

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
NACIONAL**

**FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**Estudio de mejoras en la eficiencia energética en  
establecimientos termales de Entre Ríos**

**Autor:**

Ing. Chichi, Gabriel Ceferino

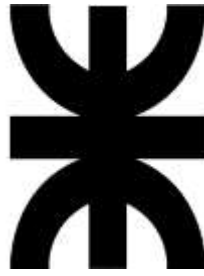
**Director:**

Dr. Gustavo Schweickardt

**Codirector:**

Dra. Coccola, Mariana

**2022**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
NACIONAL**

**FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**Estudio de mejoras en la eficiencia energética en  
establecimientos termales de Entre Ríos**

Tesis presentada en cumplimiento a las exigencias de la  
Carrera: Maestría en Ingeniería Ambiental, de la Facultad  
Regional Concepción del Uruguay

**Concepción del Uruguay**

**Entre Ríos - Argentina**

**2022**

La energía, mientras se utilice de manera sostenible, será la mejor garantía de vida para nuestro planeta.

Gabriel Chichi

*A Nancy*

*A nuestros hijos, Agustín, Gabriela, Manuel, Leonel, Nicolás y Magdalena*

*A mis padres, Magdalena y Julio*

*A mi hermano Julio*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis directores, Dr. Gustavo Schweickardt y Dra. Coccola, Mariana por su enseñanza continua, apoyo incondicional y confianza.

A los integrantes del ERRTER, por compartir sus conocimientos y colaborar con mi trabajo.

A los directivos de los Establecimientos termales, que facilitaron el ingreso a las Instalaciones y brindaron información relevante para desarrollar este trabajo.

A los profesionales René Frades de El futuro solar y Alfredo Casares de EcoEnergy, por brindar información actualizada referida a los sistemas actuales de calefacción de agua utilizando energía solar.

Al personal docente y no docente de la FRCU, por acompañar mi formación.

A los docentes y compañeros de cursada de la Maestría en Ingeniería Ambiental, por su intercambio de enseñanzas y experiencias, con el afán de alcanzar los objetivos de una formación complementaria.

**INDICE**

|  |    |
|--|----|
| <b>ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS</b> .....                                   | 1  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....  | 2  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....   | 3  |
| <b>I- RESUMEN</b> .....  | 5  |
| <b>I- ABSTRACT</b> .....   | 6  |
| <b>II- INTRODUCCIÓN</b> .....  | 8  |
| <b>Generalidades</b> .....   | 9  |
| Recursos termales.....   | 9  |
| Clasificación de las aguas termales .....                              | 9  |
| Ubicación de establecimientos termales.....                            | 11 |
| Ubicación de las perforaciones o pozos - Caracterización de pozos..... | 11 |
| Consideraciones del recurso Termal.....                                | 15 |
| Calentamiento del recurso termal .....                                 | 16 |
| Balance de masa y energía .....  | 17 |
| Balance de masas .....   | 18 |
| Diagrama de flujo.....   | 19 |
| Balance de energía en un sistema cerrado.....                          | 20 |
| Balance de energía para sistemas abiertos .....                        | 21 |
| Emisiones de gases de efecto invernadero por sector económico .....    | 22 |
| <b>III- OBJETIVOS</b> .....  | 25 |
| <b>IV- ANTECEDENTES</b> .....  | 27 |
| Buenas prácticas energéticas .....                                     | 28 |
| Diseño de la instalación.....  | 31 |
| Esquema típico del Sistema para calentamiento por acción del sol ..... | 32 |
| Principales ventajas de una instalación solar para piscinas.....       | 32 |
| Panel solar de caucho flexible.....                                    | 33 |
| Sistema de calefacción solar tipo Heat Pipe.....                       | 35 |
| Esquema de diagrama de flujo en Bomba de calor .....                   | 35 |
| Ciclo térmico del sistema .....  | 36 |
| Cubre piscina – manta térmica.....                                     | 37 |
| Sistema de piletas de agua caliente.....                               | 38 |
| Condiciones de Operación.....  | 39 |

---

|   |           |
|---|-----------|
| Sistema de Calentamiento .....  | 39        |
| Alojamientos .....  | 40        |
| Consumo de Energía eléctrica y de Gas Natural del Establecimiento ..... | 40        |
| Base metodológica de cálculo .....                                      | 43        |
| Cálculo de la huella de carbono para este Establecimiento .....         | 44        |
| Contabilización de emisiones .....                                      | 44        |
| Indicador de eficiencia energética eléctrica .....                      | 44        |
| Manual de buenas prácticas en consumo energético eléctrico .....        | 45        |
| Indicador de eficiencia energética térmica .....                        | 46        |
| Manual de buenas prácticas en consumo energético térmico .....          | 46        |
| <b>V- METODOLOGÍA EMPLEADA .....</b>                                    | <b>49</b> |
| <b>VI- ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>                                 | <b>51</b> |
| <b>VII- CONCLUSIONES Y APORTES REALIZADOS .....</b>                     | <b>55</b> |
| <b>VIII- BIBLIOGRAFÍA .....</b>   | <b>57</b> |

## ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

BMyE: balances de materia o masa y energía

CaCO<sub>3</sub>: carbonato de calcio

CH<sub>4</sub>: Metano

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono

CO<sub>2e</sub>: dióxido de carbono equivalente

E.R.R.T.E.R.: Ente Regulador de los Recursos Termales de la Provincia de Entre Ríos

Eent: Energía suministrada o energía entrada al sistema

Esal: Energía producida o energía salida del sistema

GN: Gas natural

GEI: gases de efecto invernadero

HFC: Hidrofluorocarbonos

mg/l: miligramos por litro

MW: Mega Watt

N<sub>2</sub>O: Óxido Nitroso

PFC: Perfluorocarbonos

SF<sub>6</sub>: Hexafluoruro de Azufre

$\eta_{ter}$ : Rendimiento térmico o eficiencia de una máquina térmica

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Georreferenciación de las perforaciones (Mársico & Zecca, 2016)

**Tabla 2.** Cotas del basamento cristalino (Mársico & Zecca, 2016)

**Tabla 3.** Parámetros hidráulicos de ensayos iniciales (Mársico & Zecca, 2016)

**Tabla 4.** Sondeos clasificados según la mineralización del recurso (Mársico & Zecca, 2016)

**Tabla 5.** Temperatura de referencia del recurso – zona 1 (Mársico & Zecca, 2016)

**Tabla 6.** Temperatura de referencia del recurso – Área 2 (Mársico & Zecca, 2016)

**Tabla 7.** Temperatura de referencia del recurso – Área 3 (Mársico & Zecca, 2016)

**Tabla 8.** Calentamiento del agua y tipo de combustible

**Tabla 9.** Consumo de Energía eléctrica y de Gas Natural del Establecimiento

**Tabla 10.** Factores de emisión – Fuente: ministerio de agroindustria, Provincia de Buenos Aires



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Ubicación de Establecimientos termales, por Zonas (Mársico & Zecca, 2016)

**Figura 2.** Esquema de interrelación de las Directrices

**Figura 3.** Diagrama de flujo

**Figura 4.** Emisiones antropógenas de GEI por sector económico (Informe IPCC 2014)

**Figura 5.** Ciclo de mejora continua – ISO 50001

**Figura 6.** Etiqueta de eficiencia energética

**Figura 7.** Esquema de balance térmico

**Figura 8.** Esquema del proceso para realizar el análisis de condiciones (Silva, 2021)

**Figura 9.** Esquema típico del Sistema para calentamiento por acción del sol

**Figura 10.** Datos técnicos del panel solar de caucho flexible

**Figura 11.** Esquema del Sistema Heat Pipe

**Figura 12.** Esquema de la Bomba de calor

**Figura 13.** Esquema del ciclo térmico

**Figura 14.** Imagen de manta térmica

**Figura 15.** Diagrama de calentamiento de piscinas con sistema de intercambiador de placas

**Figura 16.** Esquema del circuito de los fluidos en el intercambiador de placas

**Figura 17.** Consideraciones sobre Emisiones directas e indirectas

# RESUMEN

## I- RESUMEN

La finalidad de este trabajo es generar conciencia sobre el uso racional de la energía y sugerir aplicar buenas prácticas energéticas para Establecimientos termales; tomando como referencia de estudio el complejo termal de Concepción del Uruguay, ubicado en el Km 129 de la Ruta Nacional N° 14 – Autovía Artigas; fomentando un acercamiento a las energías limpias, particularmente la energía solar; analizando la viabilidad en el uso de este tipo de energía. La disponibilidad e implementación de desarrollos tecnológicos para lograr mayor eficiencia energética y reducción en el vertido del recurso termal o aguas residuales, minimizando el riesgo de contaminación termal o química, contando como referencia el marco legal vigente, con el fin de lograr una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y, en consecuencia, la reducción del índice de la huella de carbono, indicador que tiene en cuenta a los diferentes gases que provoca el efecto invernadero (dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, metano, entre otros).

En el presente trabajo en la sección III, se plantean los Objetivos que implican la Identificación de la problemática energética en Establecimientos termales de la provincia de Entre Ríos; generar una propuesta de opciones de racionalización y diseñar los lineamientos para un Manual de buenas prácticas en el uso racional de la energía, durante la explotación del recurso termal y sus actividades anexas; para alcanzarlos se explica la Metodología Utilizada, en la Sección V, mostrándose los Resultados y Discusión planteada, en la sección VI, abordando a las Conclusiones en la sección VII.

Palabras claves: energía, eficiencia energética, establecimientos termales, recurso termal, buenas prácticas, sustentabilidad.

**I- ABSTRACT**

The purpose of this work is to raise awareness about the rational use of energy and to suggest the application of good energy practices for thermal establishments; taking as a study reference the thermal resort Concepción del Uruguay, located at Km 129 of National Route N° 14 - Autovía Artigas; promoting an approach to clean energies, particularly solar energy; analysing the feasibility of using this type of energy. The availability and implementation of technological developments to achieve greater energy efficiency and reduction in the dumping of thermal resources or wastewater, taking as a reference the current legal framework, in order to achieve a reduction in CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere and, consequently, the reduction of the carbon footprint index, an indicator that takes into account the different gases that cause the greenhouse effect (carbon dioxide, nitrogen oxides, methane, among others).

Section III of this paper sets out the objectives of identifying energy problems in thermal establishments in the province of Entre Ríos, generating a proposal for rationalisation options and designing guidelines for a manual of good practices in the rational use of energy during the exploitation of thermal resources and related activities. To achieve these objectives, the methodology used is explained in Section V, and the results and discussion are presented in Section VI, followed by the conclusions in Section VII.

Key words: energy, energy efficiency, thermal establishments, thermal resource, good practices, sustainability.

# INTRODUCCIÓN

## II- INTRODUCCIÓN

La explotación de los recursos termales en Entre Ríos comienza a partir del año 1994, con un crecimiento sostenido en diferentes ciudades de la Provincia, colocando a los Establecimientos termales como una de las propuestas turísticas y de bienestar más atractivas de la región.

En el año 2006 se publica en el Boletín Oficial la Ley N°9678, por la cual se establece el Marco Regulatorio del manejo de los recursos termales de la Provincia de Entre Ríos, y se crea la autoridad de aplicación, el Ente Regulador de los Recursos Termales de la Provincia de Entre Ríos (E.R.R.T.E.R.)

Entre Ríos se convierte así en la primera provincia del país en contar con una legislación específica de regulación del recurso termal.

Considerando el contenido de la Ley Provincial N° 9678, la cual establece el marco regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos, cuyo lugar de alumbramiento se sitúe dentro de la jurisdicción provincial. Su alcance incluye tanto el estudio como la planificación de su uso, su exploración y explotación; la determinación del tratamiento y disposición de los recursos termales residuales del aprovechamiento, así como también la ordenación, fomento y promoción de la actividad termal en la Provincia de Entre Ríos.

A los efectos de la Ley N° 9678, se denominan recursos termales a los compuestos por agua de origen subterráneo, obtenida de formaciones intrabasálticas o infrabasálticas, con distintas concentraciones de sales y/o sustancias en suspensión y/o gases que, pudiendo encontrarse en estado líquido dominante, alcancen en su punto de alumbramiento natural o artificial una temperatura que supere en ocho grados centígrados la temperatura media anual de la región en que se encuentren.

Además, los recursos termales constituyen un recurso natural, que forma parte del dominio público del Estado Provincial, cualquiera sea su forma de manifestación, constituyendo una obligación del Estado su preservación cuantitativa y cualitativa, en miras a la satisfacción de usos de interés general.

En cuanto a la exploración y explotación de los recursos termales deberá gestionarse atendiendo principios de precaución y cuidado, en miras a la preservación de la biodiversidad, la protección de los ecosistemas y el ambiente. En referencia a los riesgos de contaminación termal y química, en la medida en que se reduzca el vertido del efluente al cuerpo receptor, por la aplicación de técnicas de eficiencia energética y la recirculación del recurso, estaremos reduciendo dichos riesgos. En este sentido deberían considerarse aspectos de seguridad orientado al análisis de riesgos físicos, mecánicos, químicos, ergonómicos, biológicos y naturales; complementado con la implementación de Buenas Prácticas en Establecimientos Termales. Proyecto N°: PFC 1804D (Silva, 2021).

Comprometidos con el ambiente y la eficiencia energética, el E.R.R.T.E.R. se encuentra analizando y estudiando diversas ideas, desarrollos y proyectos para los Establecimientos termales de la provincia de Entre Ríos, a fin de reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia energética en los mismos.

## **Generalidades**

A continuación, se incluyen diferentes datos explicativos, referidos a las perforaciones existentes, en la provincia de Entre Ríos, su ubicación e información de interés.

