



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Sistema de Climatización Automático para mantener la temperatura de confort en la  
Piscina del Centro Recreacional La Merced Laredo – La Libertad

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Arteaga Verde, Elmer David (ORCID: 0000-0002-8388-511)

Cruzado Cruzado, Elser Marcos (ORCID: 0000-0001-8720-7060)

**ASESOR:**

Mg. Paredes Rosario, Raúl Rosali (ORCID: 0000-0001-6146-2039)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

### ***David Arteaga Verde***

*A mis padres, hermanos, abuelos y dayky, que sin ellos no hubiera logrado una meta más en mi vida profesional, ya que siempre han sido mi motor y motivo de superación en esta vida, eh aquí mencionar a usted señora Elsa por todo el apoyo que me ha brindado en estos últimos tiempos, de todo corazón muchas gracias por ser una madre más en mi vida. A todos ustedes con mucho cariño va dedicado aquello, porque a pesar de las diferentes circunstancias de salud, estudio y personal siempre estuvieron incondicionalmente ahí.*

### ***Marcos Cruzado Cruzado***

*A mis padres y hermanos, que a pesar de la distancia siempre me han brindado la confianza y apoyo en todo momento, por obsequiarme la oportunidad de poder superarme en mi vida académica profesional. Todos mis logros y metas que voy cumpliendo, comienza a partir de ustedes, porque son la motivación indispensable en todo lo que me propongo.*

## AGRADECIMIENTO

*En primer plano a Dios, por darnos vida, salud y sabiduría a lo largo de nuestra vida universitaria, y el de protegernos contra cualquier mal y tentación el cual pudo haber desviado nuestro camino para este momento.*

*A la Universidad César Vallejo, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y conocer Docentes excelentes e increíbles, el cual han fortalecido y pulido nuestro perfil personal-académico y sobre a que siempre estuvieron a disposición para cualquier consulta, orientación y apoyo incondicional sobre sus temas de especialidad. Y ser también el medio por el cual hemos conocido amigos increíbles, con los que hemos compartido anécdotas y superados momentos difíciles y de angustia.*

*Agradecemos especialmente a nuestro asesor especialista y docente, el Ing. Paredes Rosario Raúl, por habernos orientado de manera única a realizar el trabajo de investigación presente, y más que ello por mejorar nuestro enfoque y criterio ingenieril, el cual de nuestra persona tuvo un gran cambio de mejora, con lo que estaremos eternamente agradecidos. Agradecer también el Ing. Sánchez Huertas Carlos por habernos orientado al inicio de este duro proceso y al Gerente General del centro recreativo La Merced por facilitarnos el acceso para la recolección de datos.*

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MÉTODO.....	8
2.1. Tipo, método y diseño de investigación.....	8
2.1.1. Tipo de investigación.....	8
2.1.2. Método de investigación.....	8
2.1.3. Diseño de investigación.....	9
2.2. Variables.....	10
2.3. Población, muestra y muestreo.....	10
2.3.1. Población.....	10
2.3.2. Muestra.....	10
2.3.3. Muestreo.....	11
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	11
2.5. Procedimiento.....	12
2.5.1. Diagrama de bloques procesos.....	12
2.6. Método de análisis de datos.....	12
2.7. Aspectos éticos.....	13
III.- RESULTADOS.....	14
3.1. Características físicas, técnicas y de operatividad.....	14
3.2. Demanda térmica del sistema de calentamiento.....	17

3.3. Sistemas de calentamiento de agua .....	21
3.3.1. Sistema de colectores solares .....	21
3.3.2. Calentador eléctrico .....	22
3.3.3. Caldera a vapor saturado .....	23
3.4. Diseño de Intercambiador de calor.....	24
3.5. Análisis de impacto medioambiental .....	27
3.5.1. Balance de gases de combustión .....	27
3.5.2. Propuesta de diseño de Scrubber .....	27
3.5.2.1. Datos de entrada de diseño y dimensionamiento de Scrubber .....	29
3.5.2. Resultados de algoritmo matemático de diseño para el Scrubber .....	30
3.6. Análisis Económico.....	31
IV.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ....	34
V.- CONCLUSIONES. ....	36
VI.- RECOMENDACIONES.....	37
VII.- REFERENCIAS. ....	38
VIII.- ANEXOS. ....	42

## RESUMEN

Los centros campestres de recreación son un negocio que en la actualidad está teniendo un gran impacto económico para toda empresa que se dedicada a este rubro. Todas buscan brindar un servicio de calidad con instalaciones acogedoras. Sin embargo, existen una serie de dificultades que obstaculizan la realización y conservación de estos objetivos; los cuales están relacionado principalmente con las limitaciones ambientales (climatológicas) que provee el medio; como por ejemplo, el uso de piscinas convencionales a cualquier hora del día, ya que por salud personal dependiendo el horario podría ser perjudicial al organismo del usuario; para las prácticas de deporte, ya que para ello existen una serie de requerimiento en especiales térmicos. Por ello la presente tesis propuso el diseño de un sistema de climatización automático para mantener la temperatura de confort en la piscina del Centro Recreacional La Merced, Laredo – La Libertad, el cual se encargará de suplir los requerimientos del Gerente General del lugar. El proyecto se dividió principalmente en 5 etapas. La primera se encargó de realizar un balance de masa y energía, para determinar la demanda térmica requerida. La segunda consistió en realizar una evaluación de sistemas y tecnología que se acoplen con mayor eficiencia, tanto en el aspecto técnico como en lo económico. Tercero se propuso el diseño y selección de los componentes que conforman el sistema. En la cuarta etapa se realizó un análisis de impacto ambiental, el cual demuestra que el sistema por intermedio de una tecnología puede reducir contaminantes en comparación con los métodos convencionales. Finalmente se realizó un análisis económico con un monto y retorno de inversión aproximado. El proyecto concluyo con la demostración del algoritmo de cálculo, planos, simulación, diagramas de funcionamiento y componentes que participaran en el sistema de climatización.

**Palabras claves:** Climatización térmica de piscina, intercambiador de calor, temperatura de confort.

## ABSTRACT

The country recreation centers are a business that is currently having a great economic impact for any company that is dedicated to this area. All seek to provide a quality service with cozy facilities. However, there are a number of difficulties that hinder the achievement and conservation of these objectives; which are mainly related to the environmental (climatological) limitations provided by the environment; as for example, the use of conventional swimming pools at any time of the day, since for personal health depending on the schedule could be harmful to the user's organism; for sports practices, since there is a series of requirements in thermal specials. Therefore the present thesis proposed the design of an automatic air conditioning system to maintain the comfort temperature in the pool of the Recreational Center La Merced, Laredo - La Libertad, which will be responsible for meeting the requirements of the General Manager of the place. The project was mainly divided into 5 stages. The first was responsible for carrying out a mass and energy balance, to determine the required thermal demand. The second was to perform an evaluation of systems and technology that fit more efficiently, both technically and economically. Third, the design and selection of the components that make up the system was proposed. In the fourth stage an environmental impact analysis was carried out, which demonstrates that the system through a technology can reduce pollutants compared to conventional methods. Finally, an economic analysis was carried out with an approximate amount and return on investment. The project concluded with the demonstration of the calculation algorithm, drawings, simulation, operation diagrams and components that will participate in the air conditioning system.

**Keywords:** Thermal pool heating, heat exchanger, comfort temperature.

## **I.- INTRODUCCIÓN.**

Las personas y seres vivos pueden adaptarse de una mejor manera a las situaciones climáticas y a ciertas sensaciones que su organismo pueda resistir. El ser humano también puede crear la condición del ambiente donde sienta un confort deseado; por ejemplo, el confort térmico, el cual es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado (El Peruano, 2014) según la norma ISO 7730 “la sensación térmica del ser humano está relacionada principalmente con el equilibrio térmico de su cuerpo como un todo. Este equilibrio está influenciado por la actividad física y la ropa, así como por los parámetros ambientales”. Por ello en la actualidad se ha generalizado el uso de sistemas de refrigeración y calefacción.

El desarrollo social e individual está vinculado con el nivel de confort que puede ofrecer el lugar donde se habita, es decir que son las condiciones apropiadas para que un individuo pueda vivir, siempre buscando su mayor comodidad, y esto hace que sea una necesidad tanto por salud física, psíquica y social (Vigo, 2004). Durante las últimas décadas, el aumento de interés por la sustentabilidad y calidad de vida se han reflejado en la evolución de tecnologías para la obtención de energía a base de fuentes como combustible fósil o fuentes a base de energías renovables (Rodríguez, 2015).

Aunque muchos países disfrutan de condiciones climáticas favorables a la natación extensa durante todo el año, la gran mayoría tiene solo unos pocos meses al año para disfrutar de la actividad recreativa sin el uso de sistemas de calefacción. En respuesta a este problema, las personas a menudo instalan techos y sistemas de calefacción por combustión para procurar temperaturas confortables en climas que no permitan nadar naturalmente. Esto se logra en el gasto de dos elementos principales: el presupuesto del propietario de la piscina y el ambiente. (Jiménez, Carrillo y Bettelli, 2015).

El uso de aguas templadas en estos últimos años ha incrementado especialmente en épocas de invierno, que son las temporadas donde las personas tienen un des-confort al momento de ducharse o salir a tomar un descanso fuera de sus viviendas. La instalación de sistemas de climatización de piscinas tiene como misión el aumentar la temperatura del agua para poder disfrutar de un buen baño más allá de la temporada específica del año. En



la actualidad los sistemas más empleados para la climatización de piscinas, tanto públicas como privadas son: climatización por medio de la combustión de algún tipo de combustible como Gas Licuado de Petróleo (GLP), queroseno, carbón entre otros; climatización con bombas de calor y climatización con energía solar mediante la instalación de paneles solares que recogen la energía del sol y utilizan para calentar el agua, climatización con calderas o calentadores eléctricos (Climatización de Piscinas, 2019).

La energía solar térmica requiere de altas superficies de captación, un alto coste de mantenimiento y es de difícil integración arquitectónica. Además, la variación entre energía producida y demandada supone una fuente interminable de problemas. Es por este motivo que la biomasa presenta una mejor ventaja y cumple con los siguientes requisitos: Respetar las normativas existentes, es limpia, renovable y totalmente automática, ocupa mínimo espacio, es económica, y se ajusta a la demanda energética en cada momento. En España está prohibido calefactar piscinas descubiertas con energías convencionales. Según lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) para la climatización de piscinas al aire libre, sólo se pueden utilizar fuentes de energías Renovables como (solar, biomasa, etc.) o residuales. (Adiosco2, 2017). Villalta, Buñay (2016) afirma “se considera que las tecnologías convencionales utilizadas en el calentamiento de agua para uso doméstico son: el calefón a gas y la ducha eléctrica”.

Además, el consumo de energía asociado con el mantenimiento de piscinas privadas representa una gran parte del uso de energía de verano comparado con la pequeña proporción de hogares (7%) que los tienen. En total, el cliente residencial promedio en los Estados Unidos empleó 11 000 kilovatios en 2016, pero las bombas de piscina solo pueden usar miles de kilovatios cada año. Los hogares pueden reducir el uso de energía de la bomba de la piscina eligiendo una bomba de velocidad variable o instalando un temporizador. Cuatro estados (California, Washington, Connecticut y Arizona) tienen estándares de eficiencia a nivel estatal para bombas de piscinas. Las piscinas climatizadas son un contribuyente relativamente menor a la demanda residencial de electricidad en verano. Sólo un tercio de las piscinas caseras están climatizadas. Por otra parte, el gas natural es el combustible más común usado para calentar las piscinas en los Estados Unidos, y solamente el 9% de hogares con las piscinas se calienta con electricidad. (Chaverra, 2017)

En Ecuador en una encuesta realizada a 21 viviendas sobre qué tipo de energía usan para climatizar piscinas, obtuvieron como resultado que el 83% usan calefones a gas y el 9% usa calentadores solares y el 8% dispositivos eléctricos. La razón principal de implementar un sistema de calentamiento de agua de su piscina es para sentirse cómodo dentro de ella el mayor tiempo posible y que al estar ubicados al aire libre no tener la sensación de escalofríos por el viento que atraviesa la alberca. algo notorio en el comentario de algunas personas fue que su principal finalidad de calentar la alberca es el de brindar confort a los niños de todas las edades hasta los adultos mayores (Ruiz y Villacís, 2015).

Hasta el 2011 en la ciudad de Arequipa había más de 44 empresas dedicadas al negocio de Sistemas de Calentamiento de Agua con Energía Solar (SCAES) para sistemas de placa plana y tubos al vacío, pero ninguna de estas empresas cuenta con certificación de sus productos. (Briceño, 2015). En cuanto al panorama normativo del Perú, se tiene aprobada la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.405 2007 que establece los procedimientos de prueba en ambientes con exposición directa a la radiación solar y que funcionan sin refuerzo auxiliar de energía, mediante esto nos permite definir el rendimiento anual de los SCAES, con un tiempo de funcionamiento de 12 horas por día. Esta norma está en concordancia con la norma ISO 9459-2. Así como también se tiene el decreto supremo N°007-2003 SA, en el artículo 35 que define sobre piscinas climatizadas menciona que la temperatura del estanque oscilará entre los 24 °C y 28 °C según su uso y la temperatura del ambiente será superior a la del agua en 2 °C o 4 °C como máximo.

Dependiendo del tipo de persona que se vaya a introducir en el agua se debe tener mucho cuidado con la temperatura. Por ejemplo, en el caso de bebés y niños pequeños, la temperatura debe mantenerse cercano a la temperatura corporal es decir entre los 33 °C – 35 °C. Además, se debe tener en cuenta que el tiempo de baño no debe alargarse demasiado. En el caso de personas con discapacidad la temperatura debe ser entre 30 °C o 32 °C. Las piscinas al aire libre usualmente tienen el agua fría. Manteniendo el agua sobre los 25 °C o 28 °C, aunque las piscinas en las que los nadadores profesionales realizan sus actividades generalmente están más frías. (PoolNatural, 2019).

El centro Campiña la Merced ubicado a un 1Km del patio de llaves de Laredo, el cual cuenta actualmente con una piscina semiolímpica descubierta cuyos horarios de atención son de martes a viernes, donde asisten un promedio de 40 personas diarias y los fines de semana 60 personas por día aproximadamente, también presta servicio para eventos especiales nocturnos que requieren que el agua de la piscina este temperada para hacer mucho más grato su estadía. La temperatura mínima es de 13,7 °C en los meses de julio a septiembre. (CLIMATE-DATA.ORG, 2019).

Durante las épocas de verano las personas buscan relajarse y reducir la sensación de calor tomando un baño o practicando natación, es por ello que los centros de recreación durante estas épocas tienen visitas en forma masiva, y cuando la estación cambia, la temperatura disminuye las personas tienen la sensación de frío por lo cual no acuden a estos ya que estas actividades presentan ciertas limitaciones y riesgos para quienes la practican por ejemplo resfriarse que sería lo más común. Frente a ello en la ciudad de Trujillo actualmente existen tres instituciones que han implementado un sistema que permita temperar el agua para disminuir las limitaciones.

En una visita técnica que se realizó a una instalación con sistema convencional, es decir para realizar el proceso de temperado de la piscina emplean una caldera vertical cuyo combustible es el carbón mineral. Durante el recorrido se observó algunas deficiencias en el diseño como: la ubicación de los equipos, la instrumentación y el tipo de control de operación las cuales se tomaron en cuenta para el proyecto. Es por ello que surge la necesidad de encontrar sistemas que ofrezcan una alta eficiencia energética y que sea amigable con el medio ambiente o reducir la emisión de gases contaminantes generados por las fuentes convencionales para satisfacer esta demanda.

Son numerosas las investigaciones sobre el proceso de suministro de agua caliente tratada. Noruega (2011), sostiene que para climatizar una piscina municipal cubierta de 8 736 m<sup>3</sup> se requiere un sistema híbrido para abordar su demanda. Este sistema cuenta con 34,44 m<sup>2</sup> de captadores solares con un rendimiento del 80,37%, cubriendo un 33% de la energía, un sistema de captadores geotérmicos dobles de 860 m que suministran calor o frío a 3 bombas de calor y la tercera instalación es una caldera de cáscara de almendra de 160

KW cubriendo al cabo del año el 22% de la energía y tiene un consumo de 15 Toneladas lo que implica un costo de 1000 €/anuales. En cambio, según Arana y Manayay (2018) sostienen que para el calentamiento de  $430 \text{ m}^3$  de agua mediante energía solar cuya irradiación según datos de la NASA, se obtiene un valor de  $4,77 \text{ Kw}/\text{m}^2$ , siendo el valor más bajo que se presenta en el transcurso del año se requieren 45 colectores solares de polipropileno de dimensiones  $3 \times 1,2 \text{ m}$ . Asimismo Revilla (2017) menciona que para temperar una piscina descubierta de  $572,59 \text{ m}^3$  se requiere un sistema de  $365,23 \text{ m}^2$  de colectores solares cuyo rendimiento es del 80.1 % suministrando 249,38 KW y cubren un 100% de la energía. A diferencia de lo anterior Schneider (2018). Acopla una bomba de calor a una piscina domestica para su calefacción, para evitar usar productos derivados de petróleo.

Según la ley cero de la termodinámica. “Cuando dos cuerpos están en equilibrio térmico con un tercer cuerpo, los dos cuerpos llegan a estar en equilibrio térmico entre sí”; alcanzando las mismas lecturas de temperatura. La primera ley de la termodinámica, conocida también como el principio de conservación de la energía sostiene. “La energía no se puede crear ni destruir durante un proceso, solo puede cambiar de forma”, estableciendo así que la variación de la energía en un sistema sea igual al trabajo realizado. Para ello es necesario realizar un balance de energía, cuyo principio expresa que el cambio neto (incremento o disminución) en la energía total del sistema durante un proceso, es igual a la diferencia entre la energía total que entra y la energía total que sale del sistema durante el proceso. (Cengel y Boles,2008)

La energía se puede transferir a una masa mediante dos mecanismos, calor y trabajo, el termino calor es asociado a la energía térmica que posee un cuerpo y el flujo de calor indica la transferencia de energía térmica en un sistema. Dado que la energía se puede transferir ya sea mediante calor, trabajo y flujo de masa, para analizar un sistema dado se debe realizar un balance de energía. El balance de masa fija, balance de energía para sistemas de flujo estacionario y el balance de energía en la superficie. El balance de masa fija se utiliza en sistemas cerrados estacionarios, es decir no están en movimiento tal como puede ser un tanque de agua sin uso de bombeo; el balance de masa de flujo estacionario se usa en la mayoría de equipos industriales térmicos ya que son de régimen estacionario,

es decir están gobernados por un volumen de control, así mismo la energía total contenida en volumen de control durante el proceso de flujo estacionario es constante; la cantidad de masa que fluye en una sección transversal es denominada gasto másico. Una superficie no contiene volumen ni masa, es por ello que se toma como un entorno ficticio y la energía permanece constante en un proceso estacionario. (Cengel y Ghajar, 2011).

El calor se puede transferir de un sistema a otro, pero para ello es necesario que exista una diferencia de temperatura entre ellos; cuando la temperatura en ambos sea igual entonces el calor se iguala a cero. La dirección del calor es desde el entorno cuya temperatura es más elevada hacia el de temperatura más baja; el calor se puede transferir por tres modos diferentes conducción, convección y radiación. La conducción es la transferencia de energía entre las partículas con mayor energía hacia las adyacentes con menor energía, puede tener lugar en sólidos, líquidos y gas; se debe a la colisión y difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio; la razón o rapidez depende de la geometría, espesor, material y la diferencia de temperatura. (Cengel y Ghajar, 2011).

La convección es el modo de transferencia de energía entre un cuerpo sólido, líquido y gases o una combinación entre ellos, es decir solido- líquido, solido – gas o liquido- gas. Entre más rápido es el movimiento del fluido, mayor es la razón en la transferencia de calor. el fluido puede ser forzado a fluir sobre la superficie, a esto se le conoce como convección forzada y cuando el fluido es inducido por una fuerza de empuje causado por diferencia de densidades debido a la variación de temperatura es una convección libre; la rapidez de la transferencia de calor es proporcional a la diferencia de temperatura. La radiación es un fenómeno volumétrico, donde todos los sólidos líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación a diferentes grados. Todo cuerpo cuya temperatura sea superior a la del cero absoluto emite radiación. (Cengel y Ghajar, 2011).

Finalmente, la Segunda ley de la termodinámica provee a los ingenieros los medios necesarios para determinar la calidad de la energía, establece también que ninguna máquina térmica puede tener una eficiencia del 100%, es decir que todo el calor que recibe no lo puede convertir en trabajo. Describe también la dirección específica de un proceso, lo cual

se logra mediante la entropía, que tiene como concepto el orden en las moléculas de las sustancias según varía su temperatura. (Howell y Buckius, 1990).

Teniendo en cuenta las investigaciones realizadas acerca del proceso de temperado, los principios que modelan el sistema, así como también la normativa vigente, esta investigación responde a la siguiente pregunta ¿Cómo mantener la temperatura de confort en la piscina del centro recreacional La Merced - Laredo? Lo que se logró con esta investigación abarca cuatro aspectos fundamentales, primero el aspecto ambiental dentro del cual el sistema seleccionado no generará contaminación excesiva, respetando los niveles que establece el ministerio del ambiente.

Segundo el aspecto económico que busca que la inversión cumpla con las perspectivas y exigencias del gerente del centro recreativo la Merced y este dentro de su margen del periodo de retorno de inversión y los costos de operación y mantenimiento, tratando que estos sean los más bajos posibles. En cuanto al aspecto técnico, los equipos que serán instalados para el proceso deberán ser fáciles de operar, es decir que el encargado del cuarto de máquinas fácilmente con una capacitación deberá ser capaz de llevar a cabo todo el proceso. Y finalmente el aspecto social, en el cual se espera un impacto positivo por parte de los clientes que acuden a este centro. Entonces se tuvo como hipótesis que mediante sistema de climatización es posible mantener la temperatura de confort en la piscina del centro recreacional La Merced.

Para lo cual se tuvo como objetivo general diseñar un sistema climatización automático para mantener la temperatura de confort en la piscina del centro recreacional La Merced. Dentro del cual se tiene como objetivos específicos realizar balance de masa y energía, seleccionar el sistema de climatización, diseñar y seleccionar componentes del sistema seleccionado, realizar un análisis de impacto ambiental, realizar un análisis económico.

## **II.- MÉTODO.**

### **2.1.Tipo, método y diseño de investigación.**

#### **2.1.1. Tipo de investigación.**

En la actualidad existen diferentes clasificaciones de tipos y métodos de investigación el cual a menudo se distingue entre ciencia básica y ciencia aplicada Bunge (como se citó en Tam, Vera y Oliveros, 2008). Alvitres (2000) sostiene que la investigación básica es cuando se pretende una predicción, explicación y descripción, y que la investigación aplicada es cuando posee una estructura de procedimientos, estrategias y estima su valor pragmático.

El tipo de investigación del presente trabajo fue aplicada, ya que trataremos de resolver un problema en base a conocimientos básicos para crear, modificar y dar un mejor confort al usuario, especialmente en temporadas de bajas temperaturas; todo ello por medio de un sistema de climatización automática para aumentar la temperatura del agua de las piscinas del centro recreativos La Merced – Laredo. El nivel de investigación es descriptivo ya que, una vez elegido el tipo de sistema a diseñar, se podrá esquematizar y describir con más detalle las características técnicas y operativas de cada componente y subsistemas perteneciente aquello; y que se relacione, funcione y acople lo mejor posible con el lugar, el aspecto técnico-económico y que sea amigable con el medio ambiente.

