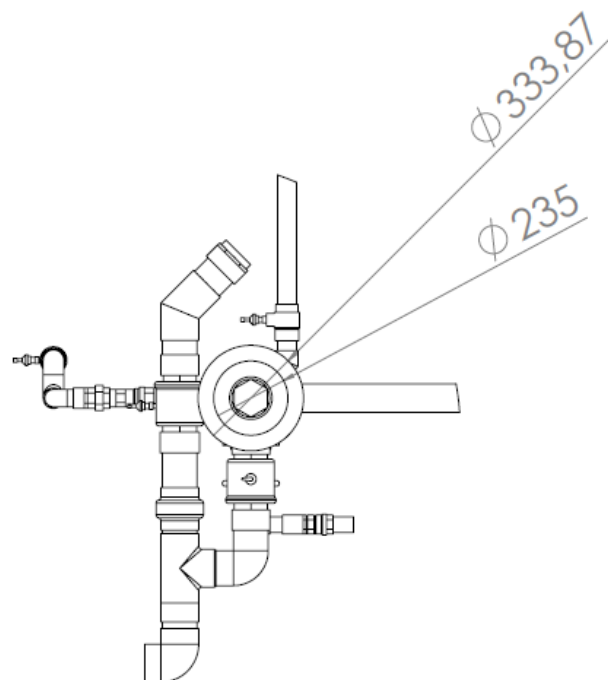
N°	Fecha	Hora	BOMBA 1 y 2		BOMBA 3 y 4		Tiempo Total de Accionamiento de las Bombas [Horas]	Consumo diario [KWh]	Total Consumo KW/h Costo \$0,0952 la Hora
			Tiempo Acumulado Accionamiento [minutos]	Tiempo Diario Accionamiento [minutos]	Tiempo Acumulado Accionamiento [minutos]	Tiempo Diario Accionamiento [minutos]			
3	3/9/2019	7:00	13,300	13,300	10,510	10,510	0,794	31,747	\$ 3,02
4	4/9/2019	7:00	31,030	17,730	25,580	15,070	1,093	43,733	\$ 4,16
5	5/9/2019	7:00	46,450	15,420	39,410	13,830	0,975	39,000	\$ 3,71
6	6/9/2019	7:00	66,120	19,670	58,200	18,790	1,282	51,280	\$ 4,88
7	7/9/2019	7:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	\$ -
8	8/9/2019	7:00	104,590	104,590	90,400	90,400	6,500	259,987	\$ 24,75
9	9/9/2019	7:00	118,510	13,920	103,070	12,670	0,886	35,453	\$ 3,38
10	10/9/2019	7:00	131,310	12,800	113,560	10,490	0,776	31,053	\$ 2,96
11	11/9/2019	7:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	\$ -
12	12/9/2019	7:00	164,190	164,190	135,055	135,055	9,975	398,993	\$ 37,98
13	13/9/2019	7:00	198,000	33,810	0,000	0,000	1,127	45,080	\$ 4,29
14	14/9/2019	7:00	198,130	0,130	154,110	154,110	5,141	205,653	\$ 19,58
15	15/9/2019	7:00	214,200	16,070	173,350	19,240	1,177	47,080	\$ 4,48
16	16/9/2019	7:00	228,260	14,060	177,500	4,150	0,607	24,280	\$ 2,31
17	17/9/2019	7:00	245,490	17,230	189,520	12,020	0,975	39,000	\$ 3,71
18	18/9/2019	7:00	261,130	15,640	192,000	2,480	0,604	24,160	\$ 2,30
19	19/9/2019	7:00	279,100	17,970	201,150	9,150	0,904	36,160	\$ 3,44
20	20/9/2019	7:00	299,460	20,360	219,080	17,930	1,276	51,053	\$ 4,86
21	21/9/2019	7:00	315,160	15,700	236,000	16,920	1,087	43,493	\$ 4,14
22	22/9/2019	7:00	336,150	20,990	258,230	22,230	1,441	57,627	\$ 5,49
23	23/9/2019	7:00	349,580	13,430	262,180	3,950	0,579	23,173	\$ 2,21
24	24/9/2019	7:00	370,110	20,530	289,120	26,940	1,582	63,293	\$ 6,03
25	25/9/2019	7:00	383,300	13,190	289,280	0,160	0,445	17,800	\$ 1,69
26	26/9/2019	7:00	395,580	12,280	297,130	7,850	0,671	26,840	\$ 2,56
27	27/9/2019	7:00	412,560	16,980	317,460	20,330	1,244	49,747	\$ 4,74
28	28/9/2019	7:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	\$ -
29	29/9/2019	7:00	449,200	449,200	324,290	324,290	25,783	1031,320	\$ 98,18
30	30/9/2019	7:00	449,200	0,000	324,290	0,000	0,000	0,000	\$ -
<b>TOTAL</b>			<b>449,200</b>	<b>449,200</b>	<b>324,290</b>	<b>324,290</b>	<b>66,925</b>	<b>2677,007</b>	<b>\$ 254,85</b>

