



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“Utilización de las aguas termales para climatizar los ambientes
del edificio de la municipalidad Baños del Inca, Cajamarca.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Ramos Torres, Jhoel Smit (ORCID: 0000-0002-6324-7751)

ASESOR:

Dr. Carranza Montenegro, Daniel (ORCID: 0000-0001-6743-6915)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios por guiar mis pasos para cumplir una de mi meta y permitirme vivir para seguir adelante en el camino hacia el éxito, así también por haberme dado el regalo más grande en la vida que es mi linda familia.

A mis padres y hermanos por ser personas únicas en mi vida a los que siempre aprecio con todo el corazón, por tenerme la paciencia de enseñarme con amor y aconsejarme cada día de mi vida siempre con frases positivas hacia el futuro.

Jhoel Smit Ramos Torres

AGRADECIMIENTO

A mi familia por todo el apoyo brindado durante toda esta formación académica.

A mis docentes y asesores por sus sabios consejos, apoyo y colaboración en la realización de mi proyecto de investigación y así mismo por las enseñanzas brindadas.

Índice de contenidos

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.	12
3.2. Variables y operacionalización:.....	12
3.3. Población, Muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	13
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos.	13
3.7. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN.....	58
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS	64
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Registro de Temperatura Agua Termal Baños del Inca, 2019.....	16
Tabla 2.Registro de Propiedades físicas de agua termal	19
Tabla 3.Promedio y desviación estándar de mediciones de agua termal.....	21
Tabla 4.Constituyentes metálicos en Agua Termal.	21
Tabla 5.Promedio y Desviación estándar de constituyentes metálicos	22
Tabla 6.Constituyentes inorgánico no metálicos en Agua Termal.....	22
Tabla 7.Promedio y Desviación estándar de constituyentes inorgánico no metálicos	23
Tabla 8.Registros de Temperatura Histórica Máxima y Mínima en Baños del Inca. .	24
Tabla 9.Cálculo de carga Térmica área de atención al contribuyente: 80 m2	28
Tabla 10.Cálculo de carga Térmica Área de Reunión de Consejo: 40 m2.....	29
Tabla 11.Cálculo de carga Térmica Área de Alcaldía, de 18 metros cuadrados	31
Tabla 12.Cargas térmicas en ambientes de municipalidad Baños del Inca	33
Tabla 13.Alturas de ubicación de radiadores	34
Tabla 14.Módulos radiador calefactor	37
Tabla 15.Flujo Másico en Radiadores calefactores.....	39
Tabla 16.temperatura y peso específico.....	40
Tabla 17.Pérdidas de carga en Accesorios.....	43
Tabla 18.Cálculo de calor de diseño de radiador.....	46
Tabla 19.Características de los radiadores seleccionados.....	47
Tabla 20.Características Tubería para agua caliente.....	52
Tabla 21.Costo Inicial.....	53
Tabla 22.Flujo de Caja de Proyecto	55
Tabla 23.Cálculo del Valor Actual Neto	56
Tabla 24.Cálculo de la Tasa Interna de Retorno.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Elementos del sistema de calefacción.	7
Figura 2. Radiador del sistema de calefacción.....	8
Figura 3.Ubicación de Baños del Inca.....	15
Figura 4.Registró temperatura 25/01, agua Termal.....	16
Figura 5.Registró temperatura 12/04, agua Termal.....	17
Figura 6.Registro temperatura 15/09, agua Termal.....	18
Figura 7.Registro temperatura 15/09, agua Termal.....	18
Figura 8.Registros de Temperatura en Baños del Inca.	24
Figura 9.Registros de Temperatura en Baños del Inca.	25
Figura 10.Cargas térmicas (watt) en ambientes municipalidad baños del inca	33
Figura 11.Ubicación de Radiadores de intercambio de calor, Municipalidad Baños del Inca - Cajamarca	35
Figura 12. Esquema de distribución de radiadores calefactores.....	45
Figura 13. Dimensiones de radiadores calefactores DK 500.1000.....	48
Figura 14. Dimensiones de radiadores calefactores DK 500.1600.....	48
Figura 15. Selección de electrobomba centrífuga, Manual Hidrostal, 2019.....	50
Figura 16. Dimensiones de bomba centrífuga Hidrostal 40 -250.....	51

RESUMEN

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo general, realizar el estudio del Aprovechamiento de las aguas termales para climatizar los ambientes del edificio de la Municipalidad de baños del Inca de Cajamarca, para la climatización de los ambientes se pudo realizar la evaluación técnica en campo para determinar la posibilidad del aprovechamiento del recurso geotérmico que se cuenta en los baños del inca del departamento de Cajamarca , el complejo turístico presenta una geotermometría promedio de 73°C, la cual es de vital importancia, para el proyecto, también se ha teniendo en cuenta sus propiedades físico químicas del agua termal. El proyecto de investigación se organizó: en primer lugar, se realizó una investigación exhaustiva de la bibliografía relacionada con los sistemas geotérmicos. Se ha realizado la identificación de las fuentes geotermales más importantes del distrito de baños del inca , se realizó el análisis de las implicancias que presenta la realización del presente proyecto, para de esta manera poder cumplir con los objetivos planteados mencionados anteriormente, el aporte principal de la presente investigación se enfoca en la cantidad de energía geotérmica que se puede ser utilizada para climatizar los ambientes de dicho edificio en los meses de invierno donde son muy bajas las temperaturas.

Palabras clave: Agua termal, reutilización, temperatura, geotermometría, climatización.

ABSTRACT

The present thesis project has as a general objective, to carry out the study of the use of thermal waters to acclimatise the environments of the building of the Municipality of Baños del Inca de Cajamarca, for the acclimatization of the environments the technical evaluation could be carried out in the field to determine the possibility of taking advantage of the geothermal resource that is counted in the Inca baths of the department of Cajamarca, the tourist complex presents an average geothermometry of 73 ° C, which is of vital importance, for the project, it has also been taken into account its physical chemical properties of thermal water. The research project was organized: first, an exhaustive investigation of the bibliography related to geothermal systems was carried out. The most important geothermal sources in the Inca baths district have been identified, an analysis of the implications of carrying out this project was carried out, in order to be able to meet the stated objectives mentioned above, the main contribution of This research focuses on the amount of geothermal energy that can be used to air-condition the environments of said building in the winter months when temperatures are very low.

Keywords: Thermal water, reuse, temperature, geothermometry, airconditioning.

I. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de la energía térmica de las aguas termales del complejo de Baños del Inca – Cajamarca, no solo es para aspectos turísticos y de salud, sino también es posible para calefacción de espacios como es el caso de los ambientes de la municipalidad de Baños del Inca, en el cuál las temperaturas alcanzar niveles entre los 5 y 13 grados centígrados en horas de actividad dentro de la institución. El ambiente con temperatura de confort para las personas en el interior de la municipalidad que realizan actividades administrativas y público en general, actualmente no es el adecuado, y ello tiene como consecuencia que la aglomeración de la gente se realice en horas en donde la temperatura ambiente se incrementa, que es entre las 11.00 y 14.00 horas, habiendo momentos entre las 08.00 y 11.00 horas en el cual no hay afluencia de personas por las temperaturas bajas que se registran, siendo el problema más acentuado en la estación de invierno. Esta realidad se plantea mejorar, teniendo un sistema de calefacción en el interior de los ambientes de la municipalidad, el cual utilice el agua caliente del complejo Baños del Inca, el cual se encuentra a muy corta distancia, y que, mediante un sistema de radiadores de intercambio de calor, climatice el ambiente con temperaturas de confort entre los 18 y 22°C., para lo cual se plantea la siguiente **formulación del problema** de investigación es: ¿Cómo climatizar los ambientes del edificio de la Municipalidad de baños del Inca si se utiliza las aguas Termales?, así como también se logró plantear el **objetivo general** de la investigación que fue realizar el estudio del Aprovechamiento de las aguas termales para climatizar los ambientes del edificio de la Municipalidad de baños del Inca en Cajamarca, y por consiguiente los **objetivos específicos** como:

- Determinar las características físicas química del agua termal, a diferentes horas del día.
- Realizar el análisis de las cargas térmicas, en función a las condiciones climatológicas en el interior de los ambientes del edificio de la Municipalidad Baños del Inca.
- Determinar los parámetros de operación del sistema de calefacción utilizando las aguas termales.

- Dimensionar los dispositivos de transferencia de energía calorífica, que se utilizan en el sistema de calefacción.
- Realizar un análisis económico, utilizando indicadores económicos, tales como VAN, TIR y relación beneficio –costo.

Un millón setecientos veintiocho mil (1,728,000) de litros de agua mineromedicinal surgen cada día en la Ciudad Baños del Inca. Un mar termal en el subsuelo que se desaprovecha en su mayoría, más allá del sector turístico y medicinal. La mayoría de ese caudal, es la que se pierde a diariamente, en este proyecto de investigación nos enfocamos en poder darle un valor agregado a este recurso tan importante como es el agua termal. (BVPAD - Indecibvpad.indeci.gob.pe), teniendo en cuenta esta vital importancia como es el agua que surge al diariamente se plantea la siguiente: **hipótesis de investigación:** “El Aprovechamiento de las aguas termales climatiza los ambientes del edificio de la Municipalidad de baños del Inca en Cajamarca”, se cree que en el Distrito de Baños del Inca, que tiene a la actividad del turismo como una de las principales fuentes de ingresos económicos, las edificaciones públicas y privadas no cuentan con sistemas de calefacción y de aire acondicionado, a pesar que la temperaturas bajas menores a 10 grados centígrados, siendo la razón la falta de presupuesto para su implementación, así como también el alto consumo de energía eléctrica, si se utilizara ésta fuente energética para el accionamiento del sistema de calefacción. Resulta contradictorio, en esta ciudad, tener aguas termales que emanan del subsuelo, y no se utilicen como sistemas de calefacción en las edificaciones; actualmente se utilizan las aguas termales para utilizarlo en los baños de algunos hoteles aledaños a la zona, lo cual brinda confort en el interior de las habitaciones. Se realizó la **justificación** del proyecto, porque la temperatura promedio de las aguas termales, que oscilan entre 70 y 73 grados centígrados, dependiendo de las horas del día, se puede transferir el calor por convección, mediante el flujo del agua en tuberías, este fluido es accionado por una bomba hidráulica de accionamiento eléctrico, en el caso que los puntos de uso del calor se encuentren por encima del nivel del agua termal.

También este proyecto de investigación tiene la importancia y viabilidad ya que económicamente, al comparar la energía que se requiere si el sistema es accionado eléctricamente; el consumo de energía de los sistemas de calefacción accionados eléctricamente, representan entre el 25 y 35% de la potencia instalada en la vivienda, en términos de energía eléctrica, éste representa entre un 15 < 25%, según las horas de utilización y la temperatura del ambiente; por tal razón al tener el agua termal a temperatura entre 50 y 73 grados centígrados, la energía calorífica se transfiere al sistema, haciendo que el sistema económicamente sea estable en el tiempo. En el ámbito social el proyecto justifica su desarrollo, porque al contar con sistema de calefacción en los ambientes y oficinas de la Municipalidad de Baños del Inca, los trabajadores, autoridades y público en general que asisten a esta dependencia, tendrán un ambiente de confort, ello incentiva a realizar un trabajo con mayor eficiencia, lo cual contribuye a la calidad de vida de las personas que utilizan estos ambientes.

II. MARCO TEÓRICO

Existen estudios realizados en lugares en dónde se tiene aguas termales, para utilizarlos en sistemas de calefacción, entre los cuales se ha seleccionado aquellos que tienen aspectos relevantes que se utilizaron en el desarrollo de este informe de investigación, entre los cuales se menciona:

En la tesis de grado denominada: “Caracterización geoenergética de fuentes termales: pasanacollo, acora, ollachea, cuyo cuyo, loripongo, y puente bello” hacen:

Mención en su resumen: Con la interpretación de los datos tomados en el sitio y los resultados de laboratorio, y conocimiento general sobre geotermia tal como su temperatura, pH, composición y clasificación; se realizó la interpretación de que el yacimiento termal es el más adecuado para la generación de energía geotérmica, y cuáles son los otros usos dados a los demás que no alcanzaron una entalpia media a alta, en caso de que se requiera su aprovechamiento de un yacimiento de baja entalpia se plantea la opción de la generación de electricidad mediante un sistema hibrido como es el caso de las fuentes termales de Pasanacollo, Acora, Loripongo, y Puente Bello. De las seis fuentes termales, la fuente termal de Ollachea y Cuyo cuyo son más propicias por las altas temperaturas que presentan de 99.26 °C y 63.74 °C respectivamente, la mayor cantidad de sílice disuelta en el agua con 99.19 mg/L y 55.14 mg/L respectivamente, es factible realizar el aprovechamiento de sus recursos geoenergéticos, por alcanzar altas temperaturas a profundidades de 800 metros y que están albergadas en rocas en pizarras y esquistos del Paleozoico. (TAPIA 2016, p.56),

En la tesis “USO DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA EN EL DISEÑO DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA PARALA PROPUESTA DE CENTRO TERMAL EN CACHICADÁN”, indica en su: resumen que la energía geotérmica es fácil de obtener ya que emana agua termal del sub- suelo, esto hace factible su aprovechamiento. La envolvente arquitectónica como mediador entre exterior e interior debe evitar las pérdidas de calor o por el contrario, el sobrecalentamiento del mismo, entonces actúa como un regulador térmico.

En el estudio determinó los valores de transferencia de calor por convección, determinando los valores de entalpía del agua termal. Y utilizando los números

adimensionales de Reynolds y de Nussett, se determinó el coeficiente global de transferencia de calor.(Quispe, 2018, p.76)

En el proyecto de tesis “APROVECHAMIENTO DE UN RECURSO GEOTÉRMICO DE BAJA ENTALPÍA PARA AGUAS TERMALES, CLIMATIZACIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA DE UN BALNEARIO”, tuvo como objeto de estudio el análisis del proceso de transferencia de calor entre el agua termal y el ambiente a calefactar, con lo cual determinó:

- a) Área de la superficie de la transferencia de calor.
- b) Coeficiente global de transferencia de calor.
- c) Flujo másico de agua termal.
- d) Flujo volumétrico de agua termal.
- e) Perdidas de carga en el flujo de agua termal.
- f) Balance de energía térmica del sistema
- g) Potencia de sistema de bombeo de agua.

La metodología del cálculo, se utilizó para la investigación, utilizando unidades del sistema internacional SI. Los cálculos que realizó se sustentan en la ecuación de la conservación de la energía. (López, 2009, p.22)

El trabajo de investigación denominado: “DISEÑO DE UNA RED GEOTÉRMICA DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR PARA EL MUNICIPIO DE COÑARIPE, X REGIÓN”, determinó que para la red de calefacción, el fluido puede ser agua termal extraída de un pozo geotérmico, o un líquido refrigerante que absorba calor de la Tierra mediante evaporación, y a una profundidad superior a los 5 metros.