#### **2.1.2. Método de investigación**

La metodología de la investigación ha aportado a las áreas de educación métodos, técnicas y procedimientos que han permitido obtener conocimientos de la verdad con el objetivo de facilitar el proceso de investigación (Gomez, 2012). En relación con la parte metodológica, se tomó los siguientes métodos:

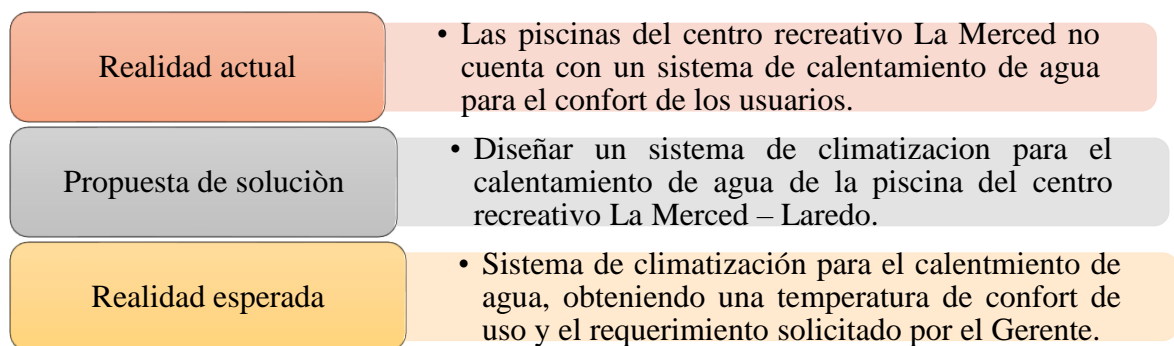
**Deductivo**, proponiendo alternativas de sistemas relacionados a diseñar, se pudo definir por medio de varias sesiones con nuestro asesor especialista y metodológico, identificando los parámetros ya antes señalados para el diseño de esta investigación, utilizando cámara fotográfica, planos de las instalaciones u otros datos principales que en conjunto con la experiencia de los asesores se pudo definir así los objetivos, hipótesis y las variables de la investigación.

**Analítico**, este fue el método fundamental en el desarrollo de la investigación por que permitió por medio de la visita a las instalaciones del centro recreativo La Merced – Laredo, reconocer los diferentes datos y características técnicas principales que contiene el medio, como: sistema de suministro eléctrico, temperatura de agua de suministro (pozo), disponibilidad de terreno, distribución de tuberías de las piscinas (Filtrado, llenado), demanda de energía térmica y los posibles parámetros a evaluar; los cuales fueron el punto de inicio para así poder encaminar la investigación y profundizar en la búsqueda de información de sistemas relacionada al medio presente.

**Síntesis**, en base al principio de funcionamiento de los componentes que se han utilizado para el proceso de climatización se podrá diseñar el sistema térmico que satisfaga la carga térmica.

### 2.1.3. Diseño de investigación.

El diseño de investigación se basa en el plan general del investigador para conseguir respuestas a sus preguntas o demostrar ciertas hipótesis planteadas (“Diseño de la investigación, s.f.). El diseño de investigación del presente es no experimental ya que el alcance del proyecto es el diseño del sistema térmico mas no la implementación, pero puede servir como referencia para algún expediente técnico de obra relacionada al caso. Además, es transversal ya que los datos como: El tiempo de operación, las dimensiones de las piscinas, cuarto de máquinas y espacios libres han sido recolectados en una visita. También es longitudinal por que los datos de temperatura del agua de suministro, agua de la piscina y la del ambiente se evaluara en intervalos de tiempo.



*Figura N.º1: Diagrama de diseño de investigación*

*Fuente: Elaboración propia*



## 2.2. Variables

Dependiente

- ✓ Temperatura de confort
- ✓ Tiempo de funcionamiento

Independiente

- ✓ Sistema de climatización automático

Operacionalización de variables

VARIABLE	TIPO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICIÓN
Sistema de climatización automático	Independiente	Climatizar la piscina es sinónimo de alargar la temporada baño y mejorar el confort del bañista simplemente aumentando unos grados la temperatura del agua. (piscinesdome, 2019)	Es el sistema con el cual se logra incrementar la temperatura inicial hasta la temperatura de confort en un determinado tiempo.	Flujo de calor  Tiempo	KJ /s  hr	De razón
Tiempo de funcionamiento	Dependiente	Es la magnitud física que nos permite medir la duración de los sucesos (Porporatto, 2016)	Es la cantidad de horas para mantener la temperatura de confort de acuerdo con el horario de atención del centro recreativo.	Tiempo	Horas	De razón
Temperatura de confort		Entendemos por confort térmico cuando las personas que lo habitan no experimentan sensación de calor ni frío. (Gargallo, 2017)	Es la temperatura del agua de la piscina establecida por norma dependiendo la actividad a realizar	Temperatura	°C	De razón

## 2.3. Población, muestra y muestreo.

### 2.3.1. Población.

Piscinas de centros recreativos a nivel del norte del Perú

### 2.3.2. Muestra.

Piscina del centro recreativo La Merced – Laredo.

### **2.3.3. Muestreo.**

El tipo de muestreo en el presente proyecto de investigación es un muestreo no probabilístico de tipo intencional o de conveniencia ya que hemos seleccionado directamente las muestras, pues al tener facilidad al acceso de información y al ser el proceso de climatización térmica del agua una de las técnicas poco frecuentes que se realizan en esta ciudad se creyó conveniente usar este método.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **Observación.**

Mediante la observación se pudo recolectar información de los aspectos técnicos como la distribución de los equipos, disponibilidad y viabilidad de fuentes de combustible, características del área del local. Se realizaron mediciones de la temperatura tanto del agua de suministro y el de las piscinas; así como también la velocidad del viento, todo ello durante las visitas técnicas realizadas al centro recreativo, para ello se empleó una ficha de mediciones. Los instrumentos empleados para la medición de temperatura fueron mediante tomas con la cámara termográfica FLIR E40 y un pirómetro digital laser GMD320, esto para comparar los datos y tomar valores promedios; para medir la velocidad del viento se empleó un anemómetro de la marca UNI – T modelo 363

### **Entrevista.**

Se realizó la entrevista al gerente general del centro recreativo La Merced, quien nos recibió de una manera muy grata a la reunión que habíamos acordado; previamente nos comento acerca de la problemática que viene teniendo en temporadas donde la temperatura disminuye y de los proyectos a futuro que desea invertir en su local entre los cuales estaba la implementación de un sistema convencional del calentamiento de aguas de sus piscinas. Para ese día habíamos adjuntado propuestas de sistemas tecnológicos dentro de los cuales buscábamos coincidir en varios aspectos tanto técnicos como económicos. Para ello se empleó una guía de entrevista, con la cual se obtuvieron algunos detalles para el diseño.

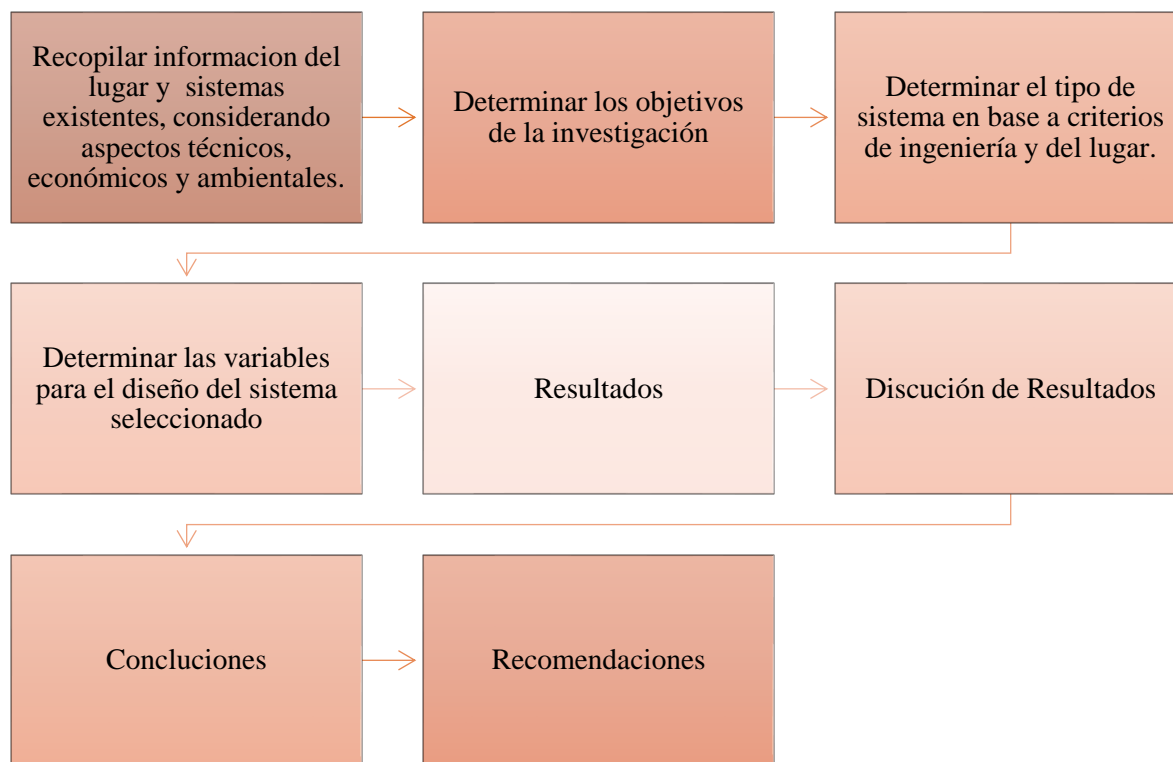
### **Análisis documental.**

Por medio de esta técnica se obtuvo los planos del terreno, diseño de electrificación como también las especificaciones y datos a considerar referentes a diversos trabajos e investigaciones cuya problemática es similar a la de nuestro proyecto, esta información nos

servirá en el diseño del sistema para el calentamiento del agua. Para ello se empleó una ficha de registro.

## 2.5. Procedimiento.

### 2.5.1. Diagrama de bloques procesos.



*Figura N.º 2: Diagrama de bloques de proceso*

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.6. Método de análisis de datos.

Los datos obtenidos de la ficha de medición, ficha de registro y algunos datos cuantitativos de la entrevista serán empleados para el cálculo que se realizara en Excel, mediante el cual se obtendrán curvas y los valores representativos para diseñar el sistema.

## 2.7.Aspectos éticos.

Tabla 1: Aspectos éticos

<b>CRITERIOS ÉTICOS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS ÉTICAS DEL CRITERIO</b>
<b>OBJETIVIDAD</b>	El análisis de la situación se basó en criterios ambientales, técnicos y económicos
<b>CONFIDENCIALIDAD</b>	Se aseguro la protección de la identidad de la institución y las personas que participan como informantes de la investigación.
<b>AMBIENTAL</b>	La propuesta de solución tomara en cuenta el cuidado del medio ambiente
<b>ORIGINALIDAD</b>	Se citará las fuentes bibliográficas de la información utilizada, a fin de demostrar la inexistencia de plagio intelectual
<b>VERACIDAD</b>	La información a considerar fue verdadera, cuidando la confidencialidad de esta
<b>DERECHO LABORALES</b>	La propuesta de solución se tomó en cuenta el respeto a los derechos laborales en la entidad de estudio

*Fuente: Elaboración propia*

### III.- RESULTADOS.

#### 3.1. Características físicas, técnicas y de operatividad

Para el inicio de desarrollo y evaluación de cada objetivo propuesto en el presente trabajo de investigación, no se puede hacer omiso el de mencionar los datos recolectados que se obtuvieron mediante las observaciones directas, entrevista y análisis documental; que en conjunto ajustan los parámetros y características de diseño enfocado a este medio, y que a continuación se mencionara:

Tabla 2: Datos de operación

Datos de operación		Unidad
Tiempo de calentamiento	12	Horas
Velocidad del viento (prom)	2.15	m/s
Temperatura ambiente (prom)	25.74	°C
Temperatura agua suministro	14.96	°C

Fuente: Elaboración propia



Figura N.º 3: Velocidad promedio del viento

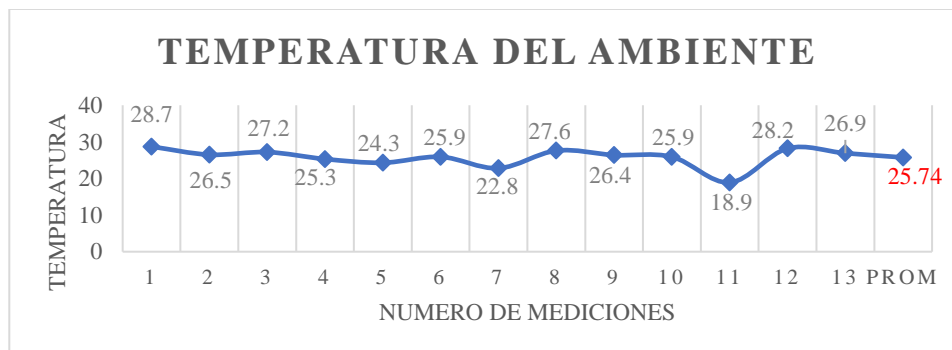


Figura N.º 4: Temperatura promedio del ambiente

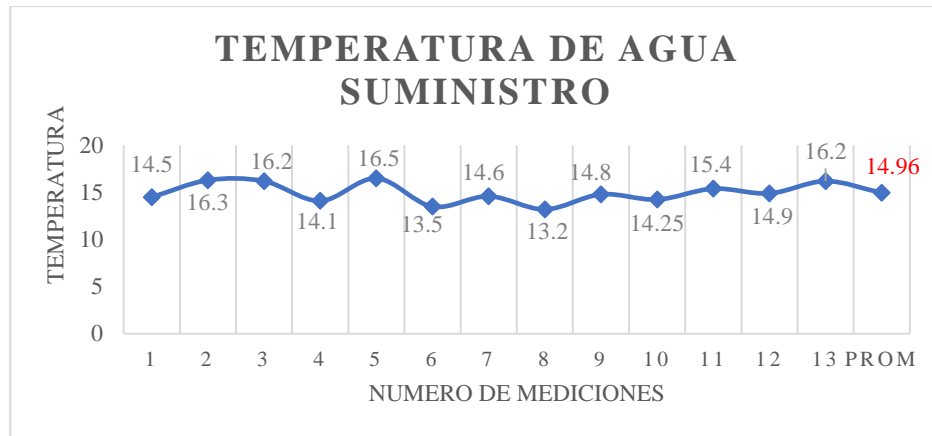


Figura N.º 5: Temperatura promedio del agua de suministro

Como se puede apreciar en la tabla N.º2, el tiempo de calentamiento fue brindado por la entrevista y para los otros fueron los datos promedios de la toma de una serie de mediciones repetitivas semanales de la velocidad del viento y las temperaturas del ambiente y agua de suministro como se muestra en las fig. N.º3, N.º4 y N.º5, el cual contribuyen a los parámetros de la carga térmica del sistema.

Tabla 3: Datos Piscina

Datos Piscina	Unidad
Largo	12 m
Ancho	25 m
Altura 1 (h)	1.35 m
Altura 2 (h)	1.25 m
Área Superficial piscina (paredes)	363.7 m <sup>2</sup>
Cantidad cerámicas	2806 und
Masa piscina	4590.35 Kg
Masa total piscina	363510.35 Kg
Calor específico promedio piscina	4.15 Kj/kg.°C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N.º 3 se muestra las características físicas de la piscina (medidas, materiales) el cual ya se encuentra construida y en servicio sin sistema térmico.

Tabla 4: Datos Cerámica

Datos Cerámica	Unidad	
Cerámica 0.36m x 0.36m	0.1296	$m^2$
Paquete de cerámica	14	und
Masa de paquete cera.	22.9	kg
Calor específico	1.26	Kj/kg.°C
Temperatura cerámica	15.77	°C

Fuente: Elaboración propia

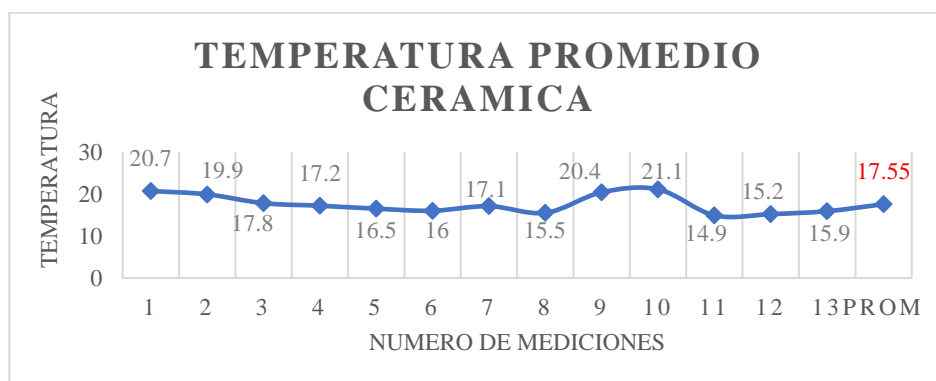


Figura N.º 6: Temperatura promedio de la cerámica

Los datos técnicos de las cerámicas utilizadas para el acabado de la piscina se muestran en la tabla N°4 y su temperatura promedio en la figura N°6, lo cual se requiere para el análisis y así tener una cantidad mas exacta del calor cedido a las paredes de este en el proceso de llenado y climatización.

Tabla 5: Datos Agua Piscina

Datos Agua Piscina	Unidad	
Largo (L)	25	m
Ancho (A)	12	m
Altura 1 (H)	1.25	m
Altura 2 (H)	1.15	m
Volumen	360	m <sup>3</sup>
Volumen Recirculación	18	m <sup>3</sup>
Masa de h2o piscina	358920	Kg
Flujo masico de h2o	8.30833333	Kg/s
Calor específico h2o	4.187	KJ/Kg.K
Densidad h2o	997	Kg/m <sup>3</sup>
Temperatura deseada piscina	28	°C
Temperatura máxima	30	°C

Fuente: Elaboración propia

Por medio de los requerimientos y análisis documental se pudo plantear los parámetros de temperatura de confort (28 °C) para el usuario y los tiempos de llenado; con esto se pudo recolectar las características del fluido y otros, el cual completaría los datos básicos para comenzar a desarrollar cada objetivo en base a la demanda térmica y aquello se puede evidenciar en la tabla N.º5.

### 3.2. Demanda térmica del sistema de calentamiento

Para el proceso de climatización térmica de la piscina, el dimensionamiento y selección de componentes se elige en base a la capacidad y carga térmica a la cual el sistema estará sometido, es por ello que a continuación se mencionara los aspectos y datos que han conllevado a este resultado, como calor útil en la piscina y todas las pérdidas del calor que se presentan en el momento de transición de climatización (llenado).

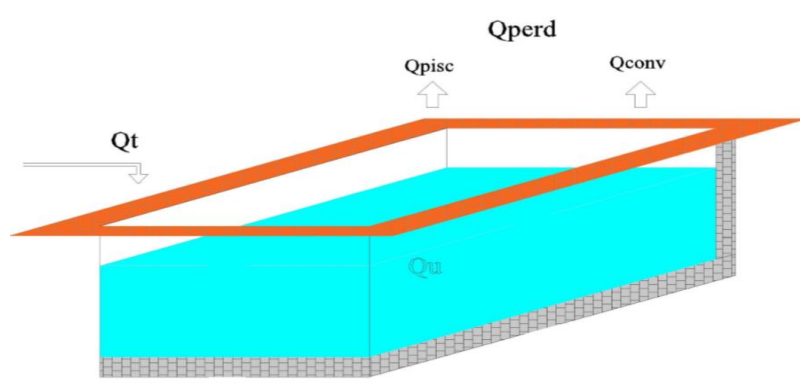


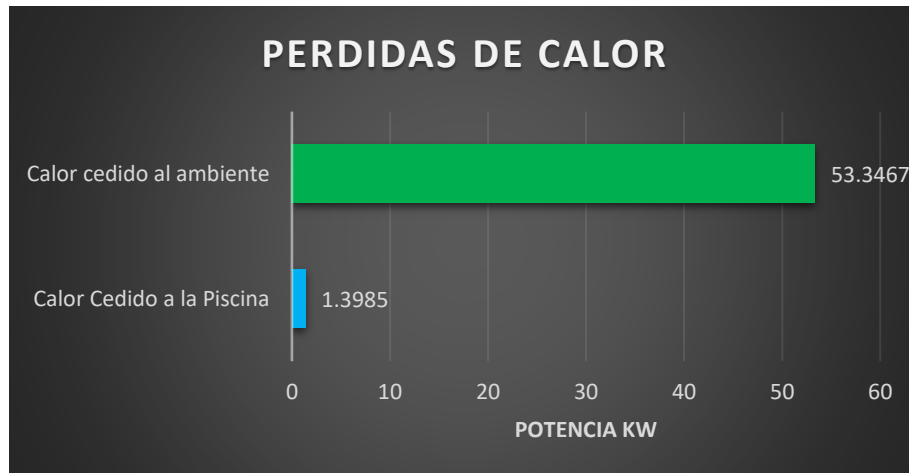
Figura N.º 7: Demanda térmica

Fuente: Elaboración propia

En la figura N.º 7 se muestra los calores que se tomaron presentes para la etapa de llenado de la piscina a temperatura de confort.

Las pérdidas de calor presentes en la etapa de llenado se muestran en la figura N.º 8, el cual se puede apreciar con una cantidad notoria que en la etapa inicial el sistema debe lidiar con las pérdidas mayoritarias del calor cedido al ambiente. Los cálculos para encontrar aquellos resultados están evidenciados en el anexo N.º6 de descripción del cálculo, específicamente en los puntos 1.1 y 1.2 del punto.

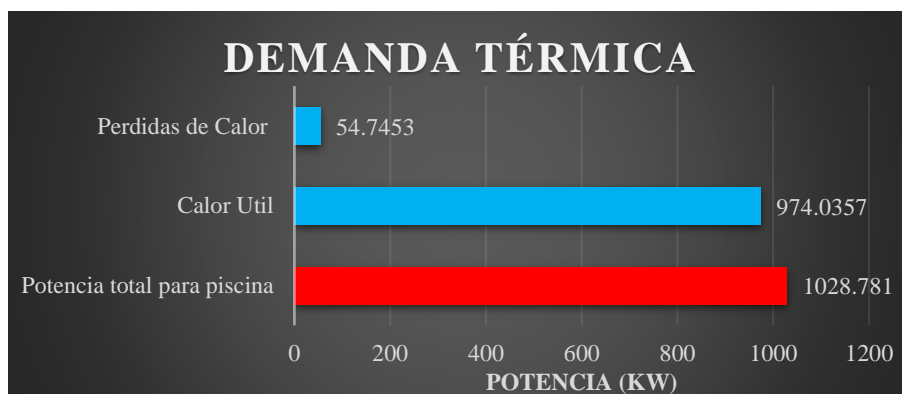




*Figura N.º 8: Perdidas de calor en el proceso de llenado*

*Fuente: Elaboración propia*

Con los calores perdidos en el proceso inicial 54.7453 kW y el calor útil 974.0357 KW necesario como se muestra en el Anexo N°6 punto 1.2., se ha podido calcular el calor total 1028.781 kW necesario para la climatización de la piscina y se puede observar la comparación de los datos con mas detalle en la Figuro N° 9.



*Figura N.º 9: Demanda Térmica*

*Fuente: Elaboración propia*

Con la demanda térmica calculada se procedió a evaluar los intervalos de caída de temperatura y calor como se ve en la tabla N°6 , para el control de accionamiento de recuperación y así poder establecer los tiempos de enfriamiento (Fig.10).

Tabla 6: Caída temperatura y calor

CONDICION	Calor Útil (KJ)	TEMPERATURA	$\Delta Q$	Tiempo enfriamiento	Horas
1	42240292.65	28	0	0	0
2	41486001.71	27.5	754290.9401	3.33056332	3.65317088
3	40731710.77	27	1508581.88	6.66112664	7.30634177
4	39977419.83	26.5	2262872.82	9.99168996	10.9595126
5	39223128.89	26	3017163.761	13.32225328	14.6126835
6	38468837.95	25.5	3771454.701	16.6528166	18.2658544
7	37714547.01	25	4525745.641	19.98337992	21.9190253

Fuente: Elaboración propia

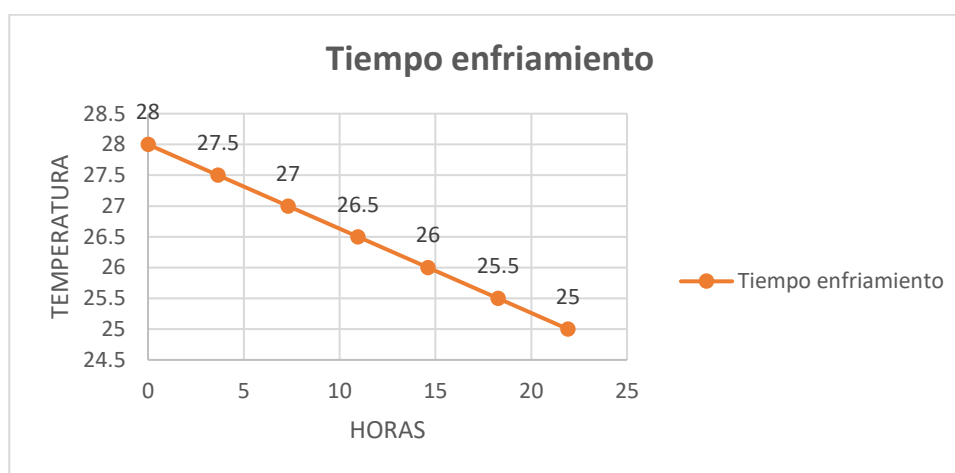


Figura N. ° 10: Tiempo de enfriamiento según parámetros de temperatura

Fuente: Elaboración propia

Analizando los datos determinamos por tema de conformidad y operación un rango de  $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$  de enfriamiento y calentamiento para mantener la temperatura promedio de la piscina.