### Recursos termales

Son aguas de origen subterráneo obtenidas de formaciones intrabasálticas o infrabasálticas con diferentes concentraciones de sales, sustancias en suspensión y/o gases que alcancen, en su punto de alumbramiento, 8°C más que la temperatura del agua media anual del lugar. (Ley Provincial N° 9678).

### Clasificación de las aguas termales

#### 1.- Por la temperatura

Hipotermiales: menos de 35° C

Mesotermiales: entre 35 y 37° C

Hipertermiales: más de 37° C

## 2.- Por composición

Cuando la mineralización supera 1000 mg/l y las sales presentes superan un porcentaje del 20 % toman el nombre del anión o catión predominante (cloruradas, sulfatadas, bicarbonatadas, entre otros). Si en 1000 mg/l ningún elemento supera el 20%, toman el nombre del elemento de mayor concentración (sulfuradas, carbogaseosas, ferruginosas, entre otras).

## 3.- Por mineralización

Oligometálicas: Cuando el residuo seco es menor a 100 mg/l

Mineralización muy débil: cuando el residuo seco es entre 100 y 250 mg/l

Mineralización débil: cuando el residuo seco es entre 250 y 500 mg/l

Mineralización media: cuando el residuo seco es entre 500 y 1000 mg/l

Mineralización fuerte: cuando el residuo seco es mayor de 1000 mg/l.

## 4.- Por dureza \*

Muy blandas: de 0 a 100 mg/l

Blandas: 100 a 200 mg/l

Duras: 200 a 300 mg/l

Muy duras: 300 a 400 mg/l

Extremadamente duras: cuando se halla más de 400 mg/l

\*(Concentración de carbonato de calcio=  $\text{CaCO}_3$ )

De acuerdo a esta Zonificación, los Establecimientos termales de Entre Ríos, pueden agruparse como:

- Termalismo salud: se usa para recuperar la salud como tratamiento complementario.
- Termalismo lúdico: se orienta a la recreación, ocio o esparcimiento.

Termalismo de bienestar o wellness: se destina a una puesta en forma de la salud física y mental.



## Ubicación de establecimientos termales

Zona 1: corredor del alto Uruguay - Hipertermales e hipotermas; Mineralización débil a media; Muy blandas; Cloruradas, sódicas, bicarbonatadas y sulfatadas.

Zona 2: corredor del bajo Uruguay - Hipotermal, Mineralización fuerte; Extremadamente duras; Cloruradas, sódicas, sulfatadas

Zona 3: región oeste - Hipertermales, Mineralización fuerte; Extremadamente duras, Cloruradas, sódicas, sulfatadas.



**Figura 1.** Ubicación de Establecimientos termales, por Zonas (Mársico, 2013)

## Ubicación de las perforaciones o pozos - Caracterización de pozos

En la provincia de Entre Ríos, el alumbramiento del recurso termal o agua termomineralizada cuenta con la siguiente clasificación o distribución:

|    | Perforaciones |                                  | Ubicación                  |                  |
|----|---------------|----------------------------------|----------------------------|------------------|
|    | Entre Ríos    | 1                                | A.ER.Xp.Chjr 1 - Chajarí 1 | 30° 44' 46.43" S |
| 2  |               | A.ER.Xp.F. 1 - Federación 1      | 30° 58' 39.00" S           | 57° 55' 38.82" O |
| 3  |               | A.ER.Xp.Cdia 1 - Concordia 1     | 31° 17' 47.51" S           | 58° 0' 12.11" O  |
| 4  |               | A.ER.Xp.Cdia 2 - Concordia 2     | 31° 19' 15.88" S           | 58° 0' 34.74" O  |
| 5  |               | A.ER.Xp.Cdia.3 - Concordia 3     | 31° 15' 15" S              | 57° 57' 17" O    |
| 6  |               | A.ER.Xp.Sj.1 - San José 1        | 32° 11' 29.55" S           | 58° 09' 51.04" O |
| 7  |               | A.ER.Xp.Cln 1 - Colón 1          | 32° 12' 34.65" S           | 58° 8' 51.35" O  |
| 8  |               | A.ER.Xp.VE 1 - Villa Elisa 1     | 32° 7' 41.24" S            | 58° 26' 19.00" O |
| 9  |               | A.ER.Xp.CU 1 - C. del Uruguay 1* | 32° 27' 02.8" S            | 58° 17' 33.6" O  |
| 10 |               | A.ER.Xp.Gychu 1 - Gualeguaychú 1 | 32° 59' 9.0" S             | 58° 36' 35.8" O  |
| 11 |               | A.ER.Xp.Gychu 2 - Gualeguaychú 2 | 33° 01' 0.7" S             | 58° 28' 48.8" O  |
| 12 |               | A.ER.Xp.Basso 1 - Basavilbaso 1  | 32° 23' 15.64" S           | 58° 53' 52.56" O |
| 13 |               | A.ER.Xp.Vcria 1 - Victoria 1     | 32° 38' 53.30" S           | 60° 07' 20.15" O |
| 14 |               | A.ER.Xp.Vguay - Villaguay 1      | 31° 51' 5.4" S             | 59° 01' 32.07" O |
| 15 |               | A.ER.Xp.MaGde.1 - María Grande 1 | 31° 39' 30.56" S           | 59° 55' 55.15" O |
| 16 |               | A.ER.Xp.LPz. 1 - La Paz 1        | 30° 45' 27.43" S           | 59° 39' 19.8" O  |
| 17 |               | A.ER.Xp.Dnte. 1 - Diamante 1*    | 32° 03' 42.09" S           | 60° 37' 26.10" O |

**Tabla 1.** Georreferenciación de las perforaciones (Mársico & Zecca, 2016)

| Perforación    | Techo basamento | Profundidad final m.b.b.p. | Espesor perforado en metros |
|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|
| Gualeguaychú 1 | 988             | 1000                       | 12                          |
| Gualeguaychú 2 | 815             | 825                        | 15                          |
| C. del U. 1    | 460             | 1220                       | 760                         |
| C. del U. 2    | 460             | 511,70                     | 51,70                       |
| San José 1     | 865             | 885                        | 20                          |
| Colón 1        | 890             | 1502                       | 616                         |

**Tabla 2.** Cotas del basamento cristalino (Mársico & Zecca, 2016)

| Pozos            | Nivel Estático | Nivel Dinámico | Caudal (Q) m <sup>3</sup> /h | Caudal Específico m <sup>3</sup> /h/m |
|------------------|----------------|----------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Diamante 1       | 135            | 185            | 17                           | 0,34                                  |
| Victoria 1       | 47             | 65,63          | 50                           | S/D                                   |
| Gualeguaychú 1   | Surgente       | Surgente       | 7                            | 5,3                                   |
| Gualeguaychú 2   | 45             | 85             | 25                           | S/D                                   |
| C. del Uruguay 1 | 30             | 90             | 50                           | 3,69                                  |
| C. del Uruguay 2 | 40             | 75             | 20                           | S/D                                   |
| Basavilbaso 1    | 42             | 90             | 60                           | S/D                                   |
| Colón 1          | Surgente       | Surgente       | 145                          | 14,27                                 |
| San José 1       | Surgente       | Surgente       | 12                           | S/D                                   |
| Villa Elisa 1    | -12,50         | -5,47          | 75                           | 7,12                                  |
| Concordia 1      | -66,11         | 47,72          | 272                          | 14,79                                 |
| Concordia 2      | Surgente       | Surgente       | 150                          | S/D                                   |
| Concordia 3      | Surgente       | Surgente       | 90                           | S/D                                   |
| La Paz 1         | Surgente       | Surgente       | 50                           | S/D                                   |
| María Grande 1   | 52,59          | 31,71          | 16                           | S/D                                   |
| Villaguay 1      | 2,35           | 11,79          | 18                           | 2,47                                  |
| Chajarí 1        | Surgente       | Surgente       | 300                          | S/D                                   |
| Federación 1     | -57            | -30            | 385                          | 11,21                                 |

**Tabla 3.** Parámetros hidráulicos de ensayos iniciales (Mársico & Zecca, 2016)

En esta tabla se pueden observar los caudales que se explotan y, en la medida que se reduzcan los mismos, utilizando la energía de manera eficiente, se lograrán ahorros en el uso de equipo de bombeo y por consiguiente se logrará la reducción del vertido del efluente, al cuerpo receptor, con la consiguiente disminución de riesgo de contaminación química o termal.

| Pozos perforados                   | Elementos predominantes  | Mineralización               | Área                |
|------------------------------------|--|------------------------------|---------------------|
| Diamante 1                         | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                    | Fuerte                       | Área Hidroquímica 3 |
| Victoria 1                         | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - Ca <sup>++</sup> | Fuerte                       |                     |
| La Paz 1                           | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup>  | Fuerte                       |                     |
| Villa Elisa 1 y 2                  | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                    | Fuerte                       |                     |
| María Grande 1                     | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - Carbonatada      | Fuerte                       |                     |
| Villaguay 1                        | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - Ca <sup>++</sup> | Fuerte                       |                     |
| Basavilbaso 1                      | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - Ca <sup>++</sup> | Fuerte                       |                     |
| Gualeduaychú 1                     | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - Ca <sup>++</sup> | Levemente Cloruradas-Sódicas | Área Hidroquímica 2 |
| Gualeduaychú 2                     | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                    | Levemente Cloruradas-Sódicas |                     |
| Concepción del Uruguay 1           | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - Ca <sup>++</sup> | Levemente Cloruradas-Sódicas |                     |
| Concepción del Uruguay 2           | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - Ca <sup>++</sup> | Levemente Cloruradas-Sódicas |                     |
| Colón 1                            | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - Bicarbonatada                                    | Dulce                        | Área Hidroquímica 1 |
| San José 1                         | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - Bicarbonatada                                    | Dulce                        |                     |
| Concordia 1 Proyecto Piloto VERTER | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - Ca <sup>++</sup> | Dulce                        |                     |
| Concordia 2 - Villa Zorraquin      | Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup> - Bicarbonatada                                    | Dulce                        |                     |
| Concordia 3 - Hotel Ayuí           | Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup> - Bicarbonatada                                    | Dulce                        |                     |
| Chajarí 1                          | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - Bicarbonatada                                    | Dulce                        |                     |
| Federación 1                       | Cl <sup>-</sup> - Na <sup>+</sup> - Bicarbonatada                                    | Dulce                        |                     |

**Tabla 4.** Sondeos clasificados según la mineralización del recurso (Mársico & Zecca, 2016)

| Centro Termal | Tº C  | pH   | TDS mg/lit | Salinidad | Conductividad µS/cm | Alcalinidad* Mg/l |
|---------------|-------|------|------------|-----------|---------------------|-------------------|
| Chajarí       | 37,6  | 7    | 388        | 0,37      | 775                 | 235 mg/l          |
| Federación    | 40,12 | 7    | 455        | 0,43      | 910                 | 230 mg/l          |
| VERTER        | 43,71 | 7    | 377        | 0,32      | 674                 | 260 mg/l          |
| AYUI          | 43,29 | 8    | 330        | 0,31      | 890                 | 330mg/l           |
| PRODINTA      | 45,63 | 8    | 295        | 0,27      | 591                 | 254 mg/l          |
| San José      | 33,7  | 8/9, | 646        | 0,63      | 1292                | 340 mg/l          |
| Colón         | 26,56 | 8/9, | 654        | 0,65      | 1309                | 255 mg/l          |

Alcalinidad = Standard Methods\* Ca CO<sub>3</sub> - Fuente IBRO 2015

Tºc- TDS - Salinidad - Conductividad = Sonda HI 929828

Ph = Cinta colorimétrica

**Tabla 5.** Temperatura de referencia del recurso – zona 1 (Mársico & Zecca, 2016)

| Centro termal | Tº C   | pH | TDS mg/lt | Salinidad | Conductividad µS/cm | Alcalinidad* mg/l |
|---------------|--|----|-----------|-----------|---------------------|-------------------|
| C. del U 1    | Sin datos = No se encontraba instalado el equipo de bombeo |    |           |           |                     |                   |
| Guauguaychú 1 | 24,81  | 8  | 816       | 9,56      | 16326,28            | 44,00 mg/l        |
| Guauguaychú 2 | 27,46  | 8  | 683       | 7,85      | 13662,73            | 60,00 mg/l        |

Alcalinidad = Standard Methods \* Ca CO<sub>3</sub> Fuente IBRO 2015

pH = cinta

TºC- TDS - Salinidad - Conductividad = Sonda HI 929828

**Tabla 6.** Temperatura de referencia del recurso – Área 2 (Mársico & Zecca, 2016)

| Centro Termal | Tº C  | pH | TDS mg/lt | Salinidad | Conductividad µS/cm | Alcalinidad* Mg/l |
|---------------|-------|----|-----------|-----------|---------------------|-------------------|
| La Paz        | 38,67 | 7  | 62851,67  | > 70,00   | 102586,85           | 152,92            |
| Villaguay     | 42,07 | 7  | 42149,17  | 58,41     | 84298,33            | 115,36            |
| Victoria      | 31,47 | 8  | 36589,23  | 50,17     | 73176,44            | 82,69             |
| Basavilbaso   | 39,05 | 8  | 38082,92  | 52,81     | 76165,42            | 25,57             |
| María Grande  | 43,10 | 7  | 61744,80  | > 70,00   | 123485,00           | 38,96             |
| Villa Elisa   | 36,04 | 8  | 16150,33  | 19,86     | 32290,74            | 73,05             |

