

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DIMENSIONADO E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES
TÉRMICOS PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA DE UNA
PISCINA DE 60 m², UBICADA EN SANGOLQUI.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTROMECÁNICA**

Vargas Domínguez Kevin Paúl

paul15-3@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. Carlos Romo Herrera Msc.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, Diciembre 2018

DECLARACIÓN

Yo, Kevin Paúl Vargas Domínguez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Vargas Domínguez Kevin Paúl

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Vargas Domínguez Kevin Paúl, bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Romo Msc.

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido un verdadero reto cumplido, gracias a mi Madre, Narciza, Fabricio, Camila, por haber estado junto a mi durante toda mi etapa universitaria y más aún este proceso de titulación, ayudándome a superar todas las dificultades presentadas en el camino, gracias por confiar en mí.

A mi Padre, por su apoyo en mis etapas estudiantiles anteriores y en parte de mi etapa universitaria, gracias por enseñarme a crear mi futuro, luchar por mis sueños y conocer que yo puedo construir todo lo que me proponga.

Al Ing. Esteban Játiva por su apoyo, tiempo, experiencias y paciencia durante todo el camino de construcción y ejecución del proyecto.

A mi director, Carlos Romo por su apoyo en el proyecto y enseñanzas, gratos recuerdos de los consejos impartidos en las aulas quedarán en mi mente y que en mi vida laboral me han llevado a superarme.

A lo largo de la realización del proyecto conocí a una persona especial Mireya, gracias por tus consejos, críticas, apoyo y amor incondicional, en el camino me enseñaste a crecer personalmente y profesionalmente.

A Mecanizados V. V, gracias por apoyarme en mi etapa estudiantil, laboral y personal, siempre estuvieron prestos ayudarme cuando los necesitaba.

A todos mis compañeros y amigos de Electromecánica, momentos compartidos en las aulas de la Poli, son gratos recuerdos, emociones y vivencias que perdurarán en el tiempo.

Kevin Vargas

DEDICATORIA

A mi Madre Camila Domínguez, por su apoyo incondicional, sus consejos, su paciencia, por enseñarme a sobrellevar el tiempo que no pudimos estar juntos, por su ejemplo de vida que me han enseñado a salir adelante.

A Nancy, por estar junto a mí, por ser mi segunda mamá y no dejar que me dé por vencido en los momentos difíciles de mi vida.

A mi Padre

A ti que estas en el cielo, por estar conmigo en todo momento espiritualmente.

A Mireya.

A Mecanizados V.V, en especial a Verónica y Marco, por el apoyo en la realización del proyecto.

Kevin Vargas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETIVO GENERAL	2
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.4.	JUSTIFICACIÓN	3
2.	METODOLOGÍA	4
2.1.	METODOLOGÍA APLICADA	4
2.2.	ALTERNATIVAS DE CALENTAMIENTO	4
2.3.	METODOLOGÍA APLICADA	6
2.3.1	SELECCIÓN DE COLECTORES SOLARES	6
2.3.2	SELECCIÓN DE TUBERÍAS.....	6
2.3.4	SELECCIÓN DE BOMBAS	6
2.3.5	SELECCIÓN DE BOMBA DE CALOR	7
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
3.1.	UBICACIÓN	7
3.2.	DATOS CLIMATOLÓGICOS GENERALES EN LA ZONA	8
3.2.1	TEMPERATURA MENSUAL.....	8
3.2.2	PRECIPITACIONES	9
3.2.3	VIENTOS	9
3.2.4	HELIOFANÍA	9
3.2.5	RADIACIÓN.....	9
3.3.	BALANCE ENERGÉTICO.....	9
3.3.1	PÉRDIDAS POR RADIACIÓN	10
3.3.2	PÉRDIDAS POR EVAPORACIÓN	11
3.3.3	PÉRDIDAS POR CONVECCIÓN	11
3.3.4	PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN	12
3.3.5	PÉRDIDAS POR RENOVACIÓN DEL VASO DE AGUA.....	13
3.3.6	PUESTA EN MARCHA	14
3.3.7	CONVERSIÓN DE POTENCIA A ENERGÍA.....	15
3.4.	DIMENSIONAMIENTO DE COLECTORES.....	16
3.5.	DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS, FILTRO Y SKIMMER	26

3.6.	DIMENSIONAMIENTO DE BOMBAS.....	33
3.6.1	BOMBA CIRCUITO PRIMARIO	33
3.6.2	BOMBA DE SUCCIÓN HACIA LA BOMBA DE CALOR.....	34
3.6.3	BOMBA DE CALOR.....	35
3.7.	ELEMENTOS DE CONTROL.....	35
3.7.1	LÓGICA DE CONTROL.....	37
3.7.2	MODOS DE FUNCIONAMIENTO	37
3.7.3	MODO DE APOYO	37
3.7.4	MODO VACACIONES	38
3.8.	INSTALACIÓN	38
3.8.1	EXCAVACIÓN, OBRA GRIS DE LA PISCINA	38
3.8.2	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS, FUNDICIÓN DE CUARTO DE MÁQUINAS, FILTRO, SKIMMER Y BOMBAS	40
3.8.3	FUNDICIÓN DE PISCINA.....	46
3.8.4	INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES	48
3.8.5	BOMBA DE CALOR.....	51
3.8.6	INSTALACIÓN DEL CONTROLADOR.....	52
3.8.7	OTROS EQUIPOS.....	54
3.9.	PRUEBA DE EQUIPOS	55
3.9.1	LLENADO DE LA PISCINA.....	55
3.9.2	FUNCIONAMIENTO DE COLECTORES	57
3.9.3	FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA PRINCIPAL Y SISTEMA DE FILTRACIÓN	58
3.9.4	FUNCIONAMIENTO DEL CONTROLADOR.....	59
3.9.5	FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE CALOR	63
3.9.6	CONEXIONES EN ACCESORIOS.....	64
3.10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS Y COSTOS	65
3.10.1	SISTEMA SOLAR TÉRMICO	65
3.10.2	LLENADO DE PISCINA	66
3.10.3	SISTEMA DE BOMBEO Y FILTRACIÓN	66
3.10.4	BOMBA DE CALOR.....	67
3.10.5	COLECTORES SOLARES.....	68
3.10.6	CONTROLADOR.....	69
3.11.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS	69

3.11.1 CALENTAMIENTO CON GLP.....	70
3.11.2 CALENTAMIENTO CON ENERGÍA ELÉCTRICA	70
3.11.3 CALENTAMIENTO CON COLECTORES SOLARES.....	71
3.11.4 RESUMEN DE COSTOS	72
3.12. CRONOGRAMA EJECUTADO	73
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5. BIBLIOGRAFÍA.....	77
6. ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3.1. UBICACIÓN DE SANGOLQUÍ EN EL MAPA POLÍTICO.....	7
FIGURA 3.2. UBICACIÓN DEL DOMICILIO.....	8
FIGURA 3.3. BALANCE ENERGÉTICO EN LA PISCINA.....	10
FIGURA 3.4. GRÁFICO DE PERDIDAS ENERGÉTICAS	15
FIGURA 3.5. OPCIONES DE PROYECTO RETSCREEN.....	18
FIGURA 3.6. SELECCIÓN DEL PAÍS DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO ..	18
FIGURA 3.7. DATOS METEOROLÓGICOS DEL DOMICILIO	19
FIGURA 3.8. DATOS GENERALES DE RADIACIÓN Y PRESIÓN	19
FIGURA 3.9. SELECCIÓN DE APLICACIÓN DEL SOFTWARE	20
FIGURA 3.10. DATOS BÁSICOS DE DIMENSIONAMIENTO	20
FIGURA 3.11. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN MENSUAL.....	21
FIGURA 3.12. SELECCIÓN DEL COLECTOR.....	21
FIGURA 3.13. CANTIDAD DE COLECTORES SOLARES.....	22
FIGURA 3.14. GRÁFICO DE EFICIENCIA DEL COLECTOR SOLAR HC-40	23
FIGURA 3.15. CAPTADOR SOLAR HELIOLCOL HC – 40	23
FIGURA 3.16. ARREGLO DE COLECTORES EN SERIE.....	24
FIGURA 3.17. ARREGLO DE COLECTORES EN PARALELO.....	25
FIGURA 3.18. ARREGLO DE COLECTORES EN SERIE – PARALELO	25
FIGURA 3.19. TUBERÍAS DEL CIRCUITO PRIMARIO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO	29
FIGURA 3.20. TUBERÍAS DEL CIRCUITO SECUNDARIO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO	30
FIGURA 3.21. CURVA DE CARGA DE BOMBA CIRCUITO PRIMARIO.....	33
FIGURA 3.22. CURVA DE CARGA CIRCUITO SECUNDARIO	34
FIGURA 3.23. CONTROLADOR MICROSOL BMP ADVANCED	36
FIGURA 3.24. EXCAVACIÓN Y DELIMITACIÓN DE PISCINA	38
FIGURA 3.25. CONSTRUCCIÓN Y DELIMITACIÓN DE CISTERNA.....	39
FIGURA 3.26. CONSTRUCCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL CUARTO DE MÁQUINAS	39
FIGURA 3.27. FUNDICIÓN TOTAL DE PISCINA.....	40
FIGURA 3.28. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y SKIMMER.....	41
FIGURA 3.29. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PRIMARIAS EN EL CUARTO DE MÁQUINAS .	41
FIGURA 3.30. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS HACIA PANELES SOLARES, BOMBA DE CALOR Y RED DE ALIMENTACIÓN.....	42
FIGURA 3.31. TUBERÍA HACIA PANELES SOLARES.....	42
FIGURA 3.32. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DESDE Y HACIA LA PISCINA DENTRO DEL CUARTO DE MÁQUINAS	43
FIGURA 3.33. INSTALACIÓN DEL FILTRO DENTRO DEL CUARTO DE MÁQUINAS	43
FIGURA 3.34. MANÓMETRO E INDICADOR DE FLUJO DEL FILTRO.....	44
FIGURA 3.35. MANDO DE OPERACIÓN DEL FILTRO	44
FIGURA 3.36. TUBERÍA 1 1/2 SCH – 40	45
FIGURA 3.37. BOMBA MARCA PENTAIR 1 1/2 HP CIRCUITO PRIMARIO.....	45
FIGURA 3.38. BOMBA MARCA PENTAIR 1 HP CIRCUITO SECUNDARIO	45
FIGURA 3.39. APUNTALADO PREVIO A LA FUNDICIÓN CON HORMIGÓN.....	46
FIGURA 3.40. PEGADO DE BALDOSA EN LA BASE DE HORMIGÓN.....	46

FIGURA 3.41.	FINALIZACIÓN PEGADO BALDOSAS AL INTERIOR DE PISCINA	47
FIGURA 3.42.	INSTALACIÓN DE BALDOSAS EXTERIORES	47
FIGURA 3.43.	INSTALACIÓN FINAL DE SKIMMER.....	48
FIGURA 3.44.	ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PANELES SOLARES	48
FIGURA 3.45.	ESPACIO FÍSICO PARA INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES	49
FIGURA 3.46.	PANELES SOLARES HELIOL HC-40.....	49
FIGURA 3.47.	INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES EN SERIE	50
FIGURA 3.48.	INSTALACIÓN DE BATERÍAS EN SERIE Y PARALELO	50
FIGURA 3.49.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LA BOMBA DE CALOR	51
FIGURA 3.50.	BOMBA DE CALOR A INSTALARSE.....	51
FIGURA 3.51.	BOMBA DE CALOR CONECTADA AL SISTEMA.....	52
FIGURA 3.52.	DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL CONTROLADOR.....	52
FIGURA 3.53.	INSTALACIÓN DEL CABLEADO Y ENERGIZACIÓN DEL CONTROLADOR....	53
FIGURA 3.54.	CONEXIÓN DE SENSORES Y BOMBA AL CONTROLADOR.....	53
FIGURA 3.55.	INSTALACIÓN FINALIZADA CON TEMPERATURA REAL EN TUBERÍAS.....	54
FIGURA 3.56.	EQUIPO DE LIMPIEZA.....	54
FIGURA 3.57.	MANTA TÉRMICA DE POLIETILENO	55
FIGURA 3.58.	LLENADO DE PISCINA	56
FIGURA 3.59.	RECUBRIMIENTO MANTA TÉRMICA.....	56
FIGURA 3.60.	FUGA EN PANEL DOS DE LA BATERÍA TRES DEL CIRCUITO	57
FIGURA 3.61.	BATERÍAS EN CORRECTO FUNCIONAMIENTO	57
FIGURA 3.62.	INSTALACIÓN DEL FILTRO DE LA PISCINA	58
FIGURA 3.63.	REGISTRO DE PRESIÓN DEL FILTRO	58
FIGURA 3.64.	TEMPERATURA DEL CIRCUITO PRINCIPAL	59
FIGURA 3.65.	CONTROL DEL CIRCUITO PRINCIPAL EN MODO APAGADO.....	60
FIGURA 3.66.	CONTROL DEL CIRCUITO PRINCIPAL EN MODO MANUAL	60
FIGURA 3.67.	CONTROL DEL CIRCUITO PRINCIPAL EN MODO AUTOMÁTICO.....	60
FIGURA 3.68.	DIAGRAMA DEL CIRCUITO PRIMARIO	61
FIGURA 3.69.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LA BOMBA DE CALOR.....	61
FIGURA 3.70.	CONTROL DEL CIRCUITO SECUNDARIO MODO AUTOMÁTICO.....	62
FIGURA 3.71.	CONTROL DE CIRCUITO SECUNDARIO MODO MANUAL	63
FIGURA 3.72.	CONEXIONES ELÉCTRICAS EN BOMBA DE CALOR	63
FIGURA 3.73.	PROGRAMACIÓN DE TEMPERATURA EN LA BOMBA DE CALOR.....	64
FIGURA 3.74.	VERIFICACIÓN DE FUGAS EN JUNTAS Y CODOS.....	64
FIGURA 3.75.	VERIFICACIÓN DE FUGAS EN VÁLVULAS DE BOLA	65
FIGURA 3.76.	VERIFICACIÓN DE FUGAS EN JUNTAS DE COLECTORES SOLARES	65
FIGURA 3.77.	PISCINA TOTALMENTE LLENA CON MANTA TÉRMICA.....	66
FIGURA 3.78.	FUNCIONAMIENTO DE INYECTORES.....	67
FIGURA 6.1.	COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA CON CUBIERTA	83
FIGURA 6.2.	COLECTOR DE POLIPROPILENO	84
FIGURA 6.3.	ESQUEMA DE UNA BOMBA DE CALOR.....	84
FIGURA 6.4.	COMPRESOR DE LA BOMBA DE CALOR	85
FIGURA 6.5.	CONDENSADOR DE LA BOMBA DE CALOR.....	85
FIGURA 6.6.	VÁLVULA DE EXPANSIÓN	86
FIGURA 6.7.	EVAPORADOR DE LA BOMBA DE CALOR.....	86

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1. CUADRO RESUMIDO DE ALTERNATIVAS DE CALENTAMIENTO.....	5
TABLA 3.1. TEMPERATURA MENSUAL 2016.....	8
TABLA 3.2. PRECIPITACIÓN MENSUAL 2016.....	9
TABLA 3.3. INTENSIDAD Y DIRECCIÓN DE VIENTOS 2016	9
TABLA 3.4. HELIOFANÍA 2016	9
TABLA 3.5. COEFICIENTES DE EMISIVIDAD DEL AGUA.....	10
TABLA 3.6. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL HORMIGÓN	12
TABLA 3.7. RESUMEN CONSUMO ENERGÉTICO.....	15
TABLA 3.8. GASTO ENERGÉTICO PARA MANTENER CALIENTE LA PISCINA.....	16
TABLA 3.9. PARÁMETROS GENERALES PANEL SOLAR HELIOLCOL HC-40	24
TABLA 3.10. PÉRDIDA DE CARGA LINEAL.....	27
TABLA 3.11. TABLA DE COEFICIENTE K PARA ACCESORIOS EN TUBERÍAS	28
TABLA 3.12. PÉRDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS Y DERIVACIONES.....	28
TABLA 3.13. DATOS DEL CONTROLADOR MICROSOL BMP ADVANCED.....	36
TABLA 3.14. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LLENADO DE PISCINA	66
TABLA 3.15. PRUEBA DEL SISTEMA DE BOMBEO Y FILTRACIÓN.....	67
TABLA 3.16. PRUEBA SISTEMA AUXILIAR	68
TABLA 3.17. PRUEBA EN COLECTORES SOLARES.....	68
TABLA 3.18. EQUIPO DE CONTROL	69
TABLA 3.19. RESUMEN GENERAL DE COSTOS DE EQUIPOS.....	72
TABLA 3.20. RESUMEN DE COSTOS.....	72
TABLA 3.21. DETALLE DE GASTOS.....	73
TABLA 3.22. CRONOGRAMA EJECUTADO.....	74
TABLA 6.1. TEMPERATURA DE AGUA RECOMENDADA POR TIPO DE DEPORTE EN LA PISCINA.....	87
TABLA 6.2. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SOLAR DE CALENTAMIENTO	90
TABLA 6.3. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	90
TABLA 6.4. REGISTRO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	92
TABLA 6.5. LISTA DE VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE LA PISCINA.....	92

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 3-1. PÉRDIDAS POR RADIACIÓN.....	10
ECUACIÓN 3-2. PÉRDIDAS POR EVAPORACIÓN.....	11
ECUACIÓN 3-3. PÉRDIDAS POR CONVECCIÓN	12
ECUACIÓN 3-4. PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN.....	12
ECUACIÓN 3-5. PÉRDIDAS POR RENOVACIÓN DEL VASO DE AGUA	13
ECUACIÓN 3-6. POTENCIA NECESARIA PARA PUESTA EN MARCHA.....	14
ECUACIÓN 3-7. CAUDAL EN TUBERÍA.....	26
ECUACIÓN 3-8. PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍA.....	26
ECUACIÓN 3-9. PÉRDIDA DE CARGA EN DERIVACIONES	27
ECUACIÓN 3-10. APLICACIÓN DE BERNOULLI.....	30
ECUACIÓN 3-11. DIMENSIONADO DEL DIÁMETRO DEL FILTRO.....	32
ECUACIÓN 3-12. DIMENSIONADO DEL DESNATADOR	32
ECUACIÓN 3-13. POTENCIA BOMBA DE CALOR	35

RESUMEN

En el proyecto presentado a continuación, se realizó la implementación del diseño de un sistema de energía solar para el calentamiento de agua que incluye dimensionar e instalar colectores solares para calentar una piscina de $60 m^2$ para un domicilio ubicado en Sangolquí.

En el desarrollo del proyecto, se consideró el estudio de los diferentes componentes que intervienen en el sistema de calentamiento de agua de la piscina, cuenta con un sistema principal de bombeo – filtración y un sistema auxiliar de apoyo interconectado a través de una bomba de calor eléctrica. Dentro del sistema solar térmico cuenta con los siguientes elementos: colectores solares con sus respectivos accesorios, tuberías, válvulas, bombas de impulsión, bomba auxiliar de calor, sistema de control. El sistema puede apoyar por separado a una cascada e hidromasaje existente de manera independiente cuando el usuario lo requiera accionando válvulas de paso.

El diseño instalado para el proyecto se basó en algunos aspectos importantes de la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente del 06 de abril de 2011, Capítulo 14: Energías Renovables y Capítulo 13: Eficiencia Energética en la construcción en Ecuador, además se tomó como referencia las consideraciones presentes en el Código Técnico de la Edificación Español (CTE), Documento Básico HE (Ahorro de Energía) Sección HE4: Contribución Solar Mínima de Agua Cliente Sanitaria, debido a que presenta condiciones más completas para el dimensionamiento del sistema auxiliar.

Finalmente, se realizó la instalación del sistema de calentamiento de agua de acuerdo con las condiciones constructivas de la piscina (Hormigón) y con las condiciones climáticas existentes en Sangolquí.

Palabras Clave: Sistema de calentamiento de agua

ABSTRACT

In the project presented below, it has been made an implementation of the design of a solar energy system for water heating that includes sizing and installing solar panels to heat a pool of 60 m^2 located in Sangolqui.

In the development of the project, it was considered the study of the different components that intervene in the water heating system for the pool, it has a main system of pumping - filtration and an auxiliary support system interconnected through a pump electric. Within the solar thermal system, we have the following elements: solar collectors with their respective accessories, pipes, valves, impulse pumps, auxiliary heat pump, control system. The system can independently support an existing waterfall and hydro massage independently when the user requires it by operating step valves.

The design installed for the project was based on some important aspects of the Ecuadorian Construction Standard in force on April 6, 2011, Chapter 14: Renewable Energies and Chapter 13: Energy Efficiency in construction in Ecuador, also taking as reference the considerations in the Technical Code of the Spanish Building (CTE), Basic Document HE (Energy Saving) Section HE4: Minimum Solar Water Contribution Healthcare Client, due to the fact that it presents more complete conditions for the dimensioning of the auxiliary system.

Finally, a robust installation of the solar thermal system was carried out in accordance with the construction conditions of the pool (Concrete) and with the existing climatic conditions in Sangolqui.

Key words: Water heating system

1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador dispone de distintas fuentes naturales para obtener energía renovable, el presente documento se enfoca en dar una visión objetiva al uso del recurso solar, este tipo de energía es considerada como una excelente opción para reducir considerablemente los gases de efecto invernadero generados con el consumo de combustibles fósiles.

De acuerdo a lo mencionado, la ubicación geográfica del Ecuador lo convierte en un país privilegiado en lo que a recurso solar se refiere, esto se debe a que tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año, esto favorece de gran manera a la aplicación para producir energía solar térmica, en promedio podemos obtener hasta doce horas de sol dependiendo de la zona en la cual se planea instalar un sistema solar térmico.

El proyecto se elaboró para concientizar y fomentar el uso de la generación de energía limpia en el Ecuador, por este motivo, se implementó un sistema solar térmico para el calentamiento de agua de una piscina ubicada en Sangolquí, el sistema está dimensionado para una superficie 60 m^2 que corresponde al área de la piscina que cuenta además con un volumen de agua de 96 m^3 , misma que servirá para uso recreacional de propietarios, familiares y visitantes. Por otro lado, un factor importante considerado para la realización del proyecto es el ahorro de energía, lo cual, con la implementación del sistema beneficia económicamente a los usuarios y principalmente al ambiente reduciendo considerablemente las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Para la construcción y diseño de los componentes del proyecto, se utilizó una metodología netamente técnico - investigativa, misma que permitió conocer aspectos importantes de otros sistemas instalados en diferentes lugares del mundo y que conllevan a escoger los materiales, equipos y accesorios más adecuados para un correcto funcionamiento. La instalación contiene el uso de colectores solares térmicos de placa plana sin cubierta tipo estera y de color negro con una superficie aproximada de $3,85 \text{ m}^2$ por cada colector, una bomba de 1,5 HP, filtro de 22", y tubería de presión de 1 ½" para el circuito principal, para el sistema auxiliar se utilizó una bomba de 1 HP para recircular el agua proveniente de la piscina cuando sea necesario que trabaje en conjunto con una bomba de calor de 20 KW cuya activación se la realiza con energía eléctrica a través de un controlador en el circuito primario.