Los pozos se encuentran sólo en zonas de alto potencial geotérmico, mientras que el refrigerante puede inyectarse en gran parte de la superficie terrestre. Se utilizó las propiedades físicas y químicas del agua termal, así como también el efecto de los

minerales que contiene el agua mineral, y su efecto en el transporte del fluido a una determinada presión en la red de tuberías. (Peirano, 2009, p.65).

Metales en las aguas termales Las aguas termales, en su mayoría presentan la combinación de metales disueltos, así como también de sustancias, que le dan cierta particularidad, muchas aguas tienen un alto contenido de azufre, que es el elemento que le da el olor y el color de las aguas termales. (Laurence, 2014, p.2)

También se tiene a la Limonita (HFeO_2): Las concentraciones de óxidos de hierro son. Por lo común, mezclas de goethita con limonita y asimismo con hidróxidos de sílice, sustancias arcillosas, etc. estas mezclas suelen denominarse limonita.

La Malaquita ($(\text{Cu}_2)(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$): Se forma exclusivamente en las zonas de oxidación de los yacimientos de sulfuros de cobre, es uno de los minerales de cobre más propagados en las menas oxidadas de cobre. La Jarosita ($\text{KFe}^{3+}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$): Es un mineral bastante común, formado en zonas de oxidación de los yacimientos de sulfuro de hierro, se precipita en las aguas sulfatadas en contacto libre con el oxígeno del aire y ricas en hierro trivalente

La finalidad es que el aire exterior de ventilación ingresa al interior de las viviendas a temperatura del medio ambiente, es decir una temperatura baja, (entre 0 y 10°C), el cual se va a elevar la temperatura al aire, hasta un valor de confort para el usuario. El aire tendrá una calidad que depende de cómo se realice el proceso de ventilación, por lo tanto debe garantizarse en todo momento su funcionamiento que se tenga unas mínimas condiciones higiénicas en el interior del ambiente a climatizar. (Lozano, 2019, p.31).

En la figura 1, se muestra los componentes del sistema de calefacción, en el cual se requiere los radiadores que se ubican en el interior de los ambientes, y el generador del agua caliente; el agua ingresa hacia los radiadores por medio de tuberías de material que soportan la temperatura del agua; el número de radiadores está en función a la carga térmica que se requiere climatizar.

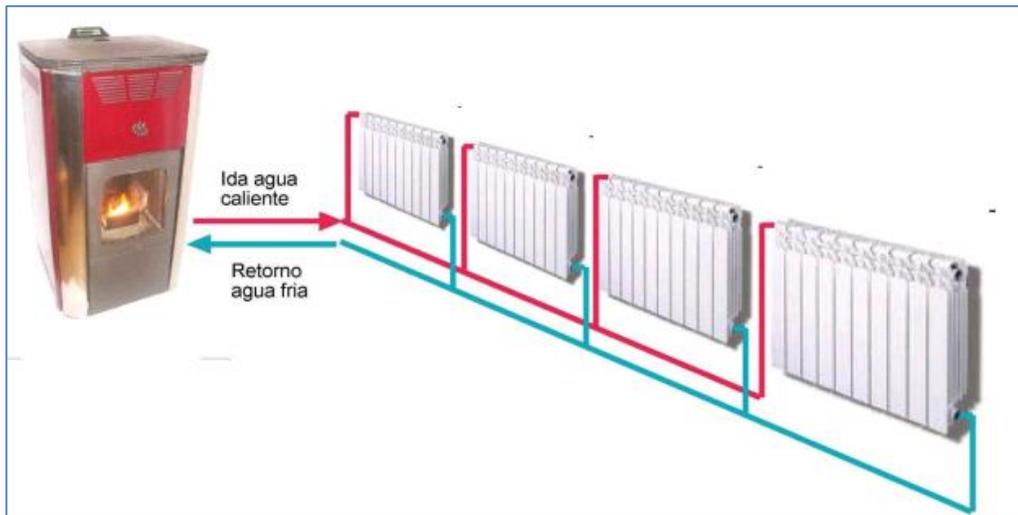


Figura 1. Elementos del sistema de calefacción.

FUENTE: Calefacción y fontanería (Pag.1)

El radiador, es un elemento que intercambia energía calorífica, de acuerdo a la diferencia de temperatura en el medio, así como de los cuerpos que absorben calor.

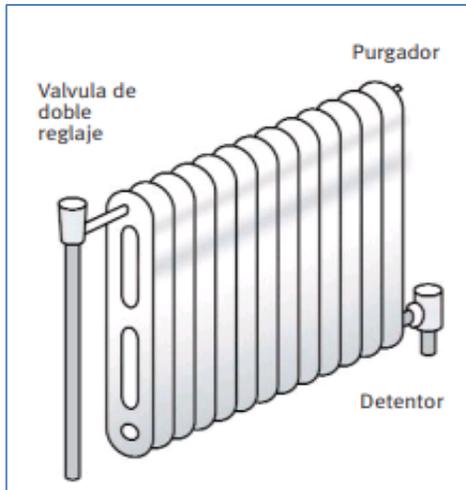


Figura 2. Radiador del sistema de calefacción.

Fuente: *Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en edificios de viviendas*

El balance de energía en el radiador es:

$$Q = m * Cp(T2 - T1)$$

Dónde:

Q: Calor.

M: Flujo másico de agua termal

Cp: Calor específico. KJ/Kg °C

T2: Temperatura de ingreso del agua caliente °C

T1: Temperatura de salida del agua de calefactor °C

El valor del calor Q, es el cambio de estados termodinámicos del aire de ventilación que circula por el medio exterior del radiador.

La transferencia de calor por convección, o también denominado Ley de Enfriamiento de Newton, se expresa:

$$Qc = h * A * (Ta - T)$$

Dónde:

Qc: Calor convección, en KW

h: Coeficiente de transferencia de calor por convección.

A: Área de transferencia de calor por convección, en m².

Ta: Temperatura del fluido adyacente.

T: Temperatura del medio externo.

Para el análisis del intercambio de energía en los calefactores se utilizó los números adimensionales como son el Número de Nusselt, el Número de Prandtl, Número de Reynolds.

Número de NUSSELT (Nu) .-

$$Nu = \frac{h \cdot D}{k}$$

Nu: Número de Nusselt

H: Coeficiente de transferencia de calor.

D: Diámetro hidráulico de la tubería con agua caliente

K: Conductividad térmica de agua termal

Número de Prandtl (Pr) .-

$$Pr = \frac{\mu * Cp}{k}$$

Pr: Número de Prandtl

μ : Viscosidad dinámica de agua termal

Cp: Calor específico a presión constante

k: Conductividad térmica.

Número de REYNOLDS (Re) .-

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

Dónde:

Re: Número de Reynolds.

V: Velocidad del fluido en el interior de tubería.

D: Diámetro de la tubería por donde circula agua termal

ν : Viscosidad del agua termal

La ecuación que determina la pérdida de presión en las tuberías está dada por la ecuación de Darcy:

$$hf = \frac{f * L * V^2}{2gD}$$

Dónde:

hf: Pérdida de presión en la tubería, expresado en metros.

f: Factor de fricción de la tubería.

L. Longitud de la tubería desde sistema de bombeo hasta equipo calefactor.

V: Velocidad del fluido, expresado en m/s

D: Diámetro de la tubería por donde circula agua termal

Se determinó el valor del factor de fricción, con la ecuación empírica de Colebrook.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\frac{k}{D}}{3,71} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

Dónde.

f: Factor de fricción, con valor adimensional.

k: Coeficiente de rugosidad de la tubería

D: Diámetro de la tubería por donde circula agua termal

Re: Número de Reynolds.

La potencia que requiere la bomba hidráulica, es la que debe ser capaz de vencer la resistencia al flujo por el interior de la tubería, y por el interior del radiador del sistema de calefacción.

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{\varepsilon_1 * \varepsilon_2 * 1000}$$

Dónde:

P: Potencia Hidráulica, en KW

γ : Peso específico del agua a temperatura a calefactar, en N/m³

H: Altura total, en metros.

Q: Flujo de agua, en m³/

E1: Eficiencia de la bomba.

E2: Eficiencia del motor eléctrico.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación.

Tipo de Investigación: Aplicada

Resuelve el problema, con un enfoque en búsqueda de conocimiento para utilizar las leyes y teorías existentes, y aplicarlas a fin de determinar la solución al problema planteado. Con este tipo de investigación se enriquece el desarrollo científico.

Diseño de la Investigación: Diseño NO experimental.

No se manipulan de manera deliberada las variables, solo se observa el fenómeno, y se analiza el efecto de la variación de los parámetros de diseño del sistema de agua termal para la calefacción.

3.2. Variables y operacionalización:

Independiente: Utilización De Las Aguas Termales

Dependiente: Climatizar los ambientes del edificio de la Municipalidad de baños del Inca en Cajamarca

3.3. Población, Muestra y muestreo.

Población: Edificios públicos y privados de la ciudad de Baños del Inca.

Muestra: 3 Ambientes del edificio de la municipalidad de Baños del Inca.

Muestreo: Ambientes con mayor afluencia de público y frecuencia de uso.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En esta investigación se aplicaron las técnicas de recolección de datos: Guía de observación, análisis documental.

Guías de observación: para realizar el registro de temperaturas de agua termal, registro de temperatura ambiente, caudales, registro de cargas térmicas en ambientes a climatizar.

Análisis Documental. Reglamento Nacional de Vehículos. Circuitos Hidráulicos, Sistemas de control electrónico del vehículo. Sistema de Frenos ABS.

Instrumentos de Recolección de Datos:

Guía de observación 1: - ANALISIS DE CARGAS TERMICAS EN AMBIENTES DE MUNICIPALIDAD DE BAÑOS DEL INCA

GUIA DE OBSERVACION 2. REGISTRO DE TEMPERATURA AGUA TERMAL

3.5. Procedimientos

El procedimiento para la recolección de los datos, se hizo en función a lo registrado en la estación meteorológica de Baños del Inca: Temperaturas en diferentes horas del día. Así mismo se obtuvo información de las propiedades físicas y químicas del agua termal, a través del análisis realizado por la empresa INGEMMET.

3.6. Método de análisis de datos.

Los datos se analizaron entre los registros de temperatura de agua termal, temperatura ambiente de la guía de observación que se utilizó. Las ecuaciones de la transferencia de calor, flujo de fluidos fueron resueltas, para lo cual se utilizó el cálculo numérico y el Software Microsoft Excel, para el desarrollo de los mismos.

3.7. Aspectos éticos

Se hizo el proyecto con la confidencialidad de la información. La data de temperatura del agua termal obtenida no fu alterada al momento de utilizar los cálculos de transferencia de calor. Se presentó propuesta a Municipalidad para asignación de presupuesto y posterior ejecución de la propuesta.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinar las características físicas química del agua termal, a diferentes horas del día.

El agua termal del complejo Baños del Inca, está ubicado en el Distrito del Mismo nombre, Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca, y tiene la siguiente ubicación:

Latitud : 7°9'48.79" Sur

Longitud : 78°28'15.4" Oeste

Altitud : 2665 msnm



Figura 3. Ubicación de Baños del Inca

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

Se temperatura promedio del agua termal que sale del subsuelo en el complejo turístico Baños del Inca, es de 72.1 grados centígrados, sin embargo a éste valor de temperatura tiene ligera variación en el transcurso de las 24 horas del día, tal como se observa de una data de 4 días, un día de cada estación del año, obtenidas del año 2019.

Tabla 1.Registro de Temperatura Agua Termal Baños del Inca, 2019

Fecha	01:00:00 a.m.	04:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	12:00:00 a.m.	16:00:00 a.m.	21:00:00 a.m.
25-ene-19	72.56	72.67	72.43	71.67	71.98	72.24
12-abr-19	72.67	72.89	72.67	72.11	71.91	72.45
15-sep-19	72.56	72.79	72.71	72.08	72.01	72.12
18-dic-19	72.76	72.93	72.81	72.17	72.13	72.45

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

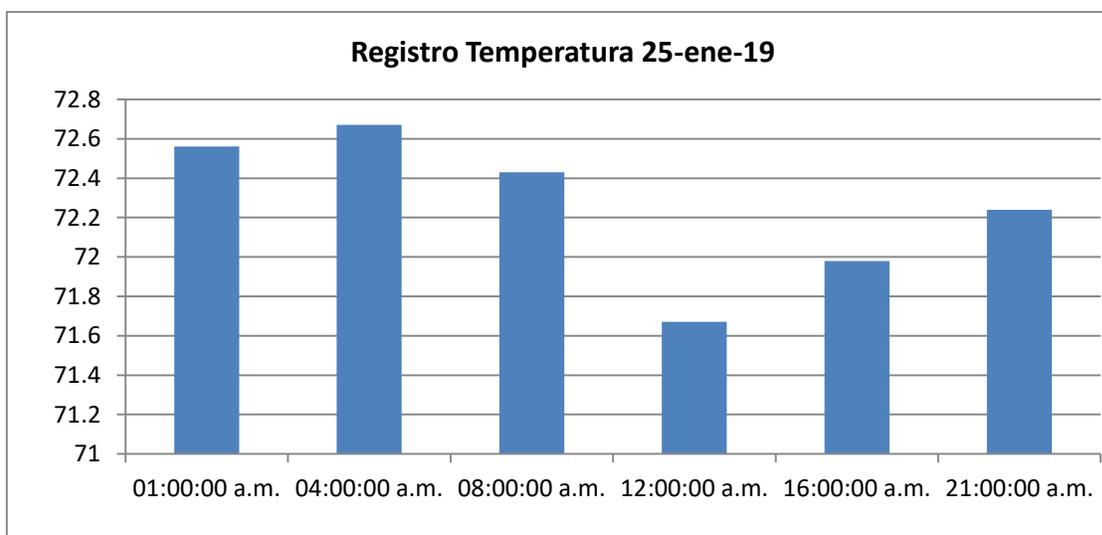


Figura 4.Registró temperatura 25/01, agua Termal

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

En el día 25 de enero, la temperatura máxima fue alrededor de las 4.00 am, con un valor de 72.67 grados centígrados, el mínimo valor fue a las 12.00 am con 71.67 grados centígrados, es decir se tuvo una diferencia de 1.04 grados centígrados, es decir se tuvo una temperatura promedio de 72.25 grados centígrados.