# ANEXO II. P&ID DE LA PISCINA.





DETALLE A  
 ESCALA 1 : 5



# ANEXO III.

## PROGRAMACIÓN DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER EN PYTHON.

```
#aquí estan las librerías previamente instaladas
#y actualizadas
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from scipy.fftpack import fft

#definimos variables para poder leer ambos documentoscsv
#el header = 0 significa que no va estar con los títulos puestos
#y nos va a tomar solo los valores a graficar
data = pd.read_csv('pruebaseniales.txt',header = 0,delim_whitespace= True)
datas = pd.read_csv('septiembre.csv',header = 0)

#esto es para identificar la grafica sea en dos dimensiones
#como la estructura de datos
df= pd.DataFrame(data)
dfs= pd.DataFrame(datas)

#datos_agosto
x = data.iloc[:,0].values #grafica la fecha
y = data.iloc[:,1].values #grafica la temperatura
|
#datos_septiembre
xs = datas.iloc[:,0].values
ys = datas.iloc[:,1].values

axes = data.plot('Fecha', 'Temperatura_Ambiente',figsize=(10, 6))
axes.grid()
axes.set(title = "TEMPERATURA vs TIEMPO agosto",
         xlabel = "Tiempo",
         ylabel = "Temperatura")
```



```

axess = datas.plot('Fecha', 'Temperatura_Ambiente',figsize=(10, 6))
axess.grid()
axess.set(title = "TEMPERATURA vs TIEMPO septiembre",
          xlabel = "Tiempo",
          ylabel = "Temperatura")

#Aqui definimos la funcion para sacar la grafica de la transformada de fourier
X = fft(y)
XS = fft(ys)

plt.figure('TRANSFORMADA AGOSTO')
new_X = np.delete(X, 0)
print(type(X))
plt.plot(abs(new_X))

plt.figure('TRANSFORMADA SEPTIEMBRE')
new_XS = np.delete(XS, 0)
print(type(XS))
plt.plot(abs(new_XS))

plt.show()

```

**ANEXO IV.**  
**TOMA DE DATOS TEMPERATURA DE LA PISCINA EN EL MES DE**  
**AGOSTO.**

**8 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:00:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	27,6	44,1	33,5
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	32,6	33,3	33,3
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,1	27,4	27,5
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,5	29,2	29,1
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,4	29,2	29
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	29,5	35,8	34,5
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32	32,8	32,8
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	26,8	27,1	27,4
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,9	29,6	34,2
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	19,9	26,2	27,1
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	27,8	36,3	28,7
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	19,9	24,1	22,3
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	231	49	43

**9 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:52:00	16:03:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	33,5	33,4	25
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33,3	32,7	33,8
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,5	27,4	27,4
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,1	29	29
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29	29	29
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	34,5	34,5	28
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32,8	32	33
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,4	27	27,1
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,2	30,8	35,5
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	27,1	28,9	22,8
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	28,7	29,1	28,6
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	22,3	22,8	18,5
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	43	170	83

**10 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	13:07:00	17:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	29,4	38,9	26,5
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	32,7	34	33,3
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,2	27,4	27,6
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,7	29,1	29
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,7	29,1	28,9
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30,2	37,7	28,9
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32	33,1	32,6
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27	27,3	27,4
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	35	43	35,6
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	19,2	43,7	23,9
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	28	41,2	28,4
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	19,7	27,3	19,7
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	231	219	51