La piscina cuenta con: dos servicios adicionales como una cascada e hidromasaje, la activación de ellos es por separado por medio de válvulas manuales, para el caso de la cascada puede funcionar accionando una válvula de bola y compartiendo el agua que previamente se filtró, para el caso del hidromasaje puede ceder un poco del agua caliente de la piscina que pasó previamente por la bomba de calor.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Dimensionar e instalar paneles solares térmicos para el calentamiento de agua de una piscina de $60m^2$, ubicada en Sangolquí.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los niveles de radiación solar del lugar
2. Determinar las condiciones de uso de la piscina
3. Precisar los componentes necesarios para el sistema solar de calentamiento propuesto
4. Dimensionar y seleccionar los componentes del sistema basándose en criterios técnicos
5. Instalar el sistema y realizar las pruebas correspondientes para la verificación del funcionamiento.
6. Realizar un análisis comparativo de costos
7. Realizar el manual de mantenimiento de la instalación

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo de los años el planeta ha utilizado diversas formas de aprovechar la energía proveniente de combustibles fósiles para diferentes condiciones, la finalidad de ello consiste en obtener calor y movimiento, una de las tantas aplicaciones que se utiliza en la actualidad se ve reflejada en el uso del GLP para climatizar piscinas. La generación de calor por medio de estos combustibles además de tener un alto costo, genera efectos negativos en su entorno de funcionamiento y al ambiente como tal.

Para reducir el efecto generado por estos combustibles fósiles, se plantea buscar la manera de mitigar el consumo de este tipo de energía y optimizar la generación de calor por otras

fuentes de energía limpia, es decir, se plantea utilizar un sistema solar térmico que trabaja con un componente principal llamado colector solar que se encarga de la recolección de la energía proveniente del sol y la transfiere a un fluido caloportador, en este caso agua.

Para este caso, la propuesta se aplica a una vivienda situada en el Barrio Inchalillo en la ciudad de Sangolquí. La necesidad de buscar alternativas de calentamiento económicas a largo plazo lleva a plantear la instalación de un sistema solar térmico que permita climatizar una piscina de 60 m^2 de área y un volumen de alrededor de 96 m^3 de agua, misma que servirá para uso recreacional de los usuarios.

La implementación de este sistema solar de calentamiento es fundamental en el aspecto ambiental, ya que no se necesita energía generada por combustibles fósiles que emanan gases contaminantes, además el sistema propuesto se ajusta con las condiciones de radiación solar que incide sobre el Ecuador, por lo cual se obtendrá un ahorro económico significativo y sin generación de contaminantes.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El proyecto consiste en dimensionar los componentes de un sistema solar térmico para el calentamiento de agua de una piscina de 60 m^2 , esto conllevará a disminuir significativamente el uso de energía proveniente de combustibles fósiles a largo plazo.

El sol emite energía radiante la cual no tiene costo de producción, no genera emisiones contaminantes, es natural y los recursos en el Ecuador son favorables para la aplicación de esta tecnología. Los dos principales beneficios que se obtendrá con la instalación de esta tecnología serán; la disminución del consumo de energías convencionales y la garantía de tener una temperatura variable en el agua de $26 \text{ }^\circ\text{C}$ a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ en el agua en los meses más calientes del año y en los meses más fríos del año con la ayuda de la bomba de calor se alcanzar su temperatura nominal de $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

La instalación del sistema de calentamiento solar térmico en su estructura contiene:

1. Paneles solares térmicos los cuales tomarán la energía radiante proveniente del sol y la transformarán en energía térmica.

2. Tuberías que transportarán el agua desde el fondo de la piscina pasando por un filtro utilizado para separar partículas sólidas en el agua.
3. Bomba principal que se encargará de realizar la recirculación entre paneles – filtro – piscina.
4. Bomba secundaria que se encargará de la recirculación del circuito piscina - bomba de calor – piscina con sus respectivas tuberías.
5. Controlador que enciende y apaga las bombas por medio de sensores.
6. Bomba de calor que servirá de apoyo en los meses más fríos del año

2. METODOLOGÍA

2.1. METODOLOGÍA APLICADA

Para la realización del proyecto se utilizó una metodología cualitativa, ya que generaliza los resultados de determinadas propuestas, estudios e instalaciones existentes y los relaciona con cada uno de ellos, por tanto, se adquirió la información técnica y práctica por medio de investigación y consultas a personas inmersas en el tema de climatización de piscinas, equipos y marcas existentes en el mercado, teoría necesaria para el dimensionamiento de la instalación y de los diversos componentes que intervienen en el sistema.

2.2. ALTERNATIVAS DE CALENTAMIENTO

Dentro de las alternativas más utilizadas para el calentamiento de agua de una piscina se tiene cuatro maneras, a continuación, se detalla los métodos más utilizados.

- Calentadores eléctricos: Es un dispositivo termodinámico que utiliza energía para elevar la temperatura del agua, usualmente aplicables para piscinas muy pequeñas, de uso esporádico comúnmente utilizados en spas, jacuzzi e hidromasaje, son de bajo costo y cuentan con sencilla instalación. (Leroy, Merlin. 2016).
- Bomba de calor: Es una máquina termodinámica formada por un circuito frigorífico clásico (compresor, condensador, sistema de expansión y evaporador) del que se aprovecha la energía calorífica cedida por el condensador (aire caliente o agua caliente). Este tipo de bombas son eficientes y efectivas permitiendo el uso de las piscinas en cualquier época del año, su costo es el segundo más bajo en energía en función a las demás alternativas de calentamiento, la desventaja principal se refleja


en ser un sistema de auxiliar de apoyo para los meses más fríos de la región de instalación. (Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005).

- Calderas: Se refiere a un recipiente o un depósito que tiene el objetivo de calentar agua, en este caso utilizando el gas u otro tipo de combustible. Por lo general se utiliza por largos periodos de tiempo en piscinas cubiertas de gran tamaño para calentar el agua rápidamente, son de alto costo y mantenimiento. (Leroy, Merlin. 2016).
- Colectores solares: Capta la radiación solar recibida en una superficie para calentar un fluido, son muy comunes para piscinas interiores y exteriores, su uso es de bajo costo. (Leroy, Merlin. 2016).

A continuación, se muestra un cuadro resumido de ventajas y desventajas de las cuatro alternativas de calentamiento de agua para la piscina.

Tabla 2.1. Cuadro resumido de alternativas de calentamiento

ALTERNATIVA	VENTAJA	DESVENTAJA	GRÁFICO
Calentadores eléctricos	Instalación sencilla, bajo costo de mantenimiento, son eficientes	Alto costo y consumo de energía, no emite dióxido de carbono	
Bomba de calor	Eficiencia y ahorro, reversibles (calienta y enfría), vida útil de 10 a 15 años, incrementa el uso de la piscina	Alto costo de inversión, espacio, estética	
Calderas	Bajo costo de adquisición de equipos, se consiguen temperaturas mayores a 30 °C, instalación sencilla.	Alto costo de combustible, emite dióxido de carbono, vida útil de 5 años, genera ruido mínimo, produce olores,	

<p>Colectores solares</p>	<p>No tiene costo, energía solar es infinita, no genera ruido, no produce gases contaminantes, vida útil del colector de 10 a 15 años, muy bajo costo de mantenimiento.</p>	<p>Alta inversión para componentes y accesorios del sistema</p>	
---------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Fuente propia

2.3. METODOLOGÍA APLICADA

2.3.1 SELECCIÓN DE COLECTORES SOLARES

Para la selección de la cantidad de colectores para climatizar la piscina se tomó en cuenta el espacio físico disponible en el domicilio; las necesidades energéticas de la piscina, es decir la cantidad de energía que se necesita para elevar la temperatura a un cierto valor, considerando sus pérdidas; el área requerida en metros cuadrados de paneles que cubran la demanda de energía; la disponibilidad en el mercado nacional, el soporte técnico local, entre otros factores.

2.3.2 SELECCIÓN DE TUBERÍAS

El uso más frecuente instalaciones de piscinas en la tubería SCH – 40 de PVC, ya que soporta alta presión; además para determinar el diámetro de la misma, se utilizaron las siguientes consideraciones: caudal de circulación, clase y material de tubería, presión de trabajo, pérdidas de carga unitaria y por tramos. Para este procedimiento se tomó el catálogo de un fabricante de tuberías de presión, en el cual se encontraban calculadas las variables antes descritas y por ello, se tomó como referencia para seleccionar la tubería por el diámetro utilizando la ecuación general Bernoulli.

2.3.4 SELECCIÓN DE BOMBAS

Con respecto a la selección de las bombas se deberá tomar ciertas consideraciones como: tipo de fluido a bombear, temperatura de bombeo, viscosidad y densidad del fluido, carga de impulsión y aspiración, caudal y curvas de rendimiento. Por esta razón, la investigación

se enfocó en determinar dos bombas diseñadas especialmente para cubrir las demandas de piscinas, en las cuales se proporcione el caudal en litros o metros cúbicos y los metros de columna de agua. En consecuencia, se tomó como referencia las curvas de rendimiento de un fabricante de bombas para piscinas, las cuales nos permiten de forma fácil y clara seleccionar la bomba utilizando dos recursos, metros de columna de agua y caudal en litros o metros cúbicos ya que el fabricante es el encargado de diseñar la cantidad de HP necesarios para cada caso de instalación.

2.3.5 SELECCIÓN DE BOMBA DE CALOR

De acuerdo a la investigación previa realizada en la primera fase del proyecto, se determinó los parámetros de selección de la bomba de calor en base al Código Técnico de la Edificación, Sección HE4: Contribución Solar Mínima de Agua Caliente de España, se utilizó este código debido a que es más completo y en el cual se considera la cantidad de agua y la temperatura de la misma, el uso y lugar de instalación de la piscina, así como también la potencia, que se dimensionará de acuerdo a la demanda energética de la piscina y localización geográfica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. UBICACIÓN

Para realizar el diseño se tomará como referencias la dirección del domicilio y coordenadas exactas: Sangolquí calle 12 de febrero y 11 de abril – Barrio La Carolina casa S/N; Latitud: $-0,343781^{\circ}$ S, Longitud: $-78,440044^{\circ}$ O.

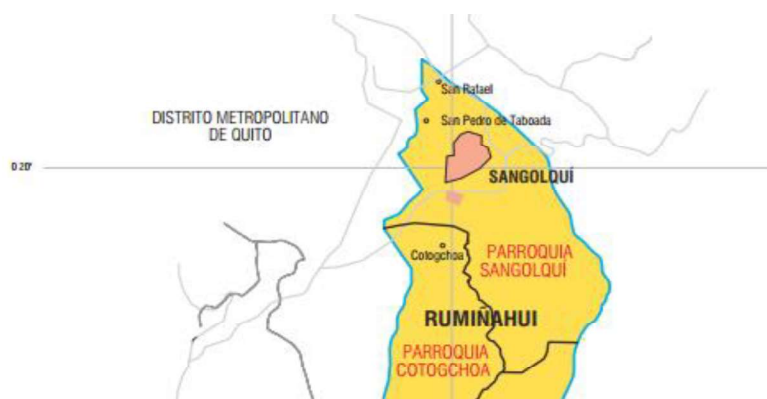


Figura 3.1. Ubicación de Sangolquí en el mapa político
Fuente: Municipio del Cantón Rumiñahui

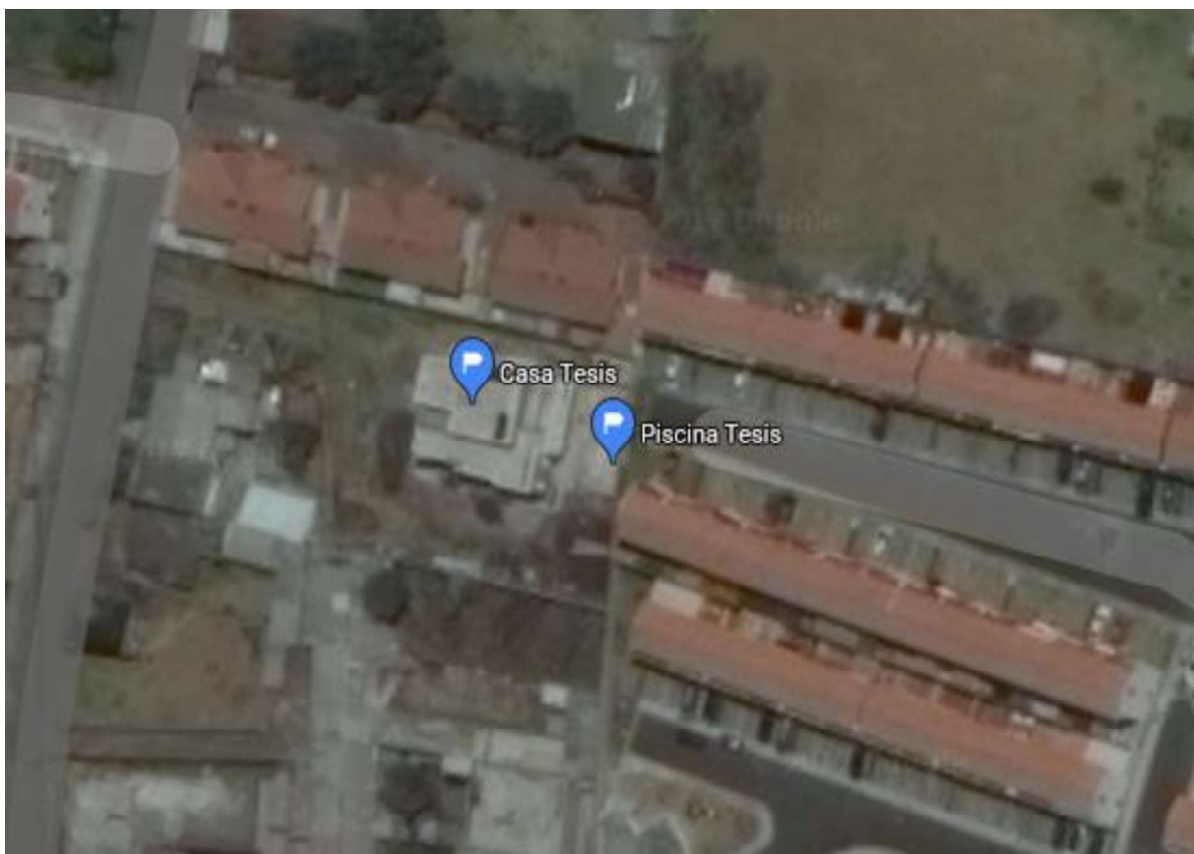


Figura 3.2. Ubicación del domicilio

Fuente: Google Mapas

3.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS GENERALES EN LA ZONA

Las características climatológicas que presenta Sangolquí se realizaron en base a los valores obtenidos en la página web del Gobierno Municipal de Rumiñahui durante el año 2016, siendo estos los datos más recientes.

3.2.1 TEMPERATURA MENSUAL

Tabla 3.1. Temperatura mensual 2016

PROMEDIO MENSUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Máxima diaria	25	20.8	25.7	25.4	25.3	24.9	25.9	25.8	26	26.1	25.1	25.1	25.1
Diario promedio	16.4	16.6	16.9	16.7	16.4	16.3	15.9	16.1	16.2	16.1	16.6	16.1	16.4
Mínima diaria	6.9	4.5	6.8	7.1	6.9	6.2	4.2	4.8	4.9	5.2	6	6.1	5.8

Fuente: Cantón Rumiñahui – Gobierno de Pichincha (2016).

3.2.2 PRECIPITACIONES

Tabla 3.2. Precipitación mensual 2016

PROMEDIO MENSUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Precipitaciones(mm)	81.8	56.3	138.2	112.4	99.3	42.4	17.4	22.5	58	119.6	139.8	86.8	81.2

Fuente: Cantón Rumiñahui – Gobierno de Pichincha (2016).

3.2.3 VIENTOS

Tabla 3.3. Intensidad y dirección de vientos 2016

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Velocidad máxima m/s	14	12	12	12	14	16	18	18	20	12	8	14	14.2
Velocidad mínima m/s	6	8	8	8	8	4	12	14	10	6	4	4	7.7
Velocidad promedio m/s	10	10	10	10	11	10	15	16	15	9	6	9	10.95
Dirección promedio	E	E	SE	S	SE	E	SE	SE	SE	N	N	N	SE

Fuente: Cantón Rumiñahui – Gobierno de Pichincha (2016).

3.2.4 HELIOFANÍA

Tabla 3.4. Heliofanía 2016

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Horas de sol	162.3	136.2	134.1	135.7	159.5	163.2	219.3	223.1	195	172.5	165.8	192.7	171.6

Fuente: Cantón Rumiñahui – Gobierno de Pichincha (2016).

3.2.5 RADIACIÓN

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Radiación solar diaria	4.14	4.35	4.55	4.33	4.12	4.02	4.27	4.46	4.27	4.24	4.30	3.98	4.25

Fuente: Software RETSCREEN 4

3.3. BALANCE ENERGÉTICO

Dentro de la instalación se debe definir las pérdidas que se producen en el interior y exterior de la piscina sin cubierta alguna, por tanto, se muestran los valores a considerar en el diseño de todos los elementos que conforman la instalación. (Noguera S, J. 2011).

En el esquema básico a continuación mostrado se encuentran gráficamente representado el vaso de la piscina de 96 m^3 con las variables que intervienen en el balance energético, así como también sus medidas.

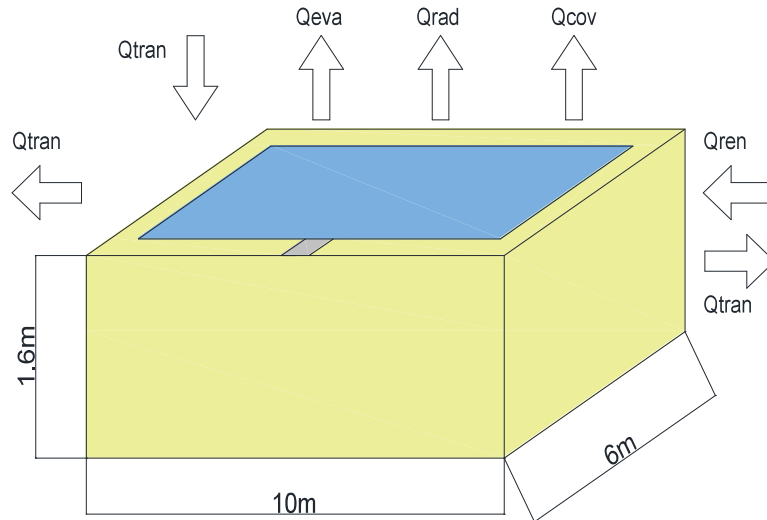


Figura 3.3. Balance energético en la piscina
Fuente: Fuente propia

3.3.1 PÉRDIDAS POR RADIACIÓN

En este caso se utiliza la Constante de Stefan – Boltzmann y se toma como valor de emisividad del agua a 0,95; siendo este el mayor valor de los componentes constructivos de la piscina.

Tabla 3.5. Coeficientes de emisividad del Agua

Material	Temperatura (°C)	Emisividad
Agua	10 – 50	0,95

Fuente: Noguera Sebastián, J, 2011

$$Q_{rad} = S * E_a * \delta * (T_{rec}^4 - T_{pis}^4) \quad [4]$$

Ecuación 3-1. Pérdidas por radiación

Dónde:

S = Superficie de la piscina en m^2

E_a = Emisividad del material

δ = Constante de Stefan – Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

T_{rec} = Temperatura requerida

T_{pis} = Temperatura del agua

$$Q_{\text{rad}} = 60 \text{ m}^2 * 0,95 * 5,67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4} * (303,15^4 - 285,15^4) \text{K}^4 = 5,93 \text{ KW}$$

3.3.2 PÉRDIDAS POR EVAPORACIÓN

Representa la evaporación de agua por hora durante un día sobre la superficie de la piscina haciendo que esta baje su temperatura, las pérdidas se determinan con la siguiente ecuación:

$$P_e = V_r * D * C_e * (T_{\text{req}} - T_{\text{pis}}) * \frac{1}{24} \quad [4]$$

Ecuación 3-2. Pérdidas por evaporación

Dónde:

D = Densidad del agua Kg/m^3

C_e = Calor específico del agua $\text{Wh/Kg } ^\circ\text{C}$

T_{req} = Temperatura requerida

T_{pis} = Temperatura del agua

V = Volumen de piscina m^3

$$P_e = 96 \text{ m}^3 * 1000 \text{ Kg/m}^3 * 1,16 \text{ Wh/Kg } ^\circ\text{C} * (30 - 12) ^\circ\text{C} * \frac{1}{24} \text{ h}$$

$$P_e = 83,52 \text{ KW}$$

3.3.3 PÉRDIDAS POR CONVECCIÓN

Se refiere al intercambio de calor del agua de la piscina y el aire por diferencia de temperaturas, se utiliza la siguiente fórmula empírica con una constante igual a 0,6246 determinar estas pérdidas.

$$Q_{cov} = S * 0,6246 * (T_{aire} - T_{req})^{4/3} \quad [4]$$

Ecuación 3-3. Pérdidas por convección

Dónde:

S = Superficie de la piscina en m²

T_{req} = Temperatura requerida

T_{aire} = Temperatura del aire

$$Q_{cov} = 60 \text{ m}^2 * 0,6246 \frac{W}{\text{°C m}^2} * (12 - 30)^{\frac{4}{3}} \text{ °C}$$

$$Q_{cov} = 1,77 \text{ KW}$$

Las pérdidas por convección son pequeñas, por este motivo y al igual que en el caso de las pérdidas por radiación pueden tener una ganancia en lugar de pérdidas, es decir, que en los días soleados en lugar de pérdidas se obtendrá ganancias por ser una piscina externa y sin cubierta.

3.3.4 PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN

Las pérdidas por transmisión dependen de la construcción y materiales de la piscina y del coeficiente de transmisión térmica del material utilizado.

Tabla 3.6. Conductividad Térmica del Hormigón

Material	Densidad aparente (Kg/m ³)	Conductividad térmica(W/m°C)
Hormigón armado	2400	1,63
Arcilla	2100	0,93

Fuente: Noguera, S, J. (2011)

El cálculo se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$Q_{trans} = S * C_t * (T_{req} - T_{ex}) \quad [4]$$

Ecuación 3-4. Pérdidas por transmisión

Dónde:

S = Superficie vaso de la piscina 60 m²

C_t = Coeficiente de transmisión (azulejos y base de hormigón)

T_{req} = Temperatura requerida

T_{ex} = Temperatura exterior

$$Q_{trans} = 60 \text{ m}^2 * 1,63 \text{ W/m}^2\text{°C} * (30 - 12)\text{°C}$$

$$Q_{trans} = 1,76 \text{ KW}$$

3.3.5 PÉRDIDAS POR RENOVACIÓN DEL VASO DE AGUA

De acuerdo a la Norma Hidrosanitaria NHE Agua (NEC-11) establece que en piscinas la dotación de agua debe ser de 15 – 30 (L/m² área útil/día) mientras que el Código de Construcción Español, sugiere la renovación del agua en piscinas residenciales por razones higiénicas de un 5% del volumen del vaso al día, por tanto, se escoge la segunda opción por razones de reducción de consumo de agua.

$$Q_{ren} = V_{ren} * \delta a * C_e * (T_{req} - T_{pis}) \quad [4]$$

Ecuación 3-5. Pérdidas por renovación del vaso de agua

Dónde:

V_{ren} = 5 % del volumen del vaso en m³

δa = Densidad del agua

C_e = Calor específico del agua en Wh/Kg °C

T_{req} = Temperatura requerida

T_{pis} = Temperatura agua

$$Q_{ren} = 4,8 \text{ m}^3 * 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1,16 \frac{\text{Wh}}{\text{Kg } \text{°C}} * (30 - 12)\text{°C}$$

$$Q_{ren} = 83,52 \text{ KWh}$$

$$Q_{ren \times dia} = 83,52 \text{ KWh} * \frac{1}{24} h =$$

$$Q_{ren \times dia} = 4,18 \text{ KW}$$

3.3.6 POTENCIA PUESTA EN MARCHA

Para calcular la potencia de puesta en marcha del sistema, se toma un tiempo de 3 días (72 horas), se considera este tiempo por recomendaciones en diferentes textos puesto que esta energía se va a utilizar al inicio del funcionamiento y cuando se realice el cambio de agua.

$$Q_{pm} = \frac{V * \delta a * Ce * (T_{req} - T_{pis})}{t} \quad [4]$$

Ecuación 3-6. Potencia necesaria para puesta en marcha

Dónde:

V = Volumen de la piscina en m^3

δa = Densidad del agua

Ce = Calor específico del agua en $Wh/Kg \text{ } ^\circ C$

T_{req} = Temperatura requerida

T_{pis} = Temperatura del agua

t = Tiempo de arranque de la piscina en horas

Q_{pm} = Potencia necesaria para el primer encendido del sistema

$$Q_{pm} = \frac{96m^3 * 1000 Kg/m^3 * 1,16 Wh/Kg \text{ } ^\circ C * (30 \text{ } ^\circ C - 12 \text{ } ^\circ C)}{72 h}$$

$$Q_{pm} = 27.84 \text{ KW}$$

En la siguiente tabla, se presenta los valores energéticos que se necesitan para calentar y mantener caliente el agua de la piscina.