Alcalinidad = Standard Methods \* Ca CO<sub>3</sub>- Fuente - IBRO 2015

T ºC - TDS - Salinidad - Conductividad = Sonda HI 929828

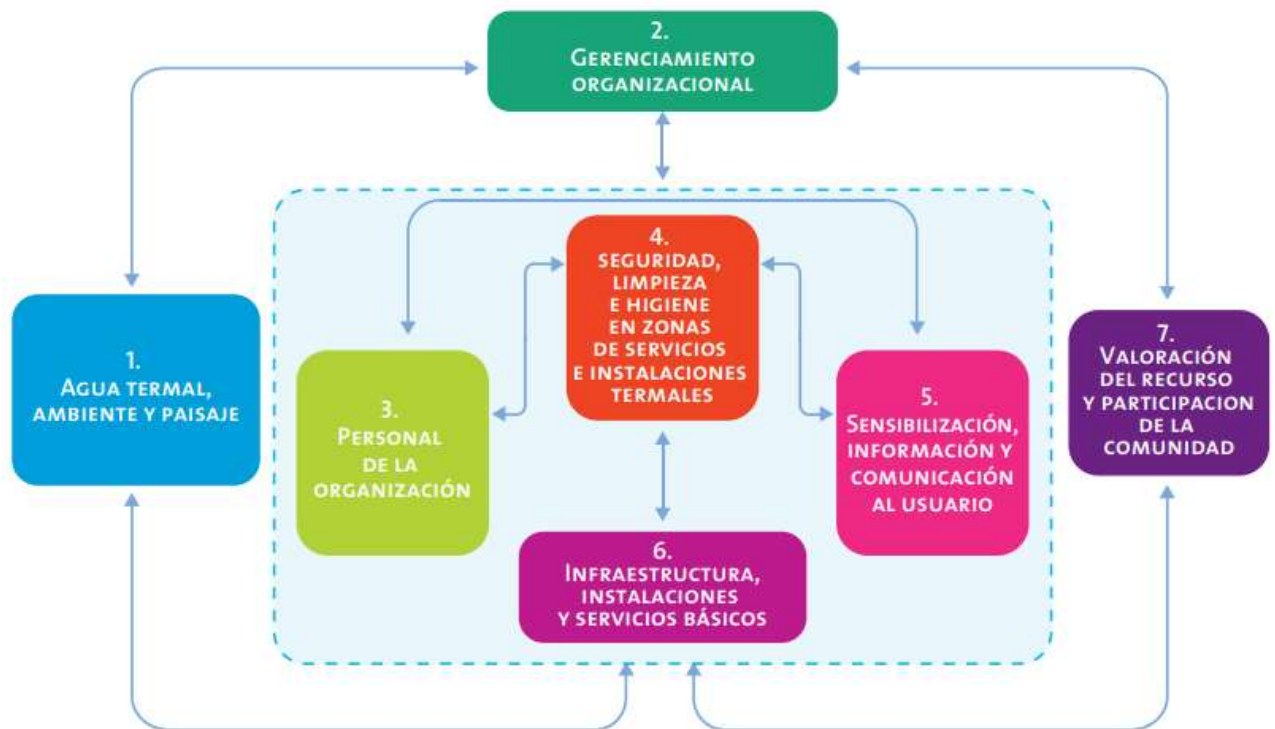
pH = cinta colorimétrica

**Tabla 7.** Temperatura de referencia del recurso – Área 3 (Mársico & Zecca, 2016)

### Consideraciones del recurso Termal

Haciendo referencia a las Directrices de Calidad Turística para Termas, estas plantean pautas de acción bajo la forma de recomendaciones, desde una perspectiva turística y recreacional, para que la Organización Termal se oriente hacia una gestión que integre la calidad de servicios y el personal involucrado, la calidad ambiental, el sistema de higiene y seguridad y la relación con la comunidad. En nuestro caso, los puntos 1 y 7 del Esquema, comprenden aspectos para el cuidado del recurso.





**Figura 2.** Esquema de interrelación de las Directrices

### Calentamiento del recurso termal

Durante el uso recreativo o terapéutico del recurso, el agua pierde calor, mayoritariamente por conducción, convección y evaporación, lo que se compensa mediante reposición y, en algunos casos, el calentamiento del fluido, generando un problema en términos económicos y ambientales debido al efluente excedente. Respecto a la reposición, además, se deberá considerar la higiene del recurso, por ser este, receptor de compuestos químicos de protectores solares o cremas y componentes orgánicos y bacterias, aportados por los usuarios de las piletas. En cuanto a la temperatura ideal del agua, en una piscina termal, recomendada para fines terapéuticos o de relajación, es entre 36° C y 38°C.

Con el objetivo de mantener una temperatura agradable, para los usuarios de las piletas, en algunos de los Establecimientos de la provincia de Entre Ríos, se

realiza el calentamiento del recurso, utilizando diferentes fuentes combustibles, según se indica en la siguiente tabla:

| <b>Establecimiento</b> | <b>calentamiento</b> | <b>Tipo de combustible</b> |
|------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1. Termas Concepción   | Si                   | Gas Natural                |
| 2. Basavilbaso         | Si                   | Gas Natural                |
| 3. Gualaguaychú 1      | Si                   | Leña                       |
| 4. Gualaguaychú 2      | Si                   | Leña                       |
| 5. María Grande        | Si                   | Gas Natural                |
| 6. Victoria            | Si                   | Gas Natural                |
| 7. Concordia1          | No                   |                            |
| 8. Concordia2          | No                   |                            |
| 9. Concordia3          | No                   |                            |
| 10. Federación         | No                   |                            |
| 11. Chajari            | No                   |                            |
| 12. San José           | Si                   | Gas Natural                |
| 13. Villa Elisa        | No                   |                            |
| 14. La Paz             | No                   |                            |
| 15. Colon              | Si                   | Gas Natural                |
| 16. Villaguay          | No                   |                            |

**Tabla 8.** Calentamiento del agua y tipo de combustible

### Balance de masa y energía

Una de las herramientas con las que cuenta la ingeniería de procesos es la referida a los balances de materia o masa y energía (BMyE), dicha herramienta se utiliza para determinar los flujos de materia y energía en un determinado proceso y las distintas operaciones que lo integran.

Partiendo de la ley conservación de la masa referida a que: “la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma”, “la masa del universo es constante” o “la masa de cualquier sistema aislado es constante”.

En este sentido y con el objetivo de optimizar el uso del recurso termal, buscando reducir el volcamiento de dicho recurso a la superficie y manteniendo la temperatura en las piletas, se plantea lo siguiente:

Ecuación general de balance

Diagramas de flujo

Protocolo para cálculo de balance

Para esto definiremos lo siguiente:

**Proceso:** Zona donde sucede una transformación o cambio real, físico o químico, de los elementos que ingresan a él.

**Sistema:** Cualquier porción arbitraria o total de un proceso elegida para su estudio, limitada por una superficie llamada frontera. Cada sistema puede ser, a su vez, subsistema de otro mayor, o también puede estar dividido en subsistemas. Un sistema queda especificado cuando se conoce su naturaleza fisicoquímica, las propiedades de las paredes que separan los diferentes subsistemas y de la pared que separa todo el sistema del entorno.

**Frontera:** Superficie real o imaginaria que limita un sistema y que se comparte, tanto por el sistema como por los alrededores; puede ser fija o móvil.

**Alrededores o vecindad:** Todo aquello que queda fuera del sistema.

**Universo:** Suma del sistema más su entorno.

**Sistema abierto:** Sistema que puede intercambiar materia y energía con el exterior.

**Sistema cerrado:** Sistema que no puede intercambiar materia con el exterior, pero sí energía. Un proceso intermitente o por lotes, puede considerarse como un sistema cerrado, cuando se hace el análisis durante el intervalo de tiempo donde no hay intercambio de materia con los alrededores.

**Sistema aislado:** Sistema que no puede intercambiar materia ni energía con los alrededores.

**Entrada:** Materia o energía que ingresa en un sistema.

**Salida:** Materia o energía que sale de un sistema.

**Estado:** Condiciones que determinan al sistema en un punto determinado.

**Estado estable:** El valor de las variables termodinámicas que determinan el estado del sistema no varían o permanecen constantes.

**Estado estacionario:** Sistema en donde sus condiciones no varían con el tiempo, pero sí con algunas otras variables, como la posición.

Balance de masas



Para cualquier sistema, la ecuación general de balance o conservación puede escribirse como: (Himmelblau, 1989)

$[Entrada - Salida]$  a través de las fronteras +  $[Generación - Consumo]$  dentro del sistema =  $[Acumulacion]$  dentro del sistema

El término de acumulación puede ser tanto positivo como negativo.

Debido a que, en general, no ocurren reacciones químicas en los procesos energéticos, se analizarán los balances de especies, sólo los de la masa total, en donde los términos de generación y consumo se consideran cero, por lo cual, el balance general se reduce a:

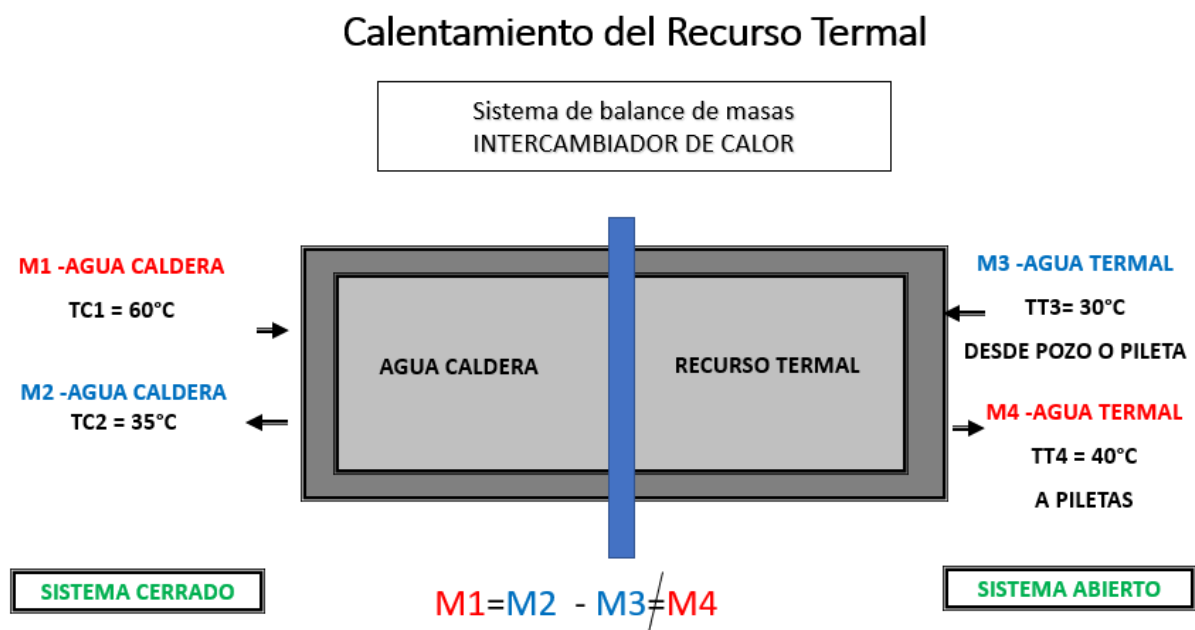
$[Entrada - Salida]$  a través de las fronteras =  $[Acumulación]$

y el balance de masa se vuelve una relación muy simple:

$[Entrada - Salida]$  a través de las fronteras = 0

Diagrama de flujo

Para nuestro proceso consideramos un sistema compuesto por:



**Figura 3.** Diagrama de flujo  
Energía

De los tipos de energía, para nuestro caso de estudio, consideraremos el Trabajo, calor, energía interna y entalpía.

Para una fuerza mecánica, el trabajo se hace cuando dicha fuerza actúa a través de una distancia:  $W = F \cdot d$

Siendo  $W$  el trabajo realizado;  $F$ , la fuerza aplicada y  $d$ , la distancia recorrida.

**Calor**

Se define como la parte de la energía total que cruza la frontera de un sistema a causa de la diferencia de temperatura entre el sistema y sus alrededores. Su notación es  $Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$

Siendo  $Q$ , la cantidad de calor;  $m$ , la masa considerada;  $C_p$ , el calor específico de la sustancia y  $\Delta T$  la variación de la temperatura.

**Energía interna**

Es una medida macroscópica de la suma de las energías molecular, atómica y subatómica debidas a su movimiento. Generalmente, su notación es  $U$

**Entalpía**

Para aplicar balances de energía, consideraremos la variable, con el símbolo  $H$ , denominada entalpía. Esta variable por definición se escribe como:

$$H = U + p \cdot V$$

Siendo  $p$  la presión y  $V$  el volumen considerados.

**Balance de energía en un sistema cerrado**

En un sistema cerrado, los términos de generación y consumo del balance general se cancelan, por lo cual:

*[Entrada – Salida]* a través de las fronteras = *[Acumulación]* dentro del sistema

*Energía neta transferida* a través de las fronteras = *Energía final – Energía inicial*

Donde: *Energía neta transferida* =  $Q - W$  *Energía inicial* =  $U_i + E_{c,i} + E_{p,i}$   
*Energía final* =  $U_f + E_{c,f} + E_{p,f}$

Donde los subíndices  $i$  y  $f$ , se refieren al estado inicial y final del sistema.  $U$

Entonces, la ecuación de balance de energía de un sistema cerrado se escribe como:  $(U_f - U_i) + (E_{c,f} - E_{c,i}) + (E_{p,f} - E_{p,i}) = Q - W$  O

Si se usa el símbolo  $\Delta$  para representar (final – inicial):  $\Delta U + \Delta E_c + \Delta E_p = Q - W$

### Balance de energía para sistemas abiertos

La ecuación de balance general es la misma que para la masa:

[Entrada – Salida] a través de las fronteras + [Generación – Consumo] dentro del sistema = [Acumulación] dentro del sistema

Para procesos en estado estacionario, la acumulación será cero. Un sistema abierto, por definición, tiene un flujo másico cruzando a través de sus fronteras mientras el proceso ocurre. Por esta razón, el balance de energía de un sistema abierto se escribe en términos de velocidad de transporte de energía, a diferencia del balance del sistema cerrado. Si la masa entra al sistema, debe producirse trabajo sobre el mismo; y si la masa sale, el trabajo se hace sobre los alrededores. Ambos términos de trabajo deben incluirse en el balance de energía.