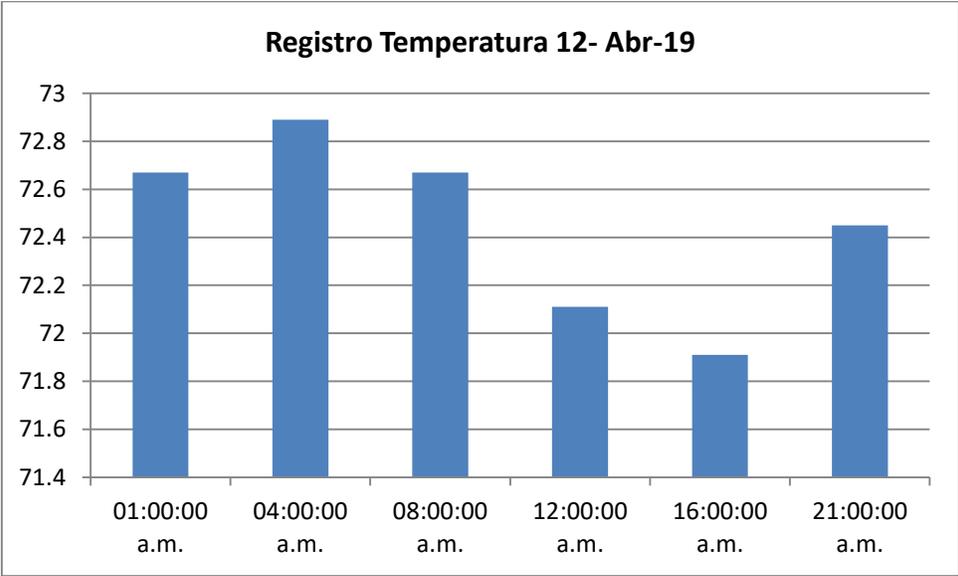


Figura 5.Registró temperatura 12/04, agua Termal

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

En el día 12 de abril la temperatura máxima fue alrededor de las 4.00 am, con un valor de 72.89 grados centígrados, el mínimo valor fue a las 12.00 am con 72.11 grados centígrados, es decir se tuvo una diferencia de 0.78 grados centígrados, es decir se tuvo una temperatura promedio de 72.45 grados centígrados.

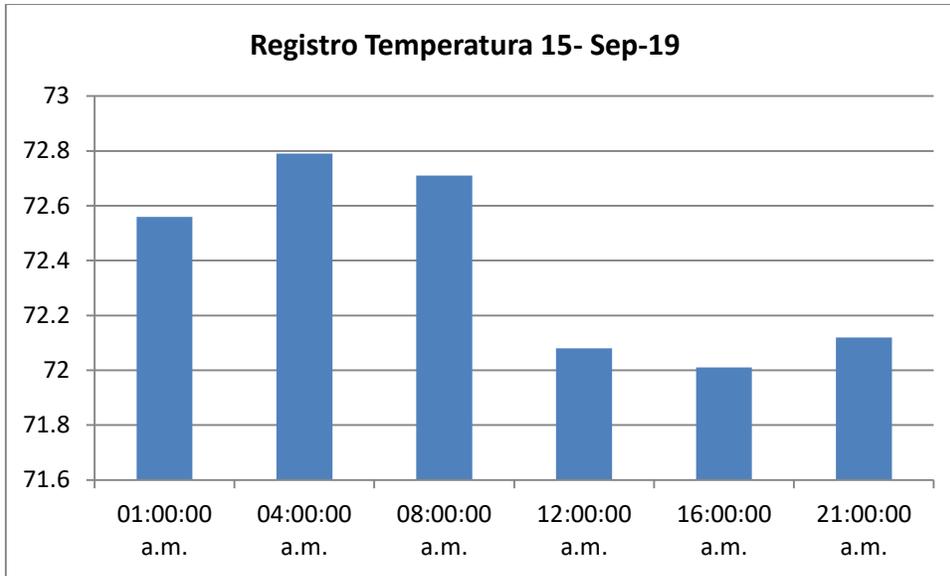


Figura 6.Registro temperatura 15/09, agua Termal

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

En el día 15 de setiembre la temperatura máxima fue alrededor de las 4.00 am, con un valor de 72.79 grados centígrados, el mínimo valor fue a las 12.00 am con 72.08 grados centígrados, es decir se tuvo una diferencia de 0.71 grados centígrados, es decir se tuvo una temperatura promedio de 72.37 grados centígrados.

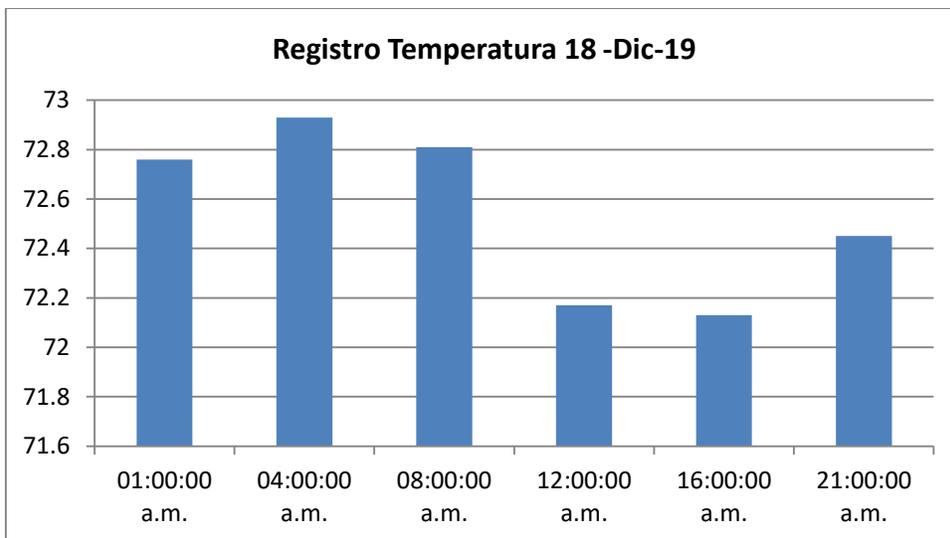


Figura 7.Registro temperatura 15/09, agua Termal

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

En el día 18 de diciembre la temperatura máxima fue alrededor de las 4.00 am, con un valor de 72.93 grados centígrados, el mínimo valor fue a las 12.00 am con 72.17 grados centígrados, es decir se tuvo una diferencia de 0.76 grados centígrados, es decir se tuvo una temperatura promedio de 72.54 grados centígrados.

En la información de los 4 días del año, que corresponde a un día por cada estación, se observa que la temperatura máxima ocurre alrededor de las 4.00 horas del día y la temperatura mínima es a las 12.00 del día, así mismo los valores de temperatura en promedio es entre 72.25 y 72.54 grados centígrados.

Así mismo se analizó los reportes de las propiedades químicas del agua termal, en cuánto a su color, olor, sabor, potencial de hidrógeno (PH), conductividad iónica, sólidos totales, y dureza.

Tabla 2.Registro de Propiedades físicas de agua termal

Fecha	Color (Unidad de color UC)	Olor	Sabor	PH	Conductividad iónica (ms/m)	Sólidos totales (Mg/L)	Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)
25-ene-19	60.3	Térreo	Salado Metálico Amargo	7.9	548	546	234
12-abr-19	60.5	Térreo	Salado Metálico Amargo	8.4	543	567	231
15-sep-19	60.1	Térreo	Salado Metálico Amargo	8.5	554	589	228
18-dic-19	59.5	Térreo	Salado Metálico Amargo	8.2	544	546	254

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

De la tabla 2 se puede mencionar:

- a) Con respecto al color del agua termal, se mide en unidades de color (UC), el cual para aguas que no tienen tratamiento y que salen del subsuelo, son superiores a 50 Unidades de color.

De los datos se observa que el color mantiene valores entre 59.5 y 60.5 UC, e decir que la variación es de 1UC, en los días de análisis de la data.

- b) Para todos los días de la data analizada, el olor y sabor característico es el térreo y salado metálico amargo.
- c) El Potencial de Hidrógeno PH, del agua termal tiene un valor que oscila entre 7.9 y 8,5. El pH indica la acidez o alcalinidad. Las mediciones de pH se ejecutan en una escala de 0 a 14, con 7.0 considerado neutro. Las soluciones con un pH inferior a 7.0 se consideran ácidos. Las soluciones con un pH por encima de 7.0, hasta 14.0 se consideran bases o alcalinos

En el caso del agua termal, está dentro de PH base o alcalino, y muestra una variación de 0.6 de PH.

- d) En cuanto al análisis de la conductividad iónica, lo sólidos disueltos y la dureza del agua, se tiene que:

La conductividad iónica, es la Conducción eléctrica de los iones de una disolución con cuya medida se puede obtener su molaridad.

Los sólidos totales disueltos en el agua, determina la cantidad de miligramos de sólidos por cada litro de agua.

De la data, se puede analizar estadísticamente y obtener valores de tendencia central y de dispersión, tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Promedio y desviación estándar de mediciones de agua termal

Fecha	Conductividad iónica (ms/m)	Sólidos totales (Mg/L)	Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)
25-ene-19	548	546	234
12-abr-19	543	567	231
15-sep-19	554	589	228
18-dic-19	544	546	254
Promedio	547.3	562.0	236.8
Desviación estándar	5.0	20.5	11.8

Fuente: Autoría Propia.

De la tabla 3, se puede observar que los valores de las mediciones de las tres características del agua termal, indican que la desviación estándar de dichas mediciones, indican valores que no tienen un amplio rango, es decir que son estables en el tiempo.

También se hizo el análisis de los registros de los constituyentes metálicos que presentan el agua termal, en la tabla 4, se tiene la data, correspondientes a los 4 días de análisis.

Tabla 4. Constituyentes metálicos en Agua Termal.

Fecha	Sodio (mg/L)	Zinc mg/L	Cobre mg/L	Fierro mg/L	Magnesio mg/L
25-ene-19	113	0.014	0.01	0.94	0.895
12-abr-19	116	0.012	0.01	1.05	0.889
15-sep-19	114	0.017	0.01	0.99	0.892
18-dic-19	112	0.013	0.01	1.03	0.885

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

Se determinó el análisis de la desviación estándar para determinar la variabilidad de los datos de los constituyentes metálicos, y se obtuvo:

Tabla 5. Promedio y Desviación estándar de constituyentes metálicos

	Sodio (mg/L)	Zinc mg/L	Cobre mg/L	Fierro mg/L	Magnesio mg/L
Promedio	113.75	0.014	0.01	1.0025	0.89025
Desviación estándar	1.479	0.002	0.000	0.042	0.004

Fuente: Autoría Propia

De la tabla 5 se observa que los valores de desviación estándar son cercanos a cero, es decir es pequeño el rango de la variación de los datos, por lo tanto el promedio de dichos valores representa el valor de los constituyentes metálicos en el agua termal.

Del mismo modo, se analizó los valores de los constituyentes inorgánicos no metálicos del agua termal, en la tabla 6 se muestra la data:

Tabla 6. Constituyentes inorgánico no metálicos en Agua Termal.

Fecha	Cloruro mg/L	Sulfato mg/L	Bicarbonato mg/L
25-ene-19	95.25	196	156
12-abr-19	95.18	193	153
15-sep-19	95.23	199	158
18-dic-19	95.29	194	155

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

Se determinó el análisis de la desviación estándar para determinar la variabilidad de los datos de los constituyentes inorgánico no metálicos, y se obtuvo.

Tabla 7. Promedio y Desviación estándar de constituyentes inorgánico no metálicos

	Cloruro mg/L	Sulfato mg/L	Bicarbonato mg/L
Promedio	95.2375	195.5	155.5
Desviación estándar	0.040	2.291	1.803

Fuente: Autoría Propia

De la tabla 7 se observa que los valores de desviación estándar son cercanos a cero, es decir es pequeño el rango de la variación de los datos, por lo tanto el promedio de dichos valores representa el valor de los constituyentes inorgánico metálicos en el agua termal.

4.2. Realizar el análisis de las cargas térmicas, en función a las condiciones climatológicas en el interior de los ambientes del edificio de la Municipalidad Baños del Inca.

4.2.1. Temperatura Promedio en Baños del Inca.

En la ciudad de Baños del Inca, según el comportamiento histórico de las temperaturas, el mes con temperatura más alta es setiembre (22.2°C); la temperatura más baja se da en el mes de julio (4.9°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de marzo (118.78 mm/mes), se tiene el registro promedio de la temperatura máxima y mínima, tal como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8.Registros de Temperatura Histórica Máxima y Mínima en Baños del Inca.

Mes	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C
Ene	21.5	9.3
Feb	21.2	9.7
Mar	21.2	9.6
Abr	21.5	9
May	21.9	7
Jun	21.9	5.6
Jul	21.7	4.9
Ago	22.1	5.6
Sep	22.2	7.1
Oct	22	8.2
Nov	22.1	8
Dic	21.9	8.9

Fuente: SENAMHI, 2019.

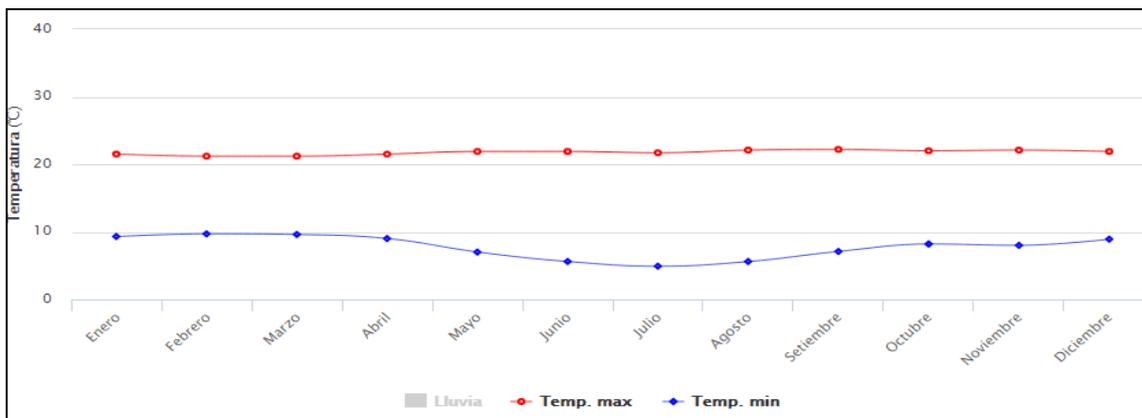


Figura 8.Registros de Temperatura en Baños del Inca.