Tabla 3.7. Resumen consumo energético

TIPO	KWh
Energía primer calentamiento	2004,48
TIPO	KW
Pérdidas por radiación	5,93
Pérdidas por evaporación	83,52
Pérdidas por convección	1,77
Pérdidas por transmisión	1,76
Pérdidas por renovación	4,18
Puesta en marcha	27,84
TOTAL	125,00

Fuente: Fuente propia

En la siguiente Figura 3.4, se encuentran representados los valores del balance energético de manera gráfica para la piscina.

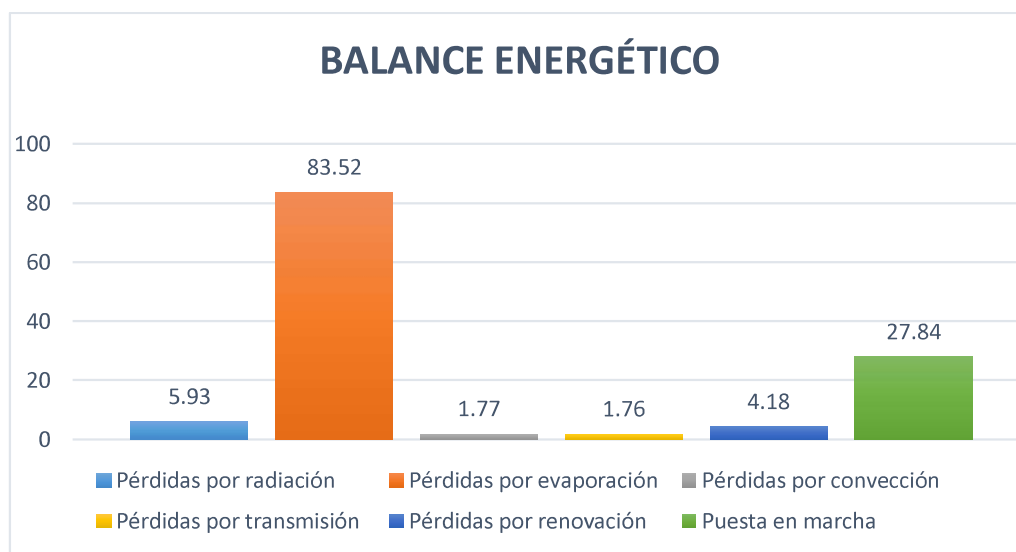


Figura 3.4. Gráfico de perdidas energéticas
Fuente: Fuente propia

3.3.7 CONVERSIÓN DE POTENCIA A ENERGÍA

De la Tabla 3.7. Resumen de consumo energético, se desprende por pérdidas un valor de 125,00 KW, el cual indica la potencia que requiere la piscina para permanecer caliente luego del primer calentamiento cuyo valor debe ser transformado a energía y ser

cuantificado en el análisis de costos, para obtener este valor se tomó como referencia un estimado de uso continuo de la piscina por 7 horas.

Por tanto, tenemos la siguiente conversión:

Datos:

$$P = 125 \text{ KW} = 125000 \text{ W}$$

$$H = 7 \text{ h}$$

$$E = 125000 \times 7 \text{ h} = 875000 \text{ Wh}$$

$$E = 875000 \text{ Wh} / (1 \text{ KWh} / 1000 \text{ Wh}) = 875 \text{ KWh}$$

Tabla 3.8. Gasto energético para mantener caliente la piscina

ÍTEM	ENERGÍA
Primer Calentamiento	2004,48 KWh
Mantener Caliente	875 KWh

Fuente: Fuente Propia

3.4. DIMENSIONAMIENTO DE COLECTORES

Para el cálculo de la cantidad de colectores se utilizará un software llamado RETScreen 4, el cual ha sido desarrollado por el Departamento de Recursos Naturales de Canadá con el apoyo del Fondo Global del Medio Ambiente y la NASA. (Natural Resources Canada, 2018).

RETScreen 4 es una herramienta de software de análisis de proyecto de energía limpia basada en Excel que ayuda a determinar de manera rápida y económica la viabilidad técnica y financiera de proyectos potenciales de energía renovable, eficiencia energética y cogeneración.

Funciones RETScreen

El software integrado en una hoja de Excel presenta varias funciones dentro de su programación, las principales dentro de su menú son las siguientes: ayuda, base de datos de productos, base de datos climatológicos, base de datos del proyecto, base de datos

de comparación, RETScreen Plus. A continuación, se presenta una descripción de las funciones antes mencionadas destacando los puntos más importantes. (Manual de Uso del Programa)

- Ayuda: Se encuentra de manera ordenada todas las especificaciones y funciones que contiene el software.
- Base de datos de producto: Muestra distintas opciones las cuales se dividen en sistema, tecnología y tipo. Por otra parte, muestra la información del fabricante, modelo e información variada de los equipos.
- Base de datos climatológicos: El software tiene la función de escoger el país, provincia y ubicación en la cual se va a instalar el sistema, dentro de sus funciones encontramos información referente a latitud, longitud, elevación, temperaturas, radiación, presión, etc.
- Base de datos de proyecto: Muestra en general los tipos en los cuales se pueden aplicar el software.
- Base de datos de comparación: Muestra los parámetros mundiales de consumo, unidades, tipo de instalación, etc.
- RETScreen Plus: Muestra un programa de gestión energética complementario a RETScreen 4, el cual cuenta con funciones de consumo de energía, consumo de combustible, consumo de agua, generación solar, tiempo entre los más importantes.

Una vez descritas las funciones principales de RETScreen 4, se ingresarán los datos en el programa para calcular la cantidad necesaria de colectores, el software a utilizarse es un software gratuito, cuenta con bases de datos de equipos actualizadas y datos climatológicos del mundo, está desarrollado para dimensionar diferentes tipos de sistemas utilizando energías renovables.

Para escoger el tipo de proyecto se deberá tener instalado el software RETScreen 4, en el cual se escogió la opción Generación de calor – Calentador solar de agua – Piscina exterior, esta opción se ajusta al requerimiento a climatizar.

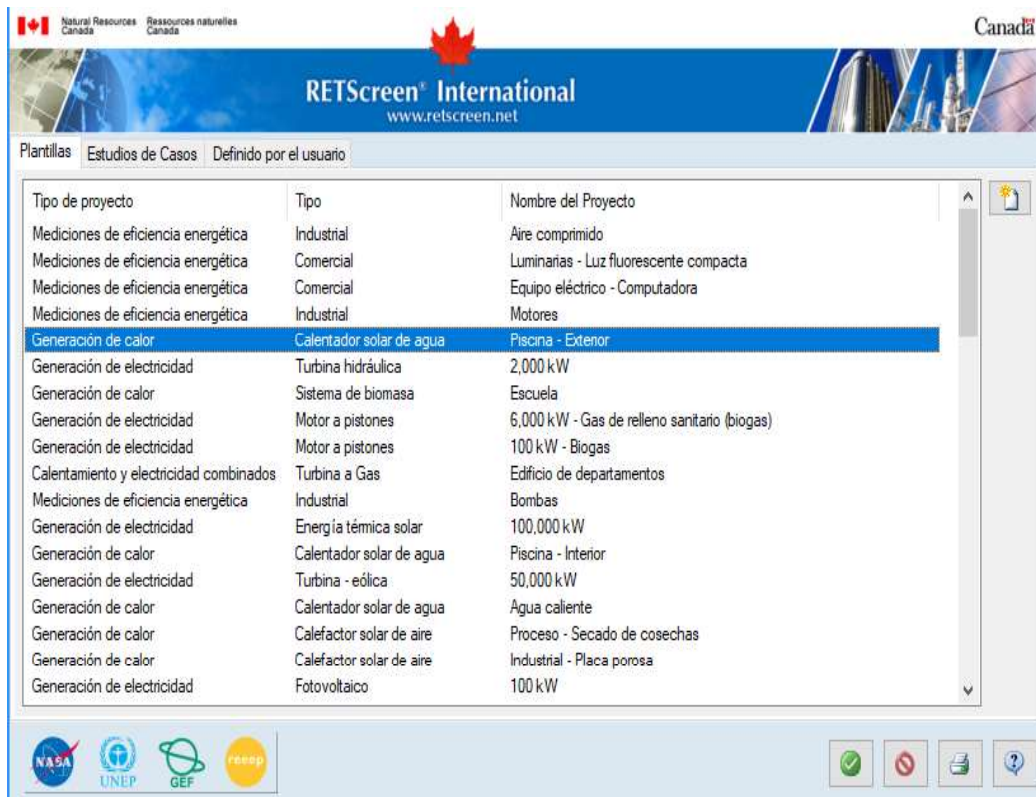


Figura 3.5. Opciones de proyecto RETSCREEN
Fuente: Software RETSCREEN4

Ubicación del proyecto

Se considera el país, región y ciudad donde se realizará la instalación, automáticamente se despliega la información de la base de datos del software, en la cual se pueden cambiar los datos proporcionados por el programa. Por ello, se cambió los datos de temperatura y se colocó datos más precisos de la temperatura en Sangolquí.

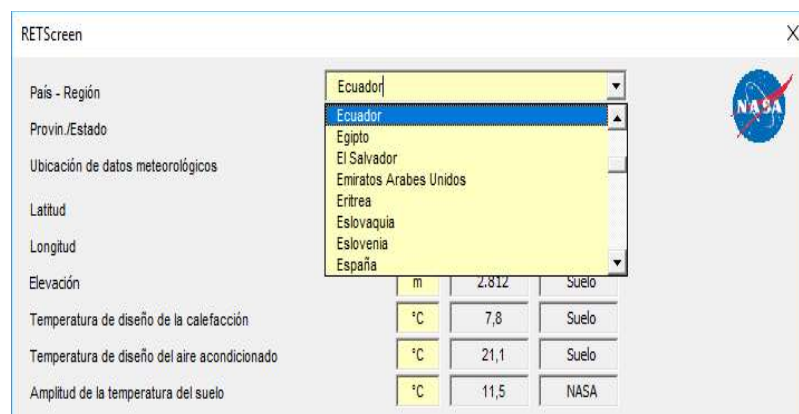


Figura 3.6. Selección del país de instalación del sistema solar térmico
Fuente: Software RETSCREEN4

Introducción de datos meteorológicos

Básicamente se utiliza la información recolectada en la primera fase del desarrollo del proyecto, se introducen los valores mensuales de temperatura requerida, ubicación (coordenadas) y elevación del proyecto y velocidad del viento.

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Ubicación del Proyecto
Latitud	°N	-0,3	-0,3
Longitud	°E	-78,4	-78,4
Elevación	m	2.500	2.500
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	30,0	

Figura 3.7. Datos meteorológicos del domicilio

Fuente: Software RETSCREEN4

Los datos de radiación, presión atmosférica, humedad, temperaturas, se generan automáticamente de la base de datos del programa por medio de información obtenida de la Nasa.

Mes	Temperatura del aire °C	Humedad relativa %	Radiación solar		Presión atmosférica kPa	Velocidad del Viento m/s	Temperatura del suelo °C	Días-grado de calentamiento °C-d	Días-grado de enfriamiento °C-d
			diaria - horizontal kWh/m²/d						
Enero	13,8	77,3%	4,14		83,3	2,1	19,2	130	118
Febrero	14,0	76,9%	4,35		83,3	2,0	19,2	112	112
Marzo	13,9	77,4%	4,55		83,3	1,8	19,8	127	121
Abril	13,9	79,2%	4,33		83,4	1,8	19,8	123	117
Mayo	14,0	77,0%	4,12		83,4	1,9	19,8	124	124
Junio	14,1	68,5%	4,02		83,5	2,4	19,2	117	123
Julio	13,9	62,8%	4,27		83,5	2,8	19,9	127	121
Agosto	14,3	59,9%	4,46		83,5	3,0	21,8	115	133
Setiembre	13,9	68,3%	4,27		83,4	2,4	22,9	123	117
Octubre	13,7	74,6%	4,24		83,4	2,0	23,2	133	115
Noviembre	13,6	76,5%	4,30		83,3	1,9	21,3	132	108
Diciembre	13,6	78,2%	3,98		83,3	2,0	19,6	136	112
Anual	13,9	73,0%	4,25		83,4	2,2	20,5	1.500	1.420
Medido a	m					10,0	0,0		

Figura 3.8. Datos generales de radiación y presión

Fuente: Software RETSCREEN4

Aplicación de software

En este ítem se utilizan los datos pertenecientes a RETSCREEN 4 que utiliza como base de cálculo el método F- Chart o también conocido como método de las curvas f, siendo el proyecto calentamiento de la piscina de baja temperatura, este método permite estimar el

desempeño a largo plazo del sistema además de ser el más utilizado para prestaciones de este tipo.



Figura 3.9. Selección de aplicación del software
Fuente: Software RETSCREEN4

Ingreso de datos

En el programa se encuentra una función encargada de recibir datos específicos para los distintos casos de climatización, para este caso específico se tiene las dimensiones de largo = 10 m y ancho = 6 m, resultando un total de 60 m² de área, un total de 12 horas de sol por día y una temperatura nominal de 30 °C para el agua de la piscina. El agua de reemplazo se considera un 5 % debido a las pérdidas que se generan en la utilización de la piscina. La temporada de uso se considera un 50% (descubierta) debido a que se va a utilizar una manta térmica. Sombreado solar se estima en un 50% debido a la variación que existe en las horas de sol en donde se encuentra ubicado el domicilio.

	Unidad	Caso base
Tipo		Exterior
Área	m ²	60,0
Uso de cubierta	h/d	12,0
Temperatura	°C	30,0
Agua de reemplazo	%/sem	5%
Protección contra vientos - temporada de uso	%	50%
Sombreado solar - temporada de uso	%	50%

Figura 3.10. Datos básicos de dimensionamiento
Fuente: Software RETSCREEN4

Porcentaje de ocupación

Se refiere al tiempo de uso por parte de los bañistas en la piscina transformado a porcentaje durante todos los meses del año, para lograr este resultado se tomó como referencia el tipo de uso de la piscina como residencial, en donde se consideró el uso de jueves a domingo de todas las semanas del mes representando el 50 % de ocupación de la piscina.

Mes	
Enero	50%
Febrero	50%
Marzo	50%
Abril	50%
Mayo	50%
Junio	50%
Julio	50%
Agosto	50%
Setiembre	50%
Octubre	50%
Noviembre	50%
Diciembre	50%

Figura 3.11. Porcentaje de ocupación mensual
Fuente: Software RETSCREEN4

Número de colectores a utilizarse

Para seleccionar la cantidad de colectores, se requiere conocer las características generales del colector previsto a utilizarse, en este caso los datos importantes, se refieren al área de captación, coeficientes y curvas de rendimiento. El colector escogido será Heliocol HC-40, estos colectores deben ser capaces de suministrar la cantidad de calor perdido que se genera en el uso de la piscina. El coeficiente Tau, se tomará de acuerdo a la base de datos del sistema RETSCREEN4.

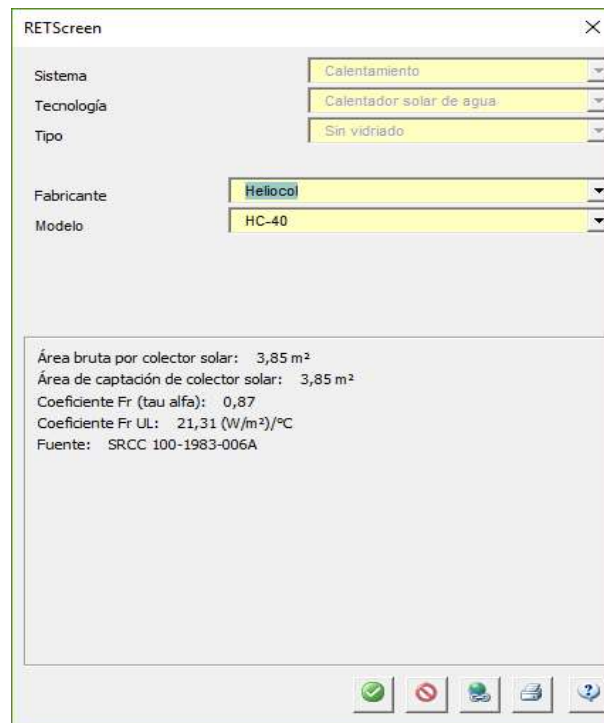


Figura 3.12. Selección del colector
Fuente: Software RETSCREEN4

Calentador solar de agua

Tipo
Fabricante
Modelo
Área bruta por colector solar
Área de captación de colector solar
Coeficiente Fr (tau alfa)
Corrección eólica para Fr (tau alfa)
Coeficiente Fr UL
Corrección eólica para Fr UL
Número de colectores

Sin vidriado	
Heliocol	
HC-40	
m ²	3,85
m ²	3,85
	0,83
s/m	
(W/m ²)/°C	18,52
(J/m ³)/°C	
	16

Figura 3.13. Cantidad de colectores solares

Fuente: Software RETSCREEN4

En los gráficos a continuación, se muestra el tipo y forma de colector que se utilizará en la instalación del sistema solar de calentamiento, así la ecuación y curva de rendimiento de este.

Ecuación de rendimiento del colector

Esta ecuación fue proporcionada por el fabricante en el catálogo del equipo en donde F_r representa el factor óptico o ganancia del colector solar y $F_r U_L$ representa el valor de pérdidas del colector.

$$n = 0,8 - \frac{18,52 * \Delta T}{I} \quad \text{[ANEXO D]}$$

Fuente: Catálogo del colector

Dónde:

$F_r = 0,83$ (Factor de eficiencia óptica del colector)

$F_r U_L = 18,52$ (Coeficiente global de pérdidas del colector)

ΔT = Variación de temperatura

I = Irradiancia

El valor de la Irradiancia se tomó del atlas solar de Ecuador, para establecer la variación de temperatura para obtener la eficiencia del colector se tomó el valor de 18 grados Celsius, siendo este valor de variación requerido.

$$\eta = 0,83 - \frac{18,52 * (30 - 12)}{5074}$$

$$\eta = 0,83 - 0,0657 = 0,7643$$

$$\eta = 0,7643 \times 100 = 76,43 \%$$

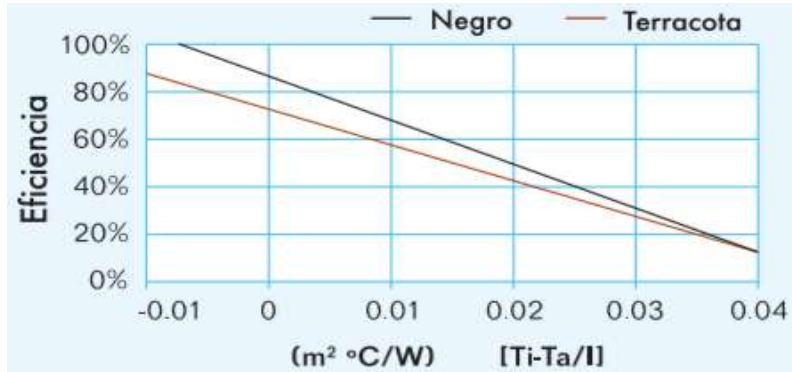


Figura 3.14. Gráfico de eficiencia del colector solar HC-40
Fuente: Catálogo colector solar.



Figura 3.15. Captador Solar Heliocol HC – 40
Fuente: Catálogo colector solar

Parámetros generales

Los colectores solares Heliocol HC-40 en la actualidad son los más avanzados para piscinas en el mercado ecuatoriano, en la Tabla 3.9 se resume los aspectos más importantes que brinda este tipo de colector.

Tabla 3.9. Parámetros generales panel solar Heliocol HC-40

TIPO DE COLECTOR	UNIDAD	HC – 40
Largo	m	3,23
Ancho	m	1,2
Superficie	m^2	3,85
Peso “seco”	Kg	8,5
Capacidad	Lt	11,7
Peso “Húmedo”	Kg	20,5
No. De espaciadores	#	10
Peso de área llena	Kg / m^2	5,3
Rec. Velocidad de flujo	Lt / h	900
Costo por metro cuadrado	\$	72,73

Fuente: Catálogo del equipo

Diagramas generales de conexión de colectores

Existen varias formas de conectar paneles solares, dentro de las más importantes tenemos a continuación las siguientes:

Conexión en serie: Son utilizados en sistemas que requieren alta temperatura, menos eficiencia y manejan caudales bajos de operación. (Martínez, P, R, 2009).

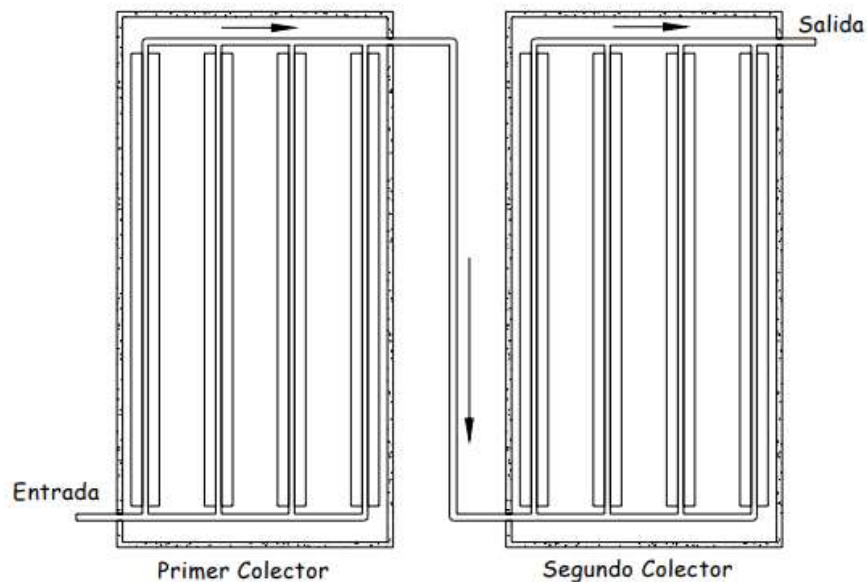


Figura 3.16. Arreglo de colectores en serie

Fuente: (Martínez, P, R, 2009)

Conexión en paralelo: Son utilizados en sistemas que requieren baja temperatura, mayor eficiencia y manejan caudales altos de operación. (Martínez, P, R, 2009).