Continuando con este razonamiento de balance de energías, es de considerar que el ciclo del Recurso Termal, de sistema abierto, dividido en dos etapas:

- Una primera etapa “de la perforación termal o pozo a la pileta o consumo”, donde se consideran las emisiones generadas en el proceso de extracción, calentamiento y distribución a cada pileta.
- Una segunda etapa “de la pileta al medio ambiente superficial (efluente)” en la que se contabilizan las emisiones generadas por la reposición y direccionamiento del efluente termal.

Cada una de estas etapas deben ser analizadas considerando, entre otros, los gases de efecto invernadero (GEI) generados en el propio sistema y estudiar oportunidades de mejora en cuanto a ahorro de energía y cuidado del recurso.

En la medida en que se realicen propuestas o adecuaciones para reducir el consumo de energía y el volcamiento del recurso al medio, se estará refiriendo a una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y, en consecuencia, a la reducción de uno de los indicadores que tienen en cuenta a los diferentes gases que provoca el efecto invernadero conocido como **huella de carbono**.

La huella de carbono se mide en equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2e</sub>) que genera la actividad, siendo sencilla la manera de calcularla, debido a que el resultado se obtiene multiplicando el dato de consumo energético de la actividad por su correspondiente factor de emisión en función del tipo de combustible empleado, energía eléctrica o gas.

La huella de carbono es una métrica ambiental que calcula la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, que emitimos a la atmósfera. Esta métrica es utilizada por las empresas para medir su impacto sobre el medio ambiente y establecer estrategias para reducirlo. Se considera gases de efecto invernadero al CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC), SF<sub>6</sub>, según el Protocolo de Kyoto (Naciones Unidas, 1998).

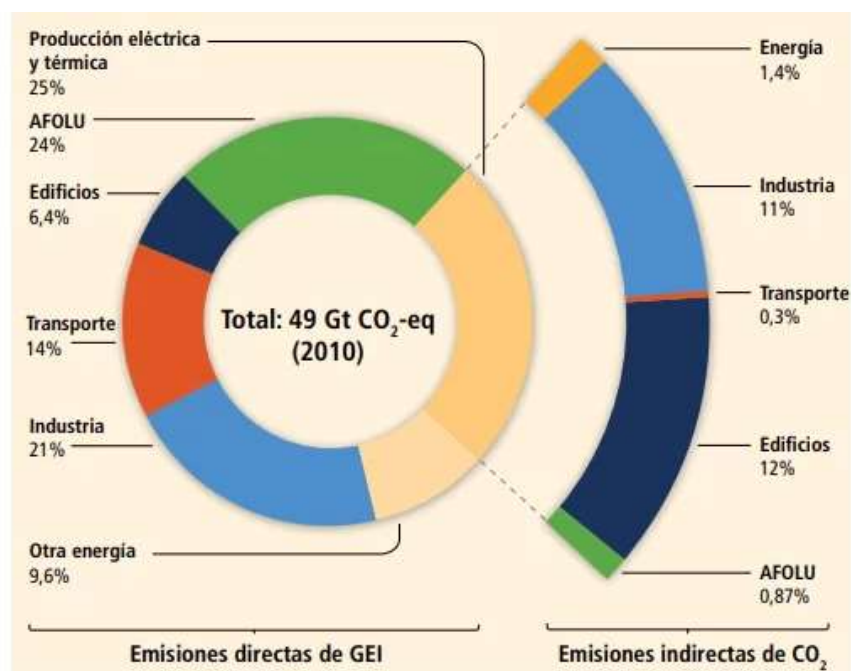
#### Emisiones de gases de efecto invernadero por sector económico

En el año 2001, Argentina aprobó mediante la Ley Nacional 25.438, el Protocolo que constituye el Primer acuerdo internacional (1997), que vincula jurídicamente a los países desarrollados (países firmantes) con el objetivo de establecer metas de reducción de las emisiones de GEI; cuyo principio central hace referencia a la responsabilidad común pero diferenciada.

Argentina emite el 0,9% de las emisiones globales de GEI, y por consiguiente se ubica en el puesto 22 del ranking mundial de las 192 naciones que son parte de la CMNUCC (PNUD, 2016). Según el último Inventario Nacional de GEI (MAyDS, 2015), dichas emisiones provienen: 51% del sector agropecuario y

principalmente como consecuencia de la deforestación; 23% por la producción energética; 12% derivan del transporte; 9% del sector industrial y un 5% por la generación de residuos.

Estas estrategias comprenden una serie de medidas, con el objetivo de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un plazo definido de tiempo.



**Figura 4.** Emisiones antropógenas de GEI por sector económico (Informe IPCC 2014)

# OBJETIVOS

### III- OBJETIVOS

En base a lo expuesto, los objetivos de este trabajo implican:

- \* Identificar la problemática energética en establecimientos termales de la provincia de Entre Ríos, tomando como referencia de estudio el complejo termal de Concepción del Uruguay, ubicado en el Km 129 de la ex Ruta Nacional N° 14 – Autovía Artigas.
- \* Proponer opciones de racionalización energética en establecimientos termales de la provincia de Entre Ríos.
- \* Diseñar los lineamientos para un Manual de buenas prácticas en el uso racional de la energía, en la explotación del recurso termal y sus actividades anexas.

# **ANTECEDENTES**



#### **IV- ANTECEDENTES**

Cuando aparece el concepto de “crisis energética”, significa que las fuentes de energías de las cuales una población se abastece, están agotándose.

El uso de energías convencionales, como es la utilizada por gran parte de la población, está llevando al planeta a un grado de agotamiento del recurso y la consiguiente contaminación, que debería ser suplantado por fuentes no convencionales y ambientalmente amigables.

En algunos Establecimientos termales de nuestra provincia, para el calentamiento del agua termal se utiliza el gas natural (GN), proveniente de pozos de explotación del petróleo y, sabiendo que, para reducir el impacto energético mundial, es muy importante la utilización de energías renovables, como también disminuir los costos de la energía consumida, lo que se podría lograr mediante la implementación de otro tipo de energía o sistema de calentamiento. En otro sentido, el agua termal calefaccionada, una vez utilizada en las piletas y tras haber reducido su temperatura o condiciones higiénicas, es arrojada al medio receptor, ya sea arroyo, cañada o río, siendo reemplazada por el agua proveniente del pozo de extracción, la cual deberá ser calefaccionada nuevamente, tornando así ineficiente el sistema.

Debido a que cada vez son más los habitantes que utilizan los atributos de estos recursos termales, sea para fines recreativos o medicinales, en igual medida se incrementa la necesidad de utilizar un medio de calefacción para recircular el agua y evitar el uso en exceso del recurso.

Como es sabido, los costos en el uso de gas natural, gas envasado y energía eléctrica se han elevado notoriamente estos últimos años, debido al aumento en el precio de los mismos, además de la quita de los subsidios que los amparaban. Actualmente, en algunos Establecimientos, el agua termal disminuye considerablemente su temperatura al generar los procesos de recirculación, bombeo y filtrado, por lo tanto, se eleva la temperatura de la misma mediante una caldera, alimentada a gas natural, gas envasado o leña.

En referencia al agua caliente destinada a satisfacer las necesidades diarias de los huéspedes, utilizada en los comedores, sanitarios, bungalos y oficinas, se calienta mediante termotanques o caldera, alimentados con gas natural o envasado y/o energía eléctrica.

Además, y con motivo del crecimiento de la actividad, con las ampliaciones propias en los Establecimientos, se ha aumentado el consumo de la energía eléctrica, utilizada en diversos sectores como iluminación, circuitos de potencia, computadoras, entre otros.

### Buenas prácticas energéticas

En referencia al Establecimiento de este estudio y considerando el “Manual de buenas prácticas energéticas para Establecimientos Termales” PFC-1804D – UTN – (Silva, 2021), la Información recabada, y aplicando criterios de la norma Internacional ISO 50001 sobre "Sistemas de Gestión de la Energía", editada con fecha septiembre de 2011: "Proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía", según:

## CICLO PHVA

El ciclo PHVA es un enfoque de cuatro etapas para lograr la mejora continua. Implica probar sistemáticamente las posibles soluciones, evaluar los resultados e implementar las que funcionan. El núcleo de este enfoque es el liderazgo. La importancia del liderazgo, especialmente a nivel de la gerencia es vital para operar un SGE con éxito, para lograr los niveles de rendimiento requeridos y generar una mejora continua.

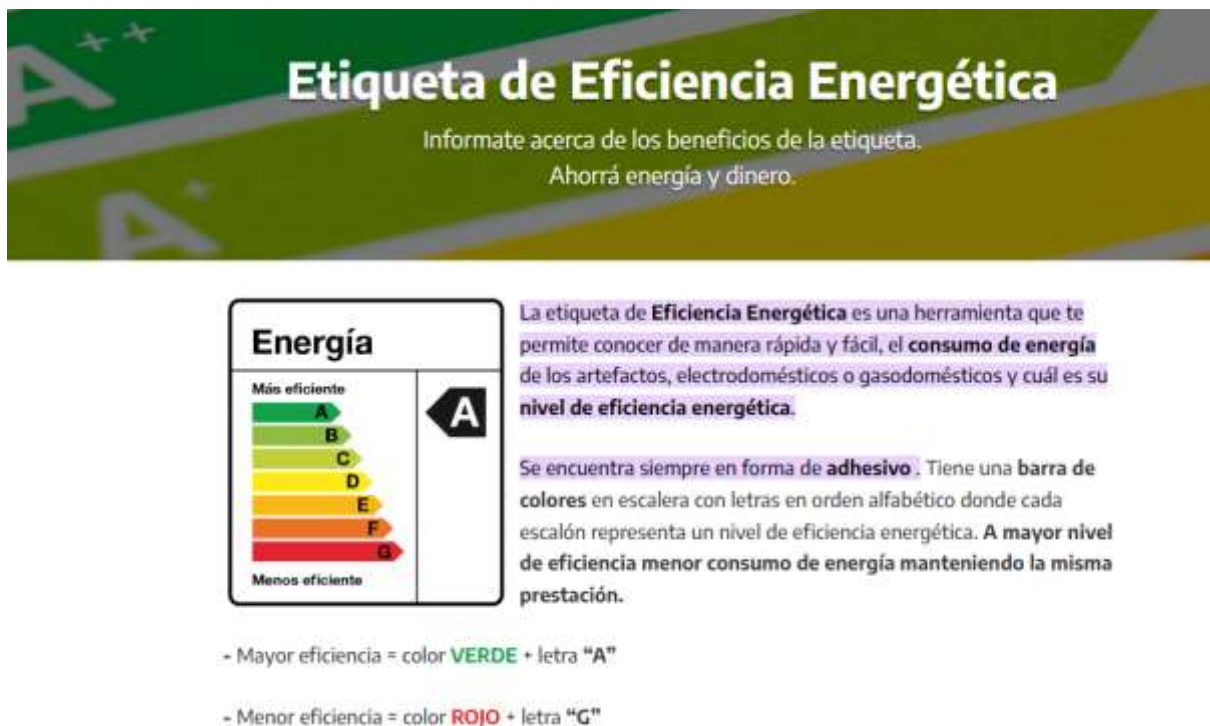
En el contexto del SGE, el ciclo PHVA se traduce en:



Figura 5. Ciclo de mejora continua – ISO 50001

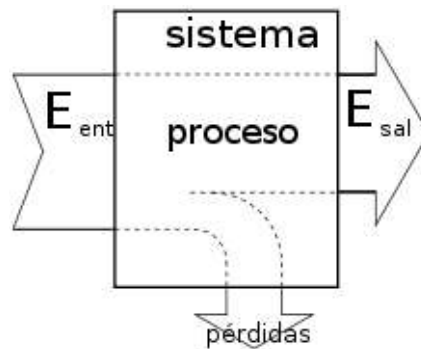
En este caso, considerando como un Sistema de gestión energético, el primer paso consiste en Planificar acciones referidas a oportunidades de mejoras en las distintas etapas, componentes de infraestructura y equipamiento con los que cuenta el Establecimiento. En la medida de las posibilidades, idear e implementar planes de acción acompañados de verificación o auditorías, para nutrirse de la información necesaria, y de esta manera, poder Actuar o decidir en consecuencia.

En este sentido se recomienda, entre otros, contar con equipamiento con etiqueta de eficiencia energética A.



**Figura 6.** Etiqueta de eficiencia energética

En cuanto a la energía térmica, utilizada mayoritariamente para el calentamiento de agua, debemos considerar el rendimiento térmico del Sistema



**Figura 7.** Esquema de balance térmico

La energía producida o energía salida del sistema ( $E_{sal}$ ) es siempre menor que la energía suministrada o energía entrada al sistema ( $E_{ent}$ ).