**11 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:03:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>		46,1	30,4
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>		34	32
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>		27,4	27,7
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>		29,4	29
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>		29,4	29
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>		40,4	33,6
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>		33,2	31,5
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>		26,9	27,5
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>		29,7	30,9
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>		36,5	26,5
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>		35,4	28,8
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>		24,8	22,2
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>		1068	108

**12 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:01:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	29,2	46,2	33,8
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	32,8	33,9	32,5
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,4	27,5	27,8
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,7	29,3	28,7
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,7	29,2	28,7
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30,2	44,6	34,5
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	31,9	33,1	32
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,3	27,4	27,7
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	33,6	40,7	32,2
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	19,8	41,5	25,8
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	28,1	40,1	30
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	22,3	25,4	22,8
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	234	1068	20

**13 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:22:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	23,1	36,3	28
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	32,1	32,6	32,3
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,2	27,3	27,4
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,3	28,9	28,7
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,2	28,9	28,6
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	29,1	33,7	28,6
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	31,6	32,2	31,7
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27	27,1	27
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	33,2	32,7	35,1
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	19,6	37,7	23,4
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	27,6	37,3	28,2
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	20,7	24,5	20,3
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	167	1068	154

**14 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:38:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	21,8	38,6	27,8
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34	35	34,6
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,3	27,6	27,9
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,3	29,5	30
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,3	29,5	29,9
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	28,4	33,1	28,1
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33,3	34,3	33,8
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,4	27,4	27,2
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,4	36,2	34,5
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	20,3	22,2	21,2
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	28,6	28,6	29,1
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	19,6	22,4	17,9
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	147	1069	41

**15 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:00:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	29,9	31,8	21,8
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	31	33	34,1
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,1	27,1	27,2
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	27,9	28,7	29,2
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	27,8	28,7	29,2
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	29	31,3	26,5
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30,3	32,5	33,3
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	26,7	26,3	26,7
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,1	35	35,4
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	19,4	22,6	22,6
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	27,1	27,9	28,6
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	18,6	19	18,4
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	263	465	59

**16 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:09:00	12:00:00	17:18:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	23,4	38,1	21,2
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	32,1	34	34,2
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27	27	27,2
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28	28,7	29,1
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28	28,7	29
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	28	33,6	25,5
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	31,5	33,4	33,3
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	26,8	26,8	26,9
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,3	35,3	35,2
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	19,2	29,5	21,4
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	27,4	29,8	28,4
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	20,5	21,5	16,3
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	498	577	37

**17 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:01:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	21,4	37,5	31,1
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	30,4	33,9	34
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	26,8	26,9	27,2
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	27,4	28,7	29
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	27,4	28,7	29
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	28,5	36,4	33,4
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	29,9	33	33,2
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	26,2	26,7	27,1
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	33,5	38,8	35,6
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	19,3	38,9	23,5
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	26,6	39,6	28,2
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	19,8	55	21,5
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	249	540	108

**18 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:00:00	18:37:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	25,3	35,2	19,1
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	30,3	33	34,6
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	26,7	26,8	27,2
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	27,3	28,5	29,2
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	27,3	28,5	29,2
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	29,4	34,7	24,8
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	29,8	32,5	33,9
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	26,7	26,7	27,1
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	33,6	30,3	35,4
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	18,3	32,8	21,2
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	26,7	32,8	28,5
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	19,7	24	18,3
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	256	200	0

**19 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:00:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	31,3	37,8	30,9
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	30,7	24,1	34,5
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27	27	27,4
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	27,8	28,6	29,2
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	27,7	28,6	29,1
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30,2	36,1	32,9
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30,2	32	33,5
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27	26,8	27,3
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	33,3	36,8	35,4
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	19,7	38,6	24,4
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	27,1	35,2	28,4
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	22,7	25,3	21
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	269	1067	91

**20 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	10:04:00	12:02:00	16:00:00
--------------	----------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	27,9	41,3	33,3
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33,4	32,7	34,4
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,4	27,3	27,6
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,7	28,4	29,2
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,7	28,6	29,2
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	24,7	34,8	34,7
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	31,1	31,8	33,7
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	25,9	26,5	27,2
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	20	31	35,6
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	16,4	41,9	24,4
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	17,4	35,6	28,6
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	19,7	23,1	22,7
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	357	1069	77