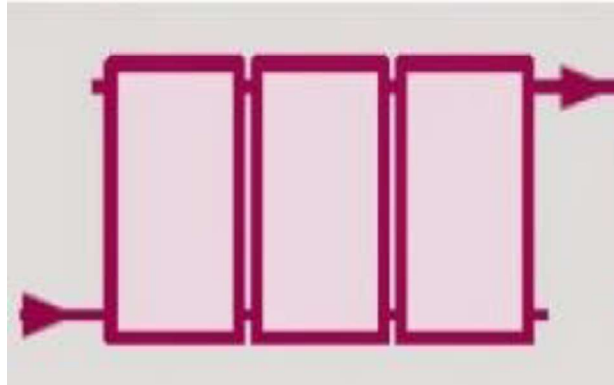


Figura 3.17. Arreglo de colectores en paralelo
Fuente: Peñalvera, H, J, T. (2015)

Colectores serie – paralelo: Esta configuración se utiliza en sistemas donde se requiera manejar caudales altos y mejorar la eficiencia del sistema, esto genera una ganancia de temperatura mayor que las configuraciones en serie y en paralelo. (Martínez, P. R, 2009).

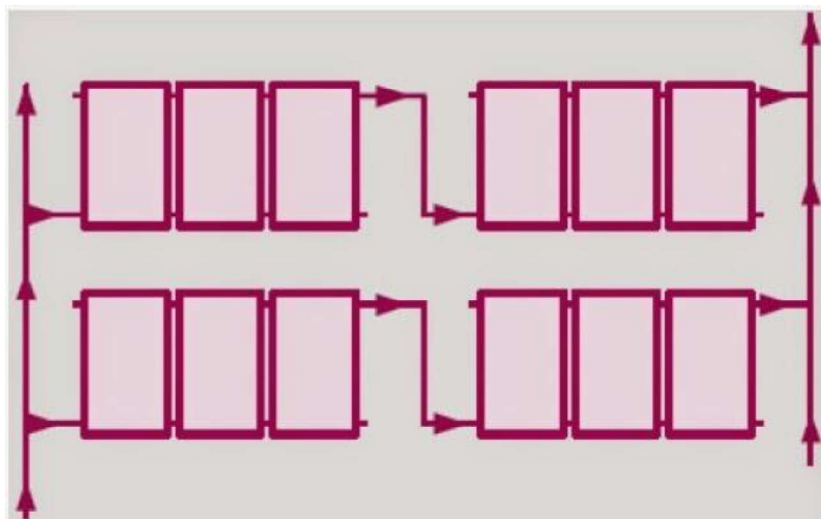


Figura 3.18. Arreglo de colectores en serie – paralelo
Fuente: Peñalvera, H, J, T. (2015)

La configuración elegida para el sistema de calentamiento solar por medio de paneles solares será la comprendida entre serie y paralelo, debido a que ofrece un equilibrio térmico, posee mayor eficiencia y recibe mayor caudal.

3.5. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS, FILTRO Y SKIMMER

Caudal en Tubería

Para escoger el caudal adecuado en la tubería, el cálculo se realizó tomando el valor del volumen de la piscina (10m x 6m x 1.6m) y dividiéndolo para el número de horas en las cuales se estima el funcionamiento de recirculación del sistema. (Fox, R. W, 1995)

Datos:

$$V = 96 \text{ m}^3$$

$$N = 7 \text{ h}$$

$$Q = \frac{V}{N} \quad [7]$$

Ecuación 3-7. Caudal en tubería

Dónde:

V = Volumen en m^3

N = Número de horas (h)

$$Q = \frac{96 \text{ m}^3}{7 \text{ h}} = 13,71 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Pérdida de carga en tubería

Se realizó el cálculo de la pérdida lineal de carga por fricción utilizando la ecuación de Hazen – William. Esta ecuación ha sido seleccionada particularmente porque permite dimensionar tuberías circulares que trabajan a presión y asocia el coeficiente de rugosidad de la tubería. (Aguilera, B, J, S. 2011).

$$h_L = \frac{10,665 * Q^{1,85}}{C_{HW}^{1,852}} * \frac{L}{D^{4,8705}} \quad [7]$$

Ecuación 3-8. Pérdida de carga en tubería

Dónde:

h_L = Pérdida de carga lineal (m.c.a)

C_{HW} = Coeficiente de Hazen – William = 150 (PVC)

L = Longitud del tramo (m)

D = Diámetro del tramo en (m)

Q = Caudal en m^3/s

Tabla 3.10. Pérdida de carga lineal

PERDIDA DE CARGA LINEAL					
Tramo	Caudal total	D int	L	CHW	H
	m3/s	M			
C1	0,0038	0,04	4	150	0,812343746
C2	0,0038	0,04	6	150	1,218515618
C3	0,0038	0,04	7	150	1,421601555
TOTAL					3,452460919

Fuente: Fuente propia

Pérdida de carga en accesorios y derivaciones

Para determinar las pérdidas en los accesorios del circuito, se utilizará la siguiente expresión. (Fox, R. W, 1995)

$$(h_L)_a = k * \frac{V^{1,85}}{2g} \quad [7]$$

Ecuación 3-9. Pérdida de carga en derivaciones

Dónde:

$(h_L)_a$ = Pérdida de carga en accesorios (m.c.a)

k = Coeficiente adimensional de cada accesorio

V = Velocidad del fluido en (m/s)

g = Gravedad (9,8 m/s)

El coeficiente K es adimensional y depende de la forma y la velocidad en el interior de la tubería, con esta consideración a continuación, se muestra una tabla con los valores de K en los accesorios más comunes.

Tabla 3.11. Tabla de coeficiente K para accesorios en tuberías

ACCESORIOS	K
Válvula esférica	10
Válvula de ángulo recto	5
Válvula de seguridad	2,5
Válvula de retención	2
“Te”	1,80
Codo a 90° de radio normal	0,75
Codo a 45° de radio normal	0,40
Codo a 45° de radio grande	0,35

Fuente: Aguilera, B, J, S. (2011).

A continuación, en la tabla 3.12. se muestra el resumen de la pérdida de carga en los accesorios y derivaciones del circuito principal y secundario

Tabla 3.12. Pérdida de carga en accesorios y derivaciones

Tramo	Caudal total	Velocidad	Tipo	Cantidad	K	H
	m3/s	m/s				
C1	0,0038	3	Codo 90°	9	0,75	2,628584984
C1	0,0038	3	Te	5	1,8	3,504779979
C2	0,0038	3	Codo 45°	4	0,4	0,623071996
C1	0,0038	3	Válvulas	5	0,2	0,389419998
					TOTAL	7,145856958

Fuente: Fuente Propia

C1: Comprende desde el fondo de la piscina pasa por la bomba de succión, el Bypass y sube hacia los colectores.



Figura 3.1. Conexiones en el cuarto de máquinas
Fuente: Fuente Propia

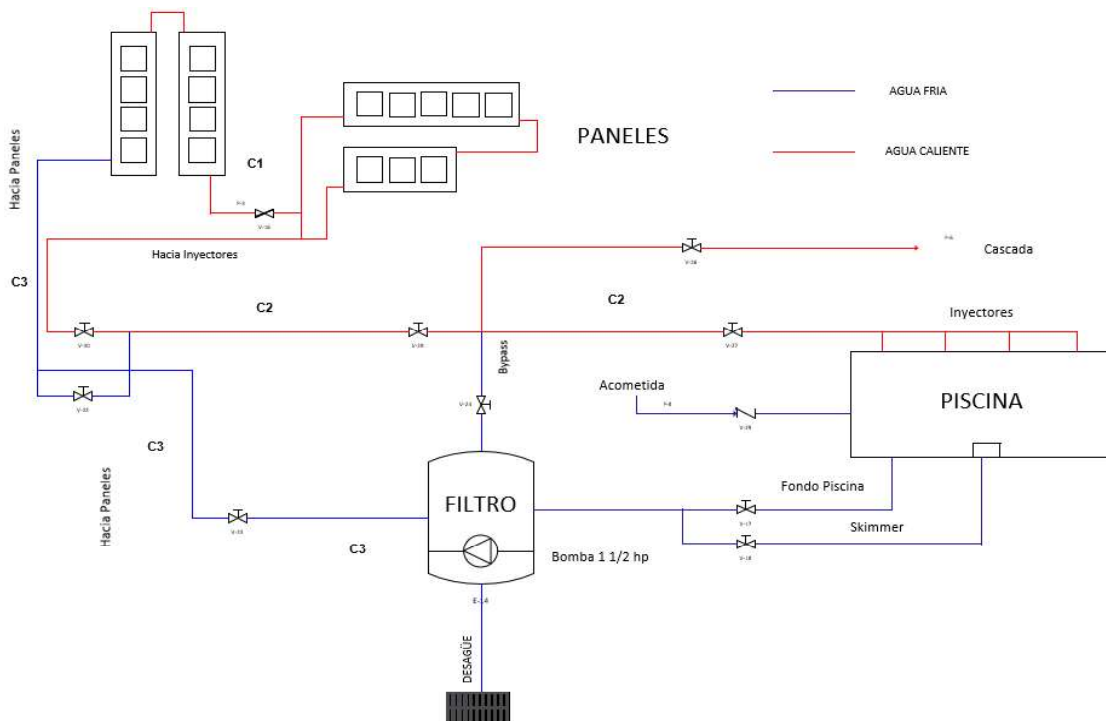


Figura 3.19. Tuberías del circuito primario del sistema de calentamiento
Fuente: Fuente propia

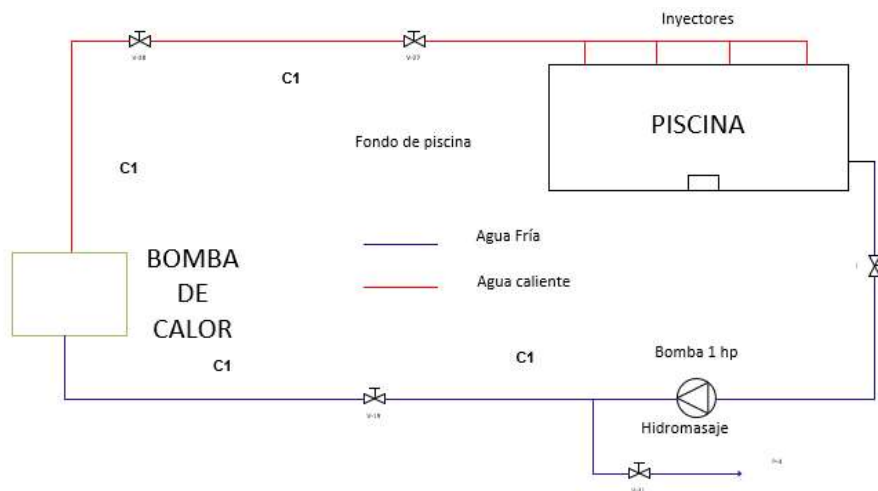


Figura 3.20. Tuberías del circuito secundario del sistema de calentamiento
Fuente: Fuente propia

El total de la pérdida de carga es igual a la suma algebraica de entre las pérdidas de carga lineal y pérdidas de carga en accesorios.

$$H_{Total} = H_{Lineal} + H_{Accesorios}$$

$$H_{Total} = 3,45 + 7,15 = 10,60 \text{ m.c.a}$$

Ecuación de Bernoulli

Para el dimensionado de tuberías, se utilizará el fundamento teórico del principio de Bernoulli que se muestra a continuación de manera simplificada. (Fox, R. W. 1995)

Datos tubería:

Volumen = 96 m^3

Q = 60 gal/min

V = 3 m/s

$$Q = V \times \pi \times r^2 \quad [8]$$

Ecuación 3-10. Aplicación de Bernoulli

Conversión (Q)

En el siguiente desarrollo se presenta la conversión de m^3/h a m^3/s para determinar el diámetro requerido de la tubería.

$$\left(13,71 \frac{m^3}{h} \middle| \frac{1 h}{3600}\right) = 0,0038083333 m^3/s$$

$$0,0038083333 m^3/s = V \times \pi \times r^2$$

$$0,00378541 m^3/s = (3 m/s) \times (\pi) \times (r^2)$$

$$r = \sqrt{\frac{0,00378541 m^3/s}{(3 m/s) \times (\pi)}}$$

$$r = \sqrt{0,0004016444754}$$

$$r = 0,020 m \approx 20,00 mm$$

$$\varnothing = 40,00 mm \approx 1\frac{1}{2}'' = 48,00 mm$$

En consecuencia, al no poseer el diámetro requerido de 40,00 mm en tuberías de PVC a presión, se escoge el inmediato superior que corresponde a 48,00 mm o a su vez su equivalente 1½ pulgadas, con la finalidad de eliminar posibles sobre presiones dentro del sistema de tuberías.

Dimensionado del diámetro del filtro

Para el dimensionado del filtro básicamente se utilizará en el caudal de recirculación calculado con los datos de volumen y tiempo (número de horas que se ha estimado de operación de la piscina), finalmente la velocidad de filtración se escogió en base a trabajos realizados con rangos especificados para filtros en Ecuador. (Grillo, M. 2012)

Datos filtro:

$$V = 96 m^3$$

$$T = 7 h$$

$$VF = 40 m^3/h/m^2$$

$$Q = 13,71 m^3/h$$

Superficie de filtración

$$SF = \frac{Q}{VF} \quad [9]$$

Ecuación 3-11. Dimensionado del diámetro del filtro

Q = Caudal (m^3/h)

V = Volumen de la piscina (m^3)

T = Tiempo de recirculación (h)

VF = Velocidad de filtración ($m^3/h/m^2$)

SF = superficie de filtración (m^2)

$$SF = \frac{13,71 m^3/h}{40 m^3/h/m^2} = 0,343 m^2$$

Con esta consideración se realizó el pedido al distribuidor de un filtro de área $0,34 m^2$ de área, el cual, no se encontraba disponible y se adquirió el más próximo disponible de $0,58 m^2$ de área.

Dimensionado del desnatador (skimmer)

Para dimensionar el número de skimmers necesarios en la piscina deberemos tener los datos de caudales de la bomba y del skimmer.

Dónde:

n = Número de skimmers

Q = Caudal de la bomba (m^3/h)

Sk = Caudal recomendado del skimmer (m^3/h)

$$n = Q/Sk \quad [10]$$

Ecuación 3-12. Dimensionado del desnatador

$$n = \frac{13,67}{7,5} = 1,822666$$

En consecuencia, se tendría que adquirir 2 skimmers para la piscina, pero se filtrará de igual manera por el sumidero lo cual tiene una capacidad de $15 \text{ m}^3/h$, facilitando la aspiración y haciendo necesario instalar un solo skimmer para la piscina.

3.6. DIMENSIONAMIENTO DE BOMBAS

3.6.1 BOMBA CIRCUITO PRIMARIO

El circuito primario nace desde el fondo de la piscina pasando por la bomba de succión, filtro, colectores solares y finalmente los inyectores, de acuerdo con las investigaciones realizadas en la primera fase del proyecto, en el dimensionado de la bomba del circuito primario se tomará como referencia un caudal de 60 gal/min por ser la relación entre el volumen de agua y el tiempo de filtración que se requiere de 7 horas, 10 m.c.a y la potencia será seleccionada entre una de las alternativas por parte del fabricante, en donde se señalará los datos y se escogerá la bomba apropiada.

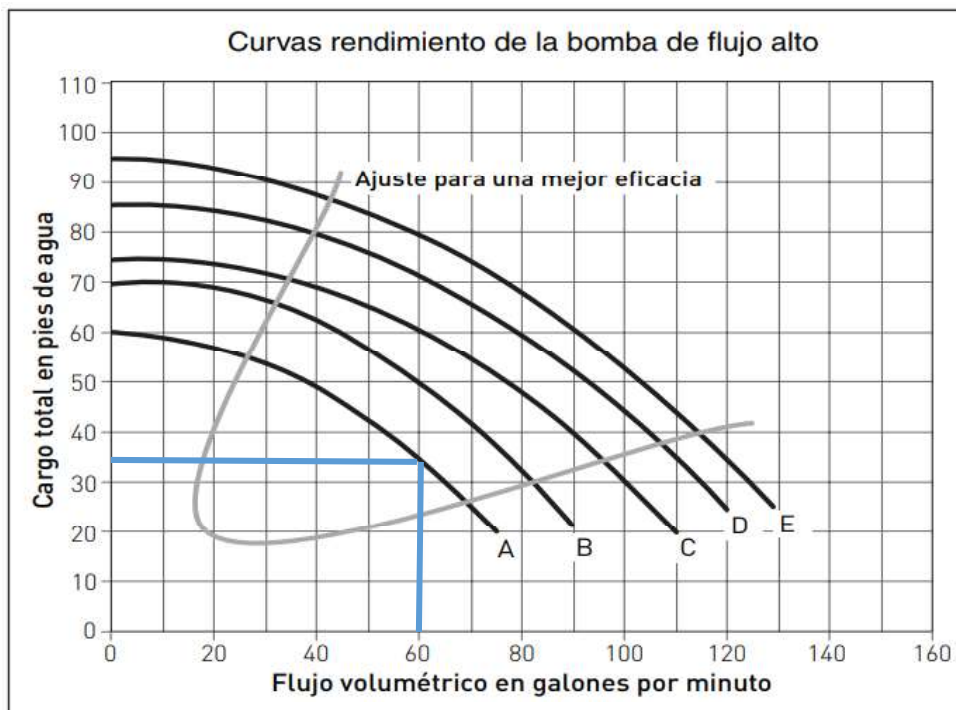


Figura 3.21. Curva de carga de Bomba Circuito Primario
Fuente: Catálogo del equipo

El resultado representado en el gráfico de la curva de rendimiento de la bomba sugiere la selección de la bomba del tipo A correspondiente a que la potencia a utilizarse puede oscilar entre 1 HP y 1,5 HP, se ha decidido adquirir una bomba que acompañará al filtro de 1,5 HP ya que las condiciones del filtro cambiaron en diámetro, esto ayudará a una buena recirculación de agua en la piscina.

3.6.2 BOMBA DE SUCCIÓN HACIA LA BOMBA DE CALOR

El circuito de recirculación secundario nace del fondo de la piscina pasando por la bomba de succión hacia la bomba de calor, esta bomba se utilizará para suministrar agua al hidromasaje que será instalado posteriormente. Para la selección de la bomba del circuito secundario, se tomará como referencia el mismo caudal que el del circuito primario es decir 60 gal/min y 10 m.c.a por motivo de crecimiento de la instalación hacia otros lugares del domicilio.

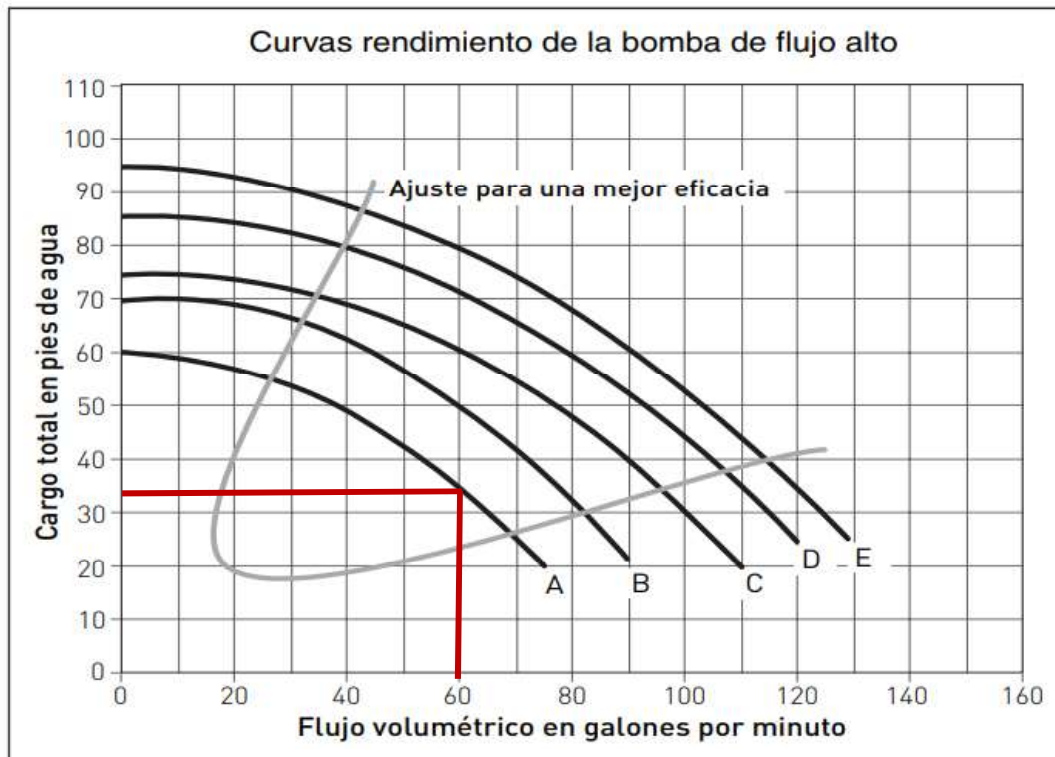


Figura 3.22. Curva de carga Circuito Secundario
Fuente: Catálogo del equipo

El resultado de la selección del circuito secundario, se tiene que la potencia a utilizarse para este caso es de 1 HP debido a que esta será destinada para aportar agua hacia el hidromasaje y la bomba de calor.

3.6.3 BOMBA DE CALOR

Para dimensionar la bomba de calor se utilizó como primer insumo la norma NTE INEN 2495:2012 (Eficiencia energética de acondicionadores de air din ductos) vigente del 30 de noviembre de 2012, la cual simplemente aporta con una definición de bomba de calor, por lo tanto, se hizo referencia al punto 3.3.4 “Sistema de Intercambio” de la sección HE 4 del documento básico del Código Técnico de la Edificación Español en el cual nos indica que la potencia mínima (P) de un intercambiador de calor debe ser igual a la siguiente expresión:

Potencia mínima bomba de calor

Para determinar la potencia de la bomba de calor se utilizará la siguiente fórmula:

$$P \geq 500 * A \quad [11]$$

Ecuación 3-13. Potencia bomba de calor

Dónde:

P = Potencia mínima

A = Superficie en m^2 de colectores

$$P \geq 500 * 48,35 = 24.175 W$$

$$P = 24,175 KW$$

La potencia necesaria de la bomba de calor para la piscina es de 24,17 KW, la disponibilidad de esta bomba está limitada por ello se utilizó una bomba de calor de 20 KW.

3.7. ELEMENTOS DE CONTROL

Dentro del sistema de control se resolvió adquirir un controlador digital con lógica de sucesos para el calentamiento de agua de la piscina, es decir, que contenga varias opciones de programación y variedad de funciones, esto se realizó con la finalidad de ahorrar energía eléctrica en el momento en el cual se utilice el sistema de apoyo o el

sistema permanezca de manera inactiva. Por esta razón, se escogió el controlador denominado Microsol BMP Advanced, el dispositivo es una excelente opción y que además cumple con los requerimientos y funciones necesarios para la instalación.