El rendimiento térmico o eficiencia de una máquina térmica es un coeficiente o indicador adimensional calculado como el cociente de la energía producida (en un ciclo de funcionamiento) y la energía suministrada a la máquina para que logre completar el ciclo termodinámico. Se designa con la letra griega  $\eta_{ter}$ :

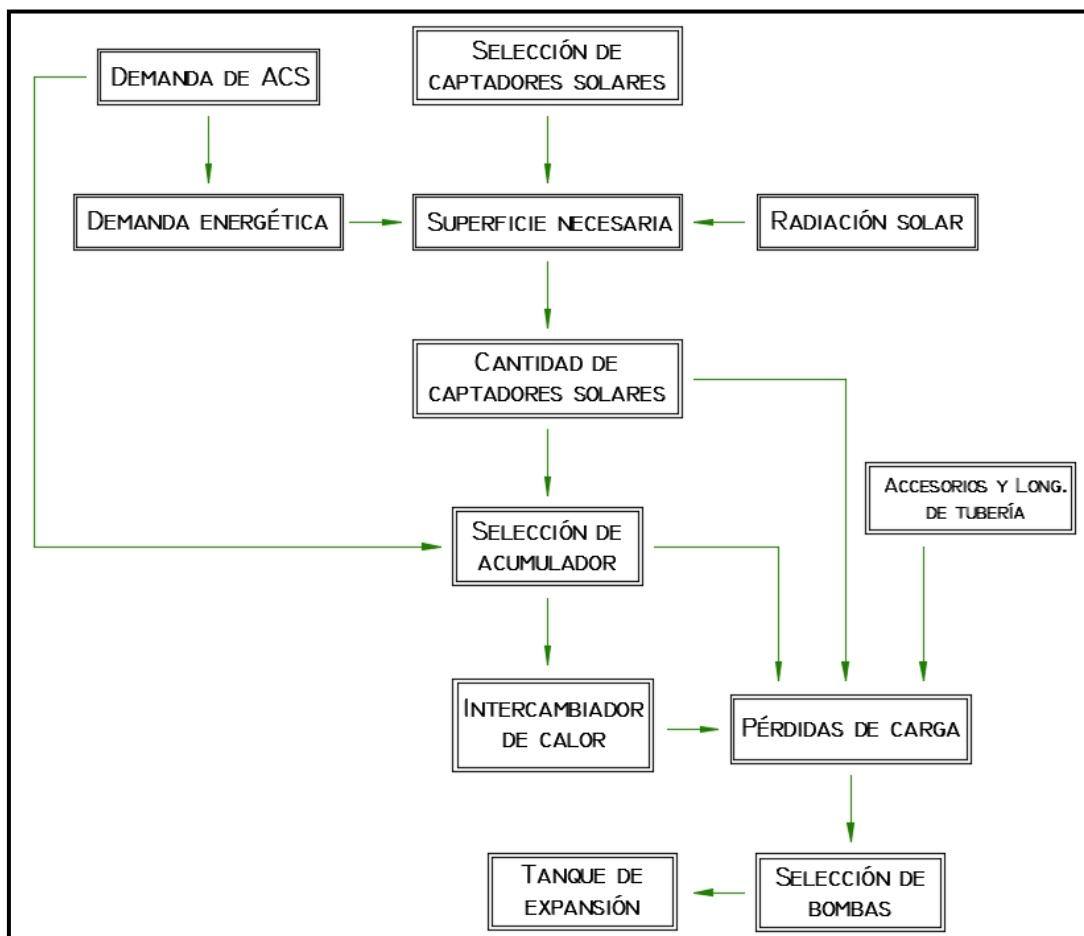
Dependiendo del tipo de máquina térmica, intercambiador de calor de placas, de tubos o colector solar, la transferencia de estas energías se realizará en forma de calor,  $Q$  en sus tres formas de transmisión: conducción, convección y radiación.

Respecto a los sistemas de calentamiento de agua disponibles, tanto para piscinas como para uso sanitario, por cuestiones relacionadas a la disponibilidad finita de estos o el cuidado del ambiente, se recomienda reemplazar el uso de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos y/o complementar con sistemas de calentamiento utilizando fuentes de energía renovables, que puedan ser una alternativa temporal o definitiva. Se hace referencia a que en Argentina existe un régimen de promoción para el uso de estas energías, aprobado por ley N° 27191, mediante la cual se pretende fomentar la participación de las energías renovables en la matriz energética y en el marco de dicho régimen de promoción, se considera como fuentes de energía renovables a la energía eólica, solar térmica, solar fotovoltaica, geotérmica, mareomotriz, undimotriz, biomasa, biogás, y energía hidráulica - proyectos hasta 50 MW.

Para este caso, existen diferentes alternativas y componentes a analizar, para lograr una evaluación técnico-económica, considerando todas las variables involucradas y de esta manera conseguir una mejora en la eficiencia energética. A propósito de esto no hay que olvidar la composición del Recurso termal, en especial la físico-química según se observa en la Tabla 4: Sondeos clasificados según la mineralización del recurso, y su interacción con los materiales y superficies de calentamiento, necesarias en la instalación.

### Diseño de la instalación

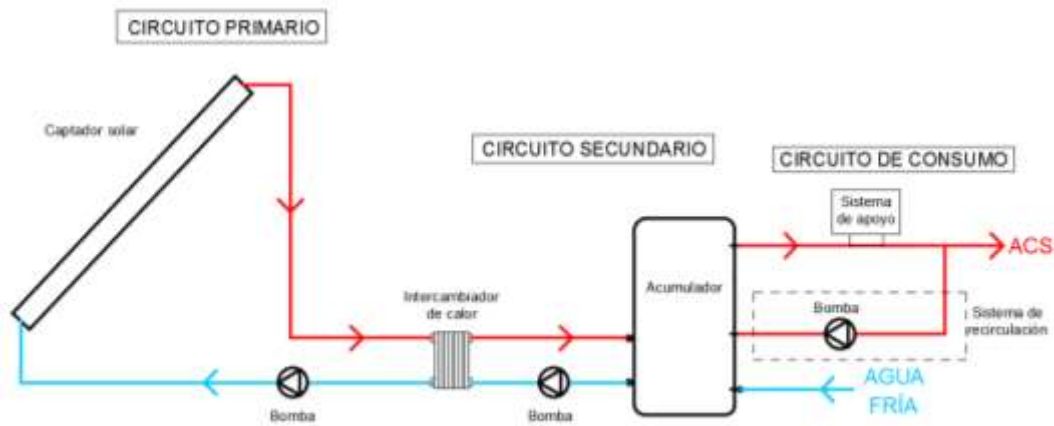
Para optimizar el recurso e instalar un sistema cuyo costo beneficio sea el adecuado a implementar, se recomienda realizar un cálculo para predecir el comportamiento de la instalación en un determinado lugar y condición de utilización. Tomando como referencia el siguiente esquema:



**Figura 8.** Esquema del proceso para realizar el análisis de condiciones (Silva, 2021)

Se plantean algunos ejemplos para considerar y establecer un principio de diseño.

Esquema típico del Sistema para calentamiento por acción del sol



**Figura 9.** Esquema típico del Sistema para calentamiento por acción del sol

Principales ventajas de una instalación solar para piscinas

Una instalación solar, aprovecha la energía solar térmica para generar calor, reemplazando el consumo de combustibles y reduciendo la dependencia energética de los mismos, lo que implica aminorar el costo.

Dicha instalación posee un mantenimiento sencillo y la amortización de la misma, generalmente, es a mediano plazo.

La energía suministrada por el sol es 100 % de origen renovable, considerada inagotable en nuestra escala temporal, y no emite gases de efecto invernadero ni ningún tipo de residuo contaminante.

Para su implementación, dependiendo de la situación, es posible conseguir ayuda, asistencia, subvenciones o incentivos de las diferentes administraciones públicas.

Además, puede ser aprovechada en cualquier lugar, llegando a sitios remotos y sectores, donde otros combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, o incluso la electricidad, tienen dificultades para su disponibilidad.

A continuación, se muestran diferentes componentes para el calentamiento del agua, con posibilidad de utilizar la energía solar, requiriendo un análisis específico para cada aplicación, siendo su dimensionamiento dependiente de las variables de caudal y temperatura inicial y final del agua.

#### Panel solar de caucho flexible

Se trata de un dispositivo o panel solar tipo manta térmica, conformado por un circuito de cientos de tubos de caucho flexible, donde se produce una transferencia de calor, logrando retornar el agua caliente hacia la pileta. Estos paneles solares se instalan en cualquier superficie expuesta al sol sin sombras posibles, su material y diseño permiten absorber y retener una gran cantidad de la energía solar recibida. Por medio de cañerías adicionales, de polímeros, se conectan los paneles solares con el circuito original de filtrado de la pileta. El ciclo se repite hasta alcanzar la temperatura deseada. Mediante un sistema de control, manual o automático se puede lograr un aprovechamiento máximo de la energía solar recibida y evita pérdidas de calor al no activar el sistema cuando los paneles están a menor temperatura que la pileta.

Esta energía alternativa con paneles solares flexibles de caucho para calentar piscinas es poco conocida en Argentina, pero ya lleva más de 30 años en otros países del mundo.



## PANEL SOLAR DE CAUCHO FLEXIBLE (EPDM)

### DATOS TÉCNICOS - CARACTERÍSTICAS

- Alta resistencia a los rayos UV
- Alta resistencia al ozono.
- Alta resistencia a químicos.
- Alta resistencia a la intemperie.
- No se degrada ni envejece con facilidad.
- Ensayo INTI Ozono y Envejecimiento: 100% de retención de calidad

Durabilidad estimada: 10/20 años.

Peso en vacío: 4.4 kg. /m<sup>2</sup> aprox.

Capacidad volumétrica: 2.095 cm<sup>3</sup> / m<sup>2</sup>.

Caudal óptimo de trabajo: 245 litros/hora/m<sup>2</sup>.

Caudal mínimo de trabajo: 122 litros/hora/m<sup>2</sup>.

Temperatura máxima: 130 °C.

Temperatura máxima de trabajo: 70 °C.

Temperatura mínima: -15 °C.

Temperatura mínima de trabajo: 5 °C.

Presión máxima de trabajo: 1,5 kg/cm<sup>2</sup>

Ancho del perfil: 122 mm

Cantidad de tubos: 5



### PRODUCCIÓN PROMEDIO DE CALOR EN CLIMA CÁLIDO

- Día Soleado: 4800 Kcal/m<sup>2</sup>/día
- Día Semi Nublado: 3800 Kcal/m<sup>2</sup>/día

Rendimiento estimado: 85%

Garantía: 6 años.

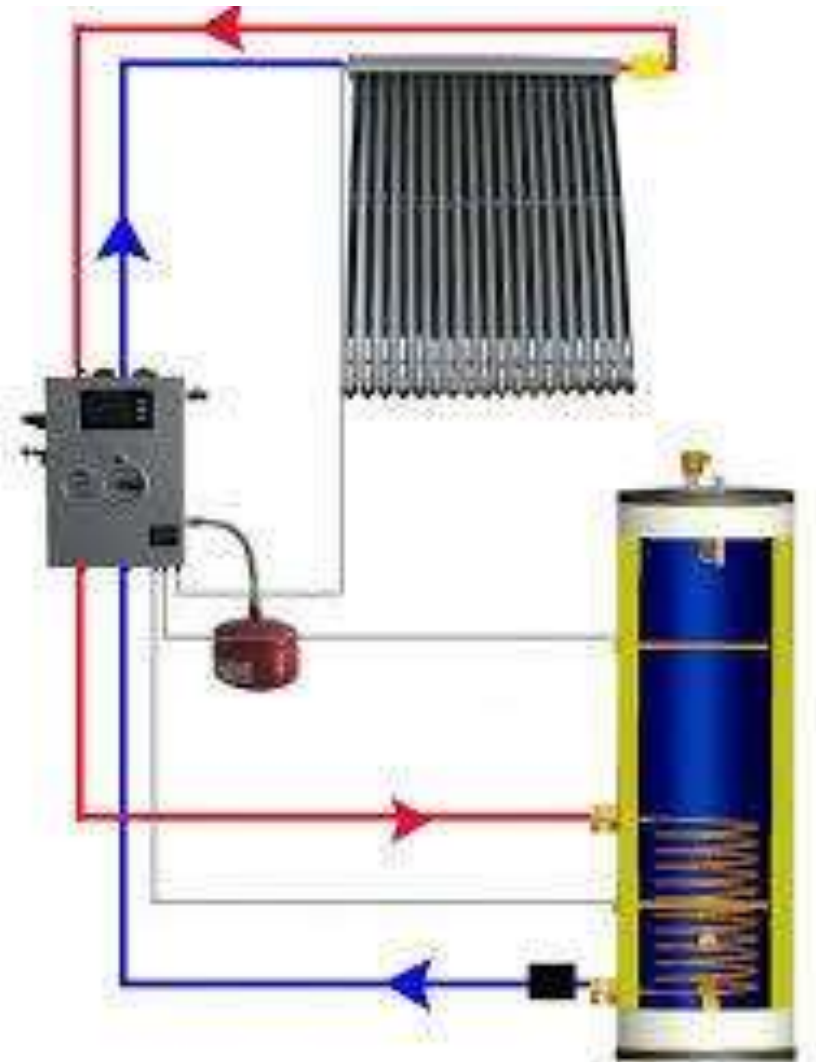


**Figura 10.** Datos técnicos del panel solar de caucho flexible



### Sistema de calefacción solar tipo Heat Pipe

Este sistema de calefacción consiste en un dispositivo de captación de energía por radiación solar, conectado a un intercambiador de calor donde se produce el calentamiento del agua para luego pasar a ser utilizado en piletas o uso sanitario.