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

De los registros de temperaturas, se realiza el análisis de la variación de la temperatura a lo largo del día; es importante conocer el comportamiento de éste parámetro, debido a que la investigación busca el diseño del sistema de calefacción, en horarios de afluencia de personas en los ambientes de la Municipalidad de Baños del Inca. Los horarios de mayor afluencia de público, es en el horario entre las 09.00 y 14.00 horas

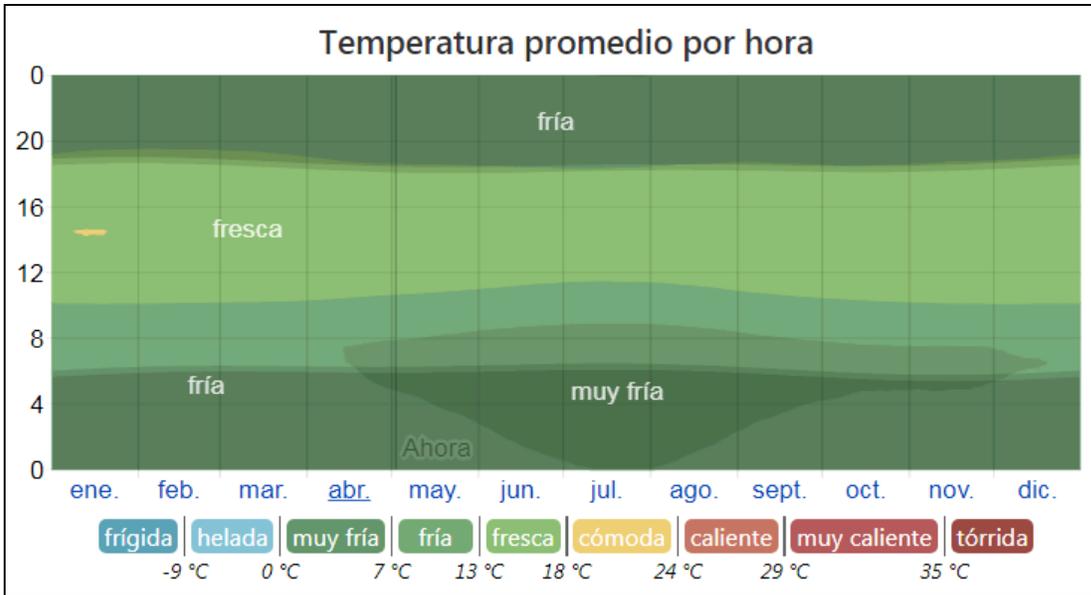


Figura 9.Registros de Temperatura en Baños del Inca.

Fuente: Complejo Turístico Baños del Inca.

Se observa de la figura 7, que la temperatura entre las 0 y 4 hora del día presentan valores entre 3 y 7 grados centígrados, entre las 9.00 y 16 horas presentan valores de fría y fresca con valore que oscilan entre los 7 y 18 grados respectivamente.

4.2.2. Temperatura de confort en ambientes del edificio de Municipalidad.

La temperatura más confortable para el ser humano en estado de reposo es de entre 18° y 20°C. Si está trabajando la cifra descende al intervalo comprendido entre 15° y 18°C, según el tipo de movimiento y la intensidad con la que se realiza. (Alarcón, 2015, p.13).

Los ambientes de la municipalidad son de áreas entre 30 y de 80 metros cuadrados, en dónde el público llega a realizar trámites administrativos, por lo tanto es de poca

intensidad de movimiento, es decir que la temperatura de confort está entre 18 y 20° centígrados.

Este rango de temperatura, entre 18 y 20 grados centígrados, serán los que se utilice en el cálculo de transferencia de calor, en el diseño del sistema de calefacción, en el cual se utiliza el flujo de las aguas termales de Baños del Inca.

4.2.3. Cargas Térmicas en ambientes.

Los ambientes a tener calefacción en la municipalidad de Baños del Inca, son los siguientes:

- a) Área de Atención al contribuyente, de 80 metros cuadrados, con un aforo de 20 personas.
- b) Área de Reunión de Consejo, de 40 metros cuadrados, con aforo de 10 personas.
- c) Área de Alcaldía, de 18 metros cuadrados, con aforo de 3 personas.

4.2.4. Cálculo de Cargas Térmicas.

Se realiza el cálculo de las cargas térmicas, teniendo en cuenta que la variación de temperatura a considerar entre el ambiente exterior en la temperatura más baja, es decir de 7 grados centígrados en horas de atención al público, y la temperatura de confort se considera la de 20 grados centígrados, teniendo en cuenta que entre 18 – 20° C es el rango de temperatura de confort, pero se establece el valor de 20° C para efectos de determinar el funcionamiento del sistema a la mayor temperatura.

Por lo tanto la variación de temperatura máxima entre el ambiente exterior e interior de la municipalidad de Baños del Inca será de $20 - 7 = 13$ grados centígrados.

a) Carga Térmica área de atención al contribuyente.

En la tabla 10, se determinó la cantidad de calor que requiere el ambiente que es de 80 metros cuadrados, para alcanzar la temperatura de confort de 20° Centígrados.

Tabla 9. Cálculo de carga Térmica área de atención al contribuyente: 80 m²

Calor ganado por:	Unidades	Área	Coeficiente total de transferencia de calor (watts/ hr. m ² . Δt)	Δt. Variación de Temperatura (°C)	Watt
Paredes de la Habitación: Ladrillo con tarrajeo de cemento	m ²	45	1.12	13	655.2
Techo de Concreto Armado	m ²	80	1.03	13	1071.2
Ventana de cristales con aluminio	m ²	5.6	12.3	13	895.44
Puerta Madera Cedro, espesor 1/2"	m ²	3.2	6.5	13	270.4
Piso cerámico	m ²	80	0.76	13	790.4
Sub Total S1					3682.64
Calor Interno		Cantidad	Factor		
4 Luminarias	Watt	32	0.48	13	199.68
Ocupantes	Unidades	20	2.87	13	1492.4
Sub Total S2					1692.08
Cargas Variables					
Armario metálicos	m ²	3.5	1.3	13	59.15

Mesas de madera de 1x1.5x1.20	m3	1.8	1.5	13	35.1
2 TV	Kilowatt	140	0.16	13	291.2
3 computadora	Kilowatt	350	0.11	13	500.5
Sub Total S3					885.95
Calor Total					6260.67

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 10. Cálculo de carga Térmica Área de Reunión de Consejo: 40 m²

Calor ganado por:	Unidades	Área	Coeficiente total de transferencia de calor (watts/ hr. m ² . Δt)	Δt. Variación de Temperatura (°C)	Watt
Paredes de la Habitación: Ladrillo con tarrajeo de cemento	m ²	22	1.12	13	320.32
Techo de Concreto Armado	m ²	40	1.03	13	535.6
Ventana de cristales con aluminio	m ²	2.2	12.3	13	351.78
Puerta Madera Cedro, espesor 1/2"	m ²	2.3	6.5	13	194.35
Piso cerámico	m ²	40	0.76	13	395.2

Sub Total S1					1797.25
Calor Interno		Cantidad	Factor		
2 Luminarias	Watt	32	0.24	13	99.84
Ocupantes	Unidades	10	2.87	13	746.2
Sub Total S2					846.04
Cargas Variables					
Armario metálicos	m2	1.6	1.3	13	27.04
Mesas de madera de 1x1.5x1.20	m3	1.2	1.5	13	23.4
1 TV	Kilowatt	140	0.08	13	145.6
1 computadora	Kilowatt	350	0.04	13	182
Sub Total S3					378.04
Calor Total					3021.33

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 11. Cálculo de carga Térmica Área de Alcaldía, de 18 metros cuadrados

Calor ganado por:	Unidades	Área	Coeficiente total de transferencia de calor (watts/ hr. m2 . Δt)	Δt . Variación de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Watt
Paredes de la Habitación: Ladrillo con tarrajeo de cemento	m2	14	1.12	13	203.84
Techo de Concreto Armado	m2	18	1.03	13	241.02
Ventana de cristales con aluminio	m2	1.8	12.3	13	287.82
Puerta Madera Cedro, espesor 1/2"	m2	2.1	6.5	13	177.45
Piso cerámico	m2	18	0.76	13	177.84
Sub Total S1					1087.97
Calor Interno		Cantidad	Factor		
2 Luminarias	Watt	32	0.24	13	99.84
Ocupantes	Unidades	3	2.87	13	223.86

Sub Total S2					323.7
Cargas Variables					
Armario metálicos	m2	1.3	1.3	13	21.97
Mesas de madera de 1x1.5x1.20	m3	1.2	1.5	13	23.4
1 TV	Kilowatt	140	0.08	13	145.6
1 computadora	Kilowatt	350	0.04	13	182
Sub Total S3					372.97
Calor Total					1784.64

Fuente: Autoría Propia.

En la tabla 11, se muestra en resumen el valor de las cargas térmicas en cada uno de los tres ambientes de municipalidad de Baños del Inca, en donde se plantea el diseño del sistema de calefacción utilizando las aguas termales de baños del inca, en Cajamarca.

Tabla 12. Cargas térmicas en ambientes de municipalidad Baños del Inca

Ambiente	Área (m2)	Carga térmica (Watt)	% de Carga térmica
Área de Atención al contribuyente.	80	6260.67	56.6
Área de Reunión de Consejo	40	3021.33	27.3
Área de Alcaldía, de 18 metros	18	1784.64	16.1
Total (Watt)		11066.64	100.0

Fuente: Autoría Propia.

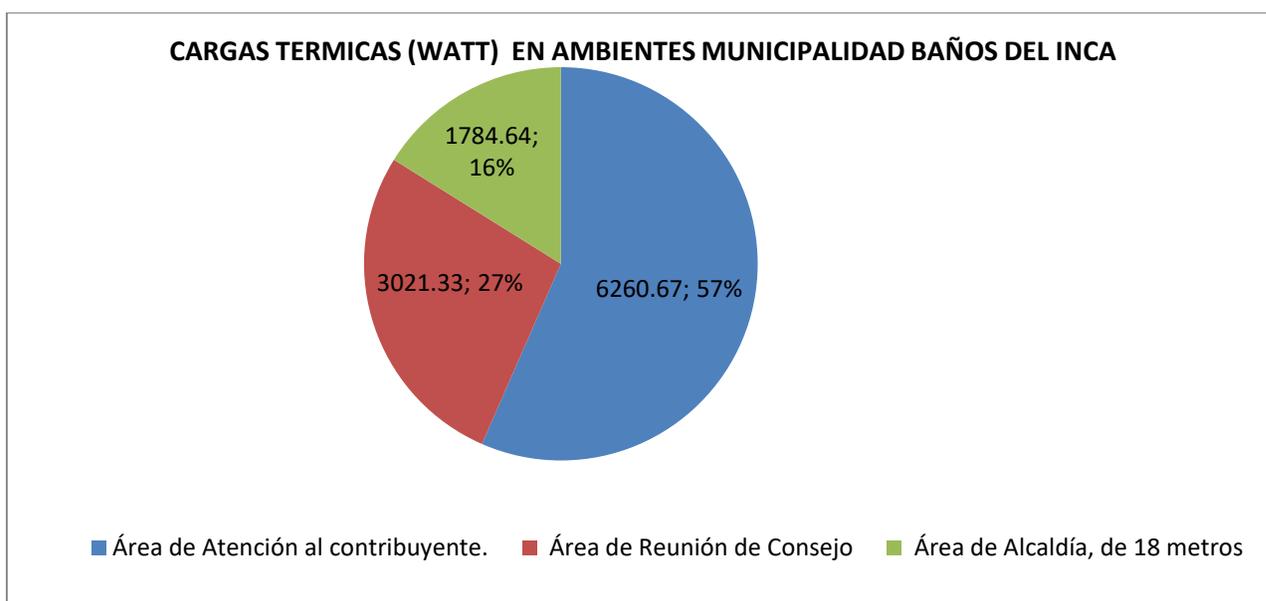


Figura 10. Cargas térmicas (watt) en ambientes municipalidad baños del inca

Fuente: Autoría Propia.

4.3. Determinar los parámetros de operación del sistema de calefacción utilizando las aguas termales.

4.3.1. Ubicación de Elementos del sistema de calefacción.

El agua a temperatura de 72.1 grados centígrados es llevado desde una poza de agua termal ubicada en el complejo de agua termal de baños del inca, mediante una electrobomba hacia los radiadores de intercambio de calor, ubicados en los ambientes de la municipalidad que se van a calefactar. El área de atención al cliente está ubicado en el primer piso de la edificación, mientras que la sala de consejo y la oficina de alcaldía están ubicados en el segundo piso del edificio.

La altura de ubicación de los radiadores de intercambio de calor, tienen la siguiente ubicación con respecto al nivel en donde se encuentra la bomba que impulsa el agua, desde la poza de almacenamiento ubicado en el complejo de aguas termales de Baños del Inca – Cajamarca.

Tabla 13. Alturas de ubicación de radiadores

Altura (m)	
Bomba Hidráulica	0
Área atención al cliente	7.34
Sala de consejo	10.54
Oficina Alcaldía	10.54

Fuente: Municipalidad Baños del Inca, 2020.

En la figura 9, se muestra el esquema de la proyección de la instalación de las tuberías de impulsión y de descarga hacia los radiadores desde la bomba hidráulica.

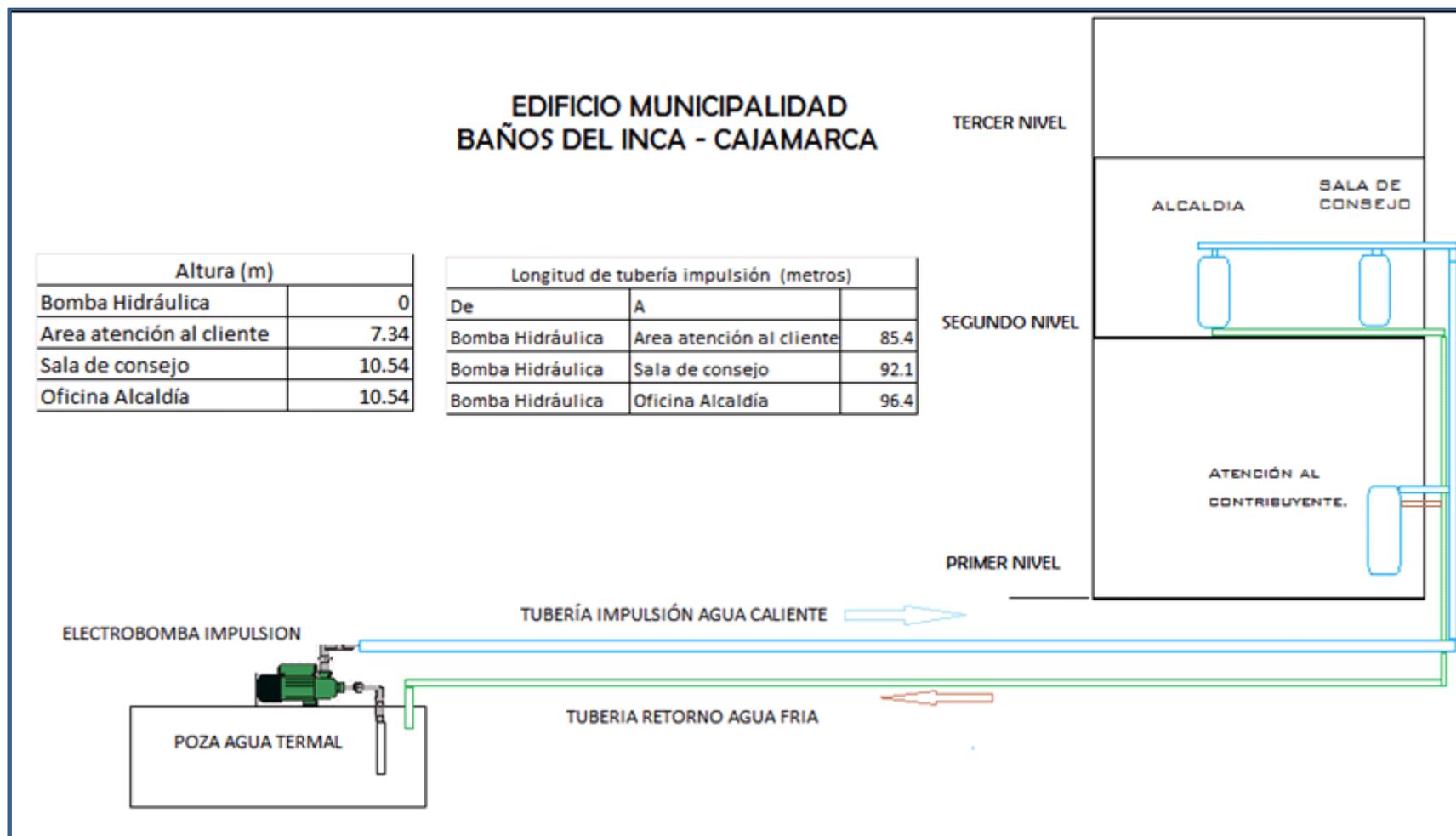


Figura 11. Ubicación de Radiadores de intercambio de calor, Municipalidad Baños del Inca - Cajamarca

Fuente: Autoría Propia.