Figura 3.23. Controlador Microsol BMP Advanced
Fuente: Fuente propia

Dentro de las características propias que presenta el controlador se puede destacar las siguientes:

Tabla 3.13. Datos del controlador Microsol BMP Advanced

Microsol BMP Advanced	
Alimentación	230/115 VAC 50/60 Hz
Temperatura de Operación	0 – 40 °C
Humedad de operación	10 – 90 % sin condensación
Sensores	T1 colector solar, T2 Reservorio térmico, T3
Salida	Relé 16 A, 3500/1750 W a 230/115 VAC
Dimensiones	104 x 148 x 32 mm
Display	LCD 2.75 con Backlight
Sensor 1	SB59
Sensor 2	SB41
Sensor 3	SB41

Fuente: Catálogo Equipo

3.7.1 LÓGICA DE CONTROL

El equipo se resume en un termostato diferencial para controlar el sistema de calentamiento solar instalado, lo realiza mediante tres sensores y una programación establecida en el equipo, está diseñado para el uso específico de ambientes residenciales, el controlador posee funciones que evitan el súper calentamiento y el congelamiento de agua en el colector solar, su lógica está basada en la detección de la temperatura por medio de los sensores siendo comparadas con un patrón establecido por el usuario es capaz de apagar o encender la bomba de alimentación. A continuación, se muestra las características más importantes de los sensores que posee el equipo.

- Sensor 1: Es un sensor de temperatura con cable de silicona y cubierto con una cápsula de acero inoxidable que tiene una variabilidad en temperatura de operación de -50 °C a 200 °C.
- Sensor 2 y 3: Es un sensor del tipo NTC con cable de poliéster termoplástico y aislamiento individual, cuenta con una variabilidad de detección en su temperatura de -50 hasta +105°C.

3.7.2 MODOS DE FUNCIONAMIENTO

Cuenta con las opciones de mando automático, manual y apagado. Dentro del modo automático ofrece la posibilidad de ajustar el encendido y apagado del sistema por medio de eventos que pueden programarse en el equipo. El modo manual ofrece la posibilidad de mantener el sistema encendido sin tomar en cuenta las señales de los sensores. El modo apagado no realiza ninguna operación en el sistema.

3.7.3 MODO DE APOYO

Cuenta con las opciones de mando automático y manual. Dentro del modo automático ofrece la posibilidad de manejar el sensor 3 que se encuentra ubicado en la zona de los colectores, el cual proporciona la información de temperatura haciendo una comparación con la temperatura ingresada en el controlador y enciende el sistema de apoyo si es el caso. El modo manual permanece encendido de acuerdo a una función del controlador F13 que se puede establecer manualmente e indica el tiempo que permanecerá encendido el sistema de apoyo.

3.7.4 MODO VACACIONES

Esta opción permite apagar el sistema de apoyo en los días que no se utilizará la piscina, por ejemplo, vacaciones, feriados o tiempos en el cual los ocupantes se encuentren fuera de la residencia, es decir, solo realiza la recirculación del sistema principal por los colectores en los tiempos previstos en la agenda de eventos del controlador.

Otros parámetros: El controlador por medio de un código de funciones, permite visualizar distintos parámetros específicos como: diferenciales de temperaturas entre sensores, temperaturas de anti - congelamiento, Tiempos de accionamiento para los circuitos principal y de apoyo. (Fuente: Catálogo del Equipo)

3.8. INSTALACIÓN

Dentro de lo que conforma la instalación del sistema solar de calentamiento, se realizó en varias fases, las cuales se muestran a continuación detallando los pasos relevantes para cumplir el objetivo general del presente proyecto.

3.8.1 EXCAVACIÓN, OBRA GRIS DE LA PISCINA



Figura 3.24. Excavación y delimitación de piscina
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.25. Construcción y delimitación de cisterna
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.26. Construcción y delimitación del cuarto de máquinas
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.27. Fundición total de piscina

Fuente: Propia en domicilio

3.8.2 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS, FUNDICIÓN DE CUARTO DE MÁQUINAS, FILTRO, SKIMMER Y BOMBAS

Para la instalación de las tuberías dentro de la piscina se requirió una obra civil de bloques, además de un tejido de varillas corrugadas que soporten en parte las tuberías y servirán para posicionar el encofrado para colocar el hormigón. Al lado derecho (A), se realizó la conexión de las tuberías que en la piscina corresponden a los inyectores distribuidos equitativamente que suministrarán el agua para el llenado y agua caliente. Por el lado izquierdo se encuentra (B) que corresponde al sumidero de succión del agua por medio de la bomba del circuito principal hacia el filtro y los colectores solares, (C) corresponde al posicionamiento del skimmer con su respectiva tubería hacia la bomba principal de succión y filtro, (D) se instalaron tuberías extras debido a que la piscina cuenta con dos puntos de iluminación, (E) corresponde a una tubería soterrada que conecta hacia la casa de bombas que habilita la cascada del domicilio.

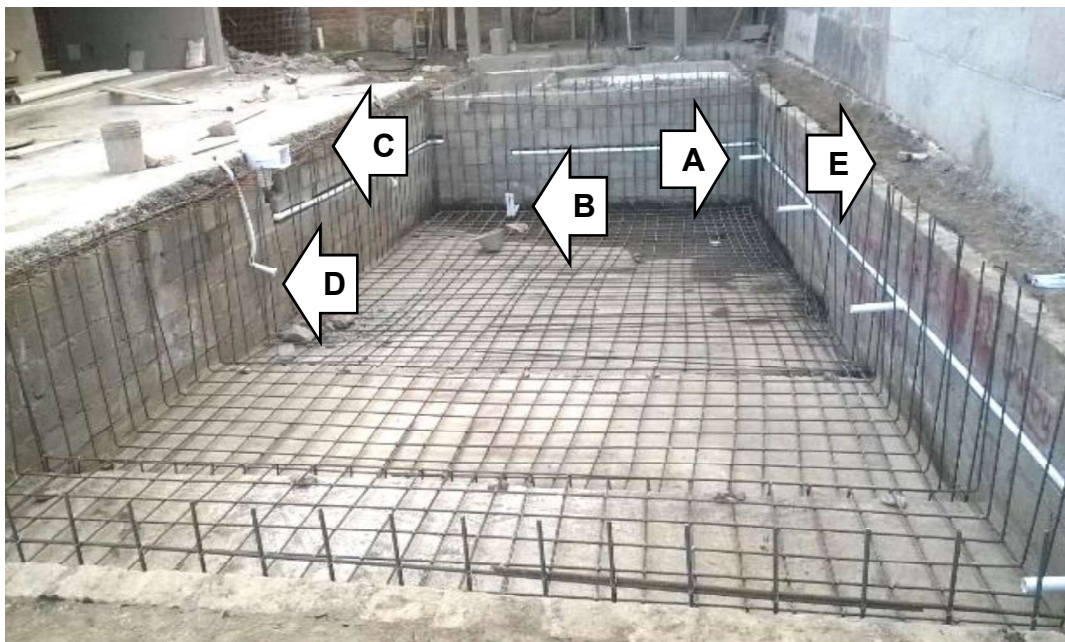


Figura 3.28. Instalación de tuberías y skimmer
Fuente: Propia en domicilio

En la siguiente figura se muestran las salidas de la tubería en el cuarto de máquinas, en el punto (A) se identifica como la tubería hacia los inyectores, en el punto (B) se identifica como la tubería del fondo de la piscina y finalmente (C) que identifica a la tubería del skimmer.

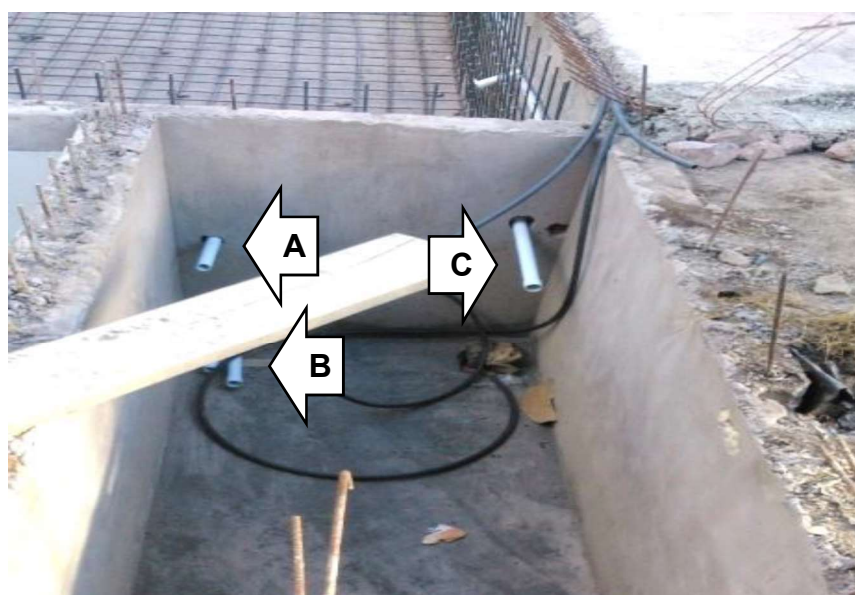


Figura 3.29. Instalación de tuberías primarias en el cuarto de máquinas
Fuente: Propia en domicilio

En esta figura el literal (A) muestra las tuberías que se dirigen a los paneles y al equipo de hidromasaje, en el literal (B) se refiere a la alimentación por medio de la acometida de agua pública para el llenado de la piscina (B).

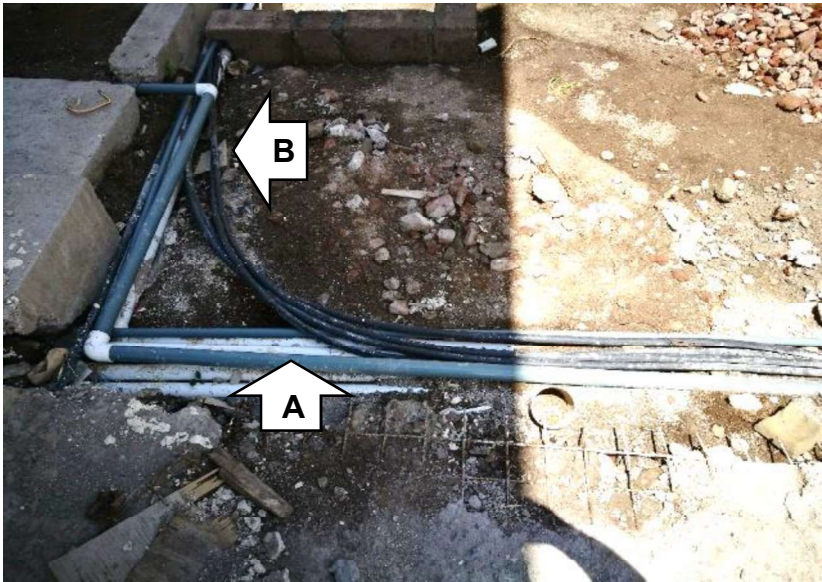


Figura 3.30. Instalación de tuberías hacia paneles solares, bomba de calor y red de alimentación
Fuente: Propia en domicilio

En la presente figura las tuberías se direccionan hacia los colectores solares ubicados en la terraza del domicilio.



Figura 3.31. Tubería hacia paneles solares
Fuente: Propia en domicilio

En las siguientes figuras se muestra la configuración final del sistema primario y secundario mostrando el filtro, tuberías y bombas.



Figura 3.32. Instalación de tuberías desde y hacia la piscina dentro del cuarto de máquinas
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.33. Instalación del filtro dentro del cuarto de máquinas
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.34. Manómetro e indicador de flujo del filtro
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.35. Mando de operación del filtro
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.36. Tubería 1 1/2 SCH – 40
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.37. Bomba marca Pentair 1/2 HP Circuito Primario
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.38. Bomba marca Pentair 1 HP Circuito Secundario
Fuente: Propia en domicilio

3.8.3 FUNDICIÓN DE PISCINA

En esta etapa se realizó el mallado, cadonado y encofrado para la fundición de las paredes y piso de la piscina, se construyó totalmente de hormigón para posteriormente continuar con el pegado de baldosas interiores y exteriores en la piscina.



Figura 3.39. Apuntalado previo a la fundición con hormigón
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.40. Pegado de baldosa en la base de hormigón
Fuente: Propia en domicilio

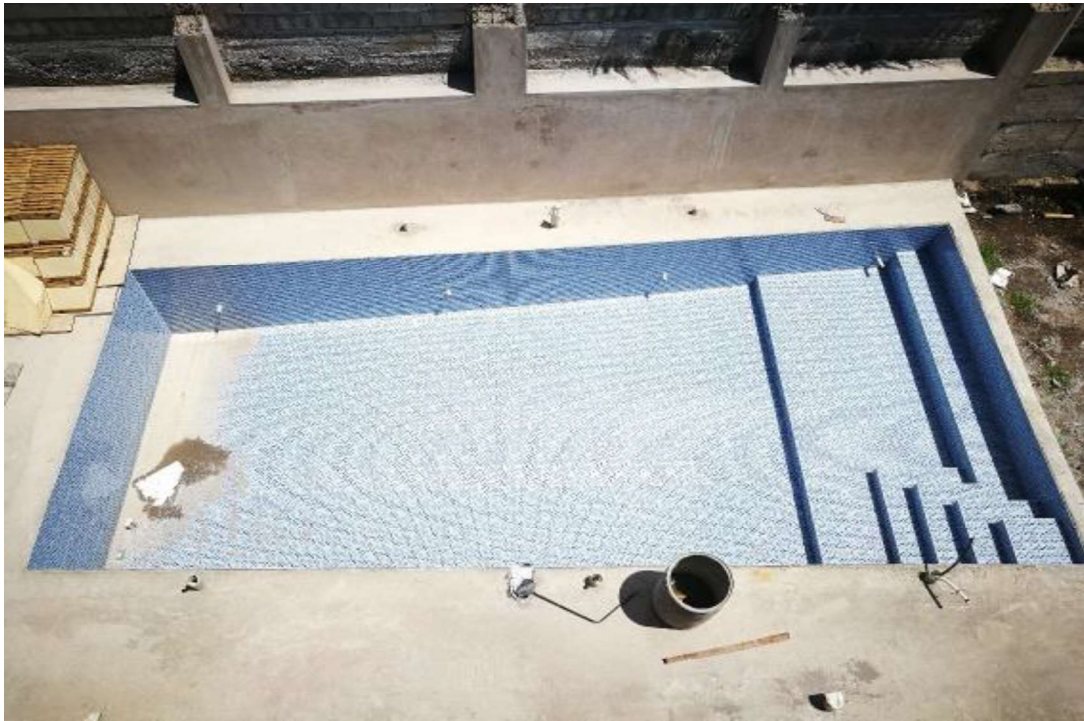


Figura 3.41. Finalización pegado baldosas al interior de piscina
Fuente: Propia en domicilio

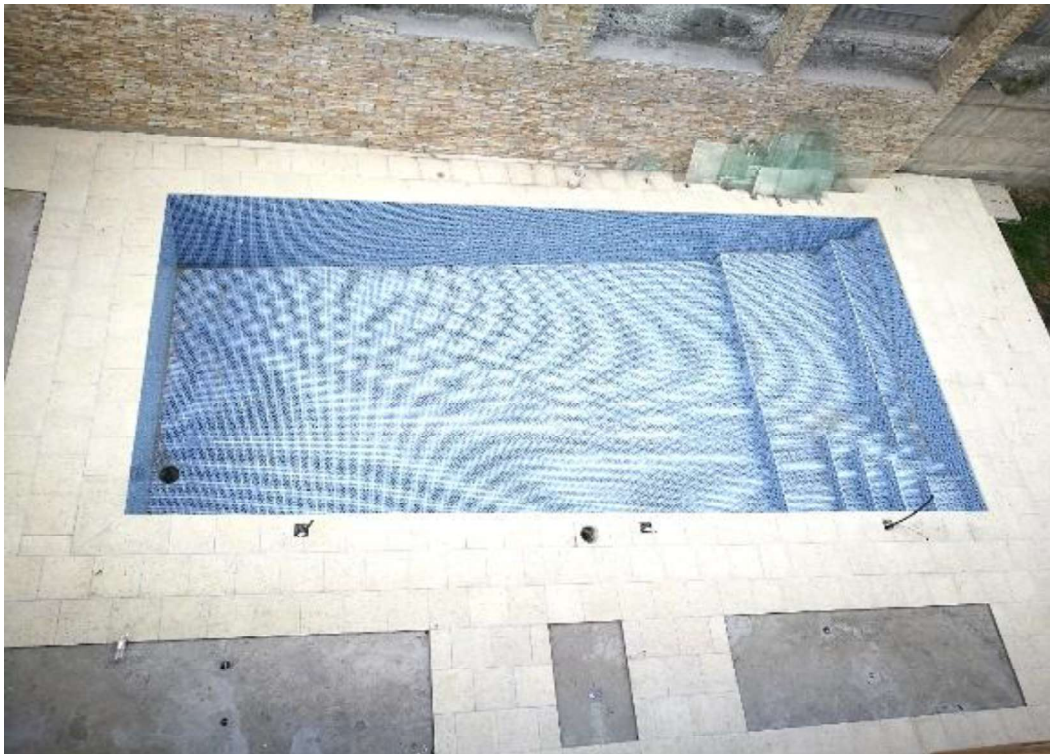


Figura 3.42. Instalación de baldosas exteriores
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.43. Instalación final de Skimmer
Fuente: Propia en domicilio

3.8.4 INSTALACIÓN DE COLECTORES SOLARES

Para la instalación de los colectores solares se dispuso un espacio físico de 80 m^2 correspondiente a la terraza del domicilio, se instalaron 16 colectores solares Heliocol HC -40. El lugar escogido por no tener afectaciones de sombra a su alrededor y la radiación solar es directo desde las primeras horas de la mañana, siendo no necesario inclinar los colectores, esto se debe a la ubicación en la que se encuentra el domicilio. Los colectores se encuentran distribuidos en 4 baterías distribuidas a lo largo de la terraza como se muestra a continuación en el siguiente diagrama:

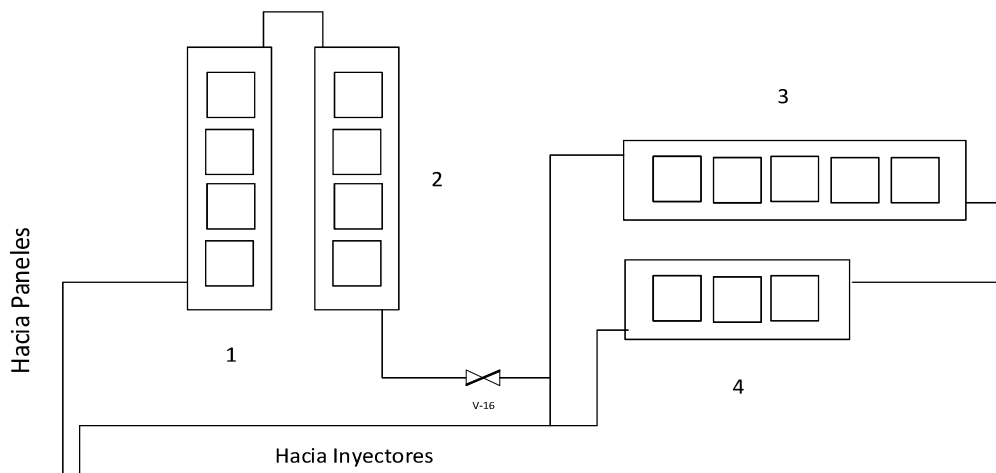


Figura 3.44. Esquema de distribución de Paneles Solares
Fuente: Fuente Propia



Figura 3.45. Espacio físico para instalación de colectores solares
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.46. Paneles solares Heliocol HC-40
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.47. Instalación de Colectores solares en serie
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.48. Instalación de baterías en serie y paralelo
Fuente: Propia en domicilio

3.8.5 BOMBA DE CALOR

Utiliza una bomba de succión para trasladar el agua desde el fondo de la piscina hacia la bomba de calor y después hacia los inyectores, este recorrido se denomina circuito secundario o de apoyo para el calentamiento de agua. Además, cuenta con una toma para distribuir agua hacia el hidromasaje eventualmente.

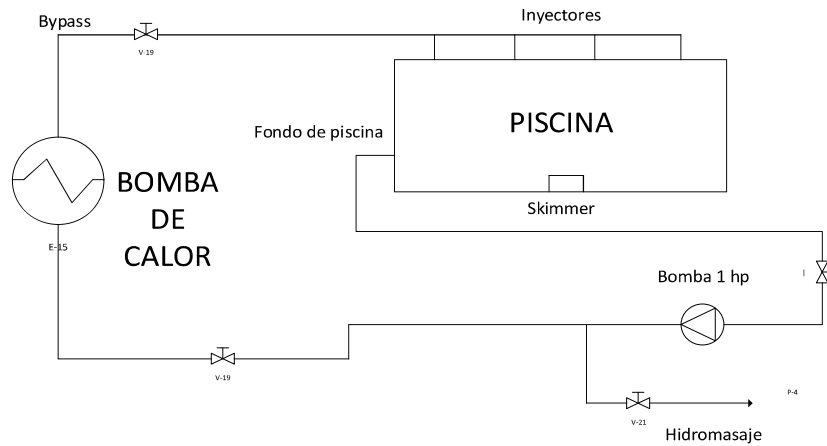


Figura 3.49. Diagrama de conexión de la Bomba de Calor
Fuente: Fuente Propia



Figura 3.50. Bomba de calor a instalarse
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.51. Bomba de calor conectada al sistema
Fuente: Propia en domicilio

3.8.6 INSTALACIÓN DEL CONTROLADOR

La instalación eléctrica del controlador se realizó de conformidad con el diagrama de conexiones del manual de instalación del equipo que se muestra a continuación:

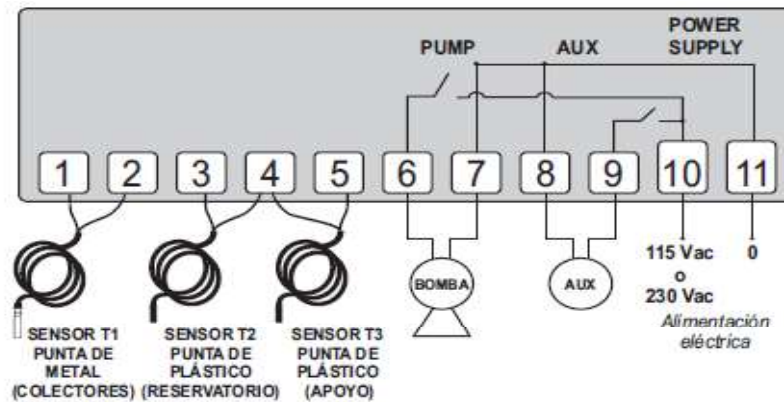


Figura 3.52. Diagrama de conexiones del controlador
Fuente: Catálogo del equipo



Figura 3.53. Instalación del cableado y energización del controlador
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.54. Conexión de sensores y bomba al controlador
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.55. Instalación finalizada con temperatura real en tuberías
Fuente: Propia en domicilio

3.8.7 OTROS EQUIPOS



Figura 3.56. Equipo de limpieza
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.57. Manta térmica de polietileno
Fuente: Propia en domicilio

3.9. PRUEBA DE EQUIPOS

Una vez concluido el dimensionado e instalación del sistema solar térmico se procede a verificar el funcionamiento de los equipos y conexiones instaladas, con el fin de comprobar el cumplimiento de los objetivos planteados para la ejecución del proyecto.