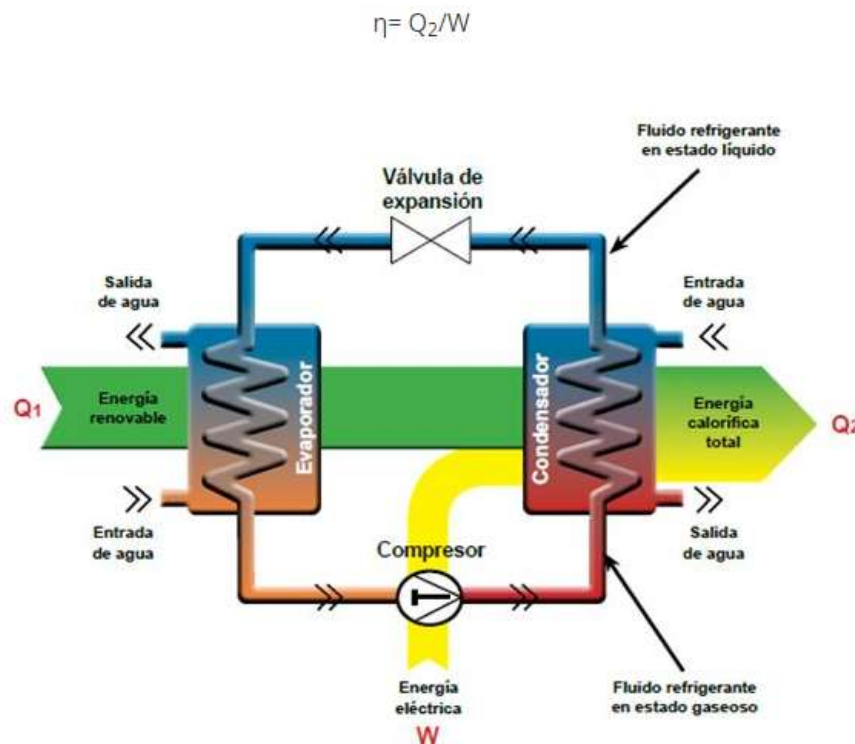


**Figura 11.** Esquema del Sistema Heat Pipe

### Esquema de diagrama de flujo en Bomba de calor

Los sistemas de Bombas de Calor para Piletas se basan en el aprovechamiento de la energía térmica existente en el aire para calentar el agua de la piscina.

Los sistemas Aerotérmicos trabajan principalmente a partir de la energía del aire para climatizar cualquier espacio. Se la considera como una fuente de intercambio de energía muy eficiente. Es una tecnología que une en sí: electricidad, mecánica y química para aprovechar la energía ambiental.



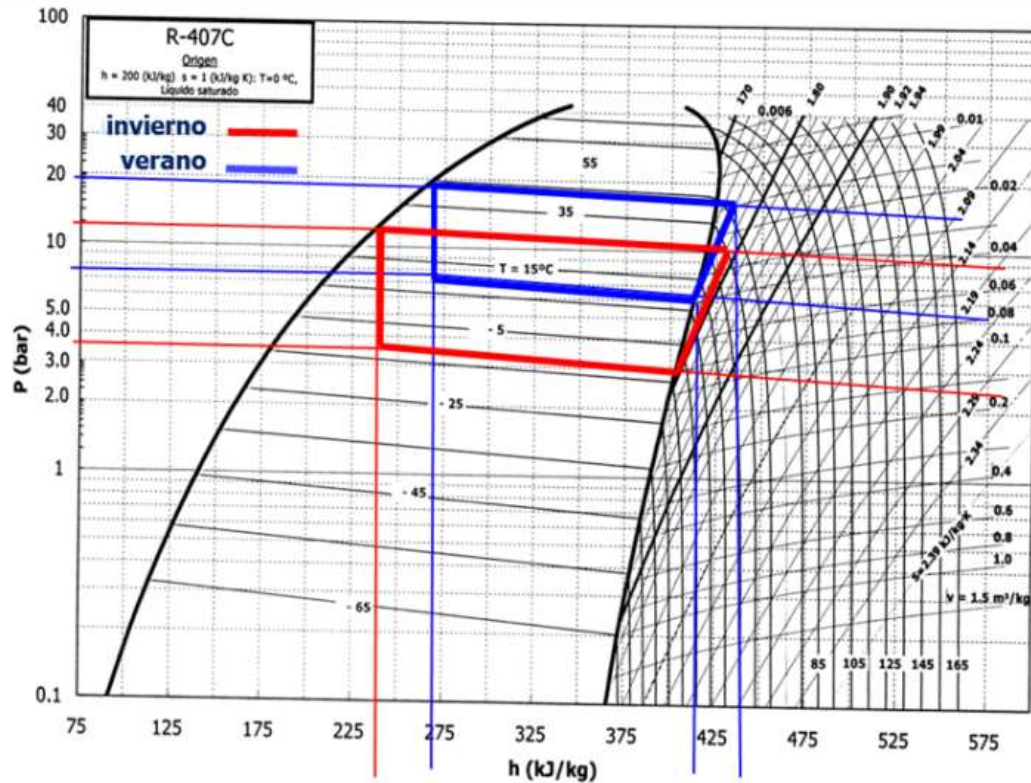
**Figura 12.** Esquema de la Bomba de calor

#### Ciclo térmico del sistema

En el lugar geográfico en el cual se encuentre emplazado el Establecimiento considerado, se pueden observar amplias diferencias de temperaturas entre las distintas estaciones del año.

Lo que se debería considerar al momento de diseñar el sistema más adecuado para optimizar la energía disponible.

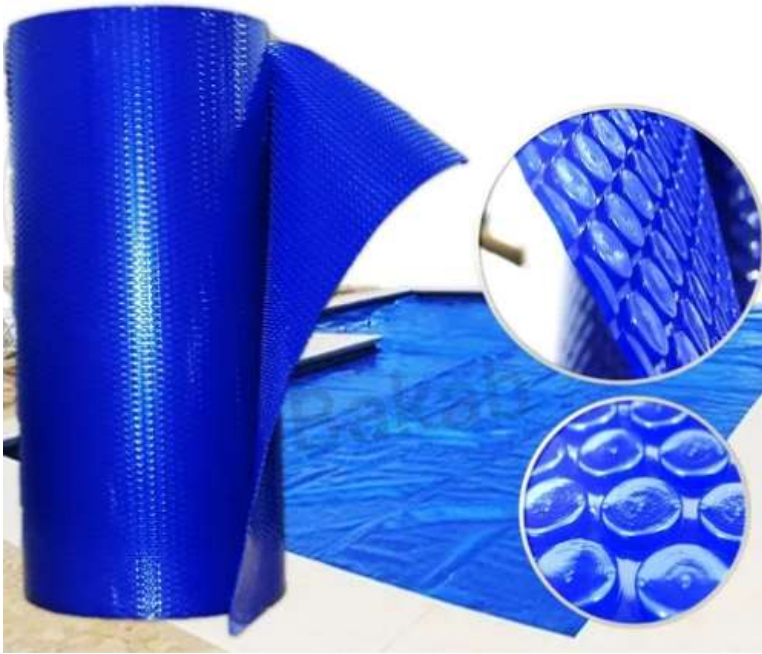
En la siguiente figura se observa los diferentes rendimientos, dependiendo de la época del año a considerar.



**Figura 13.** Esquema del ciclo térmico

#### Cubre piscina – manta térmica

Para reducir la pérdida de temperatura de las piletas, durante las horas de la noche o días de reducida temperatura, se analizó la utilización de un material aislante o de cubierta, compuesta por polietileno virgen con burbujas de aire encapsulado y estabilizado con filtro UV de alta durabilidad, que se coloca sobre las piletas. Las burbujas de aire permiten la flotabilidad y reduce la pérdida de calor, optimizando el recurso energético disponible.



**Figura 14.** Imagen de manta térmica

En nuestro caso de interés, Emprendimiento denominado Termas Concepción, ubicado en el Km 129 de la ex Ruta Nacional N° 14 – Autovía Artigas, cuenta con diferentes instalaciones donde las personas que la visitan realizan, mayoritariamente actividades recreativas y de descanso, para ello cuentan con infraestructura e instalaciones para alojamiento, piletas, parque, comedor entre otros. En dicho Establecimiento existen Bungalows, cabañas y apartamentos, con comodidades y el equipamiento necesario para desarrollar todas las actividades involucradas con la vida diaria. Se utiliza energía para acondicionamiento de aire, dependiendo de la estación del año y del estado del tiempo, proveer de agua caliente en instalaciones sanitarias, electrodomésticos y demás enceres.

#### Sistema de piletas de agua caliente

Desde el pozo termal, mediante una bomba para extracción de agua subterránea, se canaliza el fluido, mediante una red de cañerías hacia las diferentes piletas o piscinas para diferentes usos. Desde estas piscinas, utilizando un sistema de bombas y filtros, se recircula y se mantiene la temperatura del agua en una sala con caldera e intercambiador de calor.

Se describe a continuación las características de dichas piletas.

Piscina 1: Volumen =  $139 \text{ m}^3$  ; Superficie =  $127 \text{ m}^2$

Piscina2: Volumen =  $49 \text{ m}^3$  ; Superficie =  $71 \text{ m}^2$

Piscina3: Volumen =  $75 \text{ m}^3$  ; Superficie =  $70 \text{ m}^2$

Piscina4: Volumen =  $126 \text{ m}^3$  ; Superficie =  $105 \text{ m}^2$

### Condiciones de Operación

Temperatura del Agua a la salida del Pozo termal:  $29^\circ\text{C}$  y  $33^\circ\text{C}$

Caudal de bomba pozo termal:  $60 \text{ m}^3$  hora

Temperatura del Agua de la 2ª napa:  $18^\circ\text{C}$

Temperatura requerida en las piscinas:  $40^\circ\text{C}$

Velocidad media del aire para la zona:  $12,5 \text{ Km/h}$

Tiempo de calentamiento de la piscina: 24 horas

Horario de Operación del complejo actual: de 09 a 20 horas

Distancia entre sala de caldera y piletas: 50 metros promedio

Diámetro conducciones pileta-caldera: 2 pulgadas

### Sistema de Calentamiento

En este caso, se trata del uso de una caldera, para el calentamiento de agua e intercambiadores de calor, empleando un circuito cerrado de agua caliente como fluido calefactor, y la recirculación del agua de las piscinas en circuito abierto. El paso del agua de las piscinas, por unos filtros de arena se realiza en forma discontinua, contando para tal operación, un cuadro de válvulas que habilita el mismo.

Caldera Fontanet: Mod 3 PR1000

Año 2012 – Serie 3565

Capacidad  $1.000.000 \text{ Kcal/h}$

Presión de diseño:  $5 \text{ Kg/cm}^2$

Temperatura de trabajo:  $60^\circ\text{C}$

Intercambiador de calor tipo placas: 300.000 Kcal/h – Material: Acero  
Inoxidable 316  
Capacidad de intercambio: 300.000 kcal/h

### Alojamientos

Para alojar a los huéspedes cuentan con un total de 42 bungalows, 12 cabañas y 20 unidades de apart hotel.

Poseen suministro de gas natural, contando con calefacción a través de calefactores de tiro balanceado, el agua caliente con termo tanques y cocina alimentadas por gas natural.

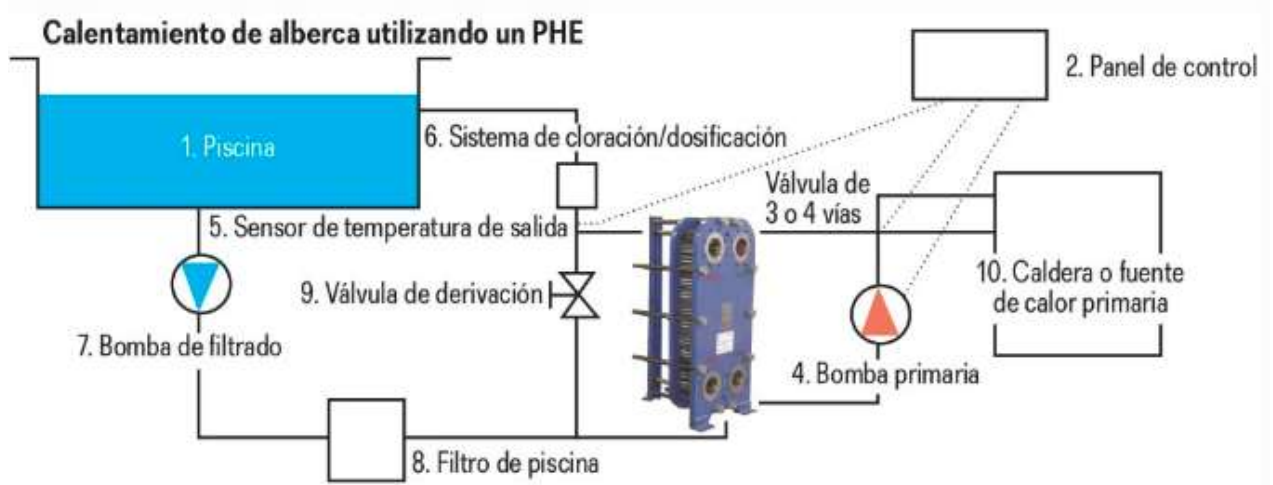
Cada bungalow tiene un Aire Acondicionado tipo Split, una pava o calentador de agua eléctrico y un microondas por unidad.