**21 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:00:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	27,4	40,4	28,6
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	32,5	34,3	35
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,3	27,4	27,7
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,7	29,4	29,7
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,6	29,4	29,6
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	28,9	36,6	28,1
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	31,7	33,3	34,1
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,2	26,9	27,3
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,9	35,8	35,9
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	21	26,3	22,5
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	27,9	28,9	29
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	20,3	24,2	19,4
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	266	1068	79

**22 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:03:00	12:01:00	16:02:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	31,4	48,7	37,4
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,1	34,7	34,2
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,8	28	28,3
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,3	29,9	29,8
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,2	29,9	29,7
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30,8	35,9	31,7
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33,2	34,1	33,5
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,4	27,7	27,9
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	35,6	35	34,6
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	20,2	25,7	23,3
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	28,4	28,4	29,2
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	20,5	23,4	23
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	349	1068	108

**23 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:00:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	28,1		30
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33,7		35,6
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,9		28,3
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,4		30,4
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,3		30,3
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30		27,9
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32,9		34,7
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,5		27,8
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	35,6		36,5
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	21,3		22,4
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	28,6		29,4
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	20,6		21
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	268		34

**24 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:02:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	29,9	48,9	39
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,1	35,4	36
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,2	28,4	28,7
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,6	30,2	30,7
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,6	30,1	30,5
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30,4	36,6	34,8
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33,2	34,5	35,1
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28	28,1	28,5
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	36	36,8	37,1
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	22,4	25,7	22,9
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	28,8	28,8	29,7
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	24,8	23	22,2
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	269	1065	91

**25 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:00:00	17:10:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	27,8	48,8	24,5
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,4	35,8	34,7
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,5	28,7	29
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	30	30,5	30,4
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,9	30,5	30,4
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	29,8	38,1	28,3
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33,6	34,9	34
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28,2	28,5	28,7
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	36,2	37	33,8
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	20,9	25,9	25,8
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	29	29	29,7
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	21,3	24,5	20,5
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	264	1066	27

**26 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	14:42:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	29,9	45,7	
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33,4	34	
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,2	28,1	
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	30	33,2	
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	30	33,1	
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30,4	47,2	
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32,8	33,4	
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	32,8	29	
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,7	33,3	
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	20,6	33,3	
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	29	33,8	
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	21,3	26,1	
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	296	39	

**27 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:00:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	29,5	49,1	39,5
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,6	34,6	34,5
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,1	28,3	28,6
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,8	29,8	29,9
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,7	29,7	29,8
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30,5	37,8	35,1
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33,8	33,9	34
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28,1	28,1	28,6
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	36,1	34,8	36,4
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	21,4	23,6	23,5
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	28,9	29	29,3
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	23,1	22,8	23,2
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	276	1066	36

**28 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:06:00	11:09:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	23,9	42,8	26,1
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,8	35,6	36,2
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,5	28,6	28,9
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	30	30,5	30,7
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,9	30,4	30,6
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	29,2	35,2	29,2
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	34	34,7	35,4
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28,2	28,5	28,9
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	36,3	37,1	37
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	20,9	22,9	23,2
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	29	29,6	29,9
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	32,9	60,4	19,9
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	272	1070	98

**29 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:01:00	19:03:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	27,8	45,3	17,2
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,2	34,4	34,3
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,8	28,9	29
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	30	30,2	29,9
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,9	30,1	29,8
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30	36,6	24,2
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33,5	33,9	33,6
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28,5	28,7	28,8
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,8	35,1	34,5
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	21	23,6	21,5
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	29,2	29,5	29,1
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	25,9	24,4	25,4
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	310	1066	0

**30 de Agosto 2019**

<i>Hora:</i>	9:03:00	12:06:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	30,7	48,7	
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	31,4	34,7	
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,1	28,2	
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,5	29,8	
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,4	29,7	
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30,4	38,8	
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30,8	33,9	
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28	28	
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,5	36,2	
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	19	24,6	
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	27,7	29	
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	66,4	24,7	
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	342	1066	

31 de Agosto 2019

<i>Hora:</i>	9:07:00	12:02:00	16:26:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	31,2	39,1	27,6
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	31,5	33,3	34,9
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28	28	28,1
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,6	29,3	29,9
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,6	29,3	29,8
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30,7	38,4	28,6
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30,8	32,8	34,1
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,5	27,6	27,9
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,7	41,6	36,4
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	19,3	42,7	22,1
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	27,8	40	28,9
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	23,4	23,3	20,4
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	455	1066	24