Las pruebas realizadas partirán de acuerdo a lo siguiente:

- Llenado de la piscina.
- Funcionamiento de paneles.
- Funcionamiento de la bomba principal y sistema de filtración.
- Funcionamiento del controlador.
- Funcionamiento de la bomba de calor.
- Conexiones en accesorios.

3.9.1 LLENADO DE LA PISCINA

Para el llenado de la piscina se tuvo previsto una tubería para la entrada de agua hacia la piscina por medio de los inyectores, el tiempo que tomó completar esta operación fue de 2,5 días.



Figura 3.58. Llenado de Piscina

Fuente: Propia en domicilio

El llenado se realizó de manera lenta ya que el sistema de presurización del domicilio no se encontraba conectado por lo que solo se utilizó la presión del sistema municipal de agua potable, al terminar el llenado de la piscina se colocó la manta térmica.

En lo que respecta a la climatización del agua de la piscina se realizó en 1,5 días utilizando los paneles solares y la bomba de calor en el día iniciando con una temperatura de 13,6 °C y finalizando con una temperatura de 31 °C.



Figura 3.59. Recubrimiento manta térmica

Fuente: Propia en domicilio

3.9.2 FUNCIONAMIENTO DE COLECTORES

La prueba se enfocó en el estado físico de los colectores y el funcionamiento en conjunto de las cuatro baterías conectadas, en el segundo colector solar de la tercera batería, se encontró una fuga en dos tubos individuales que conforman el solar, posterior a esto él fue refaccionado y funciona correctamente.



Figura 3.60. Fuga en panel dos de la batería tres del circuito
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.61. Baterías en correcto funcionamiento
Fuente: Propia en domicilio

3.9.3 FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA PRINCIPAL Y SISTEMA DE FILTRACIÓN

La prueba de funcionamiento para la bomba principal generó cavitación al inicio de su operación, esto sucedió hasta purgar el sistema por completo, con respecto a la prueba de funcionamiento del filtro se registró un aumento en la presión de 0 a 20 PSI (1,3 Bar), además se activó la limpieza del mismo por cinco minutos aproximadamente, esto se realizó por ser recomendación del fabricante.



Figura 3.62. Instalación del filtro de la piscina
Fuente: Propia en domicilio



Figura 3.63. Registro de presión del filtro
Fuente: Propia en domicilio

3.9.4 FUNCIONAMIENTO DEL CONTROLADOR

Para esta prueba de funcionamiento del controlador, básicamente se comprobó las funciones establecidas en el manual de uso, en el cual se evidenció que funciona de acuerdo a la comparación de las temperaturas entre el agua de la piscina y de los colectores transmitidas por medio de los sensores y apaga la bomba cuando la comparación de las temperaturas es igual a la requerida (30°C).

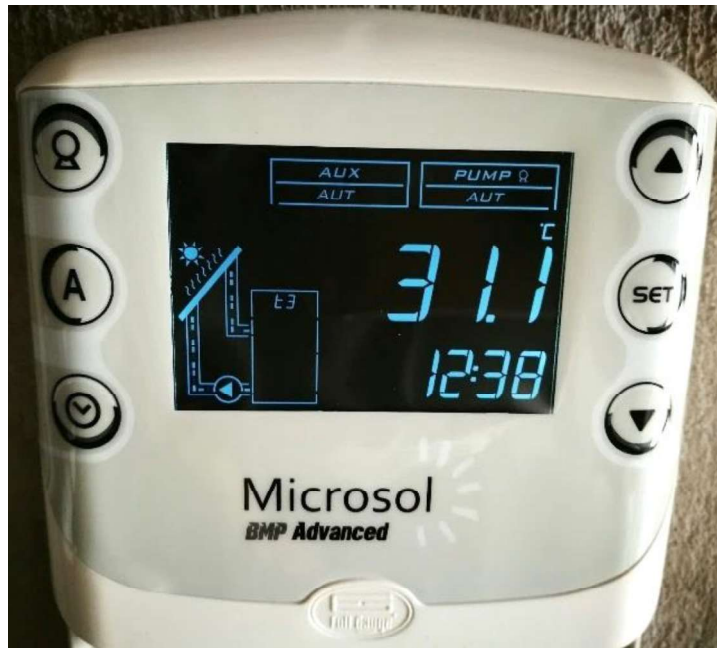


Figura 3.64. Temperatura del circuito principal
Fuente: Fuente Propia

El modo de control de bomba del circuito principal muestra tres variaciones que consiste en modo apagado, modo manual y modo automático, el manejo de este tipo de variables dependerá del usuario.

- Modo apagado: Es la función más simple del control que se encarga de apagar en su totalidad el circuito principal del sistema.
- Modo manual: En este modo el circuito principal se mantiene encendido sin considerar las señales de los sensores durante un determinado tiempo dispuesto por el usuario.
- Modo automático: Este modo enciende y apaga el equipo de acuerdo a ciertos parámetros configurados por el usuario en el equipo de control.



Figura 3.65. Control del circuito principal en modo Apagado
Fuente: Fuente Propia



Figura 3.66. Control del circuito principal en modo Manual
Fuente: Fuente Propia

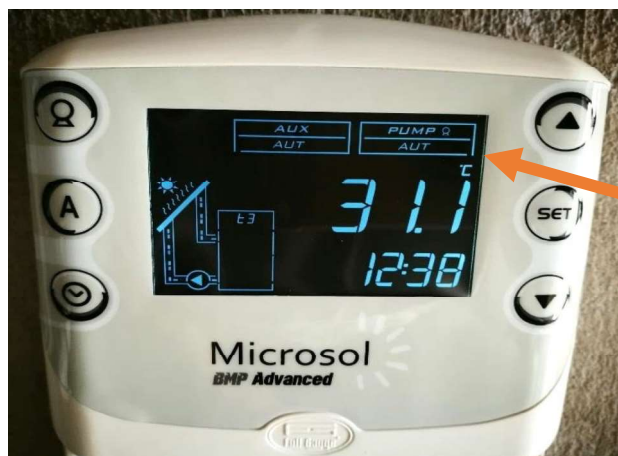


Figura 3.67. Control del circuito principal en modo Automático
Fuente: Fuente Propia

Los diagramas de los circuitos primarios y secundarios se muestran a continuación:

Circuito Primario:

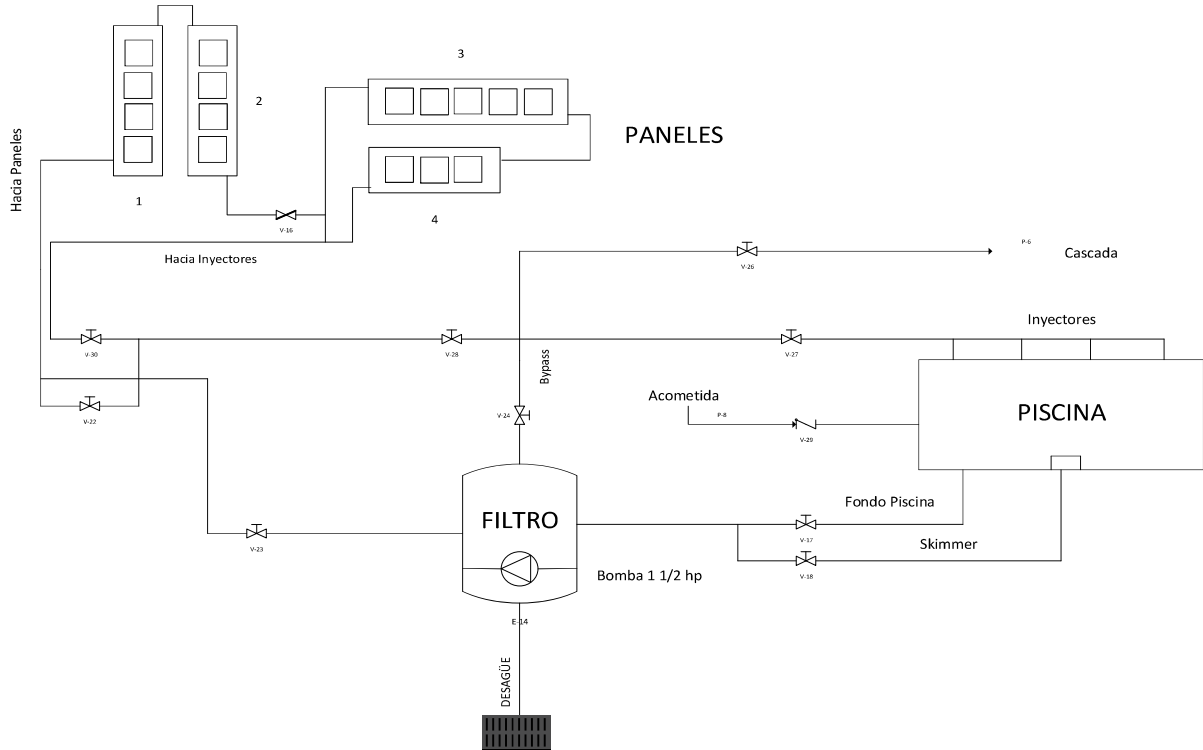


Figura 3.68. Diagrama del circuito primario
Fuente: Fuente Propia

Circuito Secundario:

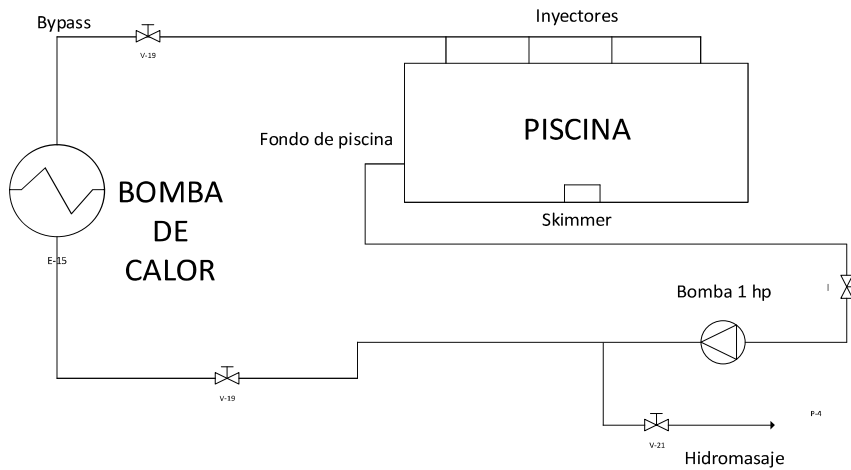


Figura 3.69. Diagrama de conexión de la Bomba de Calor
Fuente: Fuente Propia

El funcionamiento del controlador está comandado por 3 sensores de diferentes materiales de construcción, temperatura y tipo mostrados a continuación:

- Sensor 1 (Colector solar – Sensor SB59), punta metálica, temperatura de operación - 50 °C a 200 °C.
- Sensor 2 (Desagüe filtro – SB41), punta de plástico, temperatura de operación -50 °C a 105 °C.
- Sensor 3 (Tubería de piscina – SB41), punta de plástico, temperatura de operación - 50 °C a 105 °C.

El modo de funcionamiento de apoyo del controlador muestra dos funciones; modo manual y un modo automático.

- Modo automático: Este modo enciende y apaga el circuito secundario de conformidad con la agenda de eventos programada por el usuario del equipo.
- Modo manual: Este modo permanece activado por un tiempo mínimo de 120 minutos con un máximo de 600 minutos, transcurrido este tiempo vuelve a configurarse en modo automático.

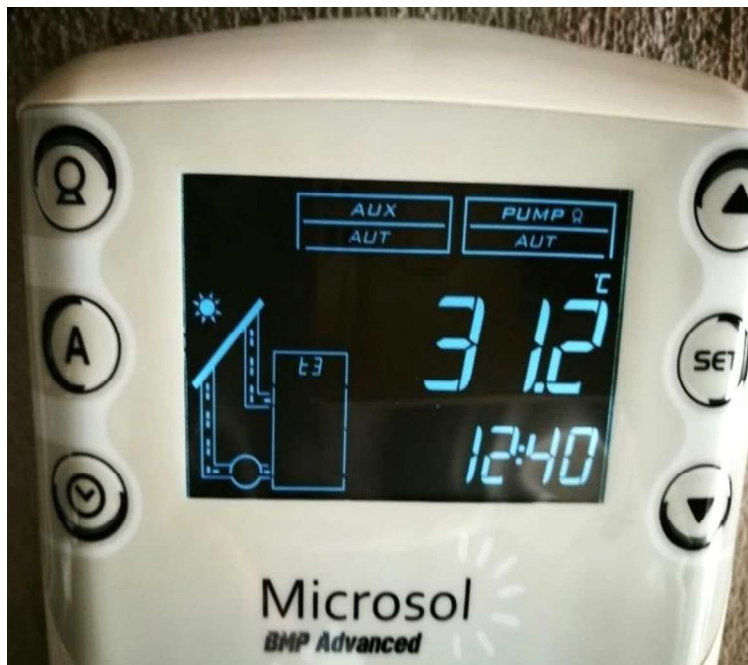


Figura 3.70. Control del circuito secundario modo automático
Fuente: Fuente Propia

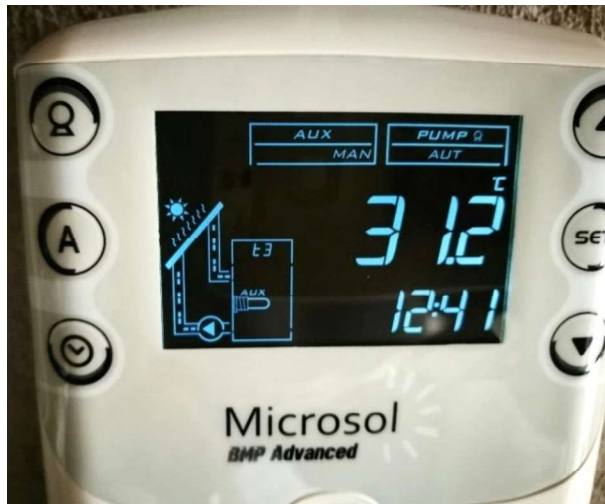


Figura 3.71. Control de circuito secundario modo manual
Fuente: Fuente Propia

3.9.5 FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE CALOR

Para la prueba de este equipo consistió en verificar las conexiones y la energización a 220 V, así como también programar la temperatura de trabajo de la bomba de calor, la cual se estableció en 40 °C.

En el lado izquierdo de la Figura 67, se programó en el controlador de la bomba de calor a una temperatura de 40 °C para verificar si el equipo llega alcanzar dicha temperatura, dando como resultado en el lado derecho del visor del controlador de la bomba una temperatura de 37 °C. El funcionamiento de encendido y apagado de esta bomba se basa en el método manual, es decir, el usuario enciende y apaga la bomba los días más fríos o lluviosos y cuando requiera elevar la temperatura a un grado mayor a la nominal.

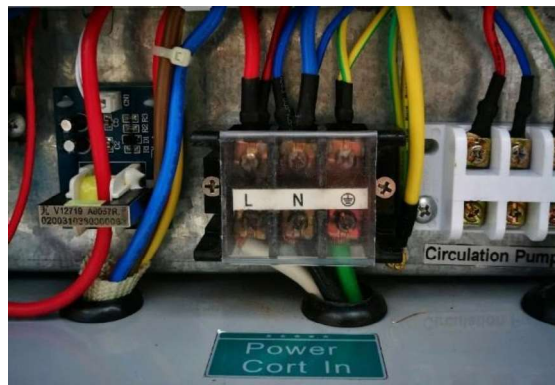


Figura 3.72. Conexiones eléctricas en bomba de calor
Fuente: Fuente Propia

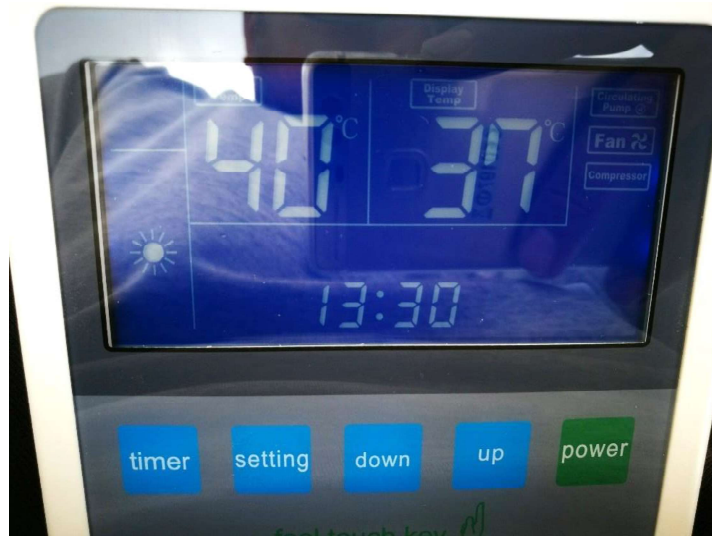


Figura 3.73. Programación de temperatura en la bomba de calor
Fuente: Fuente Propia

3.9.6 CONEXIONES EN ACCESORIOS

Las pruebas realizadas en las conexiones, se basó en encontrar fugas en las juntas de codos, válvulas y colectores solares.



Figura 3.74. Verificación de fugas en juntas y codos
Fuente: Fuente Propia



Figura 3.75. Verificación de fugas en válvulas de bola
Fuente: Fuente Propia



Figura 3.76. Verificación de fugas en juntas de colectores solares
Fuente: Fuente Propia

3.10. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS Y COSTOS

3.10.1 SISTEMA SOLAR TÉRMICO

INSTALACIÓN DE MANTA TÉRMICA

Una vez totalmente llena la piscina, se cubrió con la manta térmica a la piscina con la finalidad de energizar el circuito principal y de apoyo para realizar las pruebas de verificación de funcionamiento de los componentes instalados.



Figura 3.77. Piscina totalmente llena con manta térmica
Fuente: Fuente Propia

3.10.2 LLENADO DE PISCINA

Para el llenado de la piscina, se tomó las siguientes consideraciones a continuación mostradas en la tabla 3.14.

Tabla 3.14. Resultados obtenidos en el llenado de piscina

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Llenado de Piscina	Se procede a llenar la piscina por medio de la acometida y los inyectores dentro de la piscina por un tiempo de 2,5 días
RESULTADO	
No se evidencia fugas en las conexiones de tubería de 1 ½" que se dirigen hacia los inyectores, filtro, bombas, skimmer y fondo de la piscina. Se observa un caudal inadecuado proveniente de la acometida de la empresa suministradora de agua, esto se debe a que la bomba de apoyo está deshabilitada por motivos de construcción del sistema de impulsión.	

Fuente: Fuente propia

3.10.3 SISTEMA DE BOMBEO Y FILTRACIÓN

Para el sistema de bombeo y filtración, se tomó las siguientes consideraciones a continuación mostradas en la tabla 3.15.



Figura 3.78. Funcionamiento de inyectores

Fuente: Fuente Propia

Tabla 3.15. Prueba del sistema de bombeo y filtración

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
<p>Sistema de bombeo y filtración</p>	<p>Se procede a realizar el encendido de la bomba, la cual se la dejó funcionar sola por 5 minutos y entró en funcionamiento el filtro en modo enjuague, además se desconectó la válvula de sobrepresión para eliminar posibles basuras y aire dentro de las tuberías. Como último paso se encendió el controlador de temperatura de los paneles solares y se ajustó a 30 °C como temperatura nominal del sistema.</p>
<p>RESULTADO</p>	
<p>Una vez realizado el procedimiento mencionado, se evidenció que no existían demasiados sólidos en el sistema, sino más bien aire, una vez que se purgó todo el sistema se reflejó un aumento de presión en el filtro de 0 PSI a 20 PSI. Con los resultados obtenidos se conectó el controlador de temperatura en donde se constató la operación de sensor instalado en la tubería de entrada de agua a la piscina, la subida gradual de la temperatura se produjo en un tiempo de 1,5 días trabajando en conjunto con el sistema auxiliar y colectores solares.</p>	

Fuente: Fuente propia

3.10.4 BOMBA DE CALOR

Para la bomba de calor, se tomó las siguientes consideraciones a continuación mostradas en la tabla 3.16.

Tabla 3.16. Prueba sistema auxiliar

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Bomba de calor	Se procedió a comprobar el encendido y voltajes de la bomba para inmediatamente programar la temperatura de operación e iniciar el calentamiento de agua de la piscina.
RESULTADO	
Realizado este proceso, se evidenció que el voltaje de alimentación y operación estaba de acuerdo con lo solicitado por el fabricante, se realizó la operación de programación para establecer la temperatura para el encendido o apagado de la bomba de calor. El sensor de la bomba de calor proporcionó un valor distinto al proporcionado por el controlador principal, por cuanto se realizó una compensación en la temperatura de operación de la bomba de calor, debido a que la variación fue de 5 °C.	

Fuente: Fuente propia

3.10.5 COLECTORES SOLARES

Para los colectores solares, se tomó las siguientes consideraciones a continuación mostradas en la tabla 3.17.

Tabla 3.17. Prueba en colectores solares

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Colectores solares	Se procede a realizar una inspección visual y manual de la superficie externa de los colectores comprobando que no existan grietas o roturas en las carcasas, juntas, abrazaderas y empalmes de la instalación de los colectores solares.
RESULTADO	
Al realizar este procedimiento, se evidencia que un panel tiene una fuga por rotura en una de sus tuberías, se procedió a retirar la alimentación de agua hacia los colectores para realizar la corrección, una vez realizada esta operación se continuó la inspección en la cual se determinó que no existían más fugas por tuberías y paneles. Además, se pudo comprobar que, en la fuga que se generó en uno de los colectores, el agua circulante se encontraba caliente.	

Fuente: Fuente propia

3.10.6 CONTROLADOR

Para el controlador, se tomó las siguientes consideraciones a continuación mostradas en la tabla 3.18.

Tabla 3.18. Equipo de control

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Controlador	Se procede a realizar una inspección de las funciones exhibidas en el manual de operación del controlador.
RESULTADO	
Al realizar este procedimiento, se evidencia que se ofrecen todas las funciones indicadas en el manual de operación del equipo, las cuales están instaladas para el funcionamiento del circuito primario, circuito secundario, agenda de eventos y modo vacaciones o ahorro de energía.	

Fuente: Fuente propia

3.11. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

En el estudio de costos se analizará tecnologías que se utilizan para calentar piscinas, en las cuales se detalla los valores a consumirse en cada una de ellas haciendo referencia al primer calentamiento por un periodo de 72 h contemplado para su calentamiento total. De los cuales se desprende que se requiere calentar 96 m^3 de agua con una variación de temperatura de aproximadamente $12 \text{ }^\circ\text{C}$ a $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Datos:

$$A = 96 \text{ m}^3 = 1000 \text{ Kg/m}^3 = 96000 \text{ Kg}$$

$$\Delta T = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = m \times C_p \times (T_f - T_o) \quad [12]$$

$$Q = 96000 \text{ Kg} \times 1,16 \text{ Wh/Kg }^\circ\text{C} \times (18 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$Q = 2004480 \text{ Wh} = 2004,48 \text{ KWh en 72 horas}$$

3.11.1 CALENTAMIENTO CON GLP

Para el caso del calentamiento de agua de la piscina con GLP (Gas Licuado de Petróleo), se tomó valores reales sin subsidio. El GLP tiene un poder calorífico de 12,75 KWh/Kg.