- **Perfil de temperatura**

En el proceso de enfriamiento aparece el mencionado perfil de temperatura, que va desde la superficie hasta el espejo de la piscina una vez llenado este. Aquí se estudió por medio del método de análisis multicapas y se comprobó por el método de convección libre; las ecuaciones fueron sacadas del libro Yunus Cengel "Transferencia de Calor", en el capítulo de perfil de temperatura de placas planas, el cual se pueden mostrar en la

descripción de cálculo en los axesos; con ello se dividió la piscina en 6 capas como se muestra en la Fig. N°11 y se obtuvo una caída de temperatura que es de 27,88 °C en un determinado tiempo.

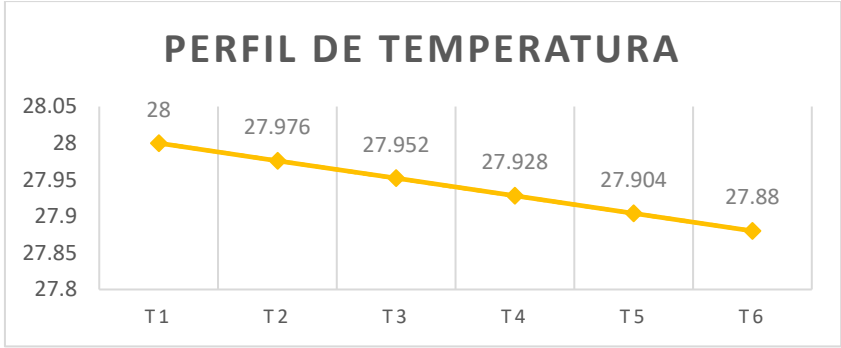


Figura N. ° 11: Perfil de Temperatura en la piscina

Fuente: Elaboración propia

Para entender con mas detalle este evento se hizo una prueba en los laboratorios de UCV- Moche, es cual se calento el agua que estuvo dentro de un vaso de precipitacion de 1000 ml y se dejo enfriar en un determinado tiempo, como se puede ver por medio de una carama Termografica en la Fig. N° 12, en los 3 puntos de medicion las temperaturas son diferentes formando un difenrecial al que llamamos perfil de temperatura.

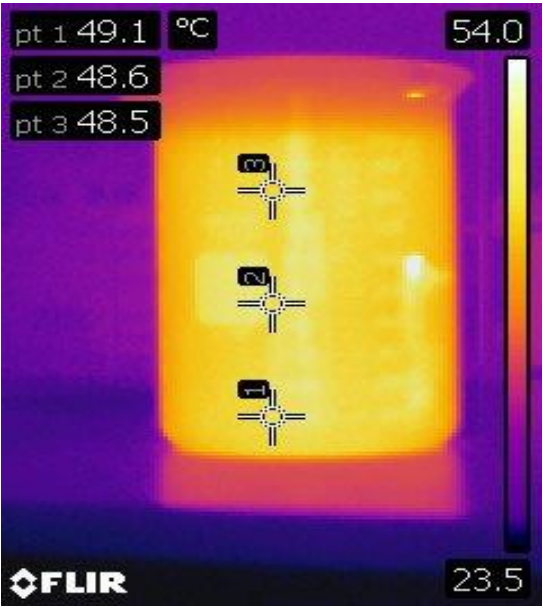


Figura N. ° 12: Prueba experimental de enfriamiento y perfil de temperatura

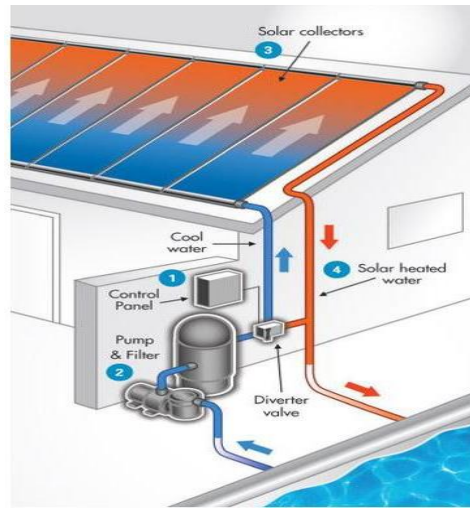
*Fuente: Elaboración propia*

### 3.3. Sistemas de calentamiento de agua

Para la selección del sistema termico se ha evaluado según características técnicas y operativas tres alternativas que son por colectores solares, calentador eléctrico y por caldero a vapor saturado, cuyos resultados son los siguientes:

#### 3.3.1. Sistema de colectores solares

Para el análisis de este tipo de sistema de calentamiento de agua se tuvo que descargar datos de páginas web climatológicas del distrito de Laredo, para obtener un promedio de la radiación solar el cual se obtuvo  $6.35 \text{ kW-h/m}^2$  y fue evaluado en 4 horas ya que en ese lapso de tiempo del medio día se concentra esa cantidad de energía.



*Figura N.º 13: Sistema de calentamiento por Colector Solar*

*Fuente: <https://www.piscineria.com/producto/panel-solar-multiforma-piscinas/>*

Con la demanda térmica determinada en el punto 3.1 de la descripción de cálculo en los anexos, se muestra que se requiere  $1569.589 \text{ Kj/día}$ , que después con un coeficiente global y las distancias de la placa se puede obtener que se requiere un promedio de 140 colectores ( $1.20\text{m} \times 3.20\text{m}$ ) y con ella se pasó a evaluar el área de captación solar con el área disponible y estructuras del terreno como se puede ver en la figura N.º.12.

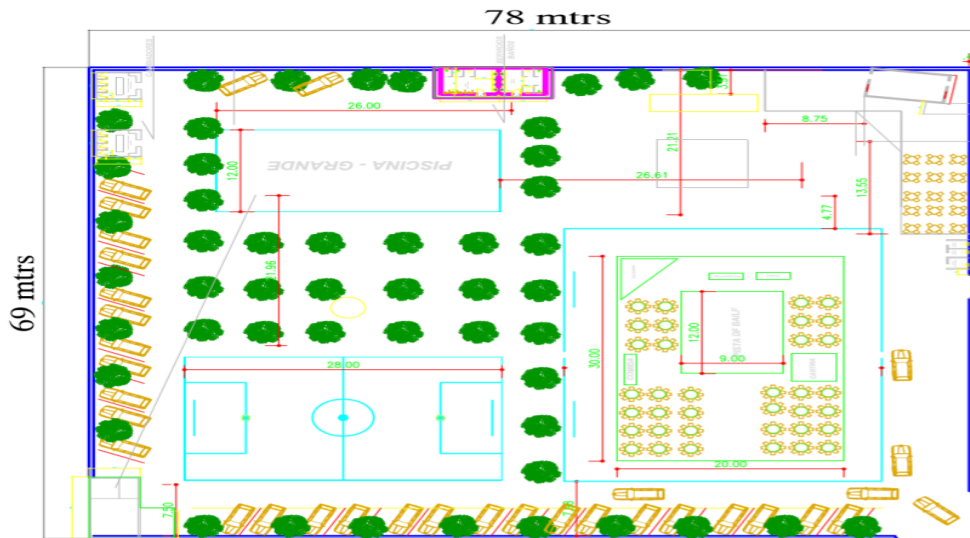


Figura N.ª 14: Plano General de Rentro Recreativo La Merced – Laredo

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2. Calentador eléctrico

En el análisis de calentador por resistencias se determinó la potencia eléctrica total requerida 697.595 Kw, la cual por ser una potencia elevada para una sola configuración de resistencia se dividió en 12 pasos obteniendo en relación al voltaje 380v (trifásico) una corriente de 239 Amp. por cada una, que con la tabla de resistencias eléctricas de Nicromio y en base a una temperatura de operación se pudo selección el calibre y la longitud de 21.31 metros por configuración

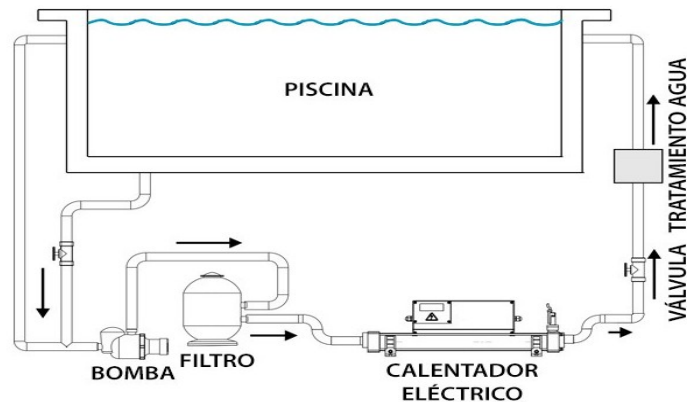


Figura N.ª 15: Sistema de calentamiento por resistencias eléctricas

Fuente: <https://www.argospiscinas.es/producto/calentador-qp-titanio-3-kw-monofasico-con-op-digital/>

### 3.3.3. Caldera a vapor saturado

Como última alternativa se analizó el calentamiento de agua por un sistema con caldero a vapor saturado, el cual ya con la demanda térmica, tiempo de operación y temperatura del fluido requerido, se calculó el flujo masico de vapor requerido 921.3 Kg/hr y con ello la potencia del caldero que es de 60 BHP, como se demuestra en el punto 3.1 de descripción de cálculo de anexos.

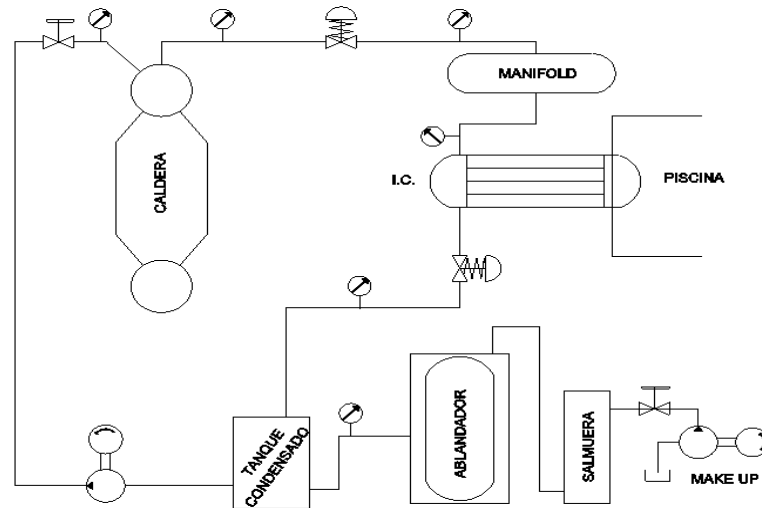


Figura N.º 16: Sistema de calentamiento de agua por caldera a vapor saturado

*Fuente: Elaboración propia*

Se evaluó el tipo de combustible de alimentación para caldera, teniendo en consideración GLP, petróleo, carbón y leña; se seleccionó en base su poder calorífico inferior, costo de venta, transporte y la facilidad de adquisiciones de este. Se seleccionó el combustible a base de carbón y leña biomasa, ya que por el lugar donde se encuentra las instalaciones tiene mayor acceso para adquirirlo y a un bajo costo de compra.

Se muestra el flujo masico de combustible a consumir: (Anexo N°6)

$$\dot{m}_{cble} = \frac{\dot{m}_v(h_v - h_{h2o})}{\eta_{cal} * (PCI + R_{air-cble} * h_{air})} = 0.027 \text{ kg/seg} = 97.63 \text{ Kg/hr}$$

Ya teniendo la demanda térmica, potencia de caldero y combustible con los otros parámetros ya calculados, se puede hacer la selección de los componentes secundarios y accesorios que principal consta y se muestra en la figura N°18.

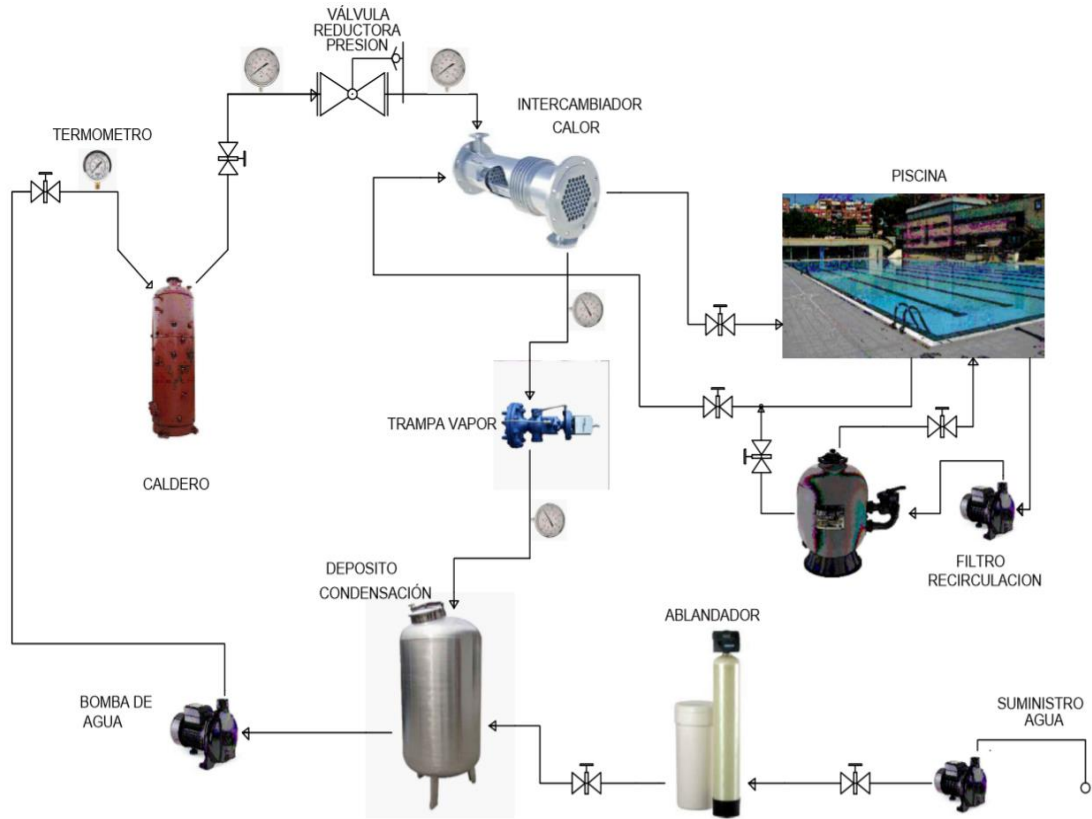


Figura N.ª 17: Sistema de climatización con caldero a vapor saturado

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Diseño de Intercambiador de calor

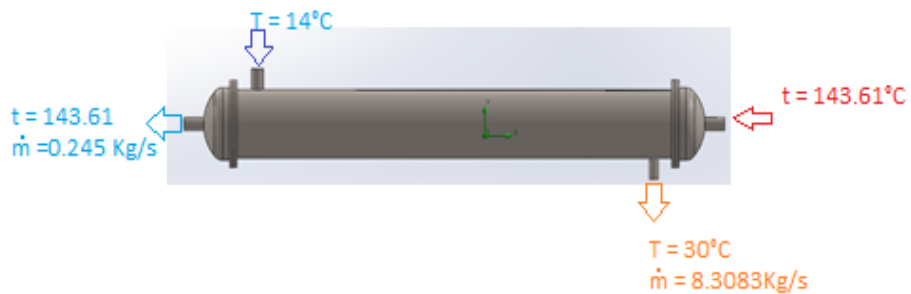


Figura N.ª 18: Distribución de entradas y salidas del fluido en el intercambiador de calor

Fuente: Elaboración propia

Del balance de masa y energía se obtuvieron las condiciones de entrada y salida del intercambiador, como se puede observar la temperatura del agua al ingreso es de 14 °C y a

la salida de 30 °C , siendo el flujo masico de 8,3083 Kg/s. asi mismo tambien se tiene para el vapor, el cual ingresa a una temperatura de 143,61 °C como vapor saturado, que mediante el intercambio de energia, este se condensa manteniendo la temperatura, teniendo un flujo masico de 0,245 Kg/s

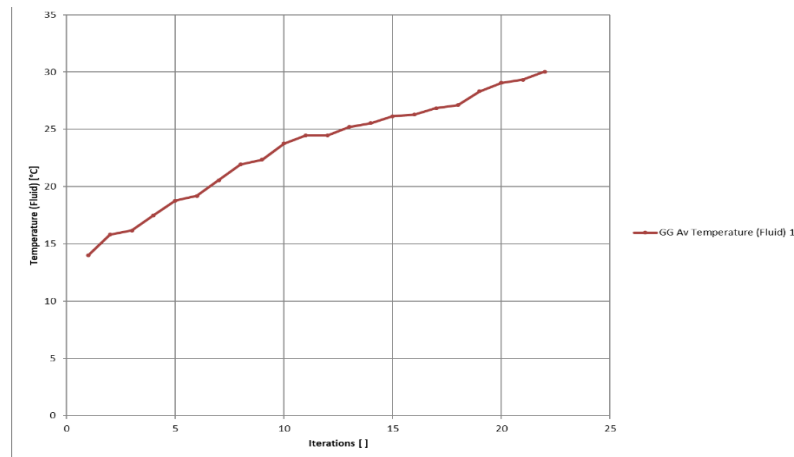


Figura N. ° 19: variación de temperatura del agua de piscina entre la entra y salida del intercambiador del calor

Fuente: Elaboración propia

La curva describe como la temperatura del fluido aumenta en el intercambiador, como se puede observar en la iteración N° 23 aproximadamente se alcanza el objetivo del proyecto

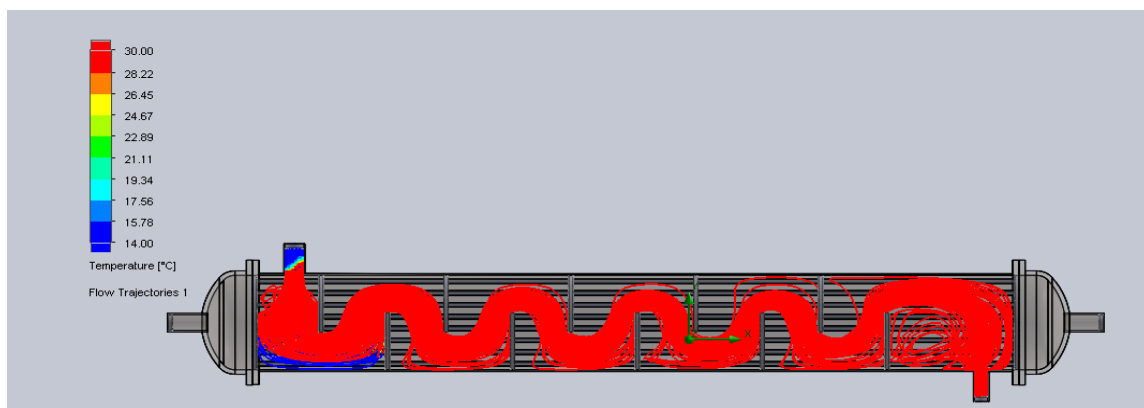


Figura N. ° 20: Recorrido y temperatura del flujo de agua dentro del intercambiador del calor

Fuente: Elaboración propia



Como se puede observar al colocar los deflectores tenemos un flujo uniforme, la parte final el flujo se encuentra distorsionado, esto se debe a que tenemos el ducto de salida del agua caliente, es por ello que se optó que la separación entre el ultimo deflector y el soporte de tubos de lado por donde ingresa el vapor, sea mayor a los de más.

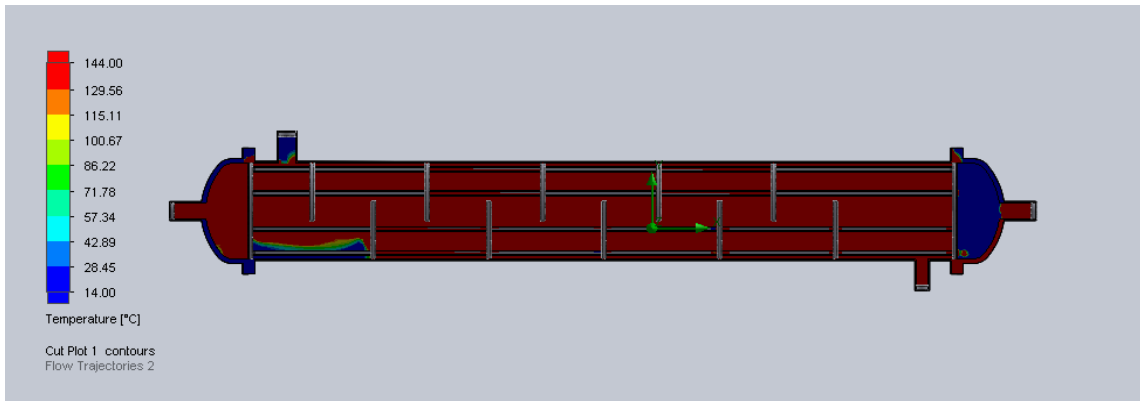
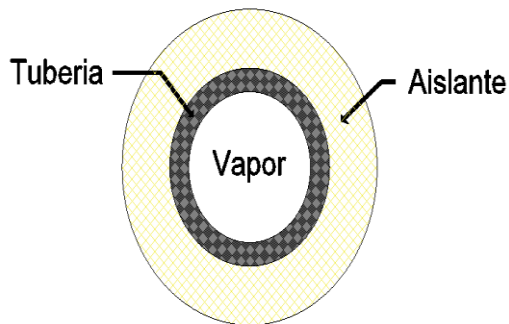


Figura N.º 21: Recorrido del flujo de vapor dentro del intercambiador del calor

Fuente: Elaboración propia

El plano de temperatura en el intercambiador muestra como la temperatura del vapor se mantiene constante durante su paso en el intercambiador. Los valores que se obtienen en la simulación se asemejan a los valores obtenidos en la metodología de cálculo (ver Anexos)

Conociendo el flujo de vapor, presión y temperatura de operación se procedió a dimensionar las tuberías de vapor, el cual se seleccionó el material acero ASTM A106, tipo de aislamientos y otras características que se pueden apreciar en la tabla N.º 7.



Dimensionamiento tuberías vapor		
Descripción	Cantidad	Unidad
$\dot{m}_v$	0.2509	Kg/seg
$P_{man}$	6	bar
$V_{prom}$	35	m/seg
$d_{int}$	52.48	mm
$d_{ext}$	60.3	mm
Nº cedula	10	
Espesor aisl	3.2	mm

Figura N.º 22: Vista transversal de tubería de vapor

Tabla 7: Dimensionamiento de tubería vapor

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Análisis de impacto medioambiental

#### 3.5.1. Balance de gases de combustión

Se realizó el balance de combustión, para determinar la participación másica de los componentes en los gases de combustión. (Ver anexo 5.4.3.4). obteniendo lo siguiente.