## TOMA DE DATOS TEMPERATURA DE LA PISCINA EN EL MES DE SEPTIEMBRE.

1 de Septiembre 2019

Hora:	10:13:00	12:00:00	16:00:00
-------	----------	----------	----------

<i>Tensores</i>	<i>Termómetros</i>	<i>Temperatura [°C]</i>	<i>Temperatura [°C]</i>	<i>Temperatura [°C]</i>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	40,6	44,5	25,8
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,3	35,1	35,4
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,2	28,3	28,5
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,6	30,1	30
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,5	30,1	30
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	33,3	35,6	28,2
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33,5	34,3	34,6
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,9	28,1	28,2
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	35,7	36,6	36,6
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	21,2	22,7	21,8
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	28,6	28,9	28,9
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	22,7	24,3	20,5
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	487	1060	98

**2 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:01:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	30,3	51,1	27,9
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	31,3	33,2	32,9
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,9	28,2	29,5
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,4	27,6	27,5
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,4	28,2	29,6
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	30,2	34	30,4
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30,8	32,3	29,7
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,7	32,1	28,4
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	33,1	35,6	31,7
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	18,9	40,5	29,2
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	27,7	35,4	28,2
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	46,1	26,6	37,4
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	315	1350	158

**3 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:00:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	32	57,2	31,9
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	32,8	37	36,3
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	29,3	30,1	28,9
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	27,4	27,6	27,7
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,2	30,2	28,8
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	36,7	52,3	30,7
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32	32,3	28,4
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27	27	26
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	41	35,9	37,1
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	39	33,7	28,3
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	31,5	32,8	28,9
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	888,8 °C	888,8 °C	29,3
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	381	1055	1350



**4 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	10:42:00	12:00:00	16:03:00
--------------	----------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	33,1	33,4	24,8
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34	33,4	32,4
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	29,2	29,2	28,7
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	27,5	27,6	27,7
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,1	29	28,4
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	37	36,2	28,1
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33,5	33	31,7
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,6	27,6	27,7
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	36,8	35,5	27,6
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	39	35,5	26,6
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	35,1	34,9	26,9
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	888,8 °C	888,8 °C	20,6
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	1350	1350	1350

**5 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:00:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	31,2	41	30
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33,2	35,5	34,5
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	29,1	28,8	30,7
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	27,6	27,7	28,1
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,9	27,4	30
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	34,7	50,4	29,2
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32,8	33,3	33
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,5	27,7	27,8
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	41,8	37,1	28,9
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	41	35,9	29,7
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	30,3	37,5	29,8
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	888,8 °C	25,3	888,8 °C
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	1350	1350	128

**6 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	10:04:00	12:01:00	16:00:00
--------------	----------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	33,4	36,1	29,2
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,7	34,4	34,1
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	29,2	28,1	28,2
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28	28,5	29,1
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29	28,6	29,2
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	40,4	34,4	29,9
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32,8	32,7	33,8
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28	28,2	28
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	36,3	40,5	35,4
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	33,9	37,1	28,4
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	31,3	37,4	28
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	888,8 °C	888,8 °C	888,8 °C
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	288	309	182

**7 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:16:00	16:07:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	30,8	42	27,6
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	32,7	34,6	34,7
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,1	28,2	28,4
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29	28,8	29,4
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,2	29,1	29,5
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	34,9	50,2	29,4
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33,3	33,7	33,3
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,9	28,2	28,4
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	38,7	39,1	31
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	31,8	35,9	30,6
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	36	36,7	30,5
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	888,8 °C	888,8 °C	888,8 °C
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	422	1081	111

**8 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:01:00	16:04:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	33,1	45,7	32,9
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33,3	34,6	34,7
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,2	28,2	28,4
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,2	28,9	29,3
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,3	29	29,4
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	41,4	45	28,9
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32,9	36,6	33,7
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28,1	28,2	28,4
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	33,5	38,2	31,6
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	29,5	34,5	30,5
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	22,1	35,8	30,1
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	27,9	888,8 °C	888,8 °C
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	506	1081	39