Datos:

$$E_1 = 2004,48 \text{ KWh en 72 horas}$$

GLP = \$ 0,75124 por Kg (**Fuente:** ENI Distribuidora de GLP)

- Para calentar la piscina

$$\text{Consumo de GLP} = \frac{2004,48 \text{ KWh}}{12,75 \text{ KWh/Kg}} = 157,21 \text{ Kg}$$

$$\text{Costo total} = (\# \text{ Kilogramos} \times \text{costo GLP}) \text{ en 72 h}$$

$$\text{Costo total} = 157,21 \times 0,75125 = \$ 118,10$$

De acuerdo a lo mostrado en los cálculos anteriores, se tendrá en total una demanda de 157,21 Kg de GLP para alcanzar la temperatura deseada en su primera puesta en marcha, esto representaría la utilización de 3,5 cilindros de gas de 45 Kg o 10,5 cilindros de gas de 15 Kg a un costo de \$ 118,10 dólares, para mantener caliente la piscina se necesita de 875 KWh que representaría un valor de 68,63 Kg de GLP a un costo de \$ 51,56 dólares.

3.11.2 CALENTAMIENTO CON ENERGÍA ELÉCTRICA

Para el caso del calentamiento de agua de la piscina con Energía Eléctrica, se tomará en cuenta el valor de \$ 0,08 por KWh, dicho costo está establecido por el Empresa Eléctrica Quito (EEQ) para el consumo residencial.

Datos:

$$E_1 = 2004,48 \text{ KWh}$$

- Para calentar la piscina

$$\text{Costo total} = (\text{KWh} \times \text{costo KWh})$$

$$\text{Costo total} = 2004,48 \times 0,08 = \$ 160,36$$

De acuerdo a lo mostrado en los cálculos anteriores, se tendría en total una demanda de 2004,48 KWh para alcanzar la temperatura deseada en su primera puesta en marcha, esto representa un costo de \$ 160,36 dólares, para compensar sus pérdidas se requiere 875 KWh que representa un costo de \$ 70 dólares.

3.11.3 CALENTAMIENTO CON COLECTORES SOLARES

Para el caso del calentamiento de agua de la piscina con Colectores Solares, tomaremos el valor del rendimiento del panel solar en BTU para transformarlo en 720 KWh, el costo de cada panel solar varía de acuerdo las marcas y tipos, básicamente se utilizará la potencia que nos proporciona los colectores solares Heliocol HC-40.

Datos:

$$E_1 = 2004,48 \text{ KWh}$$

- Para calentar

Para la estimación de costos con el sistema solar de calentamiento, la bomba de calor aporta cierta energía por un tiempo estimado de 72 horas que en su equivalente energético es 875 KWh, el valor económico que representa el gasto energía por la bomba de calor asciende a \$ 70,00 dólares. El resto de energía será compensada por los colectores solares a un costo de \$ 10 dólares por motivo de mantenimiento. Cabe destacar que los colectores aportan 116700 BTU para calentar el agua de la piscina, esto representa una potencia de 34,20 KWh.

- Para mantener caliente

En este punto solo trabaja el sistema de colectores con su bomba de recirculación por lo que no genera costo monetario representativo más que el costo por mantenimiento, por tanto, se podría decir que el costo de compensar las pérdidas de energía de la piscina y mantenerla caliente es cercano a cero.

3.11.4 RESUMEN DE COSTOS

Dentro de este punto se realizó un flujo de caja para determinar de manera general el costo de los equipos y poder realizar la cuantificación de los recursos utilizados y estimar el tiempo de recuperación de la inversión.

En la siguiente tabla se muestra de maneja general los costos generales de los equipos instalados del sistema solar de calentamiento.

Tabla 3.19. Resumen general de costos de equipos

N.º	DESCRIPCIÓN	CANT	VALOR UNID	VALOR TOTAL
1	Colectores Solares 3,23 x 1,2 m Heliocol HC – 40	16	\$ 280,00	\$ 4.480,00
2	Bomba de calor 20 KW	1	\$ 3.800,00	\$ 3.800,00
3	Bomba Dynamo Pentair 1,5 HP	1	\$ 387,50	\$ 387,50
5	Equipo de filtración y limpieza	1	\$ 1.632,00	\$ 1.632,00
6	Manta Térmica	1	\$ 346,50	\$ 346,50
7	Materiales para instalación (incluye accesorios)	1	\$ 1.074,39	\$ 1.074,39
TOTALSIN IVA				\$ 11.720,39

Fuente: Facturas de equipos

La realización del resumen del análisis de costos, se basó en calentar cuatro veces por mes el agua de la piscina durante un año para comparar el gasto que tendría el dueño del domicilio si se instala un método de calentamiento convencional.

Tabla 3.20. Resumen de costos

ALTERNATIVA	(A) INVERSIÓN INICIAL	(B) 1ER CALENTAMIENTO	(C) COSTO MANT. CALIENTE	(D) COSTO ANUAL	TOTAL B+C+D
GLP	\$ 3.941,19	\$ 118,10	\$ 51,56	\$ 2.474,88	\$ 2.592,98
Energía Eléctrica	\$ 4.300,35	\$ 160,36	\$ 70	\$ 3.360,00	\$ 3.520,36
Colectores	\$ 11.720,39	\$ 57,60	\$ 10	\$ 480,00	\$ 547,60

Fuente: Fuente Propia

A continuación, se muestran un análisis de gastos proyectado a 5 años de cada una de las alternativas comparadas anteriormente, además se considera la renovación total del

vaso de agua cada año por motivo de mantenimiento y se consideran las siguientes variables:

Inversión inicial: Se refiere a la inversión en equipos y mano de obra para calentar el agua de la piscina.

Calentamiento renovación anual: Se refiere al gasto por calentar la totalidad del agua de la piscina por cada año.

Mantener caliente: Se refiere al costo que se tendría por calentar la piscina por las diferentes alternativas.

Egresos 5 años: Se refiere a la suma algebraica de los dos puntos anteriores.

Total: Se refiere a la totalidad invertida al finalizar los cinco años incluyendo la inversión inicial.

Tabla 3.21. Detalle de gastos

ALTERNATIVA	INVERSIÓN INICIAL	CALENTAMIENTO RENOVACIÓN ANUAL	MANTENER CALIENTE	EGRESOS 5 AÑOS	TOTAL
GLP	\$ 3.941,19	\$ 590,50	\$ 12.347,40	\$ 12.937,90	\$ 16.879,09
Energía Eléctrica	\$ 4.300,35	\$ 801,80	\$ 16.800,00	\$ 17.601,80	\$ 21.902,15
Colectores Solares	\$ 11.720,39	\$ 288,00	\$ 2.400,00	\$ 2.688,00	\$ 14.408,39

Fuente: Fuente Propia

Por lo tanto, una solución viable y económica a futuro se considera el uso de un sistema solar térmico, sin embargo, requiere de una inversión fuerte en su inicio pero que a futuro significará un gran ahorro de dinero.

3.12. CRONOGRAMA EJECUTADO

Se muestra el cronograma ejecutado y el listado de las actividades realizadas para llegar a cumplir el proyecto, las cuales se presentan a continuación:

- **Recopilación de información teórica:** El cumplimiento de esta actividad se realizó en un tiempo de 20 días, estableciendo los componentes básicos para el

diseño, instalación y rangos adecuados en los que debería funcionar el sistema solar térmico.

- **Investigación de componentes:** El cumplimiento de esta actividad se realizó en un tiempo de 30 días, estableciendo los componentes adecuados para la instalación visitando varias casas comerciales con el fin de familiarizarse con los diferentes tipos y componentes existentes en el mercado.
- **Dimensionado de componentes:** El cumplimiento de esta actividad se realizó en un tiempo de 30 días, debido a que se procedió a verificar si los elementos se sujetaban a las condiciones existentes en el mercado, además se pudo adquirir información extra para establecer de mejor manera los componentes adecuados para el sistema solar térmico.
- **Adquisición de componentes:** El cumplimiento de esta actividad se realizó en un tiempo de 150 días, por el monto generado se adquirió cada elemento por separado y su instalación se realizó en conjunto con la construcción de la obra civil de la piscina.
- **Instalación del sistema:** El cumplimiento de esta actividad se realizó en un tiempo de 40 días, debido a que la instalación del sistema solar térmico tiene que avanzar en conjunto con la obra civil final de la piscina.
- **Redacción del proyecto y manuales:** El cumplimiento de esta actividad se realizó en un tiempo de 30 días una vez terminada toda la instalación, fase de pruebas y recolección de información de resultados.

El proyecto de instalación del sistema solar térmico para el calentamiento de una piscina de 60 m² se concluyó en un total de 300 días calendario.

Tabla 3.22. Cronograma ejecutado

MES	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
ACTIVIDAD	[Barra de actividad continua]									
Recopilación de información teórica										
Investigación de componentes										
Dimensionado de componentes										

8. De acuerdo con la evaluación económica se desprende que el calentamiento de agua de la piscina utilizando un medio de generación de energía convencional tiene un costo relativamente bajo, pero se puede evidenciar que es muy rentable a largo plazo instalar un sistema solar térmico para el calentamiento de agua de la piscina.
9. El manual de mantenimiento del sistema se elaboró de acuerdo a lo solicitado por los fabricantes de equipos que intervienen en el sistema de calentamiento de agua para la piscina.

RECOMENDACIONES

1. Para la instalación del sistema de calentamiento de agua se recomienda verificar la funcionalidad de cada uno de los componentes con el fin de evitar posibles daños en elementos aledaños tales como fugas, fracturas, roturas, desgaste prematuro, entre otros.
2. Se recomienda realizar el montaje de los componentes del sistema de calentamiento de agua en el lugar donde permanecerán en su operación.
3. Construir una cubierta para la piscina, con la finalidad reducir las pérdidas generadas al momento de uso al mantener sin la manta térmica que la protege de impurezas, contaminación y otros agentes ajenos al sistema.
4. Mantener la piscina cubierta con la manta térmica el mayor tiempo posible ya que esta reduce un 10 % las pérdidas que se generan en el transcurso de los días y las diferentes condiciones climáticas que presenta Sangolquí, en especial que dicha zona cuenta con vientos considerablemente fuertes.
5. Realizar el mantenimiento de acuerdo como se indica en el Anexo B del presente escrito para aumentar la vida útil de los equipos de la piscina.
6. Para el cálculo del filtro, bombas y tuberías se recomienda tener un factor de seguridad mínimo del 10 % o que tenga concordancia con lo ofertado en el mercado donde se va adquirir los equipos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cantón Rumiñahui – Gobierno de Pichincha (2016). Caracterización Cantonal y Parroquial: Cantón Rumiñahui. Recuperado de: http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/pgd/2carcantyparr/7rumin/114_cantonruminahui.pdf
- [2] Leroy, Merlin. (2016). Calentadores de piscina. Recuperado de: <http://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/comoHacerlo/calentadores-de-piscina>
- [3] Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V. (2005). Bombas de calor y energías renovables en edificios. Editorial Paraninfo.
- [4] Noguera, S, J. (2011). Climatización de una piscina cubierta mediante la combinación de energía solar térmica, geotermia y caldera de apoyo de biomasa (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- [5] Natural, Resources, Canada. (2018). RETScreen 4 by Natural Resources Canada. Recuperado de: <https://archive.org/details/RETScreenSuite>
- [6] Peñalvera, H, J, T. (2015). Instalación solar térmica: Fases del proceso de montaje (II). Recuperado de: http://tomaseficiencia.blogspot.com/2015/03/instalacion-solar-termica-fases-del_6.html
- [7] Aguilera, B, J, S. (2011). Diseño y cálculo de la protección contra incendios y sistema de control de temperatura y evacuación de humos en centro docente. Anexo B: Cálculo de la red de distribución de BIE´S. (Universidad de Sevilla).
- [8] Fox, R. W., McDonald, A. T., Cázares, G. N., & Callejas, R. L. (1995). Introducción a la Mecánica de Fluidos. McGraw-Hill
- [9] Tejero, I. Suárez, J. Jácome, A. (2014). Filtración. Recuperado de: ftp://ceres.udc.es/Grado_TECIC/Cuarto_Curso/Ingenieria%20Ambiental/Filtracion/TEMA-filtraci%C3%B3n-rev140211-ajb.pdf
- [10] Grillo, M. (2012). Cálculo de la bomba y el filtro para la piscina. Recuperado de: <https://www.mi-fontaneria.es/blog/calculo-de-la-bomba-y-el-filtro-para-la-piscina/>

- [11] Consejo Superior de Investigaciones Científicas (2017). Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>
- [12] Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (1999). Fundamentos de transferencia de calor. Pearson Educación.
- [13] Martínez, P. R. (2009). Energía solar térmica: técnicas para su aprovechamiento (Vol. 4). Marcombo.
- [14] González, A. M. (2015). Espectro Luminoso. Recuperado de: https://prezi.com/c8hkcwhrz_t8/espectro-luminoso/
- [15] ECYT-AR. (2017). Irradiación solar, Enciclopedia de ciencias y tecnologías de Argentina. Recuperado de: https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Irradiaci%C3%B3n_solar
- [16] Plazas, C., Moreno, N., & Sánchez, C. (2001). Diseño, construcción y evaluación de un colector solar de placa plana con parámetros de rendimiento modificables. Revista colombiana de Física, 33(2), 263.
- [17] Sarmiento, P. (2007). Energía solar en arquitectura y construcción. RIL editores).
- [18] Porto, P. J. & Merino, M. (2013). Definición de piscina. Recuperado de: <https://definicion.de/piscina/>
- [19] Gallo, M. A (2012). La temperatura del agua de las piscinas cubiertas climatizadas. Recuperado de: <http://blog.drmiguelangelgallovallejo.com/wp-content/uploads/2012/02/La-temperatura-del-agua-de-las-piscinas-cubiertas.pdf>
- [20] Garrido, S. G. (2010). Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos.

6. ANEXOS

ANEXO A: FUNDAMENTO TEÓRICO

Energía solar

Es la energía obtenida directamente del Sol. Aparte de su uso como fuente de iluminación, la radiación solar que incide sobre la Tierra puede aprovecharse a través de la transformación de la radiación solar en calor y la transformación de la radiación solar en energía eléctrica. (Martínez, P. R, 2009)

Espectro solar

Distribución de la energía irradiada desde una fuente luminosa, la cual viene ordenada por valores de longitud de onda; es particular la secuencia matizada por la descomposición de la luz, en los colores del arco iris, este fenómeno se produce cuando la luz solar se descompone pasando a través de un prisma refractor. (González, A, M. 2015)

Irradiación

Radiación solar incidente sobre una unidad de área normal a la dirección de propagación en algún lugar y tiempo bien especificados de la superficie terrestre. No coincide con la radiación solar debido a la absorción de algunos rangos de longitudes de onda por la atmósfera. Se obtiene de la integral de la irradiancia espectral $I_T(\lambda)$ en algún lugar y tiempo de la superficie terrestre sobre todas las longitudes de onda. (ECYT-AR. (2017).

Irradiancia

Potencia de radiación electromagnética solar incidente por unidad de área en un lugar, día y hora bien especificados. (ECYT-AR. (2017).

Radiación solar global

Potencia de la radiación electromagnética emitida por el Sol hacia el espacio en todo su rango de longitudes de onda por unidad de área normal a la dirección de propagación. Varía según la distancia al Sol y se obtiene de la integral de la irradiancia espectral $I_0(\lambda)$ en el espacio exterior sobre todas las longitudes de onda. Usualmente se calcula o mide fuera de la atmósfera terrestre. (ECYT-AR. (2017).

Trasferencia de calor

Es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas. (Incropera, F. P., & DeWitt, D. P, 1999)

Convección

Se refiere a la transferencia de energía debida al movimiento molecular aleatorio, la energía también se transfiere mediante el movimiento global o macroscópico del fluido. (Incropera, F. P., & DeWitt, D. P, 1999)

Conducción

Se considera como la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas. (Incropera, F. P., & DeWitt, D. P, 1999)

Radiación

Es la energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura finita, esta radiación puede provenir de líquidos y gases. La radiación se puede atribuir a cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. (Incropera, F. P., & DeWitt, D. P, 1999)

Energía solar térmica

Consiste en transformar la radiación solar en calor, que puede aprovecharse para producir agua caliente destinada al consumo doméstico, es decir, calentamiento de piscinas, agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración por absorción. (Martínez, P. R, 2009).

COLECTORES SOLARES

Colector Solar

Es un dispositivo que recibe la energía proveniente del sol, la absorbe y la transfiere a un fluido. Se caracteriza por un estilo sencillo, por su larga duración y por un costo que es relativamente bajo, además trabaja con radiación directa y difusa. (Plazas, C., Moreno, N., & Sánchez, C, 2001).

Tipos de colectores

Existen diferentes tipos de colectores, ya sea por el fluido térmico que utiliza o bien por el rango de temperatura de trabajo, cada colector va ligado con los componentes del colector. En función de la temperatura, los colectores se puede tener los siguientes tipos: temperatura alta, temperatura media, temperatura baja, así como también se tiene los colectores de placa plana con o sin cubierta. (Sarmiento, P, 2007).

Colector de Temperatura Baja

Este tipo de colectores realiza la captación de forma directa sin concentración los rayos solares, el fluido siempre está a una temperatura menor con referencia a la temperatura de ebullición del agua. (Nandwani, S. S, 2005).

Existen tres tipos de colectores de temperatura baja:

- ✓ Colector de placa plana
- ✓ Colector de polipropileno
- ✓ Colector de tubos al vacío

Colector Solar de Placa Plana con Cubierta

Es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar, transformándola en energía térmica de temperatura baja, usualmente usados para el calentamiento de ACS. (Sarmiento, P, 2007).

Elementos de un colector de placa plana:

- Cubierta exterior: Usualmente formado por un cristal de vidrio de 4 a 6 mm de espesor y puede contar con materiales plásticos, se utiliza para reducir las pérdidas por convección y proporciona estanqueidad al colector.
- Absorbedor: Está constituido por una placa metálica soldada a una tubería de cobre formando un serpentín y favoreciendo al intercambio de calor entre la placa y el fluido.
- Aislante térmico: Recubre todas las partes laterales y la parte posterior del colector, minimiza las pérdidas en la carcasa.
- Carcasa: Es el lugar donde se encuentran todos los elementos antes mencionados proporcionándole rigidez al colector y sellando su interior.

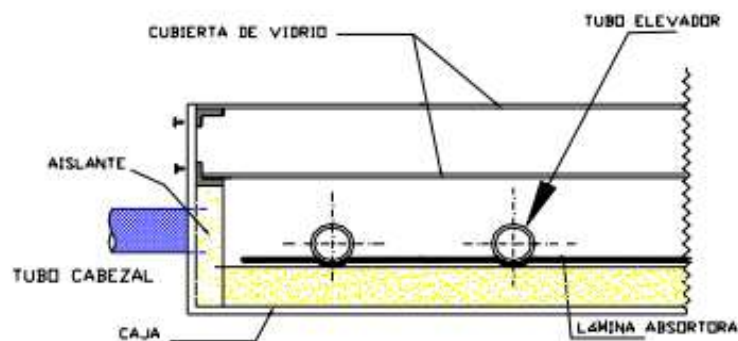


Figura 6.1. Colector Solar de Placa Plana con Cubierta
Fuente: Plazas, C., Moreno, N., & Sánchez, C. (2001).

Colector de Polipropileno

Está constituido de una gran cantidad de tubos pequeños de polipropileno por los cuales se calienta el agua. Se recomienda para piscinas exteriores con una temperatura de trabajo de

25 a 35 °C. Sus pérdidas de calor ascienden ya que no cuentan con una protección exterior, debido a su composición son adecuados para agua clorada de piscinas y no soportan tensiones mecánicas o rasguños superficiales.



Figura 6.2. Colector de Polipropileno
Fuente: Catálogo colector solar

Bomba de calor

Una bomba de calor es una máquina termodinámica formada por un circuito frigorífico clásico (compresor, condensador, evaporador y sistema de expansión) del que se aprovecha la energía calorífica cedida por el condensador y no la absorbe en el evaporador. (Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005)

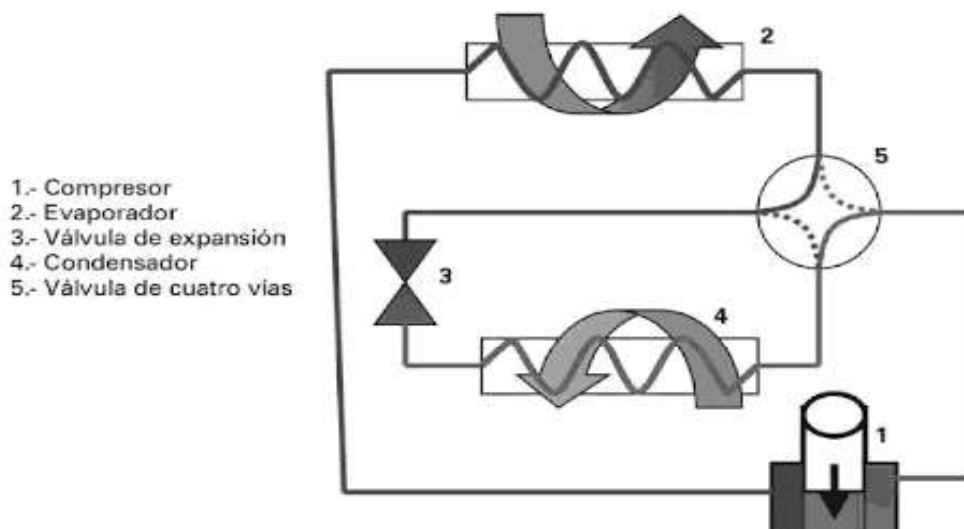


Figura 6.3. Esquema de una bomba de calor
Fuente: Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005

Elementos de bomba de calor: Los elementos que componen una bomba de calor son los siguientes:

Compresor. - Permite aumentar la presión del refrigerante en estado gaseoso y normalmente sobrecalentado que procede del evaporador hasta llegar a una presión que favorece el paso de estado gas a líquido en el condensador, cediendo el calor al su entorno. (Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005)



Figura 6.4. Compresor de la Bomba de Calor
Fuente: Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005

Condensador. – Es un intercambiador de calor en el que el refrigerante proveniente del compresor en estado de vapor sobrecalentado, cede el calor al aire o agua y disipa la energía que recoge el evaporador. (Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005)



Figura 6.5. Condensador de la bomba de calor
Fuente: Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005

Sistema de expansión. – Es el elemento principal que separa el lado de alta presión y de baja presión, su finalidad es regular el flujo de refrigerante que circula hacia el evaporador

para reducir la presión del refrigerante líquido de forma isoentálpica. (Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005)



Figura 6.6. Válvula de expansión
Fuente: (Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005)

Evaporador. – Es el elemento que produce el efecto frigorífico por ebullición del fluido refrigerante procedente de la válvula de expansión, es un intercambiador de calor, en donde el refrigerante después de la expansión se encuentra como vapor húmedo, en donde absorbe calor del medio en que se encuentra. (Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005)



Figura 6.7. Evaporador de la bomba de calor
Fuente: (Martínez, F. J. R., & Gómez, E. V, 2005)

PISCINAS

Piscina. – Consiste en un espacio artificial creado con fines recreativos, deportivos o decorativos. Porto, P. J. & Merino, M. (2013)

Su temperatura varía de acuerdo a la recomendación de la siguiente tabla:

Tabla 6.1. Temperatura de agua recomendada por tipo de deporte en la piscina

USO	TEMPERATURA
Competición	24 – 26 °C
Entretenimiento	26 – 28 °C
Aprendizaje	29 °C
Rehabilitación física	29 °C
Piscina infantil	30 °C
Niños de 3 -6 años y 3ra edad	32 °C
Embarazadas	30 – 32 °C

Fuente: Gallo, M. A (2012).