En los apart hotel, la calefacción es por piso radiante y el agua caliente es suministrada por caldera, alimentada a gas natural. Cada unidad cuenta además con un Aire Acondicionado, una pava eléctrica y un microondas.

### Consumo de Energía eléctrica y de Gas Natural del Establecimiento

| Energía eléctrica bomba extractora<br>ID 1520 |               | Energía eléctrica<br>Por sitio<br>ID 2084 |               | GAS<br>CALDERA   |                |
|---|---------------|---|---------------|------------------|----------------|
| MES   | KWh           | MES                                       | MED.<br>KWh   | MES              | m <sup>3</sup> |
| Julio 21                                      | 19.073        | Julio 21                                  | 5.126         | Julio 21         | 14.135         |
| Agos 21                                       | 20.218        | Agos 21                                   | 6.419         | Agos 21          | 20.732         |
| Sept 21                                       | 18.331        | Sept 21                                   | 4.025         | Sept 21          | 18.876         |
| Oct 21  | 24.973        | Oct 21                                    | 5.805         | Oct 21           | 22.257         |
| Nov 21  | 24.884        | Nov 21                                    | 13.447        | Nov 21           | 22.115         |
| Dic 21  | 28.277        | Dic 21                                    | 14.442        | Dic 21           | 16.078         |
| Ene 22  | 31.927        | Ene 22                                    | 30.356        | Ene 22           | 14.093         |
| Feb 22  | 28.087        | Feb 22                                    | 16.218        | Feb 22           | 15.385         |
| Mar 22  | 25.807        | Mar 22                                    | 9.664         | Mar 22           | 20.050         |
| Abr 22  | 21.833        | Abr 22                                    | 7.726         | Abr 22           | 20.854         |
| May 22  | 21.096        | May 22                                    | 5.256         | May 22           | 25.000         |
| Jun 22  | 24.009        | Jun 22                                    | 5.812         | Jun 22           | 21.510         |
| <b>Sub Total</b>                              | <b>289015</b> | <b>Sub Total</b>                          | <b>124906</b> | <b>Sub Total</b> | <b>231085</b>  |

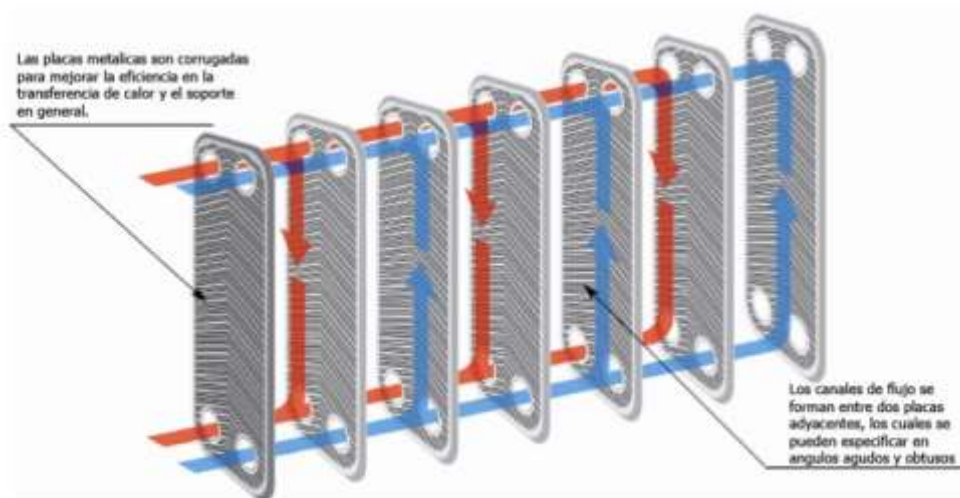
**Tabla 9.** Consumo de Energía eléctrica y de Gas Natural del Establecimiento  
Actualmente el Establecimiento cuenta con un sistema de calentamiento por intercambiador de placas, como muestra la figura.



**Figura 15.** Diagrama de calentamiento de piscinas con sistema de intercambiador de placas

Debido a la gran diferencia de costos de los materiales del intercambiador de calor, es muy importante tener presente el tipo de fluido que se usará en el proyecto.

Se observa a continuación el recorrido de los fluidos, por circuitos separados, fríos de la pileta o piscina y caliente de la fuente receptora de calor, dentro del intercambiador de placas.



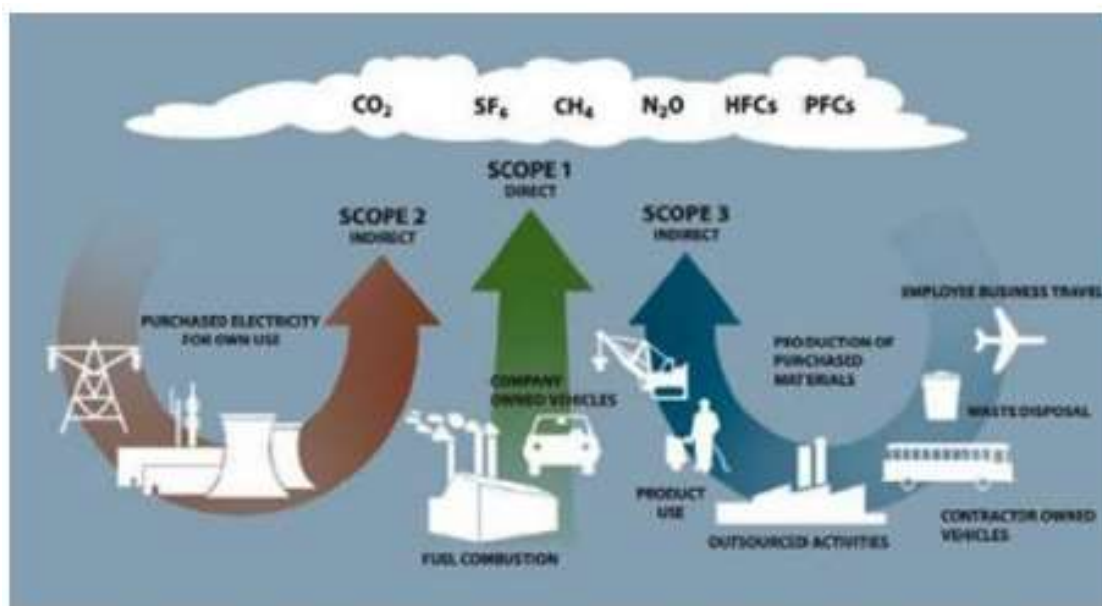
**Figura 16.** Esquema del circuito de los fluidos en el intercambiador de placas



Luego de recabados los datos relevantes del lugar, se plantea determinar el indicador de la huella de carbono para la actividad del Establecimiento termal, teniendo en cuenta la información suministrada por el permisionario. Para que dicho indicador refleje con mayor objetividad la realidad de la actividad deberán considerarse información de consumos de las actividades complementarias (vehículos para corte de pasto, recolección de residuos, desplazamientos por tareas de mantenimiento, entre otros).

Según la norma PAS 2050:2011, el proceso para estimar la Huella de Carbono, se divide en cuatro pasos:

- a. Alcance de la Medición
- b. Recolección de datos
- c. Cálculo
- d. Resultados y Oportunidad de reducción



*Esquema de los elementos que componen cada alcance. Fuente: GHG Protocol*

**Figura 17.** Consideraciones sobre Emisiones directas e indirectas



### Base metodológica de cálculo

En una primera aproximación, puede decirse que el cálculo de la huella de carbono consiste en aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

Donde el dato de la actividad, es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI. Por ejemplo, cantidad de gas natural utilizado en la calefacción (KWh de gas natural); el factor de emisión (FE) supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro "Dato de actividad". Estos factores varían en función de la actividad que se trate.

Como resultado de la aplicación de esta fórmula, obtendremos una cantidad determinada de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2e</sub>)

Un metro cúbico de gas natural equivale a **11,70 kWh**.

Para ello las compañías de gas utilizan un conversor que pasa los m<sup>3</sup> consumidos a kWh.

| Fuente de energía | Factor de emisión | Unidad                              |
|-------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Energía eléctrica | 0,486             | Kg CO <sub>2e</sub> /KWh            |
| Gas natural       | 1,95              | Kg CO <sub>2e</sub> /m <sup>3</sup> |
| Gas-oil           | 2,77              | Kg CO <sub>2e</sub> /litro          |
| Nafta             | 2,37              | Kg CO <sub>2e</sub> /litro          |
| Avión             | 0,324             | Kg CO <sub>2e</sub> /Km pasajero    |

**Tabla 10.** Factores de emisión – Fuente: ministerio de agroindustria, Provincia de Buenos Aires

Cálculo de la huella de carbono para este Establecimiento

Contabilización de emisiones

Con los datos aportados por el permisionario y realizando un análisis simplificado de los factores que intervienen en el cálculo, a continuación, se describirá la metodología para contabilizar las emisiones referidas a la actividad estudiada.

Emisión de GEI = Datos de actividad x Factor de emisión

Emisión de GEI = 289015 KWh x 0,486 Kg CO<sub>2e</sub> + 124906 KWh x 0,486 Kg CO<sub>2e</sub> + 231085 m<sup>3</sup> x 1,95 Kg CO<sub>2e</sub>

**Emisión de GEI Anual = 651781,36 (Kg CO<sub>2e</sub>)**

En este factor de emisión anual preliminar, como se explicó anteriormente, solamente se consideró el consumo eléctrico y combustible gaseoso utilizado durante un período de 12 meses en el Establecimiento.

En referencia al cálculo de la huella de Carbono y aplicando criterios de **Eficiencia Energética** como una potencial herramienta para analizar la implementación de uso racional de la energía, se propone utilizar, los siguientes indicadores de eficiencia energética eléctrica y térmica, a considerar.

Indicador de eficiencia energética eléctrica

Respecto al Consumo de energía eléctrica, en este caso, el suministro de dicha energía es realizado por la Empresa provincial ENERSA. Aplicando criterios de Eficiencia Energética Eléctrica, se propone, en términos de Consumo Específico Eléctrico, como metodología de análisis. Es decir, la cantidad de energía eléctrica necesaria para la prestación de un servicio, y para un Establecimiento termal, el indicador más representativo para medir el grado de eficiencia energética eléctrica, sería [kWh/huésped o usuario].

Además de ello, para calcular la Eficiencia Eléctrica asociada a una determinada etapa o sector concreto, es necesario medir tanto el consumo eléctrico del huésped/usuario, como la explotación asociados; existiendo para ello diversos

hardware y software, especialmente ideados para correlacionar dichos parámetros: kWh/m<sup>3</sup>, kWh/huésped.

Además, deberemos tener en cuenta diferentes tipos de consumos no deseados que se producen habitualmente. Entre ellos, podemos mencionar las averías y los funcionamientos anómalos de equipamiento e iluminación, que no cuentan de un programa de mantenimiento predictivo eléctrico de seguimiento continuo. Dichos funcionamientos anómalos podrían generar pérdidas sobre gasto total eléctrico. Dichas pérdidas de energía podrían oscilar entre un 5 a un 10%; las sobrecargas puntuales, originadas por la aleatoriedad de la propia demanda eléctrica, exigen contratar y pagar un exceso en la potencia; o bien sufrir penalizaciones por consumos fuera de horario. Incrementándose la factura eléctrica recibida; los descuidos y las negligencias por parte de los huéspedes/usuarios suponen más del 5% de la factura eléctrica; los stand-by de determinados equipos, así como los consumos latentes ocultos en todo tipo de instalaciones, provocan pérdidas del orden del 5% del gasto eléctrico total, al quedar siempre conectados de forma innecesaria 24 horas al día.

#### Manual de buenas prácticas en consumo energético eléctrico

La metodología recomendada para optimizar la eficiencia energética eléctrica, contempla desde el diseño de la instalación, utilización de energías renovables, considerando una variedad de aspectos relacionados con la instalación de baterías y/o condensadores para mejorar el factor de potencia; aplicar dispositivos de control por sector, autómatas y variadores de frecuencia, como además de someter a inspección el sistema eléctrico de generación de agua caliente; adecuar los sistemas de acondicionamiento frío y calor; revisión del tipo de iluminación interior/externa y su mantenimiento; estudio y optimización del consumo de los motores eléctricos; revisión de hornos, calefactores y equipos de frío; optimizar las condiciones de contratación del suministro eléctrico; implementar gestión de mantenimiento predictivo, entre otros.

### Indicador de eficiencia energética térmica

Al igual que en el análisis realizado para el Consumo de energía eléctrica, en este caso, el suministro de dicha energía es mayoritariamente a través de la red de Gas Natural, realizado por la Empresa Gas NEA. Aplicando criterios de Eficiencia Energética Térmica, se propone, en términos de Consumo Específico Térmico, como metodología de análisis. Es decir, la cantidad de energía térmica necesaria para la prestación de un servicio, y para un Establecimiento termal, el indicador más representativo para medir el grado de eficiencia energética térmica, sería [m<sup>3</sup>/huésped o usuario]. En el caso de leña u otro combustible sólido o líquido consideraríamos Kg/huésped o usuario o Litros/ huésped o usuario.

Además, deberemos tener en cuenta diferentes tipos de consumos no deseados que se producen habitualmente. Entre ellos, podemos mencionar; las averías y los funcionamientos anómalos de equipamiento, que no cuentan de un programa de mantenimiento predictivo o reparativo de seguimiento continuo. Dichos funcionamientos anómalos podrían generar pérdidas sobre gasto total de combustible; las sobrecargas puntuales, originadas por la aleatoriedad de la propia demanda, exigen contratar y pagar un exceso en la tarifa contratada; o bien sufrir penalizaciones por consumos fuera de horario. Incrementándose los costos: los descuidos y las negligencias por parte de los huéspedes/usuarios dejando fuentes de calor encendidas cuando no se encuentran en los alojamientos; los stand-by de determinados equipos, calefactores o termotanques con llama piloto encendidas; la falta de aislación térmica de las instalaciones y selección de materiales energéticamente eficientes ocasionando pérdidas de calor y en consecuencia, sus costos asociados.