**9 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:04:00	12:01:00	16:02:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	31,2	36,8	26,9
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33,7	34,8	30,7
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28	28,2	28,1
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,1	28,7	28,7
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,2	29,8	28,7
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	35,5	42	29,1
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33,1	33,9	30,8
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28	28,2	28,1
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	39,3	39	28
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	30,5	34,9	26,1
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	35,6	35,9	26,6
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	101,7	888,8 °C	888,8 °C
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	610	1080	179

**10 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:00:00	16:02:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	31,7	32,8	30,7
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	30,8	34	34,1
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,1	27,8	28,1
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	27,8	28,4	28,7
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	27,9	28,4	28,7
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	35,8	33,3	29,9
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30,6	33	33,2
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,1	27,9	28,1
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	37,9	34,9	34,2
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	32,4	33,9	32,6
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	42,5	33,9	31,7
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	44	888,8 °C	888,8 °C
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	514	1080	131

**11 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:28:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	31,9	51,4	24,3
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	32,7	34,5	33,9
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,8	28,1	28,2
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,7	28,6	29,6
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,8	28,7	29,7
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	37,2	50,5	26,4
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32,4	33	33,6
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,4	28,1	27,9
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	37,9	43,6	34,8
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	32,6	41	29
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	37,3	42,4	23,7
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	888,8 °C	888,8 °C	888,8 °C
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	939	1085	139

**12 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:03:00	12:03:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	24,6	30,8	
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33,1	34,2	
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,1	28	
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,2	28,7	
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,2	28,7	
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	10,7	35,9	
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32,8	33,1	
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,9	27,9	
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	33,9	36,5	
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	28,4	33,8	
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	19,3	34,3	
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	13,7	888,8 °C	
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	0	300	

**13 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:01:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	30,6	40,7	31,2
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	30,8	34,7	34,2
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28	28,1	28,3
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,6	29,2	29,5
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,6	29,3	29,6
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	34,7	44,7	30,9
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30,8	33,2	34
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,9	28,1	28,1
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	35,4	37,5	35,6
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	30,8	35,6	32,5
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	39,8	36,7	31,1
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	888,8 °C	888,8 °C	888,8 °C
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	1062	1078	49

**14 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:50:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	31,6	42,5	31,8
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33	34,7	33,4
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,9	28,1	28,2
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,2	29,2	29,4
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,2	29,3	29,5
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	34,9	45,7	31,8
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32,7	33,8	33,3
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,8	28,1	28,2
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	37,1	39,3	35,1
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	29,7	35,5	32
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	34,5	37	31,2
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	35,3	888,8 °C	888,8 °C
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	991	1074	186

**15 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:00:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	32,5	31,9	31,4
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,5	34,2	33,3
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,2	28,2	28,4
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,9	29,1	29,6
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	30	29,2	29,6
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	34,5	33,4	30,3
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	34,1	34	33,2
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28	27,9	28,2
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	37,4	36,8	34,9
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	32,7	33,7	30,7
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	34,9	35,6	28,8
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	888,8 °C	25,7	32,8
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	832	402	89

**16 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	10:16:00	12:07:00	16:00:00
--------------	----------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	24,3	34,9	
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33,3	33,4	
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,3	27,9	
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,4	28	
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,5	28,1	
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	12,8	36,6	
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33	32,8	
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28,1	27,7	
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34,2	38,8	
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	28,7	36	
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	20,5	37,1	
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	15,6	23,4	
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	0	1078	

**18 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:09:00	16:03:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	25,7	34,5	31,9
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	30,9	32,7	-50
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,8	27,9	28,1
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	27,7	29	29,8
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	27,7	29	29,8
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	16,8	35,4	30,3
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30	32,2	33,7
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,7	27,8	27,9
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	30,7	37,3	35,9
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	27,1	34,9	31,5
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	20,7	35,3	29,1
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	888,8 °C	888,8 °C	888,8 °C
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	511	909	411

**19 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:01:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	27,1	36,8	25
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	0	-2,5	34,4
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,1	28,3	28,6
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	30,2	29,9	30,1
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	30,2	29,9	30,2
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	15,8	41,1	23,4
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	34,7	35,1	34,1
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28	28,3	28,6
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	36,9	41,4	35,3
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	29,2	39	29,3
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	22,4	43	25
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	888,8 °C	888,8 °C	18
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	856	1078	33