ANEXO B: MANUAL DE MANTENIMIENTO

Manual de mantenimiento integral de instalación solar térmica

Mantenimiento: Se define como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible y con alto rendimiento. (Garrido, S. G. 2010).

Mantenimiento correctivo: Tiene la tarea de corregir los defectos que se van presentando en los equipos e instalación a través del paso del tiempo y su funcionamiento.

Mantenimiento preventivo: Tiene la tarea de mantener un nivel de servicio pre establecido alto en los equipos e instalación programando correcciones en los puntos sujetos a mayor desgaste en el momento correcto. (Garrido, S. G. 2010).

Mantenimiento predictivo: Tiene como tarea conocer claramente los parámetros o variables del sistema, así como el estado y la operatividad de los equipos e instalaciones de manera permanente para brindar soporte de acuerdo a los problemas que vayan apareciendo en el funcionamiento. (Garrido, S. G. 2010).

Mantenimiento cero horas: Tiene como tarea principal revisar la instalación y equipos de manera programada, previendo la aparición de fallos. Básicamente se refiere a dejarle al sistema totalmente vacío o como si fuera nuevo, para posteriormente realizar las operaciones respectivas causadas por el uso. (Garrido, S. G. 2010).

Mantenimiento en uso: Tiene como tarea primordial la toma de datos, inspección, lubricación, limpieza y demás acciones por las cuales se necesita solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del llamado TPM (Mantenimiento Productivo Total). (Garrido, S. G. 2010).

A continuación, se muestra un cuadro donde se especifica de manera general el sistema de calentamiento, elementos, frecuencia y verificación para un correcto mantenimiento.

Tabla 6.2. Mantenimiento del sistema solar de calentamiento

Descripción	Elemento	Frecuencia	Verificación
Colectores	Estructura, juntas y Conexiones	6 meses	Inspección de fugas, seguros y tuberías.
Circuito Primario	Tubería, Bomba, Filtro, skimmer, inyectores, válvulas	12 meses	Inspección de conexiones, fugas, presión del filtro, estado físico de bomba de succión y filtro, cavitación en el sistema.
Circuito Secundario	Bomba, Tuberías, Bomba calor	12 meses	Inspección de conexiones, fugas, juntas, parámetros en la bomba de calor, cavitación estado físico bomba de succión.
Controlador y bomba de calor	Conexiones eléctricas	12 meses	Verificación de voltajes, estado borneras y cables de alimentación – control.

Fuente: Fuente propia

Programa de mantenimiento preventivo:

Este tipo de mantenimiento se lo realizará por lo menos una vez al año, en donde se señalará las novedades encontradas en el siguiente formato de la Tabla 6.3.

Tabla 6.3. Plan de mantenimiento preventivo

Sistema	Equipo	Frecuencia	Estado		Descripción	Observación
			Bueno	Malo		
Primario	Bomba,	12 meses			Fugas, corrosión, desgaste	Verificar sistema hidráulico
	Tuberías					
	Paneles					
	Equipo de Limpieza				Presencia de lodos, limpieza	
	Vaso piscina				Agrietamiento	

Otros equipos	Manta Térmica	12 meses			Limpieza	Verificación cortes
Control	Conexiones eléctricas	12 meses			Revisión de conexiones	
	Controlador				Control de funciones	
	Sensores				Control temperatura	
Secundario	Bomba de calor	12 meses			Limpieza componentes	
	Controlador				Funciones	
	Tuberías				Fugas, roturas	
	Refrigerante				Fugas	

Fuente: (Garrido, S. G. 2010).

Dentro del plan de mantenimiento preventivo, es necesario clasificar a equipos, dentro de ellos se encuentran los críticos, importantes y prescindibles. A continuación, se muestra cada uno de ellos. (Garrido, S. G. 2010).

Equipos críticos: Son aquellos equipos que por alguna razón presenten una falla, afectan significativamente al sistema de calentamiento.

En nuestro caso tenemos los siguientes:

- Bombas centrífugas
- Control de temperatura
- Paneles solares

Equipos importantes: Son aquellos equipos que por alguna razón presenten una falla, afectan al sistema, pero su impacto es menor a un equipo crítico.

- Bomba de calor
- Tuberías Hidromasaje
- Manta térmica

Equipos prescindibles: Son aquellos equipos dedicados al mantenimiento de la piscina y que no afectan de manera significativa al sistema.

- Equipos de limpieza
- Aspiradora

Programa de mantenimiento correctivo:

Este tipo de mantenimiento se lo realizará debido al deterioro normal de las partes, piezas y equipos que conforman el sistema de calentamiento. Por esto, se desarrolló el siguiente formato para registrar cada mantenimiento con el fin de establecer por medio de ellos los daños que se presentan con más frecuencia. (Garrido, S. G. 2010).

Tabla 6.4. Registro de mantenimiento correctivo

MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
EQUIPO:	FECHA:
DATOS DEL EQUIPO:	
Descripción fallo:	
Observaciones:	

Fuente: Fuente Propia

Programa de mantenimiento predictivo:

Este tipo de mantenimiento se lo realizará de manera general, estableciendo los parámetros normales de operación requeridos por el usuario. A continuación, se presenta un cuadro que contiene las variables a considerar para el correcto monitoreo del sistema. (Garrido, S. G. 2010).

Tabla 6.5. Lista de verificación de parámetros de la piscina

LUGAR:		TAMAÑO:		
OPERADOR:		EMERGENCIAS:		
INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO DE PISCINA				
Sanitizante	Nom:	Polvo:	Granular:	Pastilla:
Cloración	Nom:	Tipo:	Polvo:	Granular:
PH	PH +:		PH -:	
Clarificado	Nom:	Tipo:		Cantidad:
Alguicida	Nom:		Tipo:	
Otros:				
PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA				

Parámetro	Mín	Ideal	Máx	Cumple		Observaciones
				Si	No	
Cloro libre (ppm)	1,0	2,0 -4,0	5,0			
Potencial de Hidrógeno	7,2	7,4 -7,6	7,8			
Alcalinidad total (ppm)	60	80 -100	180			
Sólidos disueltos (ppm)	-	-	1500 al inicio			
Metales pesados	-	-	-			
Algas visibles	-	-	-			
Bacterias	-	-	-			
Estabilizador cloro (ppm)	0	30 - 50	150			
Saturación	-0,3	0	+ 0,3			
Temperatura °C	28	30	35			
PH PISCINA						
Actividad	Fecha	Estado	Cumple		Observaciones	
			Si	No		
Lavado y enjuague						
Limpieza Skimmer						
Aspirado						
Limpieza de superficie piscina						
Claridad del agua						
Bañistas						
Lecturas adicionales						

Fuente: Guía básica de mantenimiento para piscinas y spas

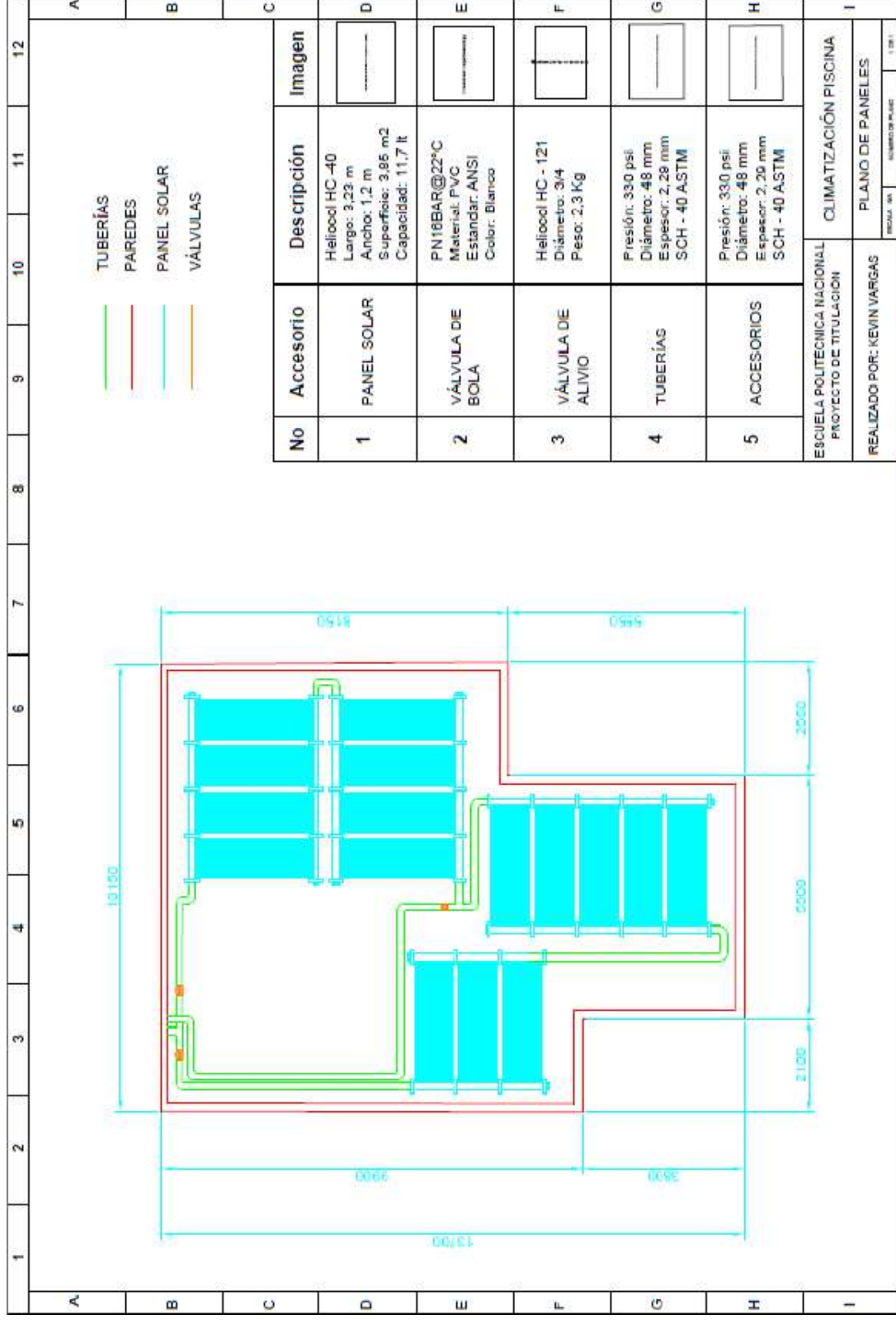
Recomendaciones:

1. Limpiar todas las paredes y el fondo del vaso, recoger hojas materiales que se encuentren en la superficie del vaso de la piscina.

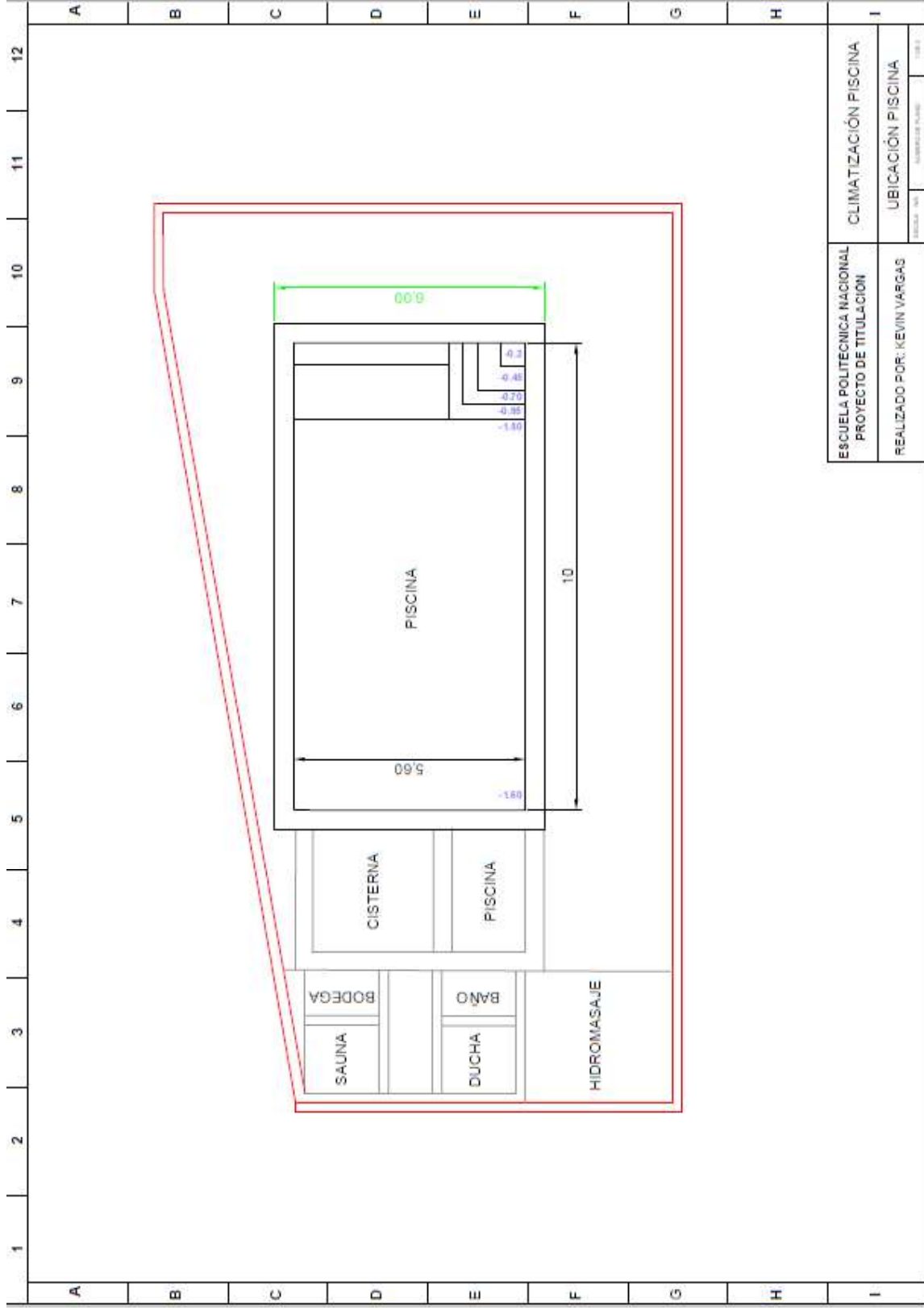
2. Al llenar la piscina, realizarlo por medio de los inyectores y con la manta térmica colocada en la superficie exterior de la piscina.
3. En los mantenimientos de la piscina, evitar mezclar los elementos químicos, se recomienda utilizarlos de manera separada e informarse de la dosis recomendada.
4. Comprobar los niveles de cloro y PH
5. Limpiar el skimmer, filtro, bombas e inyectores por lo menos una vez cada tres meses.

ANEXO C: PLANOS Y DIAGRAMAS TÉCNICOS DE LA INSTALACIÓN

Plano de colectores solares

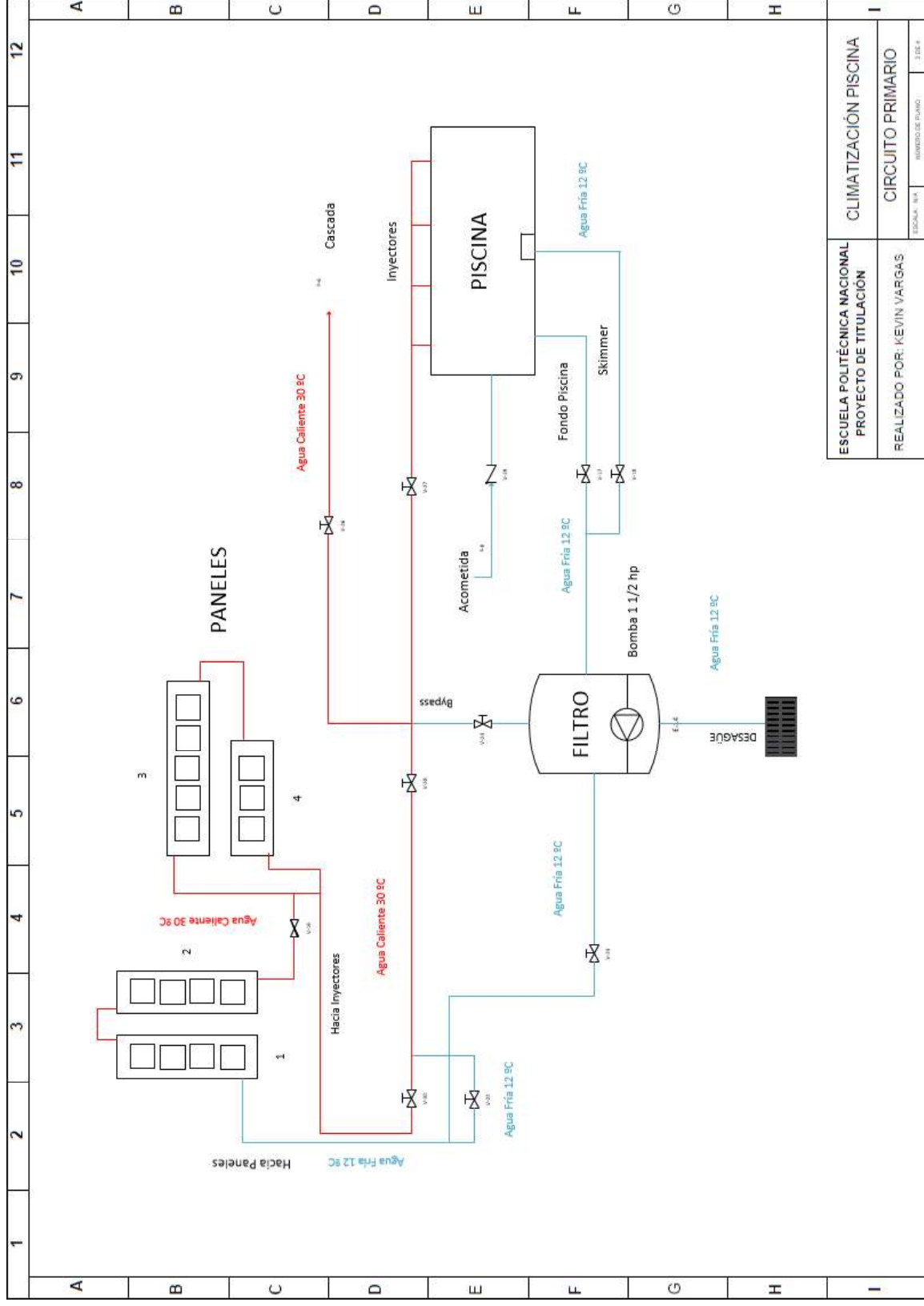


Plano de piscina



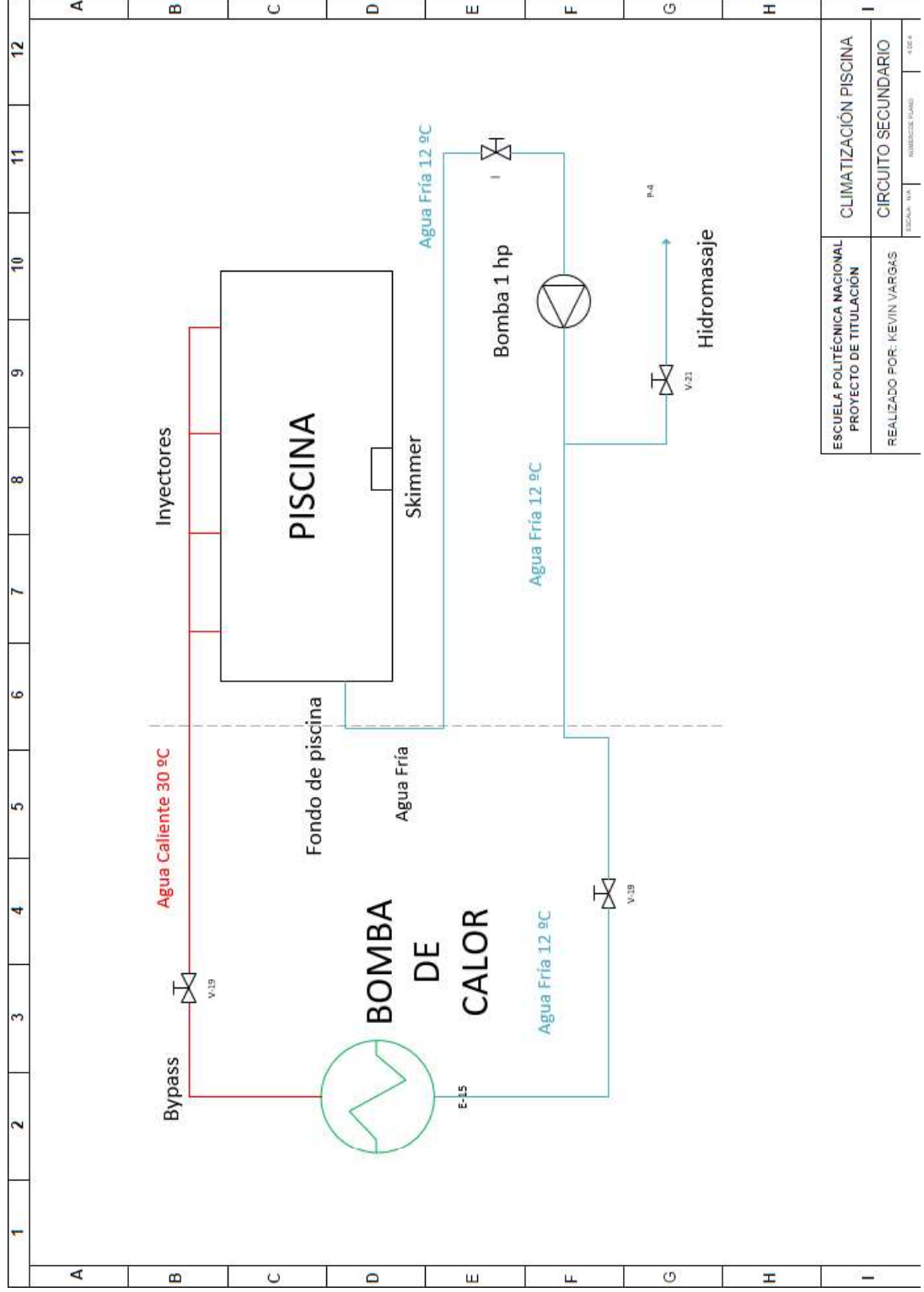
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL PROYECTO DE TITULACIÓN	CLIMATIZACIÓN PISCINA
REALIZADO POR: KEVIN VARGAS	UBICACIÓN PISCINA
FECHA: 10/01/2023	ESQUEMA PLANO
	1:100

Plano esquemático del sistema hidráulico primario



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL PROYECTO DE TITULACIÓN	CLIMATIZACIÓN PISCINA
REALIZADO POR: KEVIN VARGAS	CIRCUITO PRIMARIO
ESCALA: N/A	INSTRUMENTOS DE PLANO: 1, 10, 14

Plano esquemático del sistema hidráulico secundario



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL PROYECTO DE TITULACIÓN	CLIMATIZACIÓN PISCINA
REALIZADO POR: KEVIN VARGAS	CIRCUITO SECUNDARIO
	ESCALA: 1:100
	NÚMERO DE PLANOS: 4 DE 4

ANEXO D: MANUALES DE EQUIPOS