### Manual de buenas prácticas en consumo energético térmico

La metodología recomendada para optimizar la eficiencia energética térmica, contempla fundamentalmente los siguientes aspectos: contar con un buen diseño térmico, utilizando materiales térmicamente eficientes y cañerías de conducción de agua caliente con aislación térmica; aplicar dispositivos de control

de temperatura por sector, autómatas o programables, para optimizar la gestión; someter a inspección el sistema térmico para la generación de agua caliente; revisión y mantenimiento de los sistemas de calefacción; analizar o diseñar dispositivo con indicación de ausencia de huésped; estudio y optimización de los dispositivos de intercambio de calor; optimizar las condiciones de contratación del suministro de gas o leña; implementar gestión de mantenimiento predictivo.

# **METODOLOGÍA EMPLEADA**

## **V- METODOLOGÍA EMPLEADA**

Para desarrollar este trabajo se realizó un análisis de normas y leyes vigentes, que tengan injerencia en el tema, observándose que existe un marco legal que considera principios de precaución y cuidado, en miras a la preservación de la biodiversidad, la protección de los ecosistemas y el ambiente, contemplando el uso del recurso y su posterior volcamiento al medio.

El estudio consistió en realizar visitas a Establecimientos termales, recabando información relacionada con la utilización de diferentes equipos y sus fuentes de suministro energéticas; analizar el proceso de intercambio de calor para el mantenimiento de la temperatura en las piletas o piscinas; contribuir con la búsqueda de soluciones a distintos problemas ambientales, como lo son el volcamiento del efluente termal (agua de las piscinas) a la superficie y el uso racional de la energía, haciendo hincapié en el Establecimiento del presente estudio.

Fueron consultados proveedores, fabricantes de sistemas de captación e intercambiadores de calor y materiales aislantes, para conocer sus características en cuanto a eficiencia y rendimientos energéticos, referidos a este tipo de equipamiento.

# **ANÁLISIS DE RESULTADOS**



## VI- ANÁLISIS DE RESULTADOS

Analizados los sistemas para calentamiento de agua existentes en el mercado y haciendo una comparativa con los utilizados en el Establecimiento termal de la localidad de Concepción del Uruguay, y teniendo en cuenta que el mayor de los costos e impactos ambientales se ubica en este rubro, se recomienda la aplicación de las pautas establecidas en la norma ISO 50001 y en el Manual de buenas prácticas energéticas para establecimientos termales, propuesto (Silva, 2021); para poder implementar acciones orientadas a lograr la eficiencia energética, el cuidado del recurso y una reducción en el impacto ambiental de la actividad.

Además, se propone la implementación de un método para el control del consumo de energía del huésped o visitante de los Alojamientos, considerando un valor de referencia, promedio actual, a fin de concientizar acerca del ahorro y cuidado del recurso con la contraprestación de un incentivo tipo “premio” si logran un consumo inferior per cápita/día.

Teniendo en cuenta los indicadores de eficiencia energética, planteados en este trabajo, podemos inferir que una manera de alcanzar eficiencia en el consumo de energía es aumentando la cantidad de huésped por costo de energía consumida o reduciendo la energía consumida por cantidad de huésped alojado. En este sentido, atendiendo a las recomendaciones del presente, podríamos lograr el objetivo propuesto. Además, se sugiere elaborar un instructivo claro y gráfico, que involucre al Usuario/huésped con el cuidado de la energía y del recurso, donde especifique las ventajas de aplicar buenas prácticas durante la estadía y los posibles premios o incentivos al involucrarse.

Teniendo en cuenta la existencia de la etiqueta de eficiencia energética, se recomienda considerar la posibilidad de reemplazar los artefactos existentes por aquellos de mejor categoría (A).

Respecto a mejora de rendimiento térmico, considerar la aislación de cañerías de transmisión de fluidos calientes y en este sentido analizar la renovación del agua de las piscinas, considerando aspectos fisicoquímicos y bacteriológicos,

debido al uso que hacen las personas, sumados los productos cosméticos, bronceadores, de protección solar y otros similares.

En los alojamientos, analizar la posibilidad de uso de energía solar tanto para calefacción, calentamiento de agua mediante termotanque solar y generación de energía eléctrica por paneles fotovoltaicos.

En las piletas utilizar recubrimiento o manta superficial para lograr la aislación térmica entre al agua de la piscina y el ambiente y así mantener la temperatura del recurso durante las horas de la noche.

Cabe mencionar que existen Establecimientos que utilizan leña para calefaccionar el recurso termal, lo que implica la generación de humos de la combustión y material particulado, principalmente PM 2,5 dañino para las personas, lo que incide negativamente en la calidad de vida de las personas y por lo tanto se recomienda realizar un estudio particular de cada uno para intentar mejorar las condiciones operativas, lograr un ahorro económico, cuidar el recurso y reducir los impactos ambientales que cada uno provoca.

Teniendo en cuenta otros autores, en cuanto a las medidas a adoptar para mejorar la eficiencia energética, sugiere la implementación de sistemas de cogeneración, la incorporación de tecnologías de energía renovable, la utilización de equipos más eficientes y la implementación de medidas de ahorro energético en las instalaciones termales.

Sin embargo, otros autores argumentan que para mejorar la eficiencia energética en establecimientos termales es necesario no solo la incorporación de tecnologías y equipos más eficientes, sino también la sensibilización y educación de los usuarios y trabajadores de estos establecimientos para que tomen conciencia del uso responsable de la energía y de la importancia de su conservación.

Además, algunos autores destacan la importancia de la correcta gestión y mantenimiento de las instalaciones termales, la cual contribuye a la reducción de los consumos energéticos y a la prolongación de la vida útil de los equipos y sistemas.

En resumen, la eficiencia energética en establecimientos termales es un tema multidisciplinario que requiere la integración de medidas técnicas, educativas y de gestión para lograr resultados significativos en la reducción de los consumos energéticos y la protección del ambiente.

# **CONCLUSIONES Y APORTES REALIZADOS**

## **VII- CONCLUSIONES Y APORTES REALIZADOS**

Si bien no todos los Establecimientos termales de la provincia, realizan el calentamiento del agua, se podría analizar la posibilidad de hacerlo, para mantener la temperatura de la misma en las piletas y de esa manera, menguar el volumen de volcamiento a la superficie, por el enfriamiento del recurso, reduciendo el impacto en el ambiente, debido al efluente termal.

Debería incorporarse, en la medida de lo posible, el uso de energías renovables, tanto para el calentamiento del recurso termal como en las demás dependencias del complejo, con la finalidad de conseguir una reducción en el impacto ambiental.

Queda abierta la posibilidad de implementar la aplicación del cálculo de la huella de carbono para cada Establecimiento termal, como la implementación de un plan de mejora de ahorro energético, respaldado por la utilización de los indicadores de eficiencia energética propuestos.

Este análisis queda disponible para ser utilizado como manual de buena práctica en la totalidad de los establecimientos destinados a la explotación del recurso termal.

A partir de este trabajo se recomienda una serie de acciones a desarrollar en beneficio del cuidado del recurso termal, el ambiente y la economía energética.

# **BIBLIOGRAFÍA**

---

## VIII- BIBLIOGRAFÍA

Aportes al Modelo Hidroquímico Conceptual de las Aguas Termales Entrerrianas. Mársico Daniel & Secca Ivana. (2016). Disponible en: [https://www.entrerios.gov.ar/termas/userfiles/files/otros\\_archivos/Hidroquimico\\_Marsico\\_Zecca\\_Impresion.pdf](https://www.entrerios.gov.ar/termas/userfiles/files/otros_archivos/Hidroquimico_Marsico_Zecca_Impresion.pdf)

Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro-este de la cuenca Chacopampeana. Mársico, Daniel. (2013). Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/61906195.pdf>

Balance de masa y energía y operaciones unitarias. Universidad Abierta y a Distancia de México. UnADM. División de Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales | Ingeniería en Energías Renovables 2. Disponible en: [https://dmd.unadmexico.mx/contenidos/DCSBA/BLOQUE2/ER/05/EBMOP/unidad\\_01/descargables/EBMOP\\_U1\\_Contenido.pdf](https://dmd.unadmexico.mx/contenidos/DCSBA/BLOQUE2/ER/05/EBMOP/unidad_01/descargables/EBMOP_U1_Contenido.pdf)

Climatización y calefacción sustentable. Disponible en: <https://www.hissuma-materiales.com.ar/energia-solar-y-eolica/>

Directrices de calidad turística para termas. Secretaría de Turismo de la Nación. Disponible en: [https://www.entrerios.gov.ar/termas/userfiles/files/otros\\_archivos/directrices%20de%20calidad%20turistica%20para%20termas.pdf](https://www.entrerios.gov.ar/termas/userfiles/files/otros_archivos/directrices%20de%20calidad%20turistica%20para%20termas.pdf)

Etiqueta de eficiencia energética. Ministerio de economía. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/energia/eficiencia-energetica/etiqueta#:~:text=La%20etiqueta%20de%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica,siempre%20en%20forma%20de%20adhesivo%20.>

Guía de recurso solar. GROSSI, Hugo - RIGHINI, Raúl. Secretaría de energía - Presidencia de la Nación. República Argentina. (2019). Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia\\_del\\_recurso\\_solar\\_anexos\\_final.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_del_recurso_solar_anexos_final.pdf)

Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. Coordinación y elaboración: Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia\\_huella\\_carbono\\_tcm30-479093.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf)

Intercambiadores de calor de placas. Alfa Laval. Disponible en: <https://kycsa.com/intercambiadores.html>

Inventario nacional de gases efecto invernadero. Secretaría de desarrollo y ambiente sustentable. Presidencia de la nación. (2019). Disponible en:

---

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inventario\\_de\\_gei\\_de\\_2019\\_de\\_la\\_republica\\_argentina.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inventario_de_gei_de_2019_de_la_republica_argentina.pdf)

Ley Nacional N° 25.438. Apruébase el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adoptado en Kyoto - Japón. (2001). Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/65000-69999/67901/norma.htm>

Ley Nacional N° 27191. Ley nacional N° 26190 Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificación. (2015). Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/norma.htm>

Ley Nacional N° 24.051 y Decreto reglamentario N° 831/93 (1993). Residuos Peligrosos. Disponibles en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24051-450/texto> y <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-831-1993-12830/normas-modifican>

Ley Provincial N° 6.260 de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. (1978) y su Decreto reglamentario N°5.837 M.B.S.C y E. – (1991). Disponible en: [https://www.entrerios.gov.ar/industria/userfiles/files/Ley\\_6260.pdf](https://www.entrerios.gov.ar/industria/userfiles/files/Ley_6260.pdf)

Ley Provincial N° 9714 De creación de Fondo para la conservación del recurso termal, el agua, el suelo y el ambiente, que modifica los Artículos 27° y 47° de la Ley N° 9678. (2006) Disponible en: [https://www.entrerios.gov.ar/termas/userfiles/files/otros\\_archivos/ley\\_9714.pdf](https://www.entrerios.gov.ar/termas/userfiles/files/otros_archivos/ley_9714.pdf)

Ley Provincial N° 9678. Marco regulatorio del manejo de los recursos termales. (2005) Disponible en: [http://bicentenario.entrerios.gov.ar/termas/userfiles/files/otros\\_archivos/ley\\_9678.pdf](http://bicentenario.entrerios.gov.ar/termas/userfiles/files/otros_archivos/ley_9678.pdf)

Manta térmica para piscinas. Disponible en: <https://bakab.com.ar/productos/piscinas-cobertores/>

Manual de aplicación de la huella de carbono. Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático Ministerio de Agroindustria Provincia de Buenos Aires. (2018). Disponible en: [https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual\\_aplicacion\\_Huella\\_de\\_Carbono.pdf](https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_aplicacion_Huella_de_Carbono.pdf)



Manual de buenas prácticas energéticas para establecimientos termales. Silva, Adrián F. (2021). Disponible en: <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/4995>

Norma Internacional ISO 50001 sobre "Sistemas de Gestión de la Energía". (2011). Disponible en: <http://www.itvalledelguadiana.edu.mx/ftp/Normas%20ISO/ISO%2050001-2015%20Sistemas%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20Energ%C3%ADa.pdf>

Norma PAS 2050. Especificación para verificar la Huella de Carbono en el ciclo de vida de un producto o servicio. (2011).

Placas solares fotovoltaicas. Disponible en: <https://www.hogarsense.es/placas-solares/amortizacion-fotovoltaica>

Resolución ENERGAS N° 201/2019 – Gas NEA S.A. – Cuadro tarifario Entre Ríos. Disponible en: [https://www.gasnea.com.ar/clientes\\_tipos\\_y\\_cuadro\\_tarifario.php](https://www.gasnea.com.ar/clientes_tipos_y_cuadro_tarifario.php)

Termotanques solares atmosféricos. Disponible en: <http://www.ecologica.com.ar/producto/termotanques-solares-atmosfericos/>

Uso Racional y eficiente de la energía. Ministerio de ciencia tecnología e innovación productiva. (2020). Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/uso\\_racional\\_y\\_eficiente\\_en\\_ergia\\_2016\\_arg\\_innovadora\\_2020.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/uso_racional_y_eficiente_en_ergia_2016_arg_innovadora_2020.pdf)