4.3.2. Intercambio de calor en Radiadores Calefactores.

El **funcionamiento de** es que el agua caliente circula por el interior de los radiadores recorriendo un circuito cerrado. Los radiadores se calientan gracias al contacto con el agua caliente e irradian ese calor en la estancia donde se encuentran. El agua se va enfriando al ceder su calor y retorna a la poza de agua caliente del complejo de aguas termales.

Cálculo de la emisión de calor del radiador.

La expresión que determina la emisión de calor es:

$$Q = Q_{60} * F$$

Dónde:

Q: Emisión de calor del radiador, en KJ/h.

Q_{60} : Emisión de calor para una variación de temperatura de 60°C, 1006 Kcal/h (1166.5 Watt)

F: Factor de emisión calorífica, de acuerdo al salto térmico.

El salto térmico del emisor es la diferencia de la temperatura media del emisor (T_m) y la temperatura del ambiente (T_{amb})

$$\Delta T = T_m - T_{amb}$$

La temperatura media del emisor T_m , se determina:

$$T_m = \frac{T_e + T_s}{2}$$

Dónde:

T_m : Temperatura media del emisor, en °C

T_e : Temperatura de del agua ingreso al radiador.

T_s : Temperatura del agua a la salida de radiador

Para el diseño de la instalación, la temperatura de ingreso es de 72.1°C y la temperatura de salida es de 20 grados de diferencia, es decir 52.1°C.

Reemplazando:

$$T_m = \frac{72.1 + 52.1}{2} = 62.1^\circ C$$

La temperatura ambiente, es la temperatura más baja registrada en los ambientes de la municipalidad de Baños del Inca, el cual e determinó en un valor de 7°C, es decir $T_{amb} = 7^\circ C$

El factor F, se determina para un salto térmico de 52.1°C, utilizando la tabla de fabricante de radiadores el factor F es de 0.09

Tabla 14. Módulos radiador calefactor

Ambiente	Carga térmica (Watt)	F. (Factor de emisión calorífica)	Q. (Emisión de calor radiante, en watt)
Área de Atención al contribuyente.	6260.67	0.09	69563.0
Área de Reunión de Consejo	3021.33	0.09	33570.3
Área de Alcaldía, de 18 metros	1784.64	0.09	19829.3

Fuente: Autoría Propia.

Cálculo del caudal másico de agua

Para determinar el caudal másico que ingresa a cada radiador calefactor, se determina a partir de la primera ley de la termodinámica:

$$Q_e = m * C_e * \Delta T_{i,s}$$

Dónde:

Q_e: Calor emisión de radiador. Watt

m: Flujo másico de agua (Kg/s)

C_e: Calor específico del agua a presión constante. 4186 J/(kg °K)

ΔT_{i,s}: Variación de temperatura de agua de ingreso y salida del radiador. (20°C)

El Q_e se determina por la emisión de calor radiante por el número de módulos del radiador calefactor, es de decir Q_e = N*Q

Reemplazando valores, en la tabla 15, se muestra el resultado del cálculo del flujo másico en cada uno de los radiadores calefactores en los ambientes de la municipalidad Baños del Inca – Cajamarca.

Tabla 15. Flujo Másico en Radiadores calefactores.

Ambiente	Carga térmica (Watt)	F. (Factor de emisión calorífica)	Q. (Emisión de calor radiante, en watt)	Ce (J/Kg°K)	Variación Temperatura	Flujo Másico (Kg/s)
Área de Atención al contribuyente.	6260.67	0.09	69563.0	4186	20	0.83
Área de Reunión de Consejo	3021.33	0.09	33570.3	4186	20	0.40
Área de Alcaldía, de 18 metros	1784.64	0.09	19829.3	4186	20	0.24
Total flujo másico (Kg/s)						1.47

Fuente: Mediciones realizadas.

Cálculo de la Potencia de la Electrobomba.

Para determinar la potencia de la electrobomba, se determina a partir de la expresión de la potencia hidráulica:

$$P = \gamma * Q * Ht$$

Dónde:

P: Potencia Hidráulica, en Watt.

γ : Peso específico del agua a T=72.1°C

Q: Flujo Volumétrico de agua, en m³/s.

H: Altura total de impulsión.

El peso específico del agua a 72.1°C, de la tabla de pesos específicos del agua a diferentes temperaturas, interpolando se tiene:

Tabla 16.temperatura y peso específico

Temperatura °C	Peso Específico N/m ³
72	9579.2
72.1	
73	9573.4

Fuente: Mataix, 2016.

$$\gamma = (72.1 - 72) \frac{(9573.4 - 9579.2)}{(73 - 72)} + 9579.2 = 9578.5 \text{ N/m}^3$$

El flujo volumétrico, se obtiene de la relación:

$$Q = \frac{m}{\rho}$$

Dónde:

Q: Flujo volumétrico, en m³/s

m: Flujo másico total del sistema 1.47 Kg/s

ρ : Densidad del agua a 72.1°,

La densidad se obtiene:

$$\rho = \frac{9578.5 \text{ N/m}^3}{9.81 \text{ Kg m/s}^2} = 976.35 \text{ Kg/m}^3$$

Reemplazando, se tiene:

$$Q = \frac{1.41}{976.35} = 0.0015 \frac{m^3}{s} = 1.5 \text{ Litros/s}$$

La altura H total se obtiene:

$$H_t = H + H_p$$

$$H = 10.54 \text{ m}$$

H_p : Es la altura de pérdidas, está dada por las pérdidas de fricción en las tuberías y en los accesorios.

La altura de pérdidas H_p , se obtiene con la expresión de Darcy.

$$H_p = \frac{f * L * V^2}{2gD}$$

Diámetro de tubería de 1", longitud de 96.4m.

El valor de la velocidad se obtiene de la ecuación.

$$V = \frac{4Q}{\pi * D^2}$$

$$V = \frac{4(0.0015)}{\pi * 0.0254^2} = 2.96 \text{ m/s}$$

El factor f de fricción se obtiene a partir de la ecuación de Coolebrok.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{e}{3.7} + \frac{2.54}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

El valor del Número de Reynold, está dado por:

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

Dónde:

Re: Número de Reynolds, Adimensional.

V: Velocidad del fluido, 2.96 m/s

ν : Viscosidad cinemática a 72.1°C: 0.41×10^{-6}

D: Diámetro. 0.0254m

ϵ/d : el valor de rugosidad para tubería de acero industrial, tiene un valor de rugosidad 0,0025mm.

$$Re = \frac{2.96 * 0.0254}{0.41 * 10^{-6}} = 183393$$

Reemplazando en la ecuación de Coolebrock

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{0.0025}{\frac{25.4}{3.7}} + \frac{2.54}{183393 \cdot \sqrt{f}} \right)$$

$f = 0.016$

Luego, en la ecuación de Darcy, se obtiene la altura de pérdida:

$$H_p = \frac{f * L * V^2}{2gD}$$
$$H_p = \frac{0.016 * 96.4 * 2.961^2}{2 * 9.81 * 0.0254} = 27.14m$$

Pérdidas en accesorios.

$$H_{acc} = \frac{KV^2}{2gD}$$

K: Factor por tipo de accesorio.

V: Velocidad del fluido. (m/s)

D: Diámetro de la tubería, 1" = 0.0254 m

El factor por tipo de tubería depende del accesorio, se tiene $K = 0.08$, para cambios de dirección.

Reemplazando:

$$H_{acc} = \frac{KV^2}{2gD}$$

$$H_{acc} = \frac{0.08*(1.31)^2}{2*9.81*0.0254} = 0.27 \text{ m}$$

En la tabla 16, se tiene en resumen las pérdidas en accesorios, teniendo en cuenta la cantidad de accesorios que requiere el sistema, el factor k por tipo de accesorio, la velocidad y el diámetro de la tubería.

Tabla 17. Pérdidas de carga en Accesorios

Accesorio	k	Cantidad	Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Hacc (m)
Cambio de dirección	0.08	6	1.31	0.0254	1.65
Válvula de pie	0.04	1	1.31	0.0254	0.14
Unión Universal	0.03	4	1.31	0.0254	0.41
Válvula Check	0.05	3	1.31	0.0254	0.52
Válvula de Golpe	0.05	6	1.31	0.0254	1.03
Total (m)					3.76

Fuente: Autoría Propia.

Es decir que la pérdida de carga por accesorios es de 3.76m.

Luego, las pérdidas de presión de la red de tuberías, es la pérdida de carga de la tubería y de los accesorios; expresados en metros de columna de agua, es

$$H_p = 27.14 + 3.76 = 30.9\text{m}$$

Con ello, se determinó la altura total de impulsión que requiere la bomba a fin de llevar el agua desde el pozo de almacenamiento hasta los radiadores calefactores:

La altura total $H_t = H + H_p$

$$H_t = 10.54 + 30.9 = 41.44\text{m}$$

Con éste valor de altura total, se determina la potencia hidráulica de la bomba:

$$P = \frac{\gamma * Q * H_t}{n}$$

$$P = \frac{9578.5 * 0.0015 * 41.44}{0.8} = 744.24 \text{ Watt}$$

Con los parámetros determinados, se realizó el dimensionamiento de cada uno de los dispositivos del sistema de calefacción.

4.4. Seleccionar los elementos electromecánicos que se utilizan en el sistema de calefacción.

4.4.1. Selección de radiadores calefactores.

La selección de los radiadores calefactores se realiza en función a la carga térmica que requiere el ambiente a calefactar; la temperatura promedio del agua aliente en los radiadores, la diferencia de temperatura real al ambiente interior.

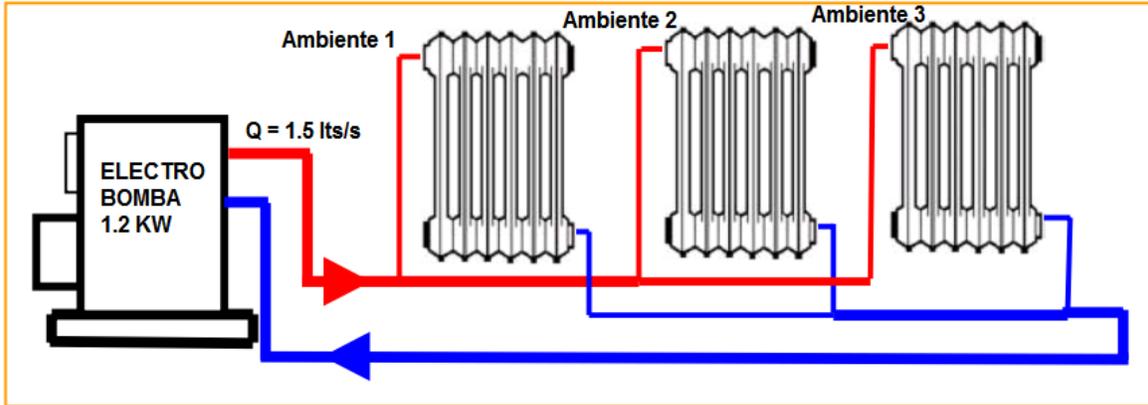


Figura 12. Esquema de distribución de radiadores calefactores

Fuente: Distribución De Radiadores.

Las tablas de capacidad térmica de los radiadores del fabricante están dadas para una variación de temperatura de 60°C entre la temperatura media del agua y el ambiente interior, por lo tanto cuándo la variación de temperatura es diferente a 60°C, se utiliza un factor de corrección X, el cual se determina con la expresión:

$$X = \left(\frac{\Delta t_{real}}{60}\right)^{1.33}$$

Dónde:

Δt_{real} : Salto térmico del emisor

Para el diseño de la instalación, la temperatura de ingreso es de 72.1°C (Temperatura promedio del agua termal) y la temperatura de salida es de 20 grados de diferencia, es decir 52.1°C.

Reemplazando:

$$T_m = \frac{72.1 + 52.1}{2} = 62.1^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{real} = T_m - T_{amb} = 62.1 - 7 = 55.1^\circ\text{C}$$

T_m : Temperatura media del emisor en el radiador, en 62.1 °C

$T_{amb} = 7^\circ\text{C}$

Con ello, se obtuvo el valor del factor de corrección X:

$$X = \left(\frac{55.1}{60}\right)^{1.33} = 0.89$$

El calor del radiador modificado:

$$Q_d = \frac{Q_t}{X}$$

Dónde:

Q_d : Calor de diseño de radiador, en watt.

X: Factor de corrección

Q_t : Carga térmica, en Watt.

Reemplazando para las tres cargas térmicas de los tres ambientes a calefactar, se obtuvo:

Tabla 18. Cálculo de calor de diseño de radiador

Ambiente	Qt. Carga térmica (Watt)	X Factor de corrección	Qd. Calor de diseño de radiador (Watt)	Qd. Calor de diseño de radiador (Kcal/hora)
Área de Atención al contribuyente.	6260.67	0.89	7034.5	6048.6
Área de Reunión de Consejo	3021.33	0.89	3394.8	2919.0
Área de Alcaldía, de 18 metros	1784.64	0.89	2005.2	1724.2

Fuente: Autoría Propia.