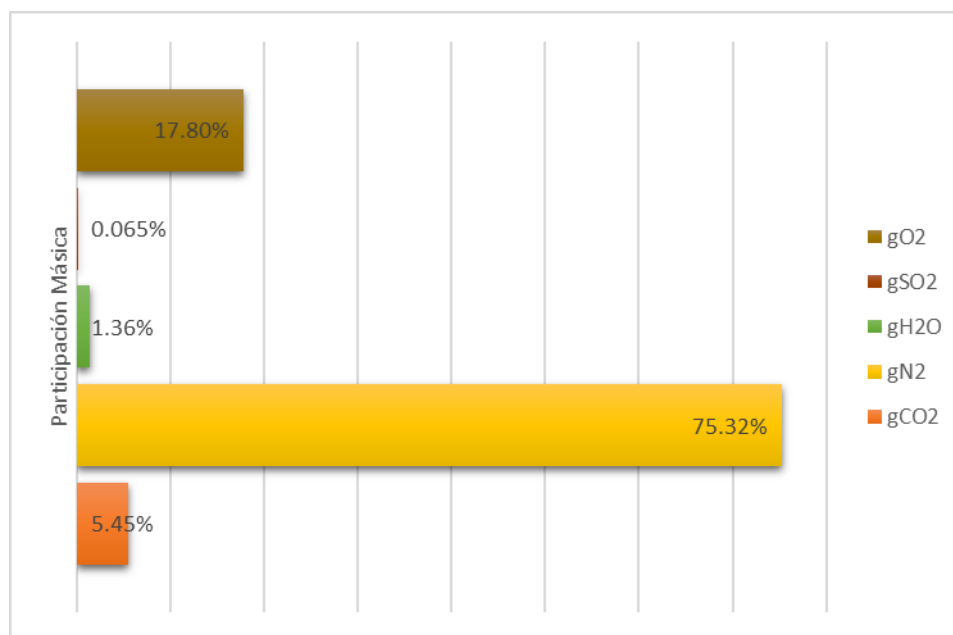


Figura N. º 233: participación másica porcentual de los reactantes en los gases de combustión

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la norma NTP 350.301.2009. que establece los límites de emisión de los gases de combustión. Menciona, para combustible sólido (carbón) el límite para el SO<sub>2</sub> es 1500 mg/m<sup>3</sup> y 6% de O<sub>2</sub>. Es por ello que para mitigar el efecto se propone el diseño de un Scrubber.

#### 3.5.2. Propuesta de diseño de Scrubber

Si bien la tecnología que se está usando para generar energía calorífica en el presente proyecto, tiene recomendaciones positivas cuando se discute con requerimientos de altas demandas energéticas; en otros casos presenta cierto repudio cuando se le evalúa si es amigable con el medio ambiente, el cual tiene razón por el tipo de combustible que se utiliza.

Es por ello que se planteó el diseño de un Scrubber en el ducto de gases de residuales de escape, cuyo objetivo será de inyectar agua pulverizada y generar vapor de condensación

o más conocida como Flash, el cual reducirá las emisiones de  $SO_2$  y  $CO_2$  producidos en la combustión del interior del hogar de la caldera bajo el principio de cambio de fase del fluido y el diferencial de densidades según temperatura.

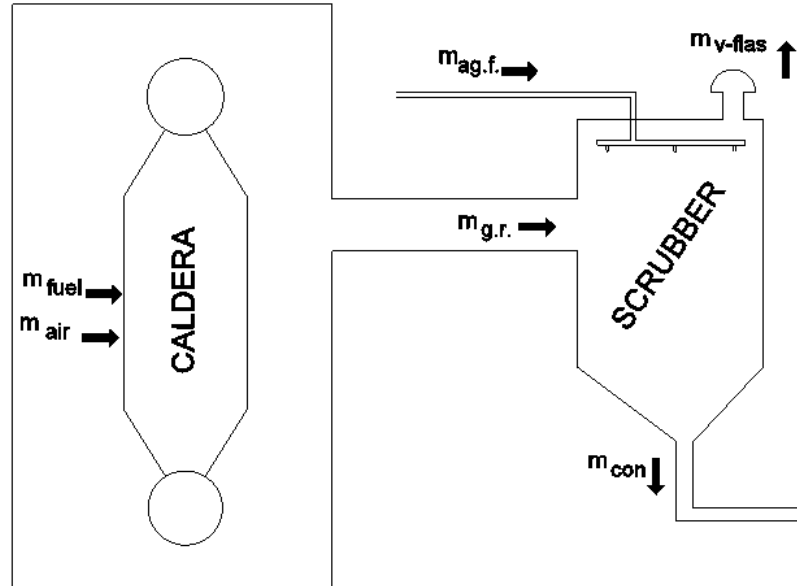


Figura N.ª 244: Implementación de Scrubber a la caldera

Fuente: Elaboración propia

Para el dimensionamiento se tuvo que realizar balance de masa y energía tanto en la caldera como el scrubber para determinar el flujo masico de agua de inyección, condensación, dimensionamiento del sistema de bombeo y el costo que involucraría el sistema, se puede apreciar con más detalle en el Anexo N°6 en los puntos 5.1.

### 3.5.2.1. Datos de entrada de diseño y dimensionamiento de Scrubber

Los siguientes datos de las tablas N°9 y N°10, son el resumen del algoritmo matemático que se ha ingresado en una tabla de Excel, el cual con el flujo de inyección de agua calculada y las especificaciones del catálogo de rociadores (Anexo N.º 8), se pudo determinar que se requiere de 4x1/8” de estas boquillas, una bomba de agua de 1.25 Hp y una tubería de 2 pulg. De diámetro interior para alcanzar el 5.5% de vapor flash requerido

<b>DATOS DE ENTRADA</b>		
<b>Parámetros de los Gases de Combustión</b>		
Parámetro	Magnitud	Und
<b>Flujo Másico</b>	0.3861	kg/seg
<b>Temperatura</b>	250	°C
<b>Velocidad 1 (entrada)</b>	10	m/seg
<b>Velocidad 2 (dentro)</b>	1.1	m/seg
<b>Densidad</b>	0.748	kg/m <sup>3</sup>
<b>Calor específico</b>	1.09	kJ/kg°C
<b>Parámetros de Agua Fría</b>		
Parámetro	Magnitud	Und
Temperatura	20	°C
Densidad	997	kg/m <sup>3</sup>
Calor específico	4.18	kJ/kg°C
<b>Parámetros de Vapor Flash</b>		
Parámetro	Magnitud	Und
<b>% de Vapor Flash</b>	5.5	%
<b>Velocidad de salida</b>	25	m/seg
<b>Presión</b>	1.2	bar
<b>Calidad</b>	75	%
<b>Entalpia</b>	2136.605	kJ/kg°C
<b>densidad</b>	1.1497	kg/m <sup>3</sup>
<b>Parámetros de Mezcla Condensada</b>		
<b>Temperatura</b>	50	°C
<b>Parámetros de operación de Rociador</b>		
Parámetro	Magnitud	Und
<b>Presión de trabajo</b>	2	bar
<b>Capacidad</b>	1.2	l/min
<b>Costo Unitarios de operación</b>		
Parámetro	Magnitud	Und
<b>1 m3 de Agua</b>	0	Sol/kw
<b>1kw- hora</b>	0.55	Sol/kw

Tabla 8: Datos de ingreso para diseño de Scrubber

<b>RESULTADOS</b>		
<b>Flujos Másicos</b>		
Agua Fria	0.07	m3/seg
Vapor Flash	0.03	m3/seg
Mezcla Cond.	0.44	m3/seg
<b>Diametros en Scrubber</b>		
Ingreso gases comb.	10.1	pulg
diametro int. Scrubb.	30.4	pulg
salida Vapor Flash	1.3	pulg
<b>Rociadores</b>		
N° de Rociadores	4	unidades
<b>Bomba Centrífuga</b>		
Potencia de Bomba	1	kW
<b>Costos de operación</b>		
Energia electrica	0.44	Soles/hr
Agua Fria	0.00	Soles/hr
Costo total operación	0.44	Soles/hr

según norma.

Tabla 10: Resultado de algoritmo matemático - Scrubber

Cabe mencionar que también nos arrojó los resultados de dimensiones del Scrubber, incluyendo ductos de conexión; pero en especial es costo de operación del sistema y como en el lugar se tiene el costo de suministro de agua gratis por ser de pozo este solo cuenta con un gasto de mantenimiento y de energía eléctrica por el uso de una electrobomba.

### 3.5.2. Resultados de algoritmo matemático de diseño para el Scrubber

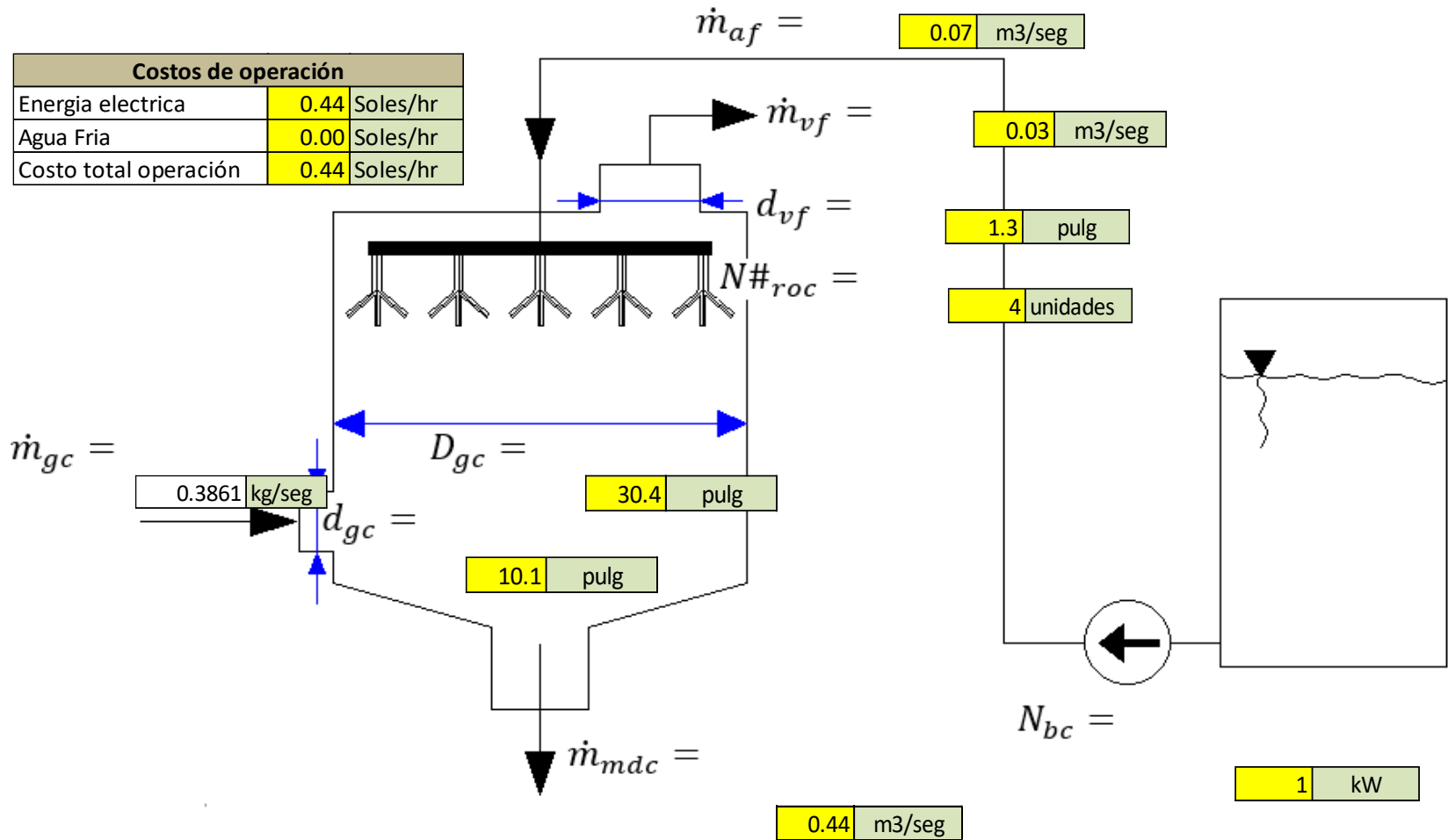


Figura N.º 255: Resultados de dimensionamiento del Scrubber

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Análisis Económico

En la Figura N° 26. Se muestra los montos de inversión por cada Sub – Sistema, en el que cada uno contiene el valor acumulado del costo de los componentes y servicios de instalación que se implican en cada uno de ellos.

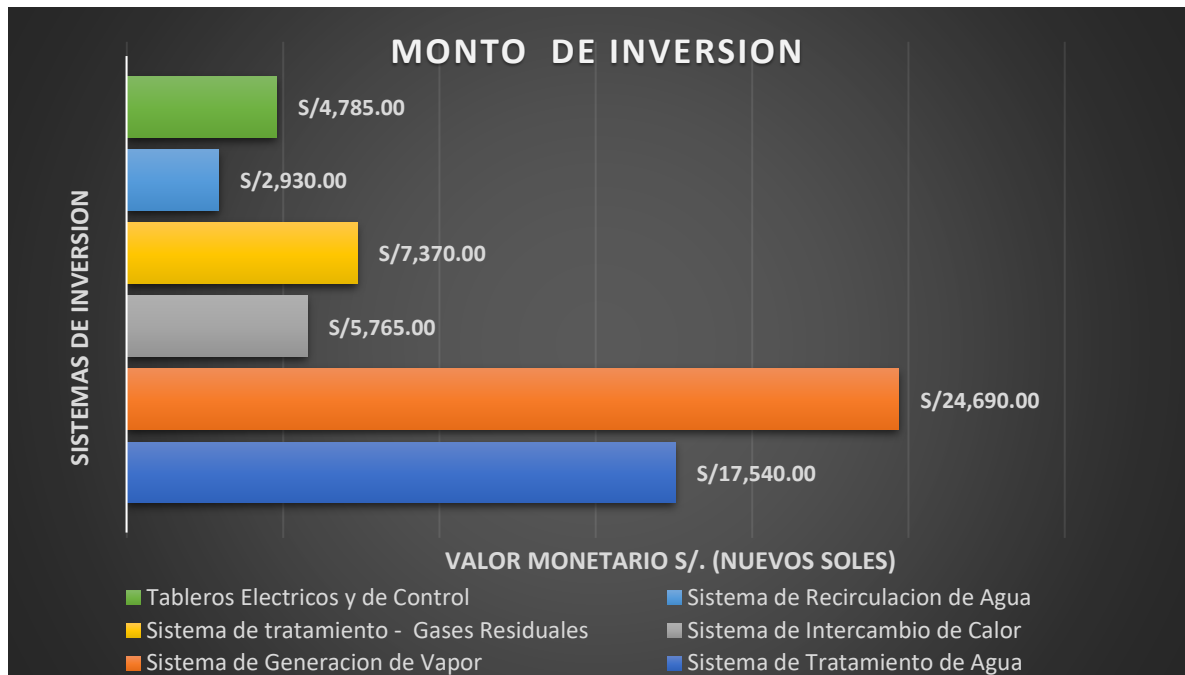


Figura N° 26: Monto de inversión por Sub-Sistema

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 27. Se muestra en flujo de caja que se analizó con los ingresos que tiene el centro recreativo. Los ingresos solo se toman el monto acumulado por la tarifa de ingreso durante los horarios de atención, así como también el costo de los eventos nocturnos. (Ver anexo 5.5). Mostrando así un retorno de inversión en un periodo de 3 años 7 meses

CÁLCULO DE TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN DESCONTADO					18%
Year	Cash Flow (\$)	CFj (\$)	(P/F, 18%, n)	CFj(P/F,18%,n) (\$)	Sum (\$)
0	-63080	-63080	1.00000	-63080	-63080.0000
1	25894.66	25894.66	0.84746	21944.62712	-41135.3729
2	25894.66	25894.66	0.71818	18597.14163	-22538.2313
3	25894.66	25894.66	0.60863	15760.28951	-6777.9417
4	25894.66	25894.66	0.51579	13356.17755	6578.2358
5	25894.66	25894.66	0.43711	11318.79454	17897.0303
6	25894.66	25894.66	0.37043	9592.19876	27489.2291
7	25894.66	25894.66	0.31393	8128.982	35618.2111
8	25894.66	25894.66	0.26604	6888.967797	42507.1789
9	25894.66	25894.66	0.22546	5838.108302	48345.2872
10	25894.66	25894.66	0.19106	4947.549409	53292.8366
11	25894.66	25894.66	0.16192	4192.838482	57485.6751
12	25894.66	25894.66	0.13722	3553.252951	61038.9281
13	25894.66	25894.66	0.11629	3011.231314	64050.1594
14	25894.66	25894.66	0.09855	2551.890944	66602.0503
15	25894.66	25894.66	0.08352	2162.619444	68764.6698
16	25894.66	25894.66	0.07078	1832.728343	70597.3981
17	25894.66	25894.66	0.05998	1553.159612	72150.5577
18	25894.66	25894.66	0.05083	1316.23696	73466.7947
19	25894.66	25894.66	0.04308	1115.455051	74582.2497
20	25894.66	25894.66	0.03651	945.3008903	75527.5506

MOMENTO DE CAMBIO	
3	-6777.94
4	6578.236
Tiempo	3.5075
<b>AÑOS</b>	<b>3</b>
<b>MESES</b>	<b>7</b>

Figura N° 27: Periodo de retorno de inversión.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 28. Inicialmente el valor es negativo, puesto que es el monto de inversión para la instalación del sistema. Luego el valor es positivo indicando ingreso del centro recreativo y así sucesivamente.

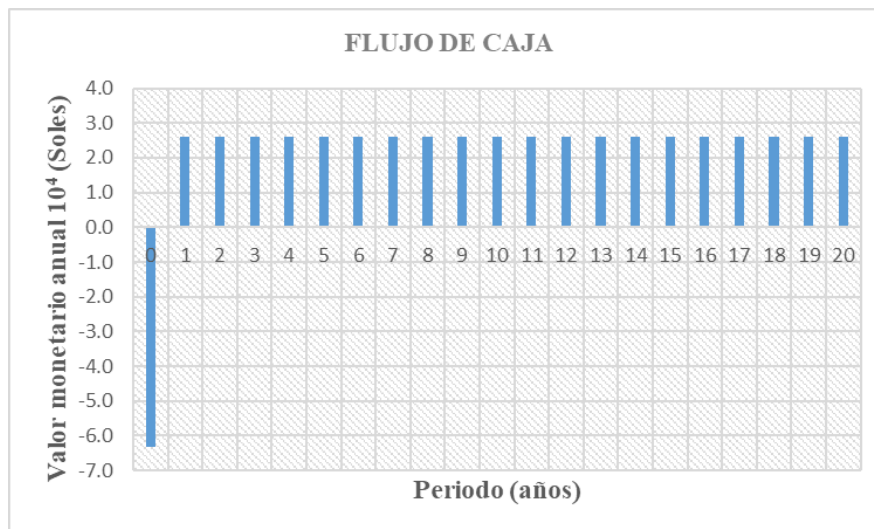


Figura N° 28: Flujo de caja anual.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 29. Se muestra el flujo del valor monetario anual en relación con el tiempo, y como se menciona anteriormente entre el tercer y cuarto año existe un cambio en el valor, pasa de ser un valor negativo a positivo, es decir a partir de ese instante el monto de inversión se ha recuperado completamente y el ingreso que se genere después de ese perdido es una de mayor ganancia.

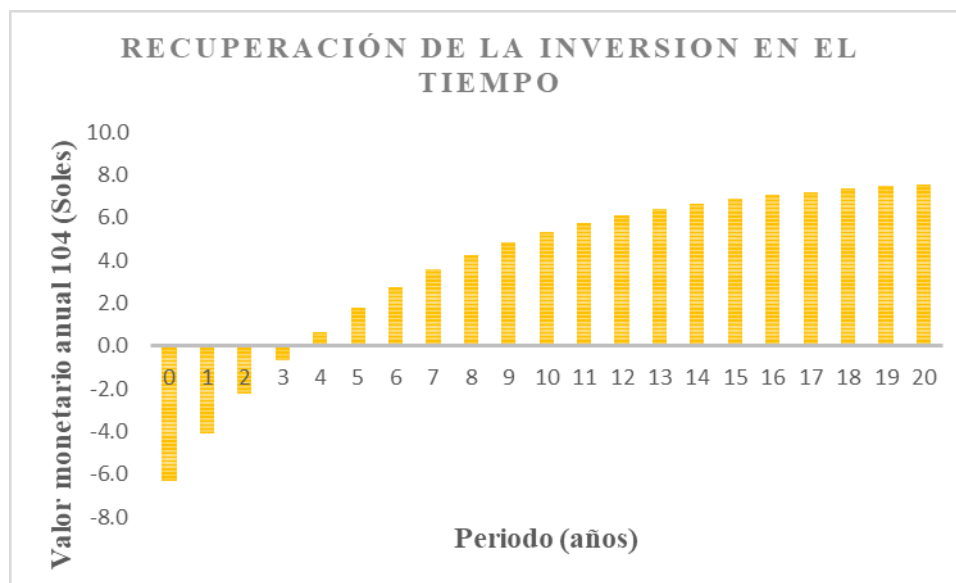


Figura N° 29: Recuperación de la inversión

Fuente: Elaboración propia



#### **IV.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

El proceso inicia con el llenado de la piscina con agua a una temperatura de 30 °C aproximadamente, una vez culminado este proceso de 12 horas en poner a punto el uso del recinto, entra la etapa de enfriamiento; es por ello que las pérdidas de calor principalmente en el balance de energía se precisan dos en comparación de las tesis referenciadas como antecedentes que toman de 4 a 5 tipos de pérdidas y se comparan las potencias en los párrafos siguientes: primero que es el calor cedido a la piscina ya que por la ley cero de la termodinámica y la convección que es un medio de transferencia de calor, deben llegar a tener un equilibrio térmico entre el fluido y las paredes de la piscina. Y segundo tenemos el calor cedido al medio ambiente el cual está en contacto directo al exterior, expuesta a las corrientes de viento y diferenciales de temperatura entre ambos fluidos. El análisis del perfil de temperatura se realizó con el objetivo de visualizar el comportamiento de la transferencia de calor y enfriamiento para poder elegir la tecnología de control más adecuada al uso. Comparando la potencia requerida y los volúmenes de estudio se obtiene lo siguiente:

Noruega (2011), obtuvo como resultado que para calentar 8 736 m<sup>3</sup> se requería un sistema híbrido de 3 sistemas una caldera, colectores solar y bombas de calor, cuya participación para suplir la potencia de 834 MWh, es 20% caldera y la energía restante se divide a los dos sistemas respectivamente es decir 40% cada uno.

En la presente investigación se tiene que para calentar 360m<sup>3</sup> la potencia requerida es de 1028,7810 Kw para lo cual se empleara una caldera de 60 BHP que cubre al 100% la demanda y un intercambiador de calor de 528,76 Kw de coraza y tubos cuyas dimensiones son de 10" de diámetro interno de coraza y 1,84 m de longitud (ver anexos)

Arana y Manayay (2018), sostienen que para incrementar la temperatura de un volumen de 430m<sup>3</sup> se requieren 45 colectores solares de polipropileno de dimensiones 3x1,2, tomando en cuenta una irradiación solar de 4,7 Kwh/mes. también analizamos si era viable implementar colectores solares, pero para los 360 m<sup>3</sup> se requería 160 colectores solares de 1,2 m x 3,2 m; por lo cual se optó en no implementar por cuestiones de falta de espacio en el establecimiento. La diferencia que se tiene con Arana y Manayay parte que ellos asumen el valor de la irradiación constante para todo el día, pero no es algo real, es

por ello que nosotros promediamos el valor según las horas de irradiación tomando el valor más bajo.

Revilla (2018), sostiene que, para incrementar la temperatura de  $365,23\text{m}^3$  se requiere una potencia de  $249,38\text{ Kw}$ , para lo cual solo es necesario implementar un sistema de captación solar con 60 captadores de un rendimiento de 85%, requiriendo un área de  $366\text{m}^2$  para cubrir el 100% de la demanda. A diferencia de Revilla, los captadores que se analizaron poseen un rendimiento de 55% ya que en su mayoría estos poseen de 55% a 75%. Es por ello que a pesar de tener mayor volumen la cantidad de colectores es menor a la que se obtuvo en el cálculo.

Schneider (2018), sostiene que una bomba de calor se ajusta a la necesidad domésticas. en este proyecto se evaluó por resistencias eléctricas para lo cual la potencia requerida de  $697,595\text{ Kw}$ , teniendo en cuenta que una bomba de calor solo necesita el 20% de energía eléctrica en este caso se requeriría  $139,519\text{ Kw}$ .