**20 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:01:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	27,7		24,4
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	33,1		34,3
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,1		28,2
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,2		29,7
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29,2		29,8
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	18,1		19,9
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	32,8		33,9
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28		28,2
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	36		36,3
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	28,3		29,1
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	22		23
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	15,4		16,6
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	667		23



**21 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:04:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	33,7	29,1	
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,6	34,1	
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,3	28,4	
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29,9	29,4	
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	30	29,4	
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	36,7	30,3	
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	34,2	33,7	
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28,1	28,3	
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	38,1	33,7	
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	35,3	29,4	
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	37,2	30,5	
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	17,7	21,9	
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	398	131	

**22 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:02:00	12:04:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	34,2	29,3	
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34,7	34,2	
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28,2	28,3	
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	30	28,9	
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	30,1	28,9	
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	36,1	31,2	
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	34,2	33,7	
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28,2	28,2	
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	41	37,8	
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	34	33,4	
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	43,8	38	
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	18	22,8	
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	977	196	

**23 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:02:00	16:02:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	29,3	36,6	24,9
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	30,7	34,5	33
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27,8	27,8	27,9
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28,4	28,9	28,9
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28,5	29	29
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	20,9	37,8	26,3
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30,5	34	32,7
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27,7	27,4	27,9
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	33,9	41,2	35,8
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	27,8	38,2	28,2
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	19,6	39,2	25,3
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	17,2	22,3	19,1
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	288	1082	30

**24 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:00:00	16:02:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	29	31	28
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	35	34	33
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28	28	28
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	30	29	30
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	30	29	30
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	21	36	27
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	34	32	33
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28	28	28
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	36	36	33
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	29	32	29
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	20	33	26
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	17	22	20
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	354	425	117

**25 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:18:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	28	30	27
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	30	34	34
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28	28	28
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28	29	30
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28	29	30
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	24	30	24
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30	34	33
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28	28	28
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	31	34	35
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	27	30	29
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	20	30	23
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	18	22	19
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	1087	155	114

**26 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:00:00	12:00:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	24		32
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	31		34
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27		28
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	28		29
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	28		29
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	18		31
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	30		34
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27		28
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	34		35
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	22		33
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	22		30
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	16		23
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	357		529

**27 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:04:00	12:00:00	16:01:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	23		27
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34		34
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28		28
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	29		29
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	29		29
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	23		31
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	34		34
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28		28
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	36		30
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	21		27
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	21		29
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	18		23
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	241		137

**28 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:18:00	12:00:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	35		33
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34		34
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28		28
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	30		30
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	30		30
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	38		32
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33		34
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28		28
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	39		36
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	35		31
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	38		29
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	20		22
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	1047		475

**29 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:03:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	35	58	32
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	34	35	34
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	28	28	28
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	30	29	29
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	30	29	29
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	37	55	30
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	33	34	34
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	28	28	28
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	38	57	31
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	35	51	31
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	37	51	29
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	20	25	29
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	1086	901	482

**30 de Septiembre 2019**

<i>Hora:</i>	9:01:00	12:00:00	16:00:00
--------------	---------	----------	----------

<b>Tensores</b>	<b>Termómetros</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
<i>Campo solar 1</i>	<b>S1</b>	22	29	20
<i>Piscina 1 pequeña</i>	<b>S2</b>	27	28	30
<i>Piscina 2 Grande</i>	<b>S3</b>	27	28	28
<i>Impulsión Solar 1</i>	<b>S4</b>	27	28	28
<i>Impulsión Solar 2</i>	<b>S5</b>	27	28	28
<i>Campo solar 2</i>	<b>S6</b>	25	30	20
<i>T. superior (piscina peq.)</i>	<b>S7</b>	27	28	30
<i>T. superior (piscina grande)</i>	<b>S8</b>	27	28	28
<i>Temperatura BC</i>	<b>S9</b>	30	31	35
<i>Retorno Solar 1</i>	<b>S10</b>	25	28	22
<i>Retorno Solar 2</i>	<b>S11</b>	20	29	22
<i>Temperatura Ambiente</i>	<b>S12</b>	17	22	17
	<b>Radiación Solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	1087	209	59

**ANEXO V.  
FOTOGRAFÍAS DEL BANCO DE PRUEBAS.**