Con el valor del calor de diseño, se selecciona el radiador del sistema de calefacción, del manual de fabricante. Se utilizarán radiadores DK 500 de la marca ANWO. El equipo DK 500 es un radiador doble formado por dos placas convectoras de acero, en ambos casos están fabricados bajo la norma ISO 9001. Posee un tratamiento anticorrosivo, decapado, fosfatizado, pintura antioxido por inmersión a 180°C, pintura epóxica pulverizada de 200°C. (Anexo 5, tabla de selección de radiadores)

Para el área de atención al contribuyente, se requiere un calor de diseño del radiador de 6048.6 Kcal/hora, se selecciona dos radiadores DK 500.1600 de 3024 Kcal/hora. (Anexo 5, tabla de selección de radiadores)

Para el área de sala de consejo, se requiere un calor de diseño del radiador de 2919.0Kcal/hora, se selecciona un radiador DK 500.1600 de 3024 Kcal/hora. (Anexo 5, tabla de selección de radiadores)

Para el área de alcaldía, se requiere un calor de diseño del radiador de 1724.2 Kcal/hora, se selecciona un radiador DK 500.1000 de 1890 Kcal/hora. (Anexo 5, tabla de selección de radiadores)

En la tabla 18, se tiene las características de los radiadores seleccionados.

Tabla 19. Características de los radiadores seleccionados

Ambiente	Radiador seleccionado	Cantidad de radiadores	Qd. Calor de diseño de radiador (Kcal/hora)	Calor de radiador seleccionado (Kcal/hora)	Largo (mm)	Altura (mm)	Capacidad (Litros)
Área de Atención al contribuyente.	DK 500.1600	1	6048.6	3024	1600	500	15.36
Área de Reunión de Consejo	DK 500.1600	1	2919.0	3024	1600	500	15.36
Área de Alcaldía, de 18 metros	DK 500.1000	1	1724.2	1890	1000	500	9.6

Fuente: ANWO, 2020.

En la figura 11 y 12, se muestran las dimensiones del radiador ANWO, seleccionado DK 500.1600 y DK 500.1000

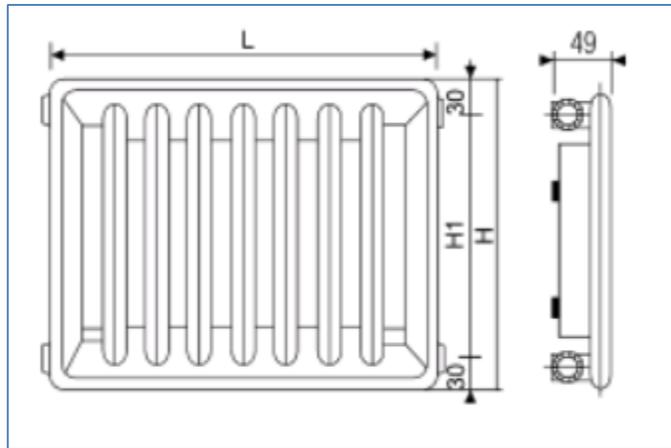


Figura 13. Dimensiones de radiadores calefactores DK 500.1000
 Fuente: Catálogo De Selección De Radiadores Calefactores

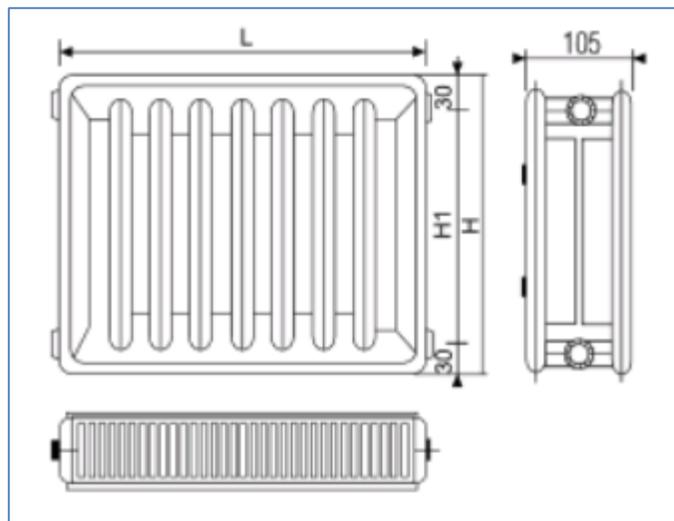


Figura 14. Dimensiones de radiadores calefactores DK 500.1600
 Fuente: Catálogo De Selección De Radiadores Calefactores

4.4.2. Selección de electrobomba.

Se determinó que la potencia de la bomba hidráulica fue de 744.24 Watt, para llevar el agua desde el pozo de agua termal hasta los radiadores calefactores en los ambientes de la Municipalidad de Baños del Inca.

Los parámetros del flujo del agua que impulsa la bomba son:

Caudal circulante: 1.5 Litros/s

Altura total: 41.44 m.

Temperatura: 72.1°C

Peso específico del agua a 72.1°C : 9578.5 N/m³.

En la figura 11, se muestra el gráfico en el cual se selecciona la bomba hidráulica en función al caudal circulante (1.5 litros / segundo) y la altura total de impulsión (40.19m), y corresponde a una bomba hidráulica Hidrostral 40 -250 centrífuga con temperatura de operación hasta 91°C. La Potencia de la electrobomba es de 1.2 Kw, para una presión máxima de 8Bar (1MPa)

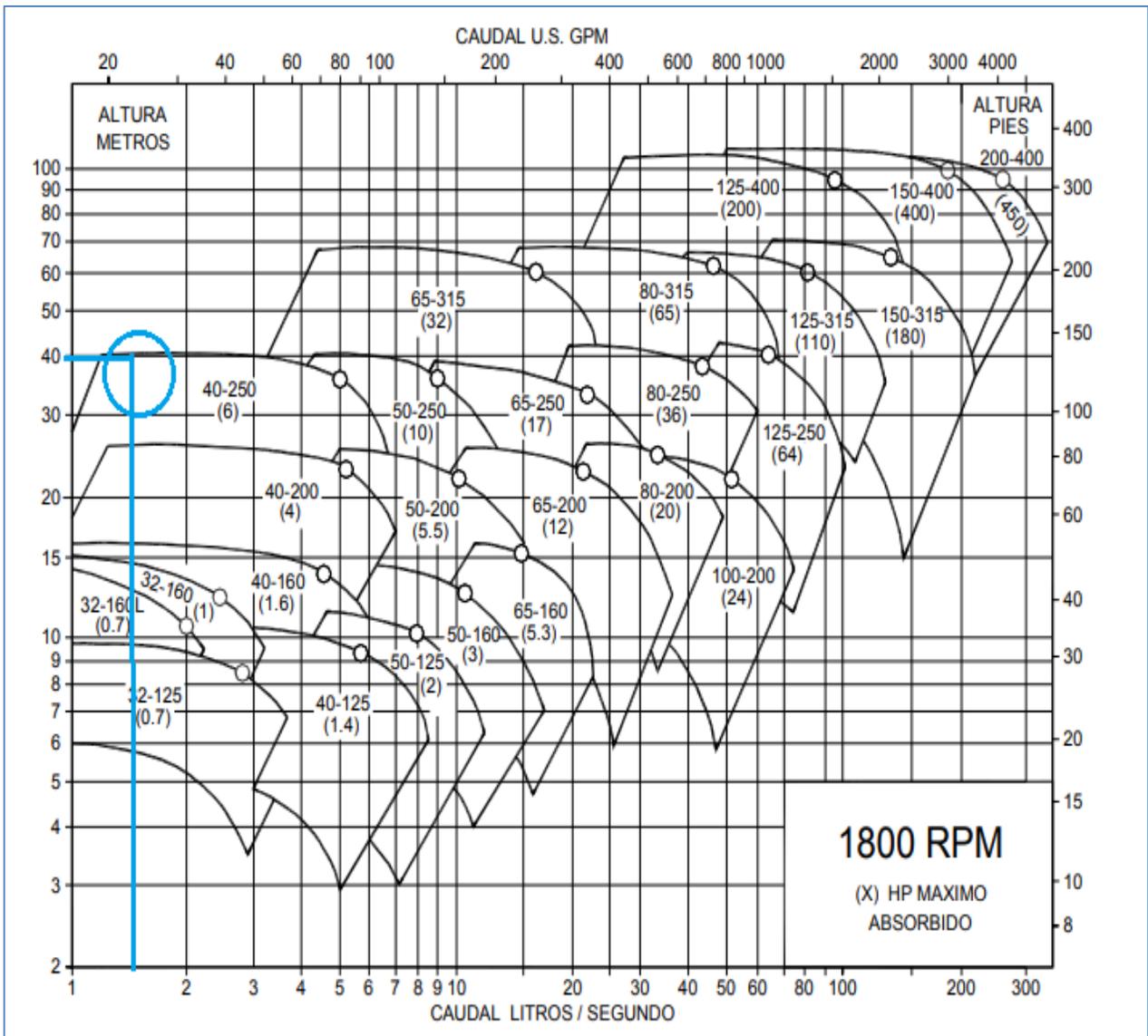
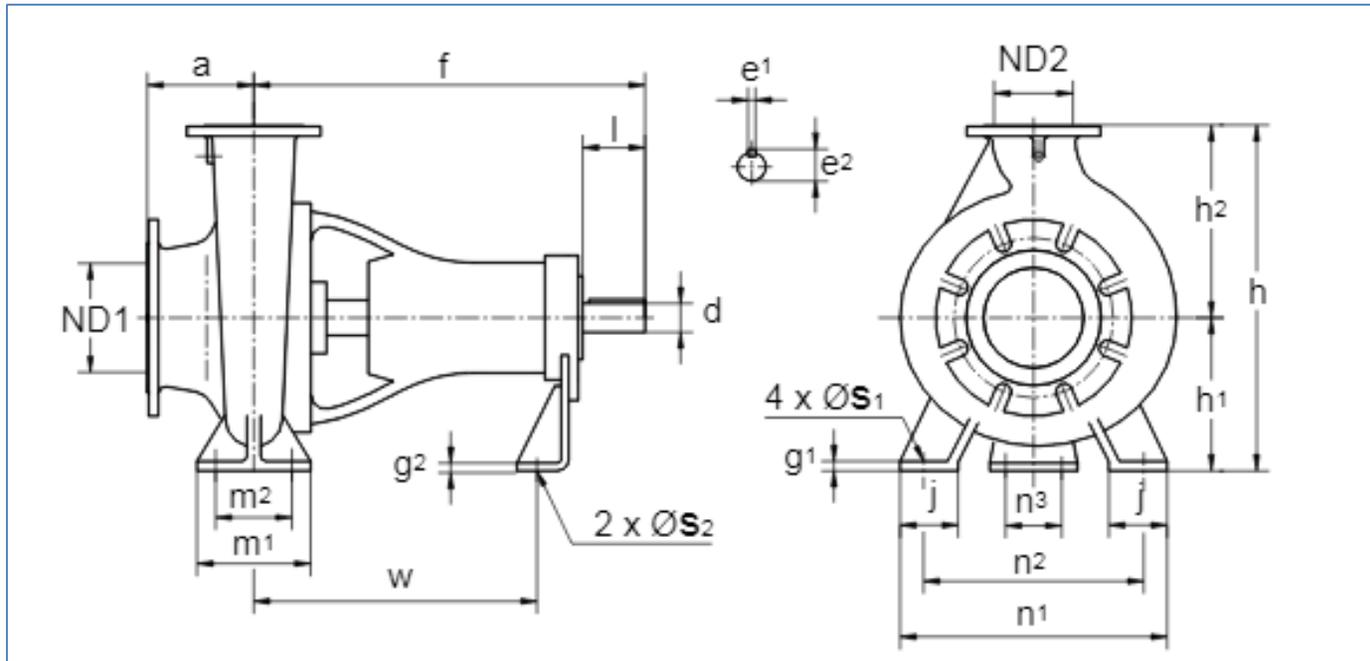


Figura 15. Selección de electrobomba centrífuga,

Fuente: Manual Hidrostral, 2019.



Modelo Bomba Hidráulica	ND1	ND2	a	f	gt	g2	h	ht	h2	j	m1	m2	n1	n2	as1	w	Eje			
																	d	e1	e2	l
40 -250	65	40	100	500	12	4.5	405	180	225	65	125	95	320	250	15	370	32	10	35	80

Figura 16. Dimensiones de bomba centrífuga Hidrostral 40 -250

Fuente: Manual Hidrostral, 2019.

4.4.3. Selección de Tuberías.

Selección de Tubería de impulsión

Se diseñó que la tubería de impulsión del agua es de 1" (0.0254m), para el flujo del agua termal a 72.1°C, caudal circulante de 1.5 litros por segundo, Peso específico del agua 9578.5 N/m³, Velocidad del agua en tubería: 2.96 m/s, presión máxima 100 PSI.

Las tuberías de CPVC, para la conducción de agua caliente, están diseñadas para trabajar en forma continua a una presión hidrostática de 100 psi (6.89 bar ó 6.8 bar) y una temperatura de 82°C.

Tabla 20. Características Tubería para agua caliente

Características técnicas de las tuberías para agua caliente CPVC Norma ASTM - D -2846 (82°C y 100 PSI)						
Diámetro Nominal	Peso Por tubo (Kg)	Diámetro exterior Promedio		Espesor de pared mínimo		Longitud (metros)
		Pulg	mm	Pulg	mm	
1"	1.705	1.125	28.600	0.102	2.590	5.000

Fuente: PAVCO, 2019

4.5. Realizar un análisis económico, utilizando indicadores económicos, tales como VAN, TIR y relación beneficio –costo.

3.2.1. Inversión Inicial de la Propuesta.

La inversión inicial de la propuesta, se detalla en la tabla 20, el cual asciende a un valor de 13020 Soles

Tabla 21. Costo Inicial.

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
1	Electrobomba Hidrostral 40-250 /1.2kW	Unidad	1	760	760
2	Tubería 1" CPVC x 5.00m Impulsión	Unidad	10	56	560
3	Tubería 1" CPVC x 5.00m Retorno	Unidad	10	52	520
4	Accesorios: codo, T, Unión CPVC 1"	Unidad	1	450	450
5	Válvula 1" CPVC Globo	Unidad	4	240	960
6	Válvula Check 1" CPVC	Unidad	2	180	360
7	Válvula Check de pie 1" CPVC	Unidad	1	220	220
8	Unión Universal 1" CPVC	Unidad	4	120	480
9	Radiador DK 500.1600 Marca Anwo	Unidad	3	1790	5370
10	Radiador DK 500.1000 Marca Anwo	Unidad	1	1560	1560
11	Estructura metálica radiador	Unidad	4	120	480
12	Mano de obra	Unidad	1	1300	1300
	Total (S/.)				13020

Fuente: Autoría Propia.