## V.- CONCLUSIONES.

De los cálculos realizados para obtención de la potencia de la fuente de energía principal es de 60 BHP con un rendimiento de 85%. La demanda térmica requerida para llegar a los 28°C en 12 horas es de 1028.7810 Kw, el cual presenta un calor de pérdidas totales de 54.7453 kw; 97.4% debido a las pérdidas que se cede al ambiente y 2.6% pérdidas que se cede a la piscina en el proceso de llenado.

Como se mencionó anteriormente la idea principal del presente proyecto es de calentar el agua de la piscina en un tiempo razonable y determinado por los requerimientos, el cual esto conllevará a su uso más óptimo y al mismo tiempo esto conllevará a un mayor confort del usuario según el gerente.

El intercambiador de calor diseñado tendrá una potencia útil de 528.76 kw, con un coeficiente de transferencia global de calor de  $1158,274 \text{ w/m}^2\text{°C}$ , diámetro de 10 pulg y de 1/2 pulg las tuberías de su interior, el cual contendrá 48 unidades.

El impacto ambiental que tendrá este proyecto al reducir las emisiones de los gases residuales ( $CO_2$  y  $SO_2$ ) será notorio por el sistema de implementación con Scrubber, el cual tendrá un diámetro de 30,4 pulg. y constará de 4 boquillas que pulverizarán agua a presión para generar un 5,5% de vapor flash o de condensación, el sistema de suministro será propulsado por una bomba de agua tipo centrifuga de 1.5 Hp. El costo de operación de este sistema a implementar será de 0.44 soles/hr, que básicamente solo involucrará el costo de energía eléctrica para la electrobomba ya que el suministro de agua del lugar no tiene costo debido a que es recogido de un pozo subterráneo

## **VI.- RECOMENDACIONES.**

Se recomienda desarrollar un plan de contingencia para el sistema de climatización, con la finalidad de permitir el funcionamiento normal sin incidentes que perjudique a la operación de algún componente, por ejemplo: Implementar una línea alterna de los gases de residuales cuando el Scrubber presente alguna falla.

Se recomienda implementar un LRC (Modulo de almacenamiento o registro de eventos) en el sistema de control automatizado para llevar así un mejor control del estado de los equipos del sistema y vincular a las actividades del plan de mantenimiento, además el de incorporar otro sistema alternativo de calentamiento el cual podría ser por resistencias eléctricas, bombas de calor, ya que el sistema desarrollado acorta la enorme brecha de demanda térmica y con la presencia de aquello se podría mantener de una mejor manera la temperatura de confort; siempre y cuando haya una relación razonable con el monto de inversión y análisis económico.

Se recomienda elaborar un plan de mantenimiento específico por cada sistema; en el caldero, intercambiador de calor, ablandador y electrobombas para poder así mantener su funcionamiento nominal durante un mayor tiempo y evitar el daño prematuro en los componentes.

El diseño de este proyecto reducirá las emisiones de  $CO_2$  y  $SO_2$  en comparación con un sistema convencional; por lo tanto, podría ser evaluado por especialistas externos del tema con la intención de validar la implementación de un sistema con Scrubber, y si es de útil para la instalación de un circuito parecido al presente.

## VII.- REFERENCIAS.

- Adiosco2 (10 de octubre, 2017). Calefactar Piscinas descubiertas: ¿Biomasa o bombas de calor? [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://adiosco2.com/2017/10/10/climatizacion-de-piscinas-descubiertas-biomasa-o-bombas-de-calor/>
- Arana, J. C. y Manayay, A. (2018). *Diseño del sistema de calentamiento de agua con energía solar y recirculación automatizada para la piscina del centro de esparcimiento del colegio de ingenieros de Lambayeque* (tesis de pregrado) Universidad Señor de Sipán, Perú.
- Briceño Y., E. (2015). *Introducción, difusión y aceptación de tecnología solar térmica en Jauja, aplicada al calentamiento de agua en piscinas* (tesina de posgrado) Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Byrne. R., (2007). Tubular ex changer manufactures association.
- Cengel, Y. A. y Boles, M. A. (2008). *Termodinámica*. 6ta. Mexico : McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V., pág. 1050.
- Cengel, Y. A. y Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa*. 4ta. Mexico : McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V., pág. 945.
- Chaverra D. (2017). Análisis del consumo eléctrico de equipos de aire acondicionado residencial [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.acrlatinoamerica.com/201705307397/noticias/empresas/analisis-del-consumo-electrico-de-equipos-de-aire-acondicionado-residencial.html>
- CLIMATE-DATA.ORG (2019). Temperatura en el distrito de Laredo – La Libertad. [Fichero de datos]. Recuperado de: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/la-libertad/laredo-32594/>
- Climatización de Piscinas (2019). Climatización de piscinas [Mensaje en un blog]. Recuperado de: [http://www.climatizaciondepiscinas.net/climatizacion/climatizacion\\_piscinas.htm](http://www.climatizaciondepiscinas.net/climatizacion/climatizacion_piscinas.htm)

Decreto supremo N°007-2003 SA. (1953). Reglamento Sanitario de las Piscinas, Piletas de Natación o Natatorios.

Gargallo, S. (2017). ¿Qué es el confort térmico? [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://sgarq.com/que-es-el-confort-termico/>

Guevara V. S. (2003). *Diseño del sistema de calentamiento solar de agua*. (Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural), Lima. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/xix.pdf>  
*híbridos con energía solar-GLP y energía solar-calentadores eléctricos para la obtención de agua caliente sanitaria* (tesis pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Howell, J. R. y Buckius, R. O. (1990). *Principios de termodinámica para ingeniería*. 1ra. México: McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V., pág. 733.

Inmaculada, F y Renedo, C. J. (2010). *Frio industrial y aire acondicionado*. Universidad de Cantabria, España.

Jiménez P. y Llivichusca C. (2014). *Diseño, implementación y monitoreo de calentadores*

Jiménez, S., Carrillo, V. y Bettelli, M. (2015). Swimming pool heating systems: a review of applied models. *Tecciencia* [online]. 2015, vol.10, n.19, pp.17-26. ISSN 1909-3667. <http://dx.doi.org/10.18180/tecciencia.2015.19.4>.

Lynn Russell, (1993). *Termodinámica clásica*. 1ra. Orlando: Addison Wesley Iboamericana S.A, pág. 799.

Noguera, J. (2011). *Climatización de una piscina cubierta mediante la combinación de energía solar térmica, geotérmica y caldera de apoyo de biomasa* (tesis de maestría) Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.

Norma ISO 7730. Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 3ra. Ed. 2005, 15, November.

Norma Técnica Peruana 399.405:2007 (2007). Sistemas de calentamiento de agua con energía solar. Definición y pronóstico anual de su rendimiento mediante ensayos en exterior. 1ra Edición: DOCPLAYER. Recuperado de: <https://docplayer.es/12443271-Norma-tecnica-ntp-399-405-peruana-2007.html>

Normas Legales 523069. (13 de mayo del 2014). Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética. El peruano, p.5.

Piscinesdome (2019) Climatización De Piscinas. Recuperado de: <http://www.piscinesdome.com/climatizacion-piscina/>

Pool Natural (2019). ¿Cuál es la temperatura ideal para una piscina? [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.poolnatural.com/2016/09/14/cual-es-la-temperatura-ideal-para-una-piscina/>

Porporatto, M. (2016) Tiempo. Recuperado de: <https://quesignificado.com/tiempo/>

Power Data Access Viewer (2019). Índices promedios de radiación en el distrito de Laredo – La Libertad. (Ficha de datos). Recuperado de: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Raffino, M. E. (2019). Masa. Recuperado de: <https://concepto.de/masa/>

Revilla, P. R. (2017). *Proyecto de modernización de los servicios básicos de una piscina de gestión municipal* (tesis de pregrado) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.

Rodríguez, V. M. (2015). *Diseño y análisis técnico-económico de un sistema de climatización urbana con aprovechamiento de geotermia de baja entalpía en un proyecto de viviendas de integración social en Chile*. (tesis de pregrado) Universidad de Chile, Chile.

Ruiz G., D. E. y Villacís V., J. H. (2015). *Diseño, construcción, emplazamiento y monitoreo de un sistema solar para calentamiento de agua para piscina*. (tesis pregrado) Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.

- Schneider, W. E. (2018). *Análisis transiente de un sistema de bomba de calor acoplado a una piscina doméstica como fuente fría* (tesis de pregrado) Universidad de Chile, Chile.
- Shigley, Joseph Edward, (1998). *Diseño en ingeniería mecánica*. 5ta. México DF : McGraw Hill, pág. 883.
- “Significado de tiempo”. (2014). Recuperado de: <https://significado.net/tiempo/>
- Solar-energia.net. (13 de abril 2017). Radiación solar [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://solar-energia.net/definiciones/radiacion-solar.html>
- Vigo, M. (2004). Propuestas para el diseño urbano bioambiental en zonas cálidas semiáridas, *Universidad Nacional de Catamarca, Secretaría de Ciencia y Tecnología - Editorial Científica Universitaria*, p. 4, ISBN: 978-987-661-048-3
- Villalta, L. y Buñay, S. (2016). *Evaluación energética – económica en el uso de calentadores de agua en el Cantón Paute* (tesis de pregrado) Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Weather Spark (2019). Clima promedio en Laredo [Fichero de datos]. Recuperado de: [https://es.weatherspark.com/y/19920/Clima-promedio-en-Laredo-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o?fbclid=IwAR0mQTx58-NOQp12QEOYIYdMm7\\_iJf93kjgVtasD3B0KMRP5QDRQZ6Q7k-M#Sections-SolarEnergy](https://es.weatherspark.com/y/19920/Clima-promedio-en-Laredo-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o?fbclid=IwAR0mQTx58-NOQp12QEOYIYdMm7_iJf93kjgVtasD3B0KMRP5QDRQZ6Q7k-M#Sections-SolarEnergy)



**VIII.- ANEXOS.**

*Anexo N°01: Matriz de consistencia.*

<b>AUTORES:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arteaga Verde Elmer David</li> <li>• Cruzado Cruzado Elser Marcos</li> </ul>						
<b>TÍTULO</b>	Sistema de Climatización Automático para mantener la temperatura de confort en la Piscina del Centro Recreacional La Merced Laredo – La Libertad						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>		<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>		<b>METODOLOGÍA</b>	
¿Cómo mantener la temperatura de confort en la piscina del centro recreacional La Merced - Laredo?	<b>Objetivo General</b>	Diseñar un sistema climatización automático para mantener la temperatura de confort en la piscina del centro recreacional La Merced	Mediante un sistema de climatización es posible mantener la temperatura de confort en la piscina del centro recreacional La Merced	<b>Variables independientes</b>	Sistema de climatización automático.	<b>Tipo de investigación</b>	Aplicada
		<b>Nivel de investigación</b>				Descriptiva	
		<b>Método</b>				Método deductivo - Análisis y síntesis	
	<b>Objetivos Específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar balance de masa y energía.</li> </ul>		<b>Variables Dependientes</b>	Tiempo de funcionamiento	<b>Diseño de investigación</b>	No experimental – Transversal – Longitudinal
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar el sistema de climatización</li> </ul>				<b>Población</b>	Piscinas de centros recreativos en el distrito de Laredo
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar y seleccionar componentes del sistema seleccionado</li> </ul>				<b>Muestra</b>	Piscina del centro recreativo La Merced - Laredo
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un análisis de impacto ambiental.</li> </ul>				<b>Técnicas</b>	Observación
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un análisis económico.</li> </ul>		Entrevista			
				Análisis documental			
				<b>Instrumentos</b>	Ficha de registro de datos		
Guía de entrevista							



GUÍA DE ENTREVISTA

Entrevistado: ..... Fecha: ...../ ..... /.....

Cargo: .....Hora: .....

1. ¿Dónde se encuentra ubicado su centro recreativo?
2. ¿Con qué tipo de servicios cuenta actualmente su centro recreativo?
  - Luz
  - Agua
  - Desagüe
  - Gas
3. ¿Qué tipo de usuario tiene su suministro eléctrico?
4. ¿Con cuántas piscinas cuenta actualmente?
5. ¿Qué tipo de servicios brinda?
6. ¿Cuáles son los horarios de atención?
7. ¿Cuántas personas en promedio acuden durante el día?
8. ¿Cuántas horas funcionan las piscinas? En que horario.
9. De los eventos nocturnos ¿con que frecuencia son solicitados?
10. En estos eventos ¿Cuántas horas funcionan las piscinas?
11. ¿Qué piscinas desea que cuenten con un sistema de climatización?
12. ¿En qué tiempo espera tener la piscina con la temperatura de confort?
13. ¿Qué sistema piensa emplear para realizar este proceso?
14. ¿De qué fuentes energéticas dispone para que sea empleado en este sistema? Respecto a La lo anterior.
15. Del suministro de agua con el que cuenta. Describa sus características de servicio.

*Anexo N°03: Ficha de registro de mediciones*



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE REGISTRO DE MEDICIONES

Fecha: ...../...../.....

Hora: .....

Descripción	Magnitud	Unidad de medida
Temperatura del agua de suministro (pozo)		°C
Temperatura del agua de la piscina		°C
Temperatura de la cerámica de la piscina		°C
Temperatura del aire		°C
Velocidad del aire		m/s
Dimensiones de la piscina		m

*Anexo N°04: Ficha de registro de datos*



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE REGISTRO DE DATOS

Descripción	Magnitud	Unidad de medida	Referencia
Temperatura de confort		°C	
Volumen de renovación de agua		m <sup>3</sup>	
Veces de renovación/día		Veces/día	
Dimensiones de área libre		m <sup>2</sup>	
Tarifa de suministro eléctrico		NS/KW-hr	

## **Anexo N°05: DESCRIPCION DE CALCULO**

### **5.1. Demanda térmica de la Piscina**

#### **5.1.1. Potencia total de piscina**

$$Q_{SIS} = Q_{util} + \Sigma Q_{perd}$$

$Q_{SIS}$ : Potencia del sistema (Kw)

$Q_{util}$ : Calor util de la piscina (Kw)

$\Sigma Q_{perd}$ : Perdidas de calor (Kw)

#### **5.1.2. Calor Útil de agua piscina**

$$Q_u(Kw) = (m_{h20}/t_{tiempo}) * Cp_{h20} * T_{conf}$$

$$Q_u = 42078345,12 \text{ Kj}$$

$$Q_u = 974,0357667 \text{ Kw}$$

$Q_u$ : Calor útil la piscina (Kw)

$m_{h20}$ : Masa de la piscina (Kg)

$t_{tiempo}$ : Tiempo de puesta en servicio (seg)

$Cp_{h20}$ : Calor especifico del agua (Kg/m<sup>3</sup>)

$T_{conf}$ : Temperatura de confort (°C)

### **5.2. Perdidas de calor**

#### **5.2.1. Calor cedido a la piscina**

$$Q_{pisc}(Kw) = m_{pisc} * Cp_{pisc} * \Delta T_{pisc}$$

$$Q_{pisc} = 60418,88536 \text{ Kj}$$

$$Q_{pisc} = 1,398585 \text{ Kw}$$

$Q_{pisc}$ : Calor cedido a la piscina (Kw)

$m_{pisc}$ : Masa de la piscina (Kg)

$C_{p_{pisc}}$ : Calor específico de la piscina ( $Kg/m^3$ )

$\Delta T_{pisc}$ : Diferencial de temperatura de confort y piscina ( $^{\circ}C$ )

### 5.2.2. Calor cedido al ambiente

$$Q_{conv}(Kw) = h_{conv} * S_{espejo} * \Delta T_{amb}$$

$$Q_{conv} = 53,34674Kw$$

$Q_{conv}$ : Calor cedido al ambiente ( $Kw$ )

$h_{conv}$ : Coeficiente de transferencia de calor por convección ( $W/m^2 * ^{\circ}C$ )

$S_{espejo}$ : Área superficial de espejo de la piscina ( $m^2$ )

$\Delta T_{amb}$ : Diferencial de temperatura promedio del ambiente y piscina ( $^{\circ}C$ )

- **Convección Natural**

$$h_{conv} = 11.6 + 6.9 * \sqrt{v_{viento}}$$

$$h_{conv} = 21,72643$$

$v_{viento}$ : Velocidad promedio del ambiente ( $m/s$ )

Entonces:

$$Q_{perd} = 113765.6311 Kj$$

$$Q_{perd} = 54.745331 Kw$$

$$Q_{SIS} = 1028,7810 Kw$$

### 5.2.3. Temperatura del agua al ingreso a la piscina

$$Q_T = m_{h2o} * C_{p_{h2o}} * T_{h2o-ingreso}$$

$$T_{h2o-ingreso} = 29,57^{\circ}C \approx 30^{\circ}C$$

$m_{h2o}$ : Flujo masico de llenado ( $Kg/Seg$ )

$T_{h2o-ingreso}$ : Temperatura de agua de ingreso ( $^{\circ}C$ )

#### 5.2.4. Tiempo de enfriamiento

$$t_{enfriamiento} = (\Delta Q_{util}/Q_{perd}) * 3600$$

$t_{enfriamiento}$ : Tiempo de enfriamiento (Horas)

#### 5.3.1. Calor útil total a temperatura confort

$$Q_{u-total} = m_{total-pisc} * C_{p-promedio} * T_{confort}$$

$$Q_{u-total} = 42240292,65 \text{ Kj}$$

$Q_{u-total}$ : Calor total de piscina

$m_{total-pisc}$ : masa total de piscina

#### 5.3.2. Calor útil total a temperatura desviada

$$Q_{u-total} = m_{total-pisc} * C_{p-promedio} * T_{26.5}$$

$$Q_{u-total} = 39977419,83 \text{ Kj}$$

Entonces:

$$\Delta Q_{util} = 2262872,82 \text{ Kj}$$

$\Delta Q_{util}$ : Diferencial de calor entre la desviacion de temperatura set – point (Kj)

#### 5.3.3. Perfil de temperatura

Con caída de temperatura de 1.5 °C

$$t_{enfriamiento} = (2262872.82/54.3543) * 3600$$

$$t_{enfriamiento} = 10,95 \text{ horas}$$

$$Q_{perd} = 54,745331 \text{ Kw}$$

$$Q_{p-cond} = 54.745331 \text{ Kw} = K * A * \frac{\Delta T}{L}$$

$$15.957 = 0.60 * 300 * \frac{(28 - T_{sup})}{1,25}$$

$$T_{sup} = 27,889 \text{ °C}$$

Para placas planas cegel

$$T(y) = C_1 y + C_2$$

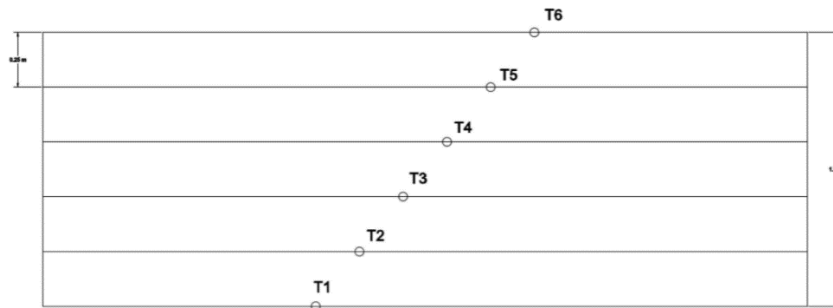
$$28 = C_1(0) + C_2$$

$$C_2 = 28^\circ\text{C}$$

⇒

$$27,88 = C_1(1,25) + C_2$$

$$C_1 = -0,096$$

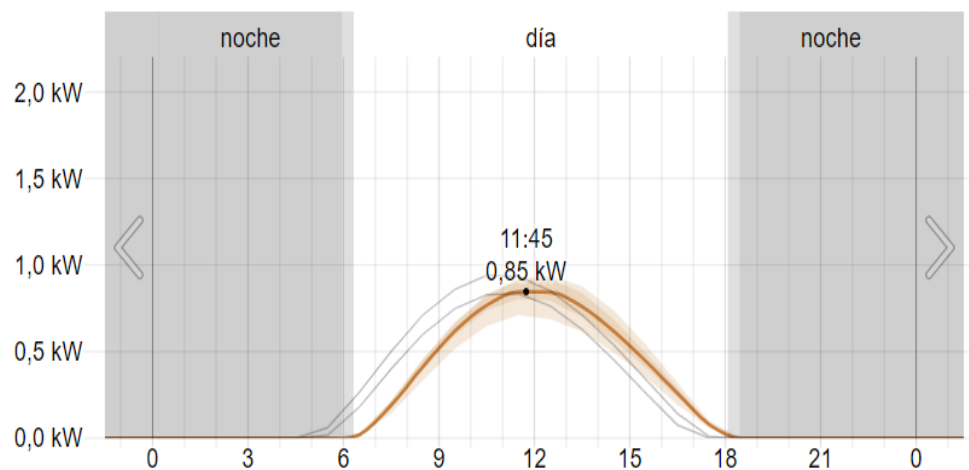


#### 5.4. Evaluación de sistemas térmicos

##### 5.4.1. Colector solar

- Demanda energética

$$\dot{Q}_{cole} = \dot{m}_{h2o} * \bar{C}_P * (T_{conf} - T_{sum})$$



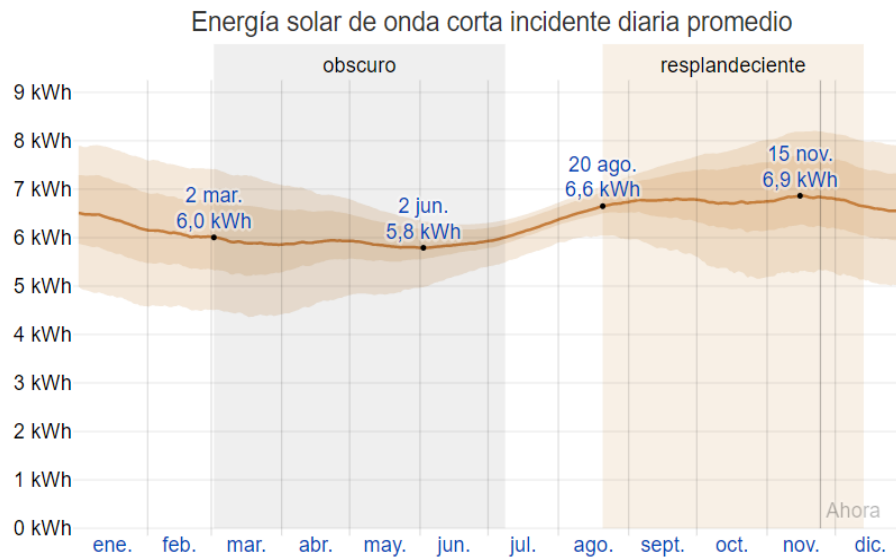
$$\dot{Q}_{cole} = \left( \frac{358920}{4 * 3600} \right) * 4.187 * (30 - 14.96)$$

$$\dot{Q}_{cole} = 1569,589 \text{ Kj/dia}$$



- **Área de captación de colector**

$$A_{cap} = \frac{\dot{Q}_{cole}}{H_p * \eta_g}$$



$$A_{cap} = \frac{1569.5889}{6,35 * 0,5}$$

$$A_{cap} = 562,5766 \text{ m}^2$$

- **Cantidad de colectores**

$$n_c = \frac{A_{cap} * F.S.}{A_c}$$

$$A_c = 1,20m * 3,8m = 4,56 \text{ m}^2$$

$$n_c = 155,21 \approx 160 \text{ colectores}$$

- **Área total ocupada por colectores solares**

$$A_t = 160 * 4.56 = 729,6m^2$$

#### 5.4.2. Calentador eléctrico

- Calor útil de calentador eléctrico

$$Q_{Total\ Proceso} = \frac{m_{t-h_2o} \times \bar{C}_p \times \Delta T}{\eta_{calen}}$$

Donde:

$Q_{Total\ Proceso}$  = Energía requerida total del proceso (KJ)

$C_p$  = Calor específico (Kj/Kg. °C)

$A$  = Área Transversal (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  = Diferencia de Temperatura (°C)

$\eta_t$  = Rendimiento aislamiento del medio

$$Q_{Total\ Proceso} = \frac{358920 \times 4,187 \times (30 - 14.96)}{0.75}$$

$$Q_{Total\ Proceso} = 30136110\ KJ$$

- Potencia real requerida

$$Q_{Tproc} = P_{real} \times T_{proc}$$

$$P_{real} = \frac{30136110\ kJ}{12\ horas \times 3600}$$

$$P_{real} = 697,595\ Kw$$

Factor de seguridad

$$P_{real} = 871.99\ Kw \times 1.25$$

$$P_{real} = 871,9939\ Kw$$

- Corriente de alimentación

Potencia por resistencias del calentador eléctrico

$$P_{unit-resis} = \frac{P_{real}}{12_{resist}}$$

$$P_{unit-resis} = 72.6661\ kW$$

$$I_C = \frac{P_{unit-resis}}{V_C}$$

$$I_C = 138.005 \text{ Amp}$$

### Corriente de diseño

$$I_d = Amp \times 1.25$$

$$I_d = 172.506 \text{ Amp}$$

Para la siguiente selección de diámetro del filamento de la resistencia se tomó como guía la siguiente tabla donde cuyo material es Nicromio a una temperatura máxima de 1093°C:

CARACTERISTICAS TEMPERATURA - CORRIENTE DEL HILO DE NICROMIO									
Fuente: Tablas de Deiver - Harris Co. Harrison N. J.									
Diámetro del Hilo mm	Corriente (A) para producir temperatura (°C) de								
	204.00	316.00	427.00	538.00	649.00	760.00	871.00	982.00	1093.00
7,34	78,20	109,00	140,00	177,00	219,00	268,00	322,00	378,00	434,00
6,55	65,41	91,59	117,50	148,70	184,10	225,10	270,40	317,30	364,50
5,82	54,72	76,94	98,57	124,90	154,70	189,10	227,10	266,40	306,20
5,18	45,76	64,64	82,71	104,90	130,00	158,00	190,70	223,60	257,30
4,62	38,28	54,30	69,40	88,09	109,30	133,40	160,10	187,60	216,00
4,11	32,02	45,62	58,23	73,99	91,86	112,10	133,50	157,50	181,40
3,66	26,78	38,33	48,85	62,15	77,21	94,16	112,90	132,20	152,40
3,25	22,40	32,20	41,00	52,20	64,89	79,10	94,80	111,00	128,00
2,90	18,80	27,00	34,60	43,90	54,60	66,90	80,00	94,00	108,00
2,59	16,11	22,95	29,35	37,17	46,22	56,66	67,79	79,62	91,41

Se selecciono el filamento que tiene un diámetro de  $d = 4.62 \text{ mm}$ , el cual podría aumentar dependiendo al tipo de resistencia eléctrica (Blindada o no blindada) como se hace mención en la teoría relacionada al tema.

- **Sección del alambre**

$$S_{alam} = \frac{\pi}{4} (d_{hilo}^2)$$

$$S_{alam} = 26.60 \text{ mm}^2$$

- Resistencia del filamento

$$P_{resis} = R_{Ni-cu} \times I d^2$$

$$R_{Ni-cu} = \frac{P_{unit-resis}}{I d^2}$$

$$R_{Ni-cu} = 2.441 \Omega$$

- Longitud del alambre de Nicromio

$$R_{Ni-cu} = \rho_{Ni-cu} * \frac{L}{S}$$

$$L = 64,93 \text{ mtrs}$$

#### 5.4.3. Sistema con Caldera a Vapor Saturado

- Calor útil de caldera

$$Q_{u-caldera} = Q_t * \eta_t$$

$$Q_{u-caldera} = m_{cble} * PCI + m_{aire} * h_{aire} = m_v (h_{vapor} - h_{agua}) * \eta_t$$

- Flujo de vapor

$$Q_{u-caldera} = \dot{m}_v (h_{vapor} - h_{agua}) * \eta_t$$

$$\dot{m}_v = 528,76 / 2762,7 - 604,72$$

$$\dot{m}_v = 0,245 \frac{kg}{seg} = 882 \frac{Kg}{hr}$$

- Potencia de caldera

$$P_{cald} = 56.538 \text{ BHP} \approx 60 \text{ BHP}$$

##### 5.4.3.1. Dimensionamiento tuberías de vapor

$$m_v = 0.245 \text{ kg/seg}$$

$$P_{mano1} = 6 \text{ bar}$$

$$P_{mano2} = 3 \text{ bar}$$

$$t_v = 143.61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Asumimos:

$$V_{prom} = 35 \frac{m}{seg} (Tuberia)$$

$$m = \rho * V_{prom} * S_{tub}$$

$$S_{tub} = \frac{0.245}{3.6662 * 35} = 1.9553 \times 10^{-3} m^2$$

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 * 1.9557 \times 10^{-3}}{\pi}} = 0.04989 m = 1.96$$

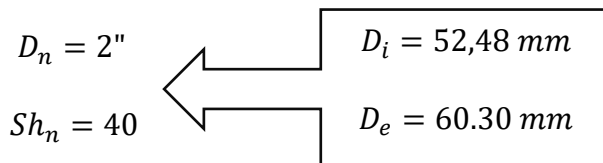
Seleccionamos tubería ASTM A106 sin costura

$$\sigma_{adm} = 840 \text{ Kg/cm}^2$$

$\sigma$  = Fatiga admisible en funcion a la temperatura

$$N^\circ \text{ celula} = \frac{1000 * 7}{840} = 10$$

Dimensiones tuberías



$$A = \frac{\pi}{4} (52.48 \times 10^{-3})^2 = 2.163 \times 10^{-3} m^2$$

$$V_{real} = \frac{0.2509}{3.6662 \times 2.163 \times 10^{-3}} = 31.63 \frac{m}{s}$$

$$\Delta P_t = \lambda x \frac{L_{eq}}{d_{int}} x \frac{V_{real}^2}{2} x \rho$$

$$\Delta P_t = 0.0175 x \frac{6.6 x 31.63^2 x 3.6662}{2 x 52.48 x 10^{-3}} = 4.036 \text{ KPa}$$

$$\Delta P_t = 0.1223 \text{ bar} < 5\% P$$

$$\Delta P_t = 0.04 \text{ bar} \leq 0,35$$

“El dimensionamiento es correcto”

$$T_{p \text{ exta}} = 35 \quad ; \quad \eta_{\text{ais}} = 99,5\%$$

$$\bar{T} = \frac{164.95 + 35}{2} = 99.975 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$K = 0.04476 + 0.000232 (99.975)$$

$$K = 0.0649 \text{ w/m} \cdot \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$\frac{d_{\text{ext-ais}}}{d_{\text{int-ais}}} = e^{\left(\frac{2\pi k \Delta T}{q_p}\right)}$$

$$\frac{d_{\text{ext-ais}}}{d_{\text{int-ais}}} = e^{\left(\frac{2\pi(0.0649)(164.95-351)}{525.12}\right)}$$

$$= 1,1061$$

$$\dot{Q}_t = \dot{m}_v \cdot h_v$$

$$\dot{Q}_t = 2762.7 \cdot 0.2509$$

$$\dot{Q}_t = 693.16 \text{ Kw}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_p = 3.4658 \text{ Kw}$$

$$q_p = \frac{3.4658}{18} = 192,54 \text{ w/m}^2$$

$$q_p = 525,12 \text{ w/m}^2$$

- **Dimensionamiento de aislamiento**

$$\Rightarrow d_{\text{ext-ais}} = 1.1061 \times 60.30 \cdot 10^{-3} = 0,0667$$

$$\delta_{\text{ais}} = \frac{0.0667 - 60.30 \cdot 10^{-3}}{2}$$

$$\delta_{ais} = 3.2 \text{ mm} = 5/32''$$

### 5.4.3.2. Dimensionamiento Intercambiador de calor

$$Q_{u-I.C.} = (m_{h20}/t_{tiempo}) * C_{p_{h20}} * (T_{max} - T_{h20-sum}) * \eta_{I.C.}$$

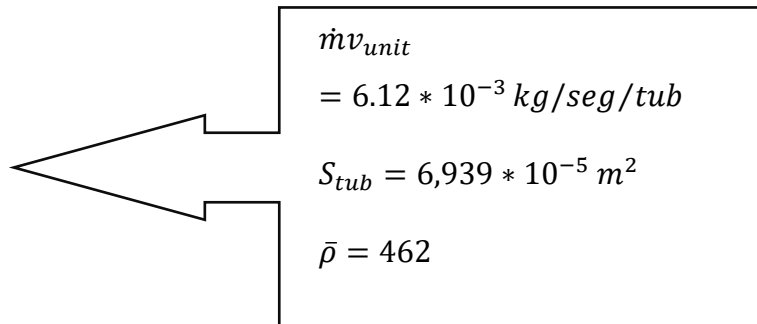
$$Q_{u-I.C.} = 8,3083 * 4,187 * (30 - 14)$$

$$Q_{u-I.C.} = 528.76 \text{ Kw} = K_g * \Delta T_m * S_{I.C.} * 10^{-3} * \eta_{I.C.}$$

#### Datos de diseño

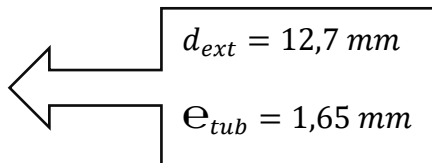
$$N_p/p = 40$$

$$N_p = 1$$

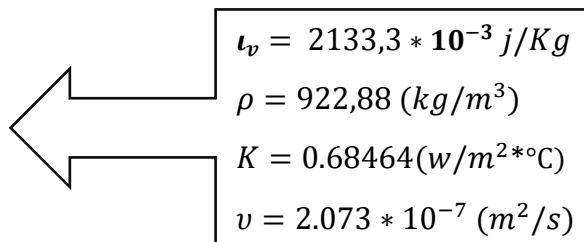


$$d_{int} = d_{ext} - 2e_{tub}$$

$$d_{int} = 9,4 \text{ mm}$$

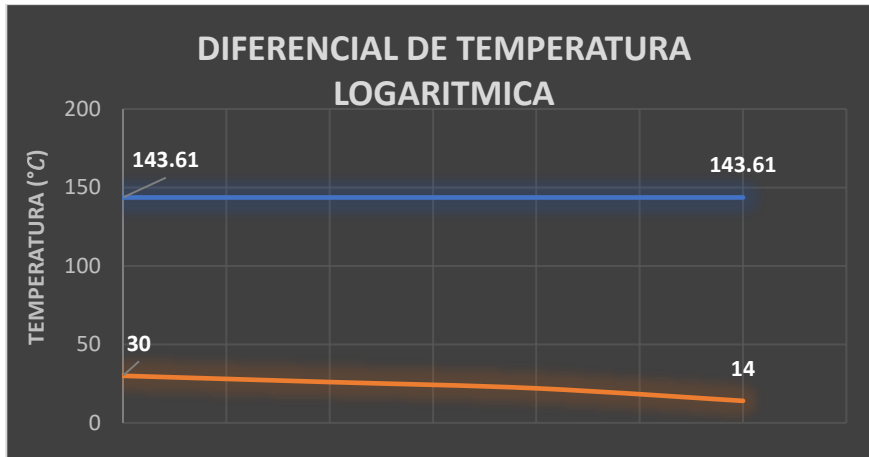


$$P_{atm-4 \text{ bar}} =$$



$$h_{int} = 0.725 \sqrt[4]{\frac{l_v * \rho * g * k}{v * (T_{sat} - T_{pared}) * d_{int}}}$$

$$h_{int} = 21670,915 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

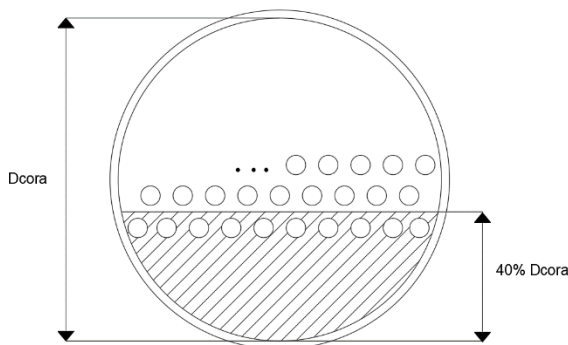


$$T = \sqrt{(143.61 - 143.61)^2 + (30 - 14)^2}$$

$$T = 16$$

$$\Delta T_m = \frac{16}{\ln\left(\frac{129.62 + 113.61 + 16}{129.61 + 113.61 - 16}\right)} = 121.43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$D_{cora} = 10'' = 254\text{mm}$$



$$A_{40\%cora} = \left(\frac{\pi}{4}(D_{cora}^2)\right) - 0,4\left(\frac{\pi}{4}(D_{cora}^2)\right)$$

$$A_{40\%cora} = 0.03040\text{m}^2$$

$$A_{cri} = 0.01945 - (A_{unit-tub} * N^o tub)$$

$$A_{cri} = 0.0288 \text{ m}^2$$

$$\dot{m}_{h2o-cri} = \rho * v_{cri} * A_{cri}$$

$$v_{cri} = 0.2877 \text{ m/seg}$$

$$\mathbb{R}_e = \frac{0,2877(12,7 * 10^{-3})}{9,69 * 10^{-7}} = 3770.68$$

$$N_u = 0.023\mathbb{R}_e^{0,8} * Pr^{0,4} = 35,6701$$



$$h_{ext} = \frac{35,6701(0,6016)}{12,7 * 10^{-3}} = 1689.695 \text{ w/m}^2\text{°C}$$

$$K_G = \frac{1}{\frac{1}{h_{int}} + \frac{1}{h_{ext}} + \frac{\delta_{tubo}}{K_{incru}} + \frac{\delta_{incrust}}{K_{incru}}} = \frac{1}{\frac{1}{21670,95} + \frac{1}{2478,39} + \frac{1,65 * 10^{-3}}{65} + \frac{0,5 * 10^{-3}}{2,5}}$$

$$K_G = 1158,274$$

$$S_{I.C.} = 3.7594 \text{ m}^2 = N_p \times N_{t/p} \times S_{unit}$$

- **Longitud de tubería**

$$L_{tub} = \frac{S_{I.C.}}{40 * \pi * 12,7 * 10^{-3}} = 1,84 \text{ metros}$$

- **Caída de presión en el I.C.**

$$\Delta P = \xi \frac{L_t \times v_f^2 \times \rho}{2 d_{int}} * 10^{-5} < 5\% (3 \text{ bar})$$

$$\Delta P = 0,3264 * 10^{-3} \text{ bar} < 0,15 \text{ bar}$$

### 5.4.3.3. Dimensionamiento de bomba de recirculamiento

Potencia de eje de la bomba.

$$H = (Z_A - Z_B) + \frac{(P_A - P_B)}{\rho g} + \frac{(C_A^2 - C_B^2)}{2g} + \sum H_p$$

Altura de pérdidas

$$\sum H_p = \sum H_{tuberias} + \sum H_{accesorios}$$

$$\sum H_{tuberias} = \frac{0.08262 * f * L * Q^2}{D^5}$$

$$\sum H_{accesorios} = \sum k \frac{v^2}{2g}$$

Para determinar  $f$  se empleará el diagrama de Moody.

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

Rugosidad relativa

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D}$$

$$\varepsilon_r = \frac{0.0015}{4" * 0.00254}$$

$$\varepsilon_r = 0.0001476$$

Cálculo de la altura teórica

$$P_{eje} = \frac{\dot{m} * H * g}{\eta * 1000}$$

**Número de veces de recirculación por día según decreto supremo (DSN 007-2003)**

$$360(3) = 1080 \text{ m}^3; t = 16 \text{ hr}$$

$$\dot{Q}_{recir} = \frac{1080}{16 * 3600} = 0,01875 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$H = 2.85 + \sum H_p$$

$$H_{ptub} = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

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

$$A = \frac{\pi}{4} (103.2 * 10^{-3})^2$$

$$A = 8.3646 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0.01875}{8.3646 * 10^{-3}}$$

$$V = 2.24 \text{ m/s}$$

**Para reynolds**

$$\text{Re} = \frac{2,24(103,2 * 10^{-3})}{8,3940 * 10^{-7}}$$

$$\text{Re} = 2,753 * 10^5$$

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015}{103,2}$$

$$\varepsilon_r = 1,4534 * 10^{-5}$$

$$\varepsilon_r = 0,000014$$

$$f = 0,0245$$

$$H_{p-tub} = 0,0245 * \frac{42}{103,2 * 10^{-3}} * \frac{2,24^2}{2 * 9,81}$$

$$H_{ptub} = 2,549 \text{ m}$$

$$H_{p-acce} = K * \frac{V^2}{2g} = (0,14 + 0,27 + 0,15) * \frac{2,24^2}{2 * 9,81}$$

$$H_{p-acce} = 0,14 \text{ m}$$

$$H = 2,85 + 2,549 + 0,14 = 5,539 \text{ m}$$

$$P_{bomba-Recir} = \frac{\rho * g * H * Q}{\eta_b}$$

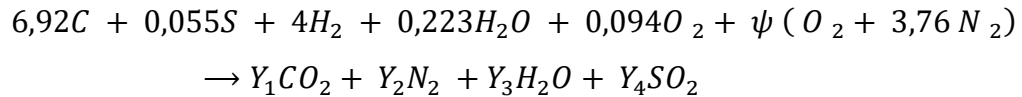
$$P_{bomba-Recir} = 3,1 \text{ Hp} \approx 4 \text{ HP}$$

#### 5.4.3.4. Balance de Gases residuales

**Tabla composición del combustible**

Componente	m (Kg)	M (Kg / Kmol)	n (Nr. Kmol)
C	83	12	6.92
S	1.75	32	0.055
H <sub>2</sub>	8	2	4
H <sub>2</sub> O	4	18	0.223
O <sub>2</sub>	3	32	0.094
Z	0.25		
Σ	100		

#### Balance estequiométrico



Realizando el balance de los componentes se obtiene lo siguiente:

$$C \rightarrow Y_1 = 6,92$$

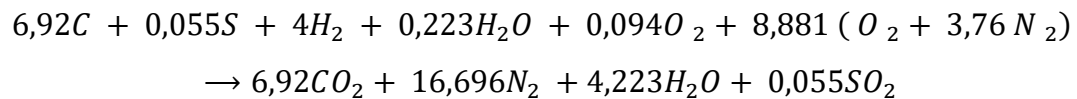
$$S \rightarrow Y_4 = 0,055$$

$$H_2 \rightarrow Y_3 = 4,223$$

$$O \rightarrow \psi = 8,881$$

$$N \rightarrow Y_2 = 16,696$$

Entonces tenemos:



Para determinar el exceso de aire

### Composición del aire

$gO = 0,21$  Oxígeno

$gN = 0,79$  nitrógeno

$$m_{aire\ teorico} = \psi(gO * M + gN * M)$$

$$m_{aire\ teorico} = 8,881(0,21 * 32 + 0,79 * 28)$$

$$m_{aire\ teorico} = 256,128\ kg$$

Masa de combustible

$$m_{cble} = \sum n * M$$

$$m_{cble} = 6,92 * 12 + 2 + 0,055 * 32$$

**De la relación aire combustible de tiene:**

$$R_{ai-cble} = \frac{m_{ai-real}}{m_{cble}} = 13,3 \frac{kg - aire}{kg - cble}$$

Entonces del flujo de aire real es:

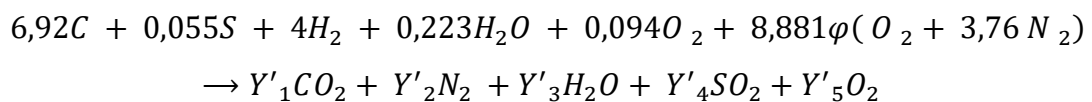
$$m_{ai-real} = 1154,44\ kg - aire$$

**Coefficiente de exceso de aire:**

$$\varphi = \frac{m_{ai-real}}{m_{aire\ teorico}}$$

$$\varphi = 4,5$$

**Balance a combustión completa**



Realizando el balance se obtiene:

$$C \rightarrow Y'_1 = 6,92$$

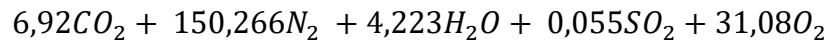
$$S \rightarrow Y'_4 = 0,055$$

$$H_2 \rightarrow Y'_3 = 4,223$$

$$O \rightarrow Y'_5 = 31,08$$

$$N \rightarrow Y'_2 = 150,266$$

Entonces se tiene que los productos de combustión.



$$m_{gc} = 6,92(44) + 150,27(28) + 4,223(18) + 0,055(64) + 31,08(32)$$

$$m_{gc} = 5\,586,188 \text{ kg}$$

### Participación másica

$$g_{CO_2} = \frac{304,48}{5586,188} * 100 = 5,45\%$$

$$g_{N_2} = \frac{4207,56}{5586,188} * 100 = 75,32\%$$

$$g_{CO_2} = \frac{76,068}{5586,188} * 100 = 1,36\%$$

$$g_{CO_2} = \frac{3,52}{5586,188} * 100 = 0,065\%$$

$$g_{CO_2} = \frac{994,56}{5586,188} * 100 = 17,8\%$$

Cuadro N.º 3. Características generales de los carbones en el Perú.

CARACTERÍSTICAS DEL CARBÓN Y RESERVAS	CUENCA DEL ALTO CHICAMA	CUENCA DEL SANTA	CUENCA DE OYÓN - GAZUNA		CUENCAS DE GOYLLARISQUISGA Y JATUNHUASI		PIÑA-PATA Y TUCO	YACIMIENTO DE TUMBES
			OYÓN	GAZUNA	GOYLLAR	JATUN.		
Tipo de carbón (ASTM)	Antracita	Antracita - metantracita	Semi bituminoso	Antracita - semi antracita	bituminoso y sub-bituminoso		Antracita	Lignito
Humedad (%)	4,0 - 12,0	4,0 - 6,0	6	6		6,0 - 10,0	4,0 - 4,5	9,0 - 18,0
Materia volátil (%)	2,5 - 12	3,0 - 6,0	16 - 22	6,0 - 14,0	23,4	32,0 - 38,0	4,0 - 6,0	27,0 - 32,0
Cenizas (%)	8,0 - 10,0	7,0 - 12,0	6,0 - 12,0	5,0 - 10,0	54	6,0 - 20,0	6,0 - 35,0	20,0 - 36,0
Azufre (%)	1,0 - 2,5	0,5 - 1,0			12,1	0,60 - 2,0	0,6 - 1,2	4,0 - 5,0
Carbón fijo (%)	80 - 85	80 - 85	65 - 75	70 - 80	22,6	40 - 60	52,0 - 85,0	20,0 - 30,0
Poder calorífico (kcal/Kg)	7000-7500	6000-7500	7000-7600	6500 - 7500		5000-7000	6400-7600	2700-4300
Densidad (TM/m <sup>3</sup> )	1,6							
Reservas (TM)	Probadas + probables	59000000	48800000	26000000		1251000	813000	
	Posibles	250000000	1,058E+09	42000000		5000000	60000000	50000000

#### 5.4.3.5. Dimensionamiento del Scrubber

##### Balace de energía en caldera de 60 BHP

$$\overline{PCI} = \frac{14000(\text{leña}) + 22400(\text{carbon})}{2} = 18200$$

$$h_{g.c.} = Cp * T_{cal} = 1310 \text{ kJ/Kg}$$

$$h_{air} = Cp * T_{air} = 40.28 \text{ KJ/kg}$$

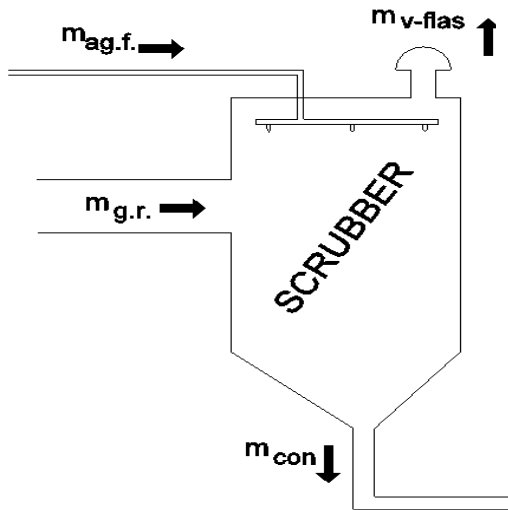
$$R_{air-cble} = \frac{PCI - h_{g.c.}}{h_{g.c.} - h_{air}} = 13.3 \frac{\text{Kg aire}}{\text{Kg fuel}}$$

Para el flujo masico de combustible a consumir:

$$\dot{m}_{cble} = \frac{\dot{m}_v(h_v - h_{h2o})}{\eta_{cal} * (PCI + R_{air-cble} * h_{air})} = 0.027 \text{ kg/seg} = 97.63 \text{ Kg/hr}$$

Por conservación de masas

$$\dot{m}_{g.c.} = 0.3861 \text{ kg/seg}$$



$$h_x = T_x * Cp_x$$

$$h_{g.r.} = 250 * 1.11 = 277.5 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{h20-fri} = 20 * 4.187 = 83.74 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{v-flas} = 2683.1 \text{ kJ/kg} \rightarrow P_{v-flas} = 1.2 \text{ bar}; X = 1$$

$$h_{m.z.} = 131.5 \text{ kJ/kg}$$

### Balance de masa y energía en Scrubber:

$$(\dot{m}_{g.c.} * h_{g.r.}) + (\dot{m}_{h20-f} * h_{h20-fri}) = (\dot{m}_{v-flas} * h_{v-flas}) + (\dot{m}_{mz} * h_{m.z.})$$

Por recomendación el vapor flash generado debe estar entre 4 a 6 %, en este caso vinculándolo también con el tema de costo elegimos el de 5.5%

$$\dot{m}_{g.c.} * h_{g.r.} + \dot{m}_{h20-f} * h_{h20-fri} = 0.055(\dot{m}_{g.c.} + \dot{m}_{h20-f}) * h_{v-flas} + 0.945(\dot{m}_{g.c.} + \dot{m}_{h20-f}) * h_{m.z.}$$

$$\dot{m}_{h20-f} = 0.074294 \text{ Kg/seg}$$

$$\dot{m}_{h20-f} = 4.4442 \text{ litros/min}$$

### 6.4.3.6. Dimensionamiento de soportes de componentes

- Soporte intercambiador

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \text{Gravedad}$$

$$m_{inter} = 140 \text{ kg} \quad \text{Masa de estructura de intercambiador}$$

$$\bar{\rho}_{vap} = 462 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Densidad promedio de vapor}$$

$$\bar{\rho}_{agua} = 996,7 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Densidad promedio del agua}$$

$$d_{ext} = 12,7 \text{ mm} \quad \text{Diámetro exterior de tubo}$$

$$d_{int} = 9,4 \text{ mm} \quad \text{Diámetro interno del tubo}$$



$$N_{tubos} = 48$$

Número de tubos

$$L_{tubo} = 1,84 \text{ m}$$

Longitud del tubo

$$D_{int} = 254 \text{ mm}$$

Diámetro interno de coraza

$$v_{tub} = \frac{\pi}{4} (d_{ext})^2 * L_{tubo} * N_{tubos}$$

$$v_{tub} = 0,01118 \text{ m}^3$$

$$v_{agua} = \frac{\pi}{4} (D_{int})^2 * L_{tubo} - v_{tub}$$

$$v_{agua} = 0,082 \text{ m}^3$$

$$m_{agua} = \bar{\rho}_{agua} * v_{agua}$$

$$m_{vap} = 81.73 \text{ kg}$$

$$v_{vap} = \frac{\pi}{4} (d_{int})^2 * L_{tubo} * N_{tubos}$$

$$v_{vap} = 6,129 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m_{vap} = \bar{\rho}_{vap} * v_{vap}$$

$$m_{vap} = 2,384 \text{ kg}$$

$$P = \sum m * g$$

$$P = 2202,93 \text{ N}$$

Se seleccionará el perfil ideal en función del peso del intercambiador en operación. El peso total del intercambiador esta soportado en 3 escuadras, por lo cual su peso será dividido en 3 puntos.

$$P_{escu} = 0,7343 \text{ KN}$$

Fuerza en cada escuadra

$$FS = 2$$

Factor de seguridad de diseño

$$\sigma_{adm} = 250 \text{ MPa}$$

Esfuerzo admisible del acero ASTM A36

$\gamma = 77008,5 \text{ N/m}^3$  Gravedad específica del acero ASTM A36

$L = 0,58 \text{ m}$  Longitud de escuadra

$$s_{nec/escu} = \frac{P * FS}{\sigma_{adm} - \gamma * L}$$

$$s_{nec/escu} = 5,8775 \text{ mm}^2$$

Por lo que se seleccionó el perfil “U” estructural de 4”x5mm, debido a que su superficie es de 947,86 mm<sup>2</sup> lo suficiente para soportar toda la carga, además la cara plana ofrece una mayor superficie de contacto.

- **Soporte Scrubber**

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  Gravedad

$m_{scru} = 105 \text{ kg}$  Masa de estructura del scrubber

$\bar{\rho}_{gc} = 0.7 \text{ kg/m}^3$  Densidad promedio gases de combustión

$\bar{m}_{agua} = 4 \text{ kg}$  Masa promedio del agua

$v_{scru} = 0,01 \text{ m}^3$  (Volumen del Scrubber)

$$m_{gc} = \bar{\rho}_{gc} * v_{scru}$$

$$m_{vap} = 7 * 10^{-3} \text{ kg}$$

$$P = \sum m * g$$

$$P = 1069.35 \text{ N}$$

Se seleccionará el perfil ideal en función del peso del intercambiador en operación. El peso total del intercambiador esta soportado en 3 escuadras, por lo cual su peso será dividido en 4 puntos.

$P_{colum} = 0,267 \text{ KN}$  Fuerza en cada escuadra

$FS = 2$  Factor de seguridad de diseño

$\sigma_{adm} = 250 \text{ MPa}$	Esfuerzo admisible del acero ASTM A36
$\gamma = 77008,5 \text{ N/m}^3$	Gravedad específica del acero ASTM A36
$L = 2,119 \text{ m}$	Longitud de escuadra

$$S_{nec/colum} = \frac{P * FS}{\sigma_{adm} - \gamma * L}$$

$$S_{nec/colum} = 6,15 \text{ mm}^2$$

Por lo que se seleccionó el perfil un tubo rectangular de 100x50x2.0mm, debido a que su superficie es de 584 mm<sup>2</sup> lo suficiente para soportar toda la carga.

- **Calculo cimentación de caldera**

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	Gravedad
$m_{cald} = 4329,58 \text{ kg}$	Masa de la caldera en operación
$\sigma_{adm} = 4,83 \text{ MPa}$	Esfuerzo admisible del concreto
$\gamma = 2,2 * 10^{-3} \text{ dN/m}^3$	Gravedad específica del terreno

$$b^2 = \frac{\sum P}{\sigma_{adm} - \gamma * b/2}$$

$$b * 2 = 3,3448 \text{ cm}$$

$$b = 1,672 \text{ cm}$$

A pesar de la medida encontrada será recomendable utilizar un espesor de base de 15cm.

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL**

**Atenciones preventivas** Número de aprobaciones de unidades:  
**Mantenimiento e verificar** Número de inspecciones:  
**Mantenimiento y reemplazar** Fecha de entrega:  
**Mantenimiento y ajustar** FOLIO: 01

**Fecha:** 15/12/2018

		MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL												MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL																																			
		Enero												Febrero																																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
<b>ACTIVIDADES DE CASO</b>																																																	
<b>QUINCENAL</b>																																																	
1. Inspeccionar sistema e internet																																																	
2. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
3. Limpieza de agua caliente fregadero por la conexión a los tubos para eliminar posibles																																																	
4. Inspección del motor eléctrico, Limpiar y revisión de sus partes																																																	
5. Revisar o reemplazar los cables de alambrado para la extracción de incrustaciones o																																																	
6. Limpieza de la zona de fregadero																																																	
<b>DIARIO</b>																																																	
1. Verificar nivel de agua, combustión																																																	
2. Limpieza de conductos y drenaje de sus partes																																																	
3. Revisión de componentes eléctricos -verificarlos, bases de senso, instrumentación																																																	
4. Fuga de agua, limpiar y de superficie																																																	
5. Inspección de aguas fluyentes del recipiente																																																	
6. Limpieza de tuberías de tuberías de fuga, inspección de caídas de agua																																																	
<b>TRIMESTRAL</b>																																																	
1. Limpieza e inspección del sistema del escape																																																	
2. Revisión del estado de la cámara de escape de escape de conexión																																																	
3. Limpieza de indicador de nivel																																																	
4. Inspección de líneas de escape																																																	
5. Limpieza de interior de depósito																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de agua de fregadero y revisión de fuga																																																	
3. Limpieza y revisión de tuberías																																																	
4. Revisión de partes de tuberías																																																	
5. Revisión de bombas y partes de escape de tuberías																																																	
6. Verificar el funcionamiento de tuberías y accesorios																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
<b>SEMANAL</b>																																																	
1. Limpieza del sistema de drenaje																																																	
2. Limpieza de tuberías y partes de drenaje																																																	
3. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
4. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
5. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	
6. Revisión de tuberías y partes de drenaje																																																	

## 5.5. Análisis económico

### 5.5.1. Ingreso semanal del centro recreativo durante los días de atención

INGRESO SEMANAL			
Dias	Numero de Personas	Tarifa de Ingreso/Persona	Sub- Total
Lunes	Mantto	-	-
Martes	40	S/7.00	S/280.00
Miercoles	40	S/7.00	S/280.00
Jueves	40	S/7.00	S/280.00
Viernes	40	S/7.00	S/280.00
Sabado	60	S/9.00	S/540.00
Domingo	60	S/9.00	S/540.00
Eventos nocturnos	1	S/650.00	S/650.00
TOTAL			S/2,200.00

### 5.5.2. Precio del carbón mineral en Trujillo

		TONELADAS	Soles/kilogramo
PRECIO	S/ 5,000.00	25	S/ 0.20
CARBON	S/ 2,500.00	25	S/ 0.10

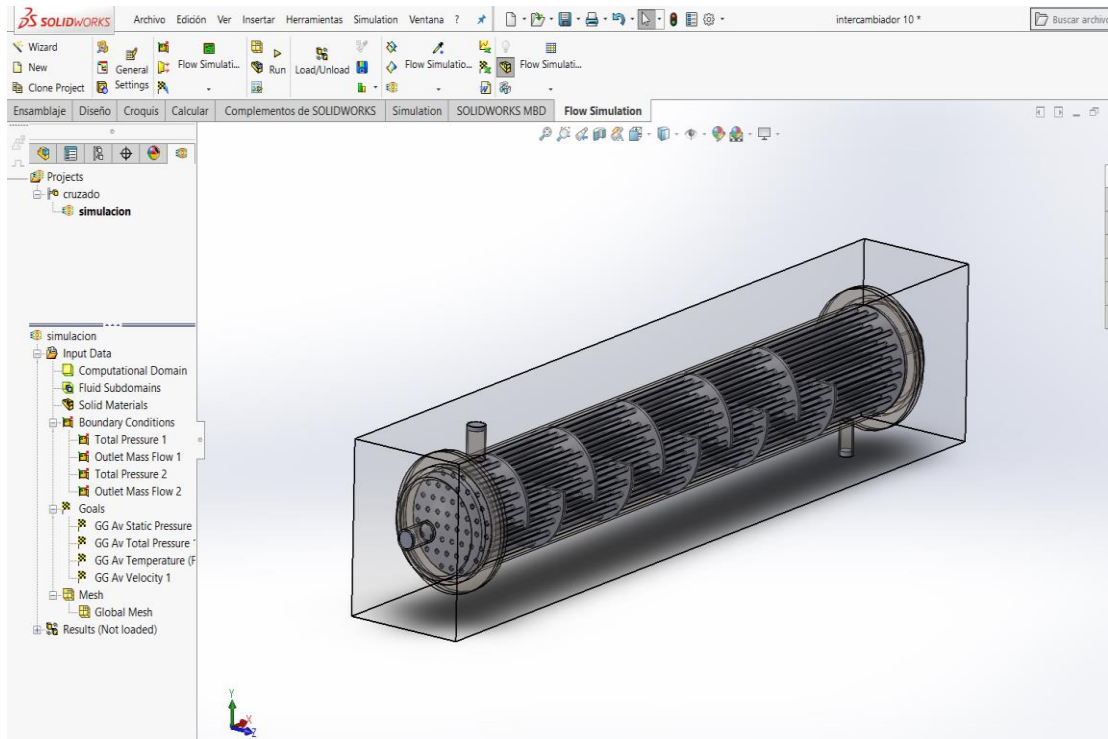
### 5.5.3. Costo de operación del sistema.

Costo de operación	S/ 234.31	Unidades
Flujo de combustible	97.63	Kg/hr
Tiempo de opracion	12	hr
Precio Combustible	0.2	Soles
Eventos Nocturnos	2	Veces/mes

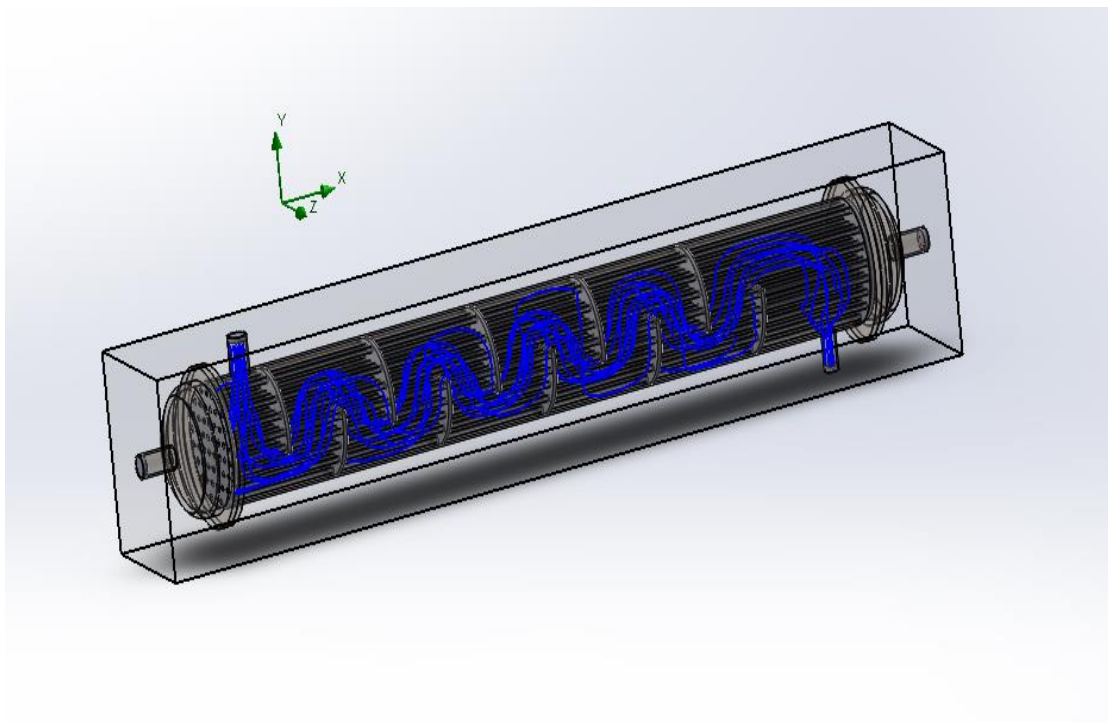
### 5.5.4. Resultados de gastos generales e ingresos

Ingreso Mensual		S/10,100.00
Gastos Generales del Sistema	Costo de operación Mensual Normal	S/ 5,623.49
	Costo de Operación Mensual de Eventos Nocturnos	S/ 468.62
	Costo de mantenimineto	S/ 1,850.00
	Ingresos	
	Flujo de caja mensual	S/ 2,157.89
	Flujo de caja anual	S/25,894.66

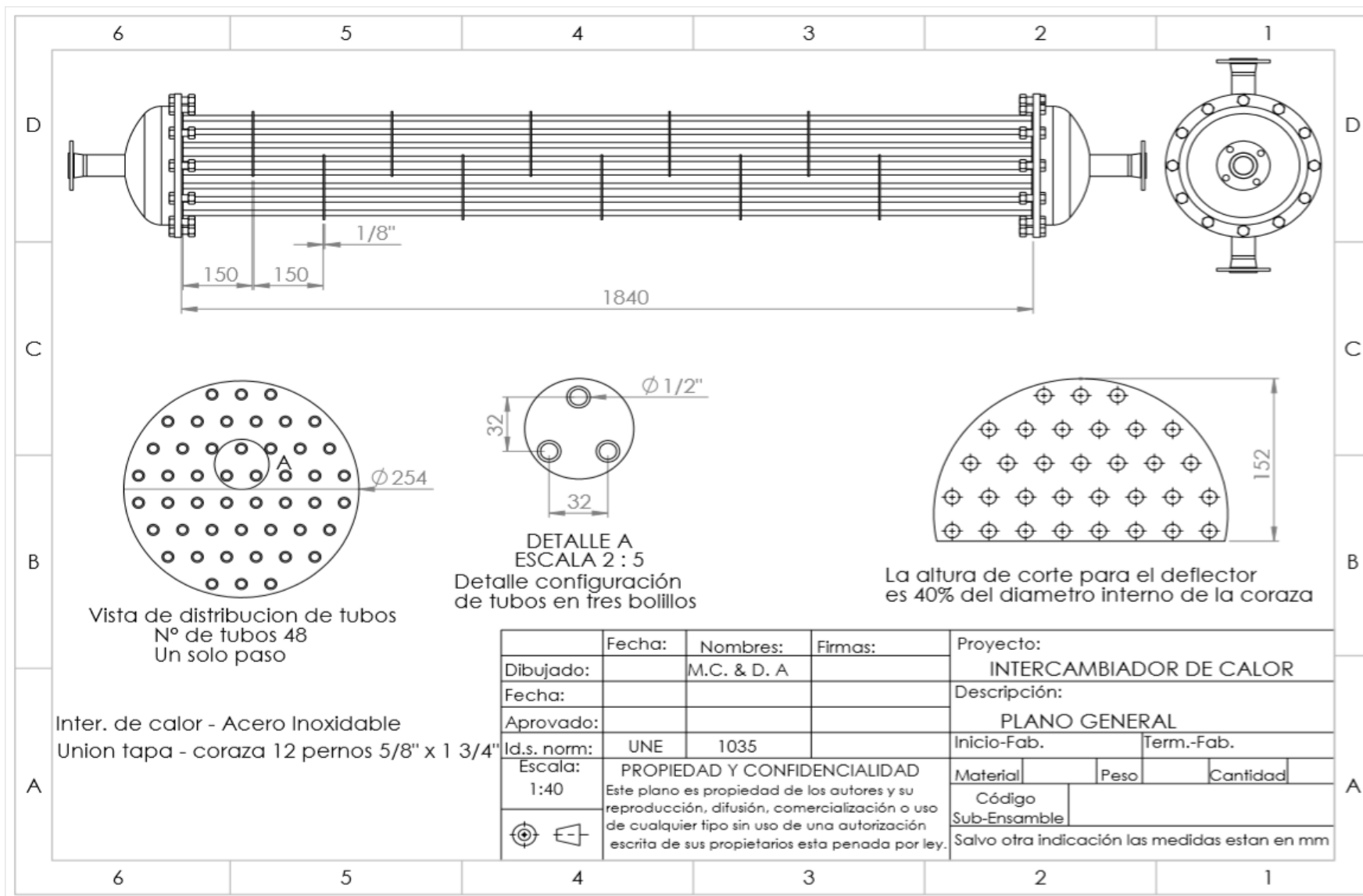
## ***Anexo N°06: Diseño de intercambiador de calor en Software SolidWorks***



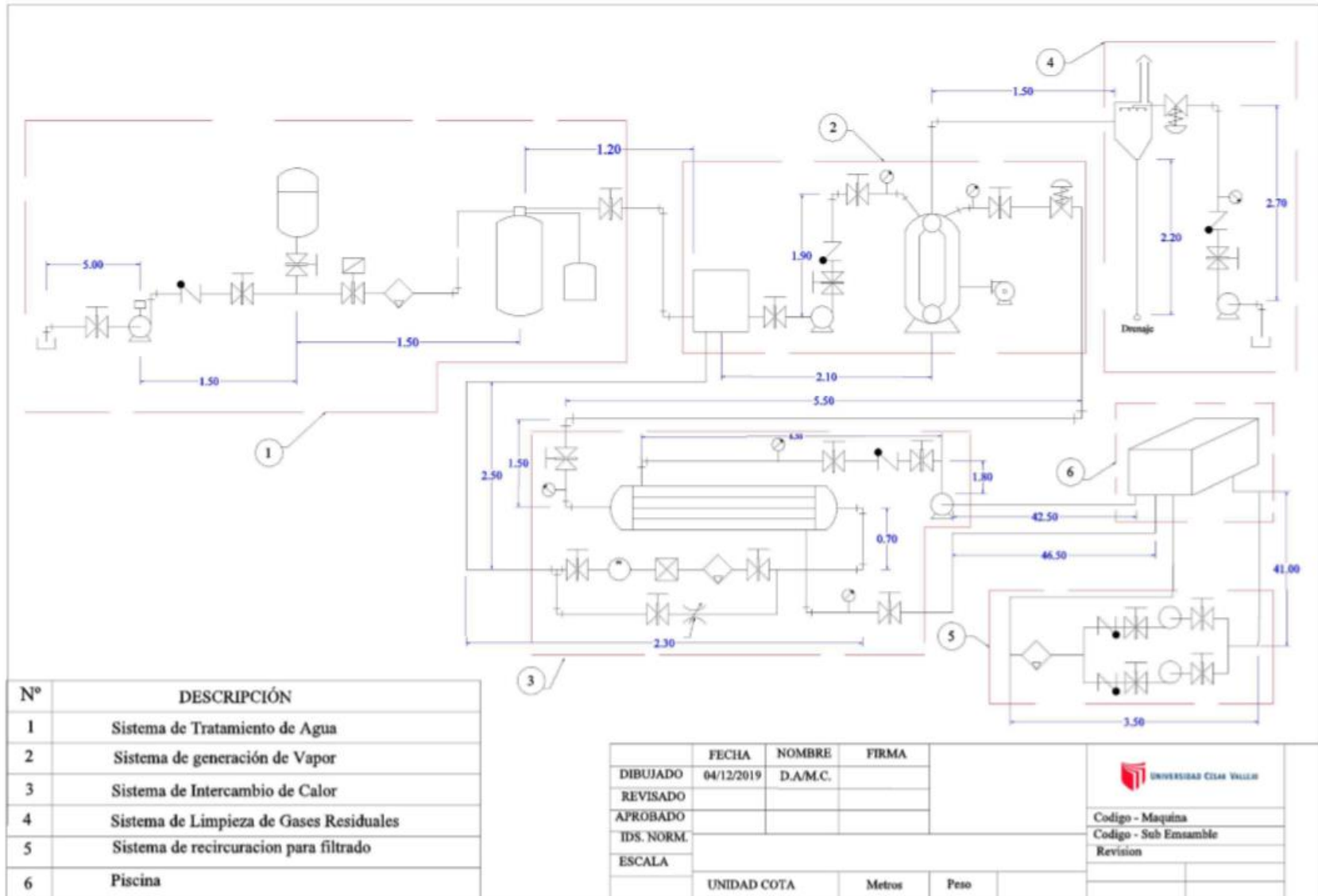
## ***Anexo N°07: Recorrido del agua de piscina dentro del intercambiador de calor***