La inversión de 13020 Soles, tiene dos fuentes de financiamiento, el 60% de los recursos propios de la municipalidad (9114 Soles), y el 30% por el ahorro en energía eléctrica al utiliza el agua termal en la calefacción de los ambientes de la municipalidad de Baños del Inca en Cajamarca (3906 Soles)

3.2.2. Ingresos del proyecto.

Los ingresos del proyecto está dado por el aporte por el ahorro de energía eléctrica, si se utilizara el equipo de calefacción por energía eléctrica, el consumo mensual del consumo de energía eléctrica, para los tres equipos calefactores es de 480 Kw-h, con un costo total mensual de 384 Soles. El valor del ingreso mensual para el proyecto es el ahorro del costo de la energía eléctrica mensual, es decir 384 soles, en 30 meses de evaluación del proyecto.

3.2.3. Egresos del proyecto.

Costo de Mantenimiento.

El costo de mantenimiento preventivo, consiste en la limpieza, verificación de elementos, ajuste de los accesorios, entre otros

Costo de energía eléctrica.

Para un funcionamiento de 3 horas diarias, la electrobomba de 1.2 kW, tiene un consumo de energía eléctrica al día de 3.6kW-h, en un mes de 24 días de uso, el consumo de energía eléctrica es de 86.4 Kw-h, un costo mensual de 60.48 Soles.

Tabla 22. Flujo de Caja de Proyecto.

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Inversión Inicial (S/.)	3906																		
Ingresos (S/.)		380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
Egresos:	Mantenimiento (S/.)		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	Energía Eléctrica (S/.)		60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5
Utilidad: Ingresos - Egresos (S/.)		240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240

Meses	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Inversión Inicial (S/.)																		
Ingresos (S/.)	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
Egresos:	Mantenimiento (S/.)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	Energía Eléctrica (S/.)	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5
Utilidad: Ingresos - Egresos (S/.)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240

Fuente: Autoría Propia.

3.5.2 Análisis con indicadores económicos.

Valor Actual Neto

Tasa de interés del 0.85% Mensual, que es la tasa de interés para proyectos de inversión del sector público a corto plazo.

Utilidad actualizada al tiempo 0:

$$Ia = \frac{In * [(1 + i)] ^n - 1}{[i * (1 + i)^n]}$$

Dónde:

Ia: Utilidad actualizada

In: Ingresos – Egresos

i : 0.85% Mensual

n : 36 meses

Se utilizó el comando VNA del Software Microsoft Excel, para determinar el valor actualizados de las utilidades en los meses proyectados.

Tabla 23. Cálculo del Valor Actual Neto

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	32	33	34	35	36
Inversión Inicial (S/.)	3906														
Ingresos (S/.)		380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
Egresos:															
Mantenimiento (S/.)		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Energía Eléctrica (S/.)		61	61	61	61	61	61	61	61	61	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5
Utilidad: Ingresos - Egresos (S/.)		240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
															S/. 7,400.85
															VNA(0.0085,G10:AP10)

Fuente: Autoría Propia

Ia = S/. 7400.85

VAN: 7400.85 - 3906=.S/. 3494.85

Tasa Interna de Retorno

$$Inv = \frac{Ia * [(1 + TIR)] ^n - 1}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv: Inversión Inicial S/. 3906

Ia: Utilidades

TIR: Tasa Interna de Retorno.

n; 36 Meses

Tabla 24. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	31	32	33	34	35	36
Inversión Inicial (S/.)	3906															
Ingresos (S/.)		380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
Egresos:	Mantenimiento (S/.)		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	Energía Eléctrica (S/.)		61	61	61	61	61	61	61	61	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5
Utilidad: Ingresos - Egresos (S/.)	-3906	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
																5.113%
																TIR(F10:AP10)

Fuente: Autoría Propia.

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo éste igual a 5.113% mensual, que representa un valor superior a la tasa de interés mensual de 0.85 % para proyectos de inversión a corto plazo en el sector público.

Relación Beneficio Costo

La relación beneficio / costo está dado por:

B/C = Utilidades Actualizadas al mes 0 / Inversión inicial del Proyecto

Reemplazando valores: 7400.85 / 3906, es de 1.89

V. DISCUSIÓN

En la ciudad de Cajamarca, específicamente en los ambientes de la Municipalidad de Baños del Inca, un ambiente adecuado para la realización de actividades de índole administrativa, determina la calidad de la atención a los contribuyentes que requieren de condiciones ambientales adecuadas, es decir el sistema de calefacción en momentos en el cual la temperatura tengan valores inferiores a los de la temperatura de confort, que oscila entre los 18 y 20 grados centígrados.

El uso de energía calorífica, de aguas termales constituye una forma de aprovechar de manera renovable este recurso energético, y no tiene impacto contra el ambiente, debido a que el agua termal después que ha intercambiado energía con el entorno de los ambientes de la municipalidad de Baños del Inca, regresa al curso normal por donde fluye en la red hidrográfica.

El análisis realizado, muestra que se requiere del uso de energía externa para lograr que el agua termal llegue hacia los radiadores calefactores ubicados en los 3 ambientes de la municipalidad a calefactor, el cual constituye la utilización de energía eléctrica para accionar la electrobomba, de 1.2 kW. Sin embargo si se compara el gasto de energía eléctrica para accionar la bomba del sistema de calefacción con agua termal, con el gasto de energía eléctrica para calefactar los ambientes, utilizando otras tecnologías, que no emplean al agua termal como sustancia de trabajo, es mucho mayor el consumo de energía.

Se pudo evidenciar que si se utilizara tecnología de calefacción convencional, el consumo mensual del consumo de energía eléctrica, para los tres equipos calefactores es de 480 Kw-h, con un costo total mensual de 384 Soles, comparado con los 60.5 soles mensuales por concepto de energía eléctrica para accionar la electrobomba que impulsa agua termal hacia los ambientes de la municipalidad de Baños del Inca.

Los resultados de la investigación realizada, muestran la factibilidad técnica y económica de la ejecución del proyecto. El aprovechamiento de la energía calorífica de las aguas termales del complejo Baños del Inca, tiene significancia de índole ambiental, debido a que éste proyecto no genera incremento de las emisiones de gases de escape producto de la combustión.

En el análisis de las propiedades físicas y químicas del agua termal, se determinó que la variación de éstas propiedades están en función a las estaciones del año, pero también varían ligeramente en el transcurso del día; es importante éste análisis porque la determinación de la variación de las propiedades físicas influye en el cálculo de la transferencia de calor así como también en el consumo de energía de la electrobomba de impulsión de agua caliente.

De los registros de temperaturas, que se realizaron, el análisis de la variación de la temperatura a lo largo del día; es importante conocer el comportamiento de éste parámetro, debido a que la investigación busca el diseño del sistema de calefacción, en horarios de afluencia de personas en los ambientes de la Municipalidad de Baños del Inca. Los horarios de mayor afluencia de público, es en el horario entre las 09.00 y 14.00 horas

En los registros de temperaturas del agua termal, se ha establecido que los mayores valores de temperatura máxima fue alrededor de las 4.00 am, con un valor de 72.93 grados centígrados, el mínimo valor fue a las 12.00 am con 72.17 grados centígrados, es decir se tuvo una diferencia de 0.76 grados centígrados, es decir se tuvo una temperatura promedio de 72.54 grados centígrados.

Se determinó que la temperatura más confortable para el ser humano en estado de reposo es de entre 18° y 20°C. Si está trabajando la cifra desciende al intervalo comprendido entre 15° y 18°C, según el tipo de movimiento y la intensidad con la que se realiza. Las actividades que realizan las personas en el interior de la Municipalidad, son de índole administrativo, es decir las personas no tienen un gran

consumo de calorías, por lo cual la temperatura de confort que se utilizó está en el rango entre 18 y 20°C

Al análisis de las cargas térmicas en cada uno de los ambientes de la Municipalidad de Baños del Inca, determinó el dimensionamiento de los dispositivos de transferencia de calor; teniendo en cuenta que la variación de temperatura a considerar entre el ambiente exterior con la temperatura más baja, es decir de 7 grados centígrados en horas de atención al público, y la temperatura de confort se considera la de 20 grados centígrados, teniendo en cuenta que entre 18 – 20° C es el rango de temperatura de confort, pero se establece el valor de 20° C para efectos de determinar el funcionamiento del sistema a la mayor temperatura.

La variación de temperatura máxima entre el ambiente exterior e interior de la municipalidad de Baños del Inca será de $20 - 7 = 13$ grados centígrados

El diseño del sistema de calefacción, se realizó utilizando las ecuaciones de transferencia de calor, el cálculo del flujo de fluidos, la ecuación de la conservación de la energía y ecuaciones empíricas a fin de determinar parámetros en el flujo del agua termal. El uso de la ecuación empírica de Coolebrok, determinó el valor del coeficiente de fricción del agua termal con la tubería.

En el cálculo se tuvo en cuenta la temperatura máxima del agua termal, de 72.9 grados centígrados, el cual influye en el valor de la densidad del agua y de su valor de peso específico, éstas relaciones determinaron el flujo másico de agua termal a éste valor de temperatura, siendo el flujo de 1.5 litros por segundo y el flujo másico de 1.47 Kg por segundo. Con dichos parámetros la velocidad del agua en la tubería de impulsión de agua fue de 2.96 m/s, valor que está en el rango recomendado de velocidad de flujo de agua caliente, entre 50 y 90 grados centígrados.

Se selección tuberías de impulsión de agua, con características de soportar temperaturas del agua termal. Las tuberías de CPVC, para la conducción de agua caliente, están diseñadas para trabajar en forma continua a una presión hidrostática de 100 psi (6.89 bar ó 6.8 bar) y una temperatura de 82°C., por tal razón se hizo la selección de dichas tuberías.

VI. CONCLUSIONES

- Se hizo el análisis físico químico del agua termal, por parte de la empresa INGEMMET, mostrando variabilidad de los datos en función a las horas de toma de lectura, así como también de la temperatura del agua termal, el cual tiene un valor promedio de 72.1°C
- Se realizó el análisis de las cargas térmicas de los tres ambientes a climatizar, en el área de atención al contribuyente, se calculó que la carga térmica es de 6260.67 Watt, en el área de reunión de consejo, de 3021.33 Watt y en el área de alcaldía de 1784.64 Watt, totalizando una carga térmica de 11066.64 Watt.
- Se determinó los parámetros de diseño del sistema de calefacción en los ambientes de la municipalidad, los cuales se realizaron con las ecuaciones de transferencia de calor y la energía calorífica disponible del agua termal.
- Se hizo el dimensionamiento de cada uno de los equipos del sistema, como son los radiadores de calefacción, electrobomba y sistemas de tuberías de suministro y retorno de agua caliente. Para el área de atención al contribuyente, se requiere un calor de diseño del radiador de 6048.6 Kcal/hora, se selecciona dos radiadores DK 500.1600 de 3024 Kcal/hora.

El área de sala de consejo, se requiere un calor de diseño del radiador de 2919.0Kcal/hora, se selecciona un radiador DK 500.1600 de 3024 Kcal/hora. Pará el área de alcaldía, se requiere un calor de diseño del radiador de 1724.2 Kcal/hora, se selecciona un radiador DK 500.1000 de 1890 Kcal/hora. (Anexo 5, tabla de selección de radiadores)

- Se hizo la evaluación económica de la propuesta, el valor actual neto calculado fue de 3494.85 Soles, una tasa interna de retorno de 5.113% mensual, que representa un valor superior a la tasa de interés mensual de 0.85 % para proyectos de inversión a corto plazo en el sector público. Y Relación Beneficio Costo de 1.89, indicadores que hacen viable la ejecución del proyecto.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar la comparación con los gastos de energía eléctrica, si se realizara el sistema de calefacción utilizando calentadores eléctricos.
- Determinar las pérdidas de calor en la red de tuberías de transporte de agua caliente.
- Automatizar el sistema de calefacción a fin de tener una temperatura de acuerdo a las condiciones climáticas.

REFERENCIAS

- NATURY. Confort en edificaciones del siglo XXI. Bogotá, Colombia, 2018,49pp.
- BUENO, R. Energía y vivienda. Madrid, España, 2015, 69pp.
- SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGÍA. Informe de Institución de Desarrollo de la energía. Madrid, España, 2016, 59pp.
- MIRANDA, W. Confort en Vivienda del sector urbano. Lima, Perú, 2014,39pp.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Guía de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico. Lima, Perú, 2016, 79pp.
- SENAMHI. Boletín del clima en la costa del Perú, Lima, Perú, 2019, 76pp.
- TAPIA, R. Caracterización geoenergética de fuentes termales: pasanacollo, acora, ollachea, cuyo, Loripongo y puente bello, 2016, 78pp.
- QUISPE, T. Uso de energía geotérmica de baja temperatura en el diseño de la envolvente arquitectónica para la propuesta de centro termal en Cachicadán. Trujillo, Perú, 2018, 65pp.
- LÓPEZ, R. Aprovechamiento de un recurso geotérmico de baja entalpia para aguas termales, climatización y aguas calientes sanitarias de un balneario. Cataluña, España, 2016,121pp.
- LAURENCE, E. Metales en aguas termales de la región sur de México. México, 2014, 76pp.
- SOTO, P. Caracterización de las aguas termales en Colombia. Bogotá, Colombia, 2015, 73 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables de estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS TERMALES	Es la captación de calor de las aguas termales a través de unos mecanismos de transferencia de calor, en el cual se cede calor al medio a climatizar.	Se mide por los parámetros de transferencia de calor por convección, conducción y por radiación, de acuerdo a la carga térmica a refrigerar; así como de la cantidad de agua termal que se utiliza en el proceso	Presión, Calor cedido, Coeficiente de transferencia por convección, radiación, conducción	m ³ /h, KPa, KW, KJ/kg°C
Variable Dependiente: Climatizar los ambientes del edificio de la Municipalidad de baños del Inca en Cajamarca	Son las condiciones de confort en el interior de los ambientes, es decir temperatura ambiente adecuado para le realización de actividades administrativas	La variación de la transferencia de calor está en función a la temperatura del medio exterior, por lo cual se debe mantener una temperatura entre los 15 y 18° C en el interior de los ambientes de la Municipalidad Baños del Inca	Temperatura ambiente, temperatura de confort	Grados centígrados.