**Anexo N°08: Plano general del intercambiador de calor**

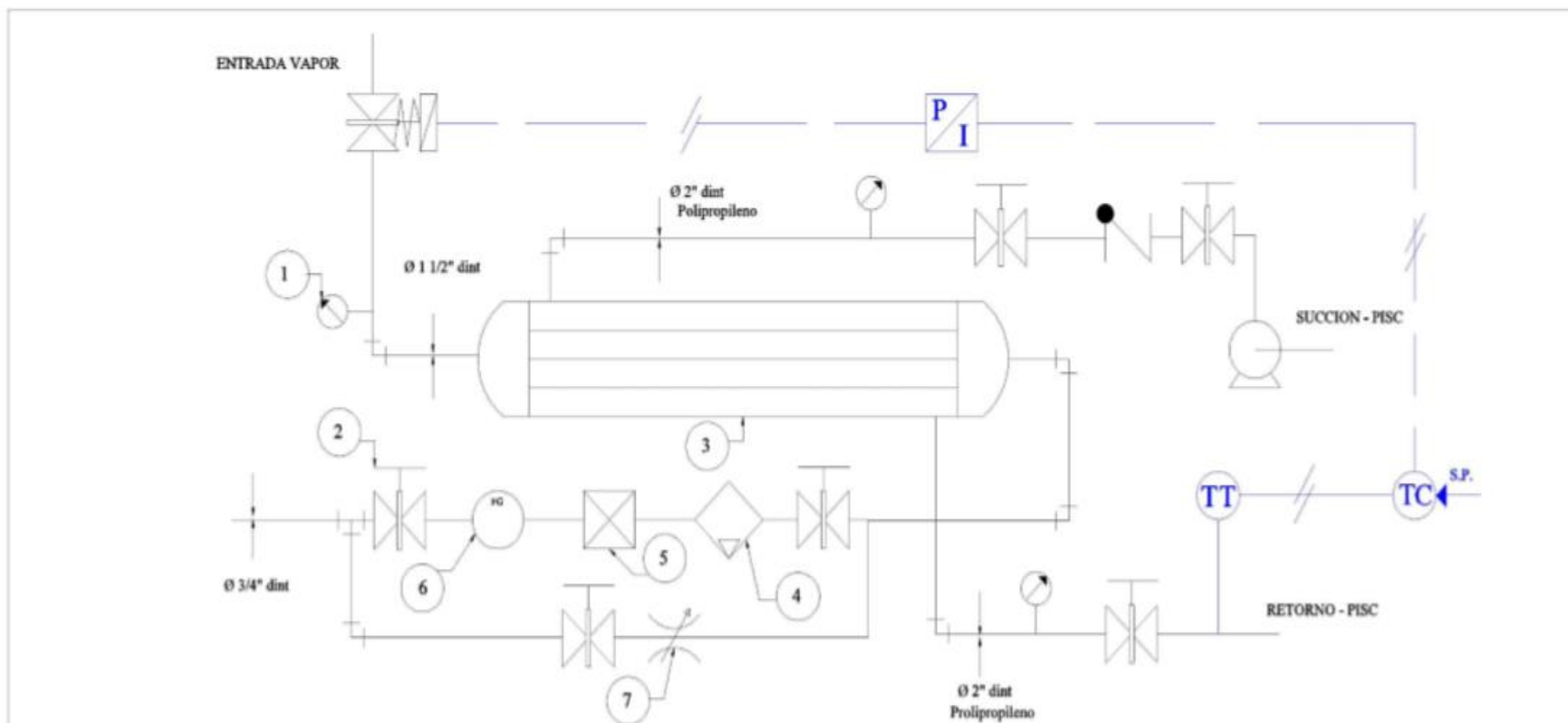


**Anexo N°09: Plano general de sistema de climatización automática de piscina.**





*Anexo N°10: Plano del sistema de control automático de Intercambio de Calor.*



N°	Descripción	Cantidad
1	Termómetro	3
2	Válvula de paso	6
3	Intercambiador de Calor	1
4	Elemento filtrante	1
5	Trampa de Vapor - Spirit Sarco	1
6	Visor de Flujo	1
7	Reductora de Presión Variable	1

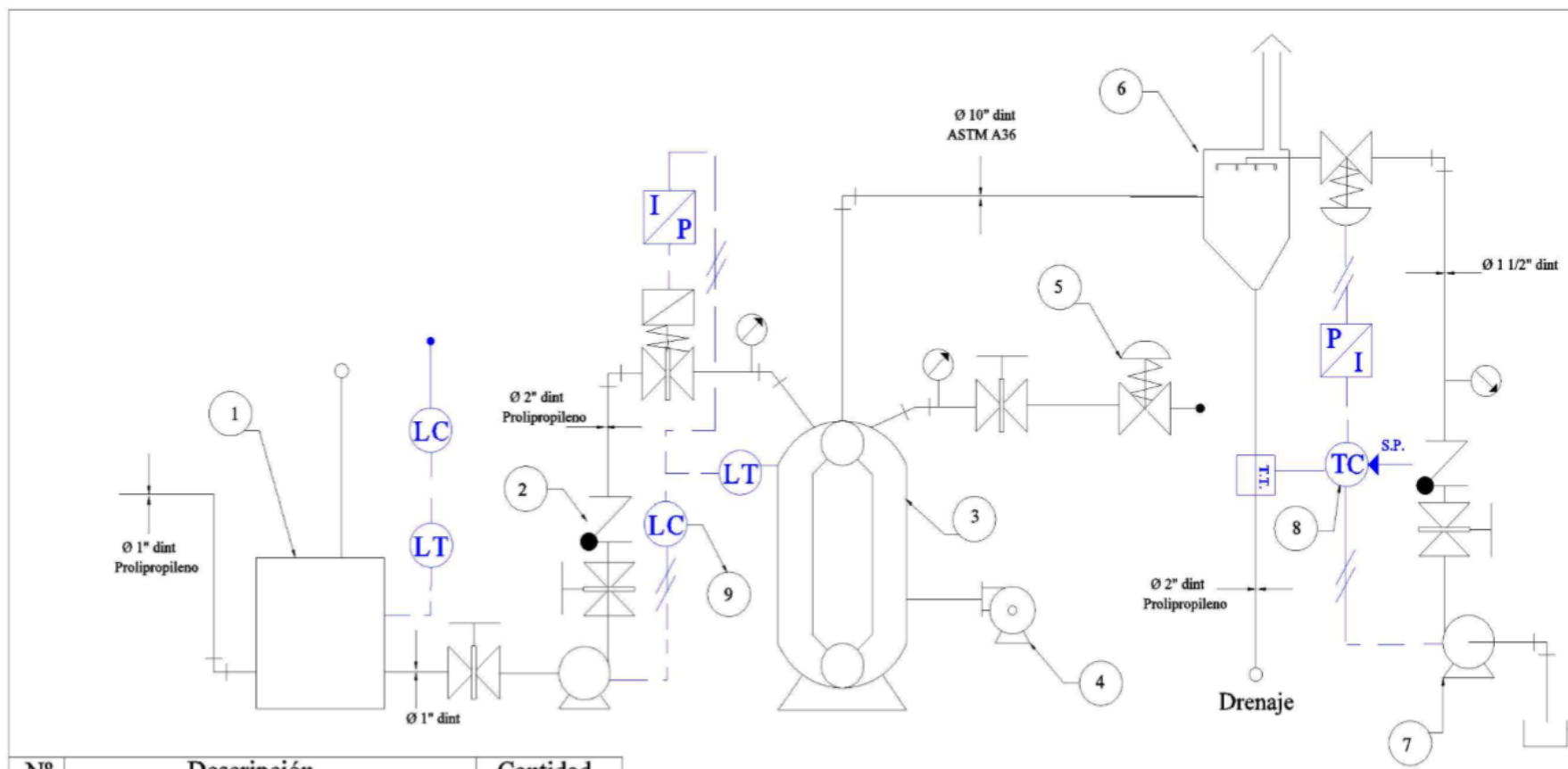
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Dibujado:		A.R./M.C.	
Revisado:			
Aprobado:			
Ids.norm:			
Escala:	Sistema Intercambiador de Calor		
Material	Cantidad	Peso	



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Codigo - sistema	
Codigo - Sub ensamble	
Tren	
Revision	
Inicio-Fabri.	


*Anexo N°11: Plano del Sistema de control automático de Generación de Vapor.*



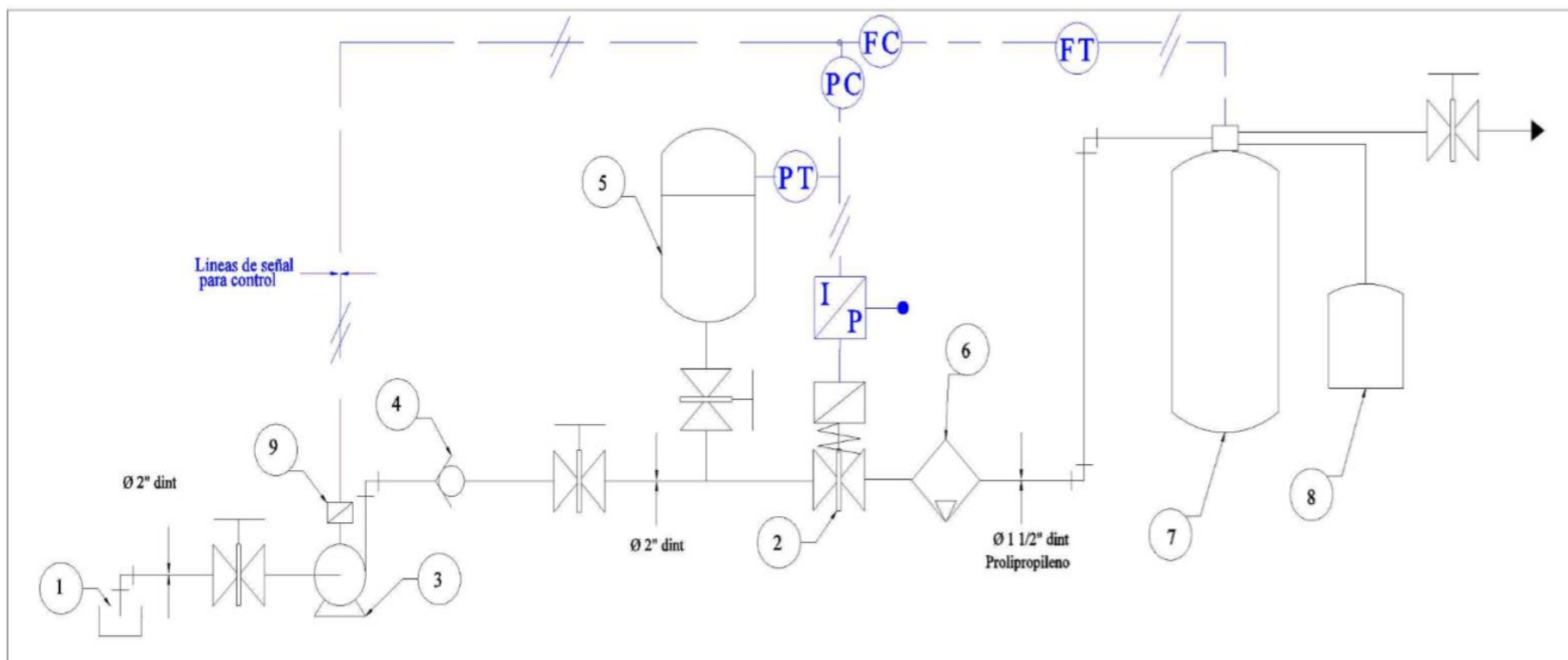
N°	Descripción	Cantidad
1	Tanque de condensado	1
2	Válvula Anti-retorno	2
3	Caldero	1
4	Ventilador de tiro forzado	1
5	Válvula reguladora de presión	1
6	Scrubber	1
7	Electrobomba de agua	2
8	Controlador de temperatura	1
9	Controlador de nivel	1

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Dibujado:		E.A./M.C.	
Revisado:			
Aprobado:			
Ids.norm:			
Escala:	<b>Sistema Generación Vapor</b>		
Material	Cantidad	Peso	


 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
Codigo - sistema	
Codigo - Sub ensamble	
Tren	
Revision	
Inicio-Fabri.	

*Anexo N°12: Plano de Sistema de control automático de Tratamiento de Agua.*



N°	Descripción	Cantidad
1	Deposito de Agua	1
2	Electroválvula de paso	1
3	Electrobomba de agua	1
4	Válvula Anti-retorno	1
5	Tanque Hidroneumático	1
6	Elemento filtrante	1
7	Reductora de Presión Variable	1
8	Tanque Salero	1
9	Puerto de señal	2

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Dibujado:		E.A./M.C.	
Revisado:			
Aprobado:			
Ids.norm:			
Escala:	<b>Sistema Tratamiento de Agua</b>		
Material	Cantidad	Peso	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Codigo - sistema	
Codigo - Sub ensamble	
Tren	
Revision	
Inicio-Fabri.	

## Anexo N°13: Diseño de Estructura de Soporte de Scrubber

The image shows a SolidWorks Premium 2018 x64 Edition interface. The main window displays a 3D model of a scrubber support structure, which is a tall, rectangular frame with a circular top ring and two side arms. The structure is composed of several vertical and horizontal beams connected by diagonal bracing. The model is shown in a perspective view.

The left sidebar contains the Feature Tree, listing the following features:

- soporte scruber (Predeterminado)
- Historial
- Sensores
- Anotaciones
- Lista de cortes(65)
- ASTM A36 Acero
- Alzado
- Planta
- Vista lateral
- Origen
- Pieza soldada
- Croquis3D1
- H-100 TUBO RECT. 2X1 IN(1)
- H-100 TUBO RECT. 2X1 IN(2)
- Recortar/Extender1
- Recortar/Extender2
- Croquis15
- MatrizL1
- Croquis3D2
- H-100 TUBO RECT. 2X1 IN(4)
- Recortar/Extender3
- Recortar/Extender4
- Recortar/Extender5
- Recortar/Extender6
- Croquis3D3
- H-100 TUBO RECT. 2X1 IN(5)
- Tapa en extremo1
- Tapa en extremo2
- Cortar-Extruir1
- MatrizL2
- Base de montaje PLATINA(1)

The right sidebar shows the 'Propiedades físicas' (Physical Properties) dialog box for the part 'soporte scruber.SLDPRT'. The dialog box contains the following information:

soporte scruber.SLDPRT

Reemplazar las propiedades de masa... Recalcular

Incluir sólidos/componentes ocultos

Crear operación de centro de masa

Mostrar masa de cordón de soldadura

Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --

Propiedades de masa de soporte scruber

Configuración: Predeterminado <Como mecanizada>

Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 7850.000 kilogramos por metro cúbico

Masa = 116.193 kilogramos

Volumen = 0.015 metros cúbicos

Área de superficie = 14,205 metros cuadrados

Centro de masa: ( metros )

X = 0.352

Y = 0.290

Z = -1.349

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( kilogram

Medido desde el centro de masa.

$I_x = ( 0.008, 0.000, 1.000 )$	$P_x = 19.060$
$I_y = ( 1.000, 0.000, -0.008 )$	$P_y = 66.305$
$I_z = ( 0.000, 1.000, 0.000 )$	$P_z = 68.546$

Momentos de inercia: ( kilogramos \* metros cuadrados )

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordena

$L_{xx} = 66.302$	$L_{yy} = 0.000$	$L_{xz} = 0.000$
$L_{yx} = 0.000$	$L_{yy} = 68.546$	$L_{yz} = 0.000$
$L_{zx} = 0.366$	$L_{zy} = 0.000$	$L_{zz} = 15.000$

Momentos de inercia: ( kilogramos \* metros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

$I_{xx} = 287.604$	$I_{yy} = 11.854$	$I_{xz} = -5.000$
$I_{yx} = 11.854$	$I_{yy} = 294.455$	$I_{yz} = -4.000$

Ayuda Imprimir... Copiar al portapapeles

SOLIDWORKS Premium 2018 x64 Edition

MMGS

## Anexo N°14: Diseño de Soportes para Intercambiador de Calor

The image shows the SolidWorks interface with a 3D model of a support structure. The 'Propiedades físicas' (Physical Properties) dialog box is open, displaying the following information:

**Propiedades físicas**

Baranda revatible PLATINA(2)[2]  
 Baranda revatible PLATINA(2)[3]  
 Baranda revatible PLATINA(2)[4]  
 Cortar-Extruir3[1]

Reemplazar las propiedades de masa... Recalcular

Incluir sólidos/componentes ocultos  
 Crear operación de centro de masa  
 Mostrar masa de cordón de soldadura  
 Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --

Propiedades de masa de selected Solid Bodies:  
 Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 7850.00 kilogramos por metro cúbico  
 Masa = 34.12 kilogramos  
 Volumen = 0.00 metros cúbicos  
 Área de superficie = 1.59 metros cuadrados

Centro de masa: ( metros )  
 X = 2.18  
 Y = 1.62  
 Z = -2.32

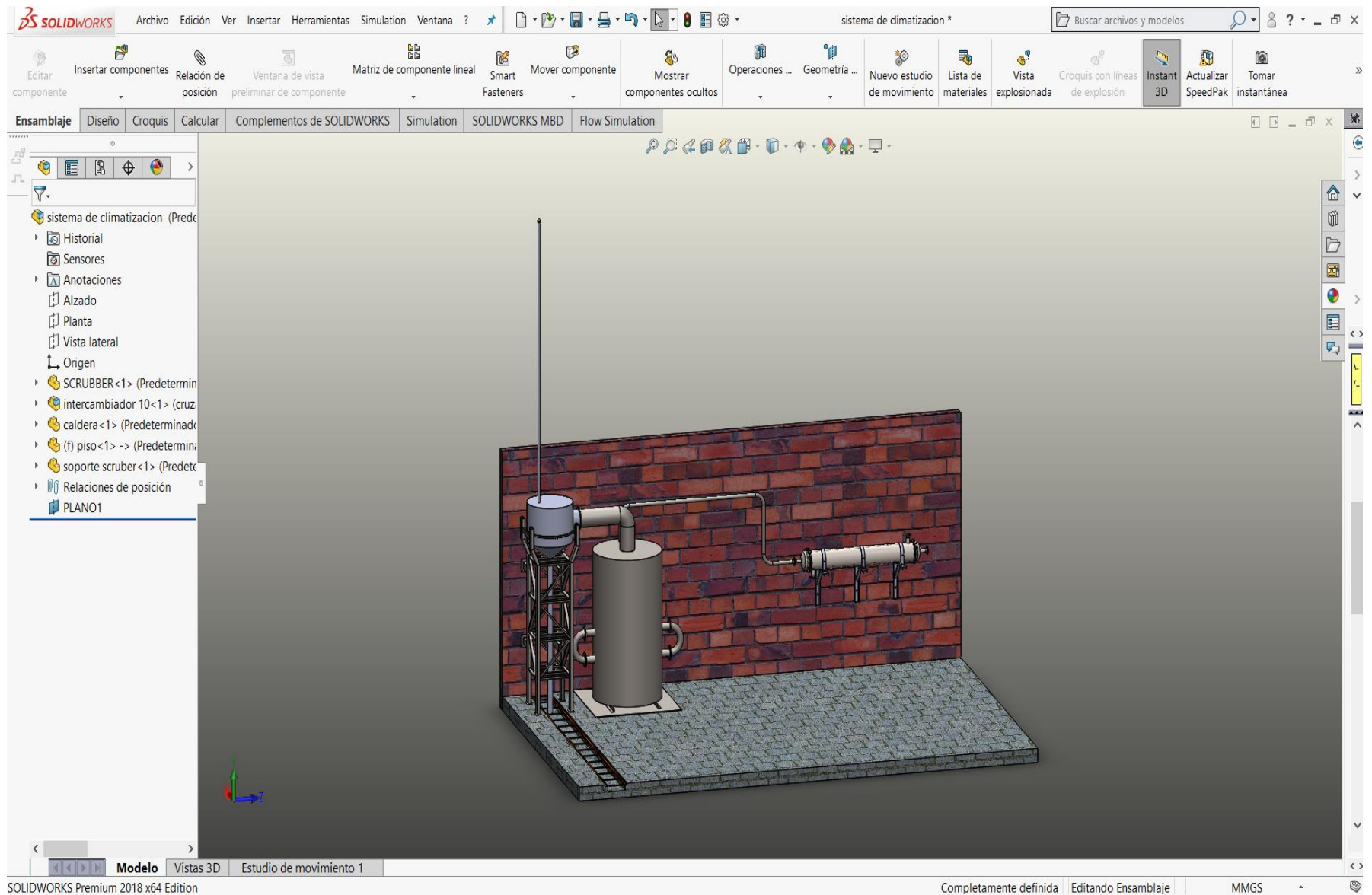
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( kilogramos \* Medido desde el centro de masa.  
 Ix = ( 1.00, 0.00, 0.00) Px = 2.51  
 Iy = ( 0.00, 0.79, 0.62) Py = 11.00  
 Iz = ( 0.00, -0.62, 0.79) Pz = 12.59

Momentos de inercia: ( kilogramos \* metros cuadrados )  
 Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas  
 Lxx = 2.51 Lxy = 0.00 Lxz = 0.00  
 Lyx = 0.00 Lyy = 11.61 Lyz = 0.77  
 Lzx = 0.00 Lzy = 0.77 Lzz = 11.99

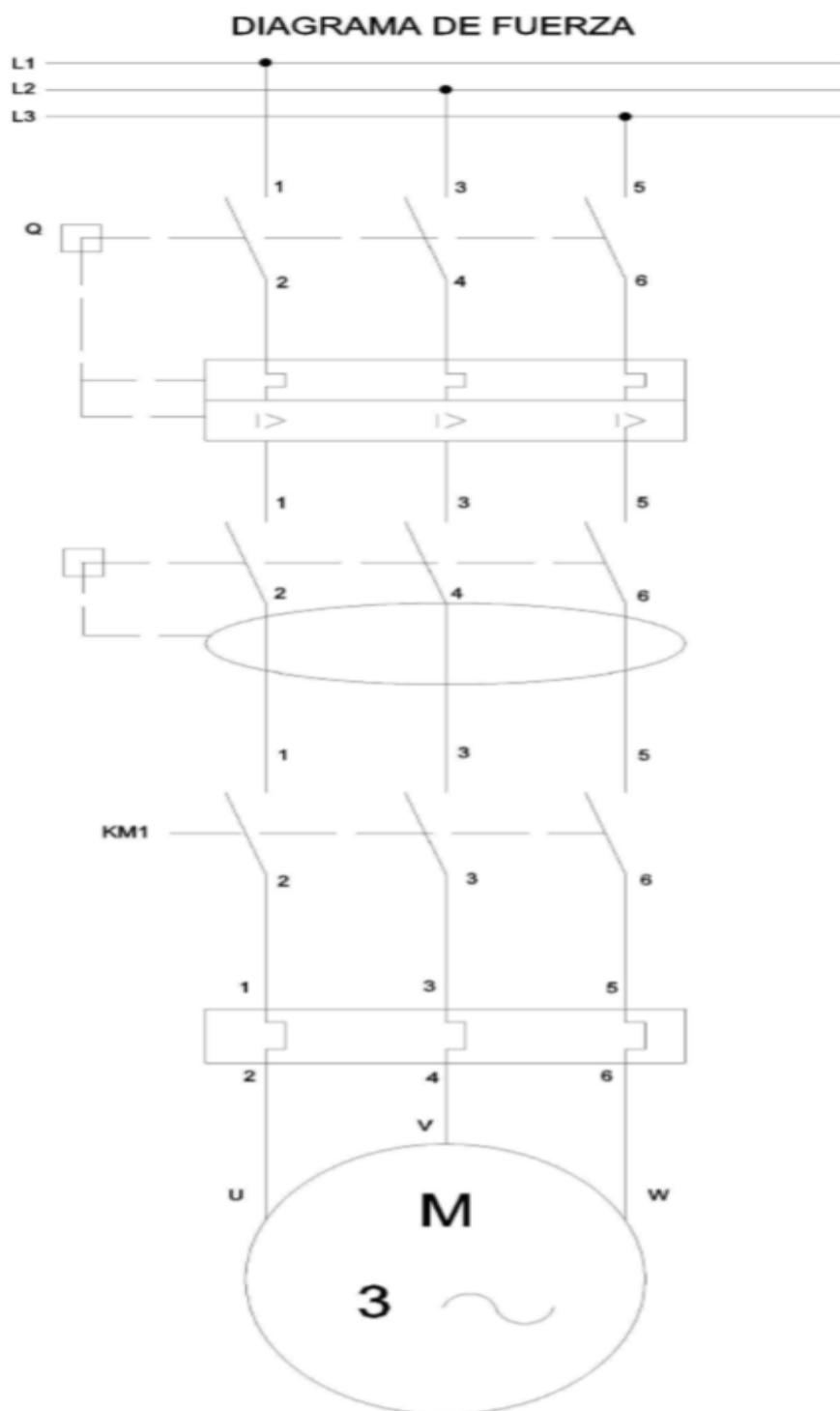
Momentos de inercia: ( kilogramos \* metros cuadrados )  
 Medido desde el sistema de coordenadas de salida.  
 Ixx = 275.96 Ixy = 120.27 Ixz = -172.8  
 Iyx = 120.27 Iyy = 358.00 Iyz = -127.4  
 Izx = -172.84 Izy = -127.43 Izz = 263.34

Ayuda Imprimir... Copiar al portapapeles