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

GUÍA DE OBSERVACIÓN 1

ANÁLISIS DE CARGAS TÉRMICAS EN AMBIENTES DE MUNICIPALIDAD DE BAÑOS DEL INCA

Instrucciones: Realice el cálculo de las cargas térmica de acuerdo a los dispositivos que ganan calor en el interior del ambiente. La variación de temperatura es entre la temperatura ambiente mínima (7°C) y la de confort (18°C)

Calor ganado por:	Unidades	Área	Coeficiente total de transferencia de calor (watts/ hr. m ² . Δt)	Δt. Variación de Temperatura (°C)	Watt
Paredes de la Habitación: Ladrillo con tarrajeo de cemento	m ²	45	1.12	13	655.2
Techo de Concreto Armado	m ²	80	1.03	13	1071.2
Ventana de cristales con aluminio	m ²	5.6	12.3	13	895.44
Puerta Madera Cedro, espesor 1/2"	m ²	3.2	6.5	13	270.4
Piso cerámico	m ²	80	0.76	13	790.4
Sub Total S1					3682.64

Calor Interno		Cantidad	Factor		
4 Luminarias	Watt	32	0.48	13	199.68
Ocupantes	Unidades	20	2.87	13	1492.4
Sub Total S2					1692.08
Cargas Variables					
Armario metálicos	m2	3.5	1.3	13	59.15
Mesas de madera de 1x1.5x1.20	m3	1.8	1.5	13	35.1
2 TV	Kilowatt	140	0.16	13	291.2
3 computadora	Kilowatt	350	0.11	13	500.5
Sub Total S3					885.95
Calor Total					6260.67

GUÍA DE OBSERVACIÓN 2

REGISTRO DE TEMPERATURA AGUA TERMAL

Instrucciones: Realice el registro de temperatura del agua termal, en cinco diferentes horarios del día: 01:00, 04.00, 08:00, 16:00 y 21:00 Horas,

Fecha	01:00:00 a.m.	04:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	12:00:00 a.m.	16:00:00 a.m.	21:00:00 a.m.
25-ene- 19	72.56	72.67	72.43	71.67	71.98	72.24
12-abr- 19	72.67	72.89	72.67	72.11	71.91	72.45
15-sep- 19	72.56	72.79	72.71	72.08	72.01	72.12
18-dic-19	72.76	72.93	72.81	72.17	72.13	72.45

CATALOGO DE SELECCIÓN DE RADIADORES CALEFACTORES



Características

Radiador EK es un radiador simple formado por una placa y un convector. Los radiadores OCEAN están fabricados bajo la calidad total ISO 9001, con placas conectoras de acero. Tienen un tratamiento anticorrosivo: decapado, fosfatado, pintura anticorrosiva por inmersión a 180°C, pintura epóxica pulverizada a 200°C. Su presión de trabajo es de 10 bar. Vienen con un embalaje especial para máxima protección en bodega, transporte e instalación. Cuentan con la certificación Europea, CE (EN 442/PAL, DIN).

Radiador DK 300 - 500 es un radiador doble formado por dos placas y dos conectores. Los radiadores OCEAN están fabricados bajo la calidad total ISO 9001, con placas conectoras de acero. Tienen un tratamiento anticorrosivo: decapado, fosfatado, pintura anticorrosiva por inmersión a 180°C, pintura epóxica pulverizada a 200°C. Su presión de trabajo es de 10 bar. Vienen con un embalaje especial para máxima protección en bodega, transporte e instalación. Cuentan con la certificación Europea, CE (EN 442/PAL, DIN).

Condiciones de Cálculo

Las emisiones caloríficas señaladas son en base a una temperatura de entrada de 90°C y una temperatura de salida de 70°C, lo que supone una temperatura media de 80°C en el interior del radiador. La temperatura ambiente se considera de 20°C, con un salto térmico de 60°C (90-30) °C.






Especificaciones Técnicas

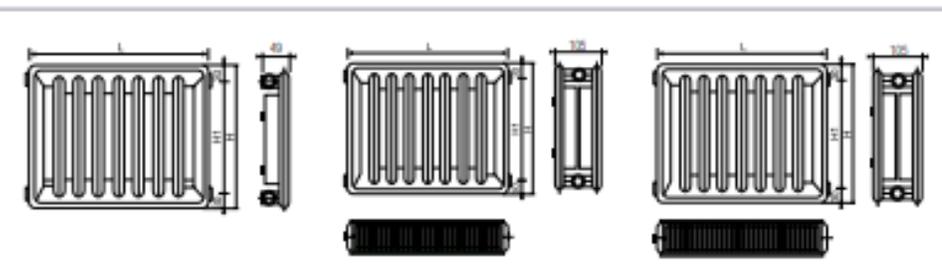
Código	Largo (mm)	Altura (mm)	W	Kcal/h	Capacidad (l)
EK 500.0400	400	500	0.452	389	1.1
EK 500.0500	500	500	0.566	467	1.4
EK 500.0600	600	500	0.679	584	1.7
EK 500.0700	700	500	0.793	661	2.0
EK 500.0800	800	500	0.905	778	2.2
EK 500.0900	900	500	1.021	878	2.5
EK 500.1000	1.000	500	1.121	973	2.8
EK 500.1100	1.100	500	1.244	1.070	3.1
EK 500.1200	1.200	500	1.358	1.168	3.4
EK 500.1300	1.300	500	1.471	1.256	3.6
EK 500.1400	1.400	500	1.584	1.332	3.9
EK 500.1500	1.500	500	1.696	1.400	4.2
EK 500.1600	1.600	500	1.810	1.527	4.5
EK 500.1800	1.800	500	2.036	1.759	5.0
EK 500.2000	2.000	500	2.262	1.946	5.6
EK 500.2200	2.200	500	2.490	2.148	6.2
EK 500.2400	2.400	500	2.715	2.335	6.7
EK 500.2600	2.600	500	2.943	2.530	7.3
EK 500.2800	2.800	500	3.167	2.724	7.9
EK 500.3000	3.000	500	3.394	2.919	8.4

Código	Largo (mm)	Altura (mm)	W	Kcal/h	Capacidad (l)
DK 300.0400	400	300	0.282	240	1.5
DK 300.0500	500	300	0.371	309	1.9
DK 300.0600	600	300	0.470	375	2.2
DK 300.0700	700	300	0.564	461	2.6
DK 300.0800	800	300	0.658	536	3.0
DK 300.0900	900	300	0.751	612	3.3
DK 300.1000	1.000	300	0.843	678	3.7
DK 300.1100	1.100	300	0.934	739	4.1
DK 300.1200	1.200	300	1.024	793	4.4
DK 300.1300	1.300	300	1.111	842	4.8
DK 300.1400	1.400	300	1.198	887	5.2
DK 300.1500	1.500	300	1.284	937	5.6
DK 300.1600	1.600	300	1.369	983	5.9
DK 300.1800	1.800	300	1.513	1.082	6.7
DK 300.2000	2.000	300	1.656	1.176	7.4
DK 300.2200	2.200	300	1.799	1.266	8.1
DK 300.2400	2.400	300	1.941	1.351	8.9
DK 300.2600	2.600	300	2.083	1.431	9.6
DK 300.2800	2.800	300	2.225	1.507	10.4
DK 300.3000	3.000	300	2.367	1.579	11.1

Código	Largo (mm)	Altura (mm)	W	Kcal/h	Capacidad (l)
DK 500.0400	400	500	0.679	756	2.2
DK 500.0500	500	500	0.866	946	2.8
DK 500.0600	600	500	1.054	1.104	3.5
DK 500.0700	700	500	1.238	1.323	4.0
DK 500.0800	800	500	1.428	1.570	4.6
DK 500.0900	900	500	1.618	1.791	5.2
DK 500.1000	1.000	500	1.810	1.980	5.8
DK 500.1100	1.100	500	2.002	2.187	6.3
DK 500.1200	1.200	500	2.197	2.338	6.9
DK 500.1300	1.300	500	2.392	2.467	7.5
DK 500.1400	1.400	500	2.577	2.646	8.1
DK 500.1500	1.500	500	2.762	2.825	8.7
DK 500.1600	1.600	500	2.947	3.004	9.2
DK 500.1800	1.800	500	3.327	3.462	10.4
DK 500.2000	2.000	500	3.707	3.760	11.5
DK 500.2200	2.200	500	4.087	4.058	12.7
DK 500.2400	2.400	500	4.467	4.356	13.8
DK 500.2600	2.600	500	4.847	4.654	14.9
DK 500.2800	2.800	500	5.227	4.952	16.0
DK 500.3000	3.000	500	5.607	5.250	17.1

* DK es un radiador doble compuesto por 2 placas, 2 conectores y envoltorio decorativo.

Dimensiones



	EK 500	DK 300	DK 500
Altura (H)	500 mm	300 mm	500 mm
Profundidad	52 mm	100 mm	100 mm
Distancia (H1)	445 mm	245 mm	445 mm
Longitud (L)	desde 400 mm a 3.000 mm	desde 400 mm a 3.000 mm	desde 400 mm a 3.000 mm
Espesor de placa	1,25 mm	1,25 mm	1,25 mm
Presión de trabajo	10 bar	10 bar	10 bar

La compañía no asume ninguna responsabilidad por cualquier posible error en los contenidos y se reserva el derecho de realizar cambios en los productos, debido a requerimientos técnicos o comerciales, sin previo aviso.

Casa Matriz: Av. Presidente Eduardo Frei Montalva 17.301, Colina, Santiago.

Sucursal La Serena: Av. La Carretera 655, Coquimbo.

Sucursal La Reina: La Foja 8731, Parque Industrial La Reina, Santiago.

Sucursal Concepción: Camino a Penco 3035-A, Gulpián D-2, Concepción.

Sucursal Temuco: Camino al Aeropuerto Magallanes s/n, Temuco.

Sucursal Pto. Montt: Ruta V-565, km 3,5, Camino a Alerce, Puerto Montt.

Tel: (+56 2) 2 989 0000 Fax: (+56 2) 2 989 0100

Tel: (+56 51) 312 885 Fax: (+56 51) 312 830

Tel: (+56 2) 2 989 0500 Fax: (+56 2) 2 989 0519

Tel: (+56 41) 2 229 3400 Fax: (+56 41) 2 229 3400

Tel: (+56 45) 2 853 900 Fax: (+56 45) 2 853 900

Tel: (+56 65) 231 340 Fax: (+56 65) 231 340



ANW

ESPECIALISTAS EN CLIMATIZACIÓN

ANEXO 4.

RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA TERMAL

CERTIFICADO DE CLASIFICACIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICO QUÍMICA DE FUENTES DE AGUA TERMO MINERAL.

La fuente..... **Los Perolitos**..... con coordenadas UTM, Norte..... **828781E** y Este..... **780122** Zona..... **17.S**, ubicada en el departamento: **Cajamarca** provincia: **Cajamarca**, distrito **Los Baños del Inca**, lugar: **Los Baños del Inca** fue clasificada:

Composición química: Ref: Informe de Laboratorio..... **Ma1987291**

ANÁLISIS QUÍMICO:

ANIONES mg/L		CATIONES mg/L	
Cl	98.806	Na	137.725
NO ₃	86.28	K	11.98
HCO ₃	182.4	Ca	42.048
CO ₃	<0.6	Mg	5.985

ELEMENTOS TRAZA mg/L:

Al	<0.003	Mn	0.19050
Fe	0.32248	Pb	0.00013
As	0.00001	Hg	<0.00006
Ba	0.1478	Bi	0.0006
Br	0.00011	Ag	<0.00010
B	2.943	P	<0.0008
Cd	<0.00003	Sr	<0.0015
Cu	<0.00009	Li	<0.00001
Cr	<0.0003	V	<0.0003
Pb	0.0225	Zn	0.0058
Li	0.3611	K	11.98
Ni	0.7014	Si	28.36

Note: Considerar los valores de los elementos químicos.

a. Por sus propiedades físicas:
Ex. Termal (63.7 °C), por ser mayor a 20 °C.

b. Por sus propiedades químicas:
No es Mineral (599.2 mg/L), la suma total de iones NO superan los 1 000 mg/L.

c. Por sus propiedades físico-químicas:
Ex. Termal.

d. Por su composición hidroquímica:
Ex. Bicarbonato Sódico.

e. Por su radioactividad:
NO ES RADIATIVA, Los valores del Alfa Total y el de Beta Total se encuentran dentro de los límites permisibles, SOLO para uso de baños termales.

f. Por su presión osmótica:
Son aguas HIPERTÓNICAS, ya que contiene osmolalidad mayor de 0.57.


 Ing. Mary Carmen Carrasco Pérez
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
 INGEMMET

2018-056-08



CERTIFICADO DE CLASIFICACIÓN Y COMPOSICIÓN FÍSICO QUÍMICA DE FUENTES DE AGUA TERMO MINERAL

El INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), de conformidad con lo dispuesto en la Novena Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y en el Decreto Supremo N° 021-2011-MINCETUR que aprueba el Reglamento de los servicios turísticos que prestan los centros de turismo termal y/o similares, expide el presente Certificado de Clasificación y Composición Físico - Química, certificando a la fuente de agua **LOS PEROLITOS** como:

Termal

En la ciudad de Lima, a los 31 días del mes de **Mayo** del año 2019.

Fecha de expiración:
Mayo del 2024.



A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line.

Ing. César Christiana Budiel
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

ANEXO 5.

**COMPLEJO TURISTICO BAÑOS DEL INCA**
GERENCIA

MEMORANDUM
"Año de la Universalización de la Salud"

De: DR. CESAR FRANCISCO SOTO CHAVEZ
Secretario del Comité de Administración del CTBI

A: ABOG. SANTOS ABILLO MEDINA GAMBOS
Gerente del CTBI

Fecha: Los Baños del Inca, 03 de Junio de 2020.

Objeto: CARTA N° 010-2020-CTBI/G

Señor:
Jhoel Smit Ramos Torres.
Alumno de la Universidad Cesar Vallejo- Filial Lambayeque.

Asunto: Autorización para acceder a lo solicitado.

Referencia: Memorandum N° 118-2020/CACTBI; Carta N° 001-2020-CAJAMARCA.

De mi consideración:

Sirva la presente, para saludarle cordialmente y al mismo tiempo remitir el documentos de la referencia, en la cual su persona está solicitando permiso y facilidades para el acceso a planos generales del edificio, medidas de temperaturas ambiente (Confort Térmico) del CTBI, para realizar su Tesis Titulada "UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS TERMALES PARA LA CLIMATIZACIÓN DE LOS AMBIENTES DEL EDIFICIO DE LA MUNICIPALIDAD BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA"; y habiendo visto en sesión de comité de administración del CTBI, acordó autorizar el acceso a dicha documentación solicitada y recomendó a gerencia realizar las coordinaciones con las unidad que corresponda para que le brinden dichas facilidades y así mismo una vez terminada su Tesis deje una copia fiel para nuestra entidad.

Sin otro particular, me suscribo a la presente.



Abog. Santos Abillo Medina Gambos
GERENTE (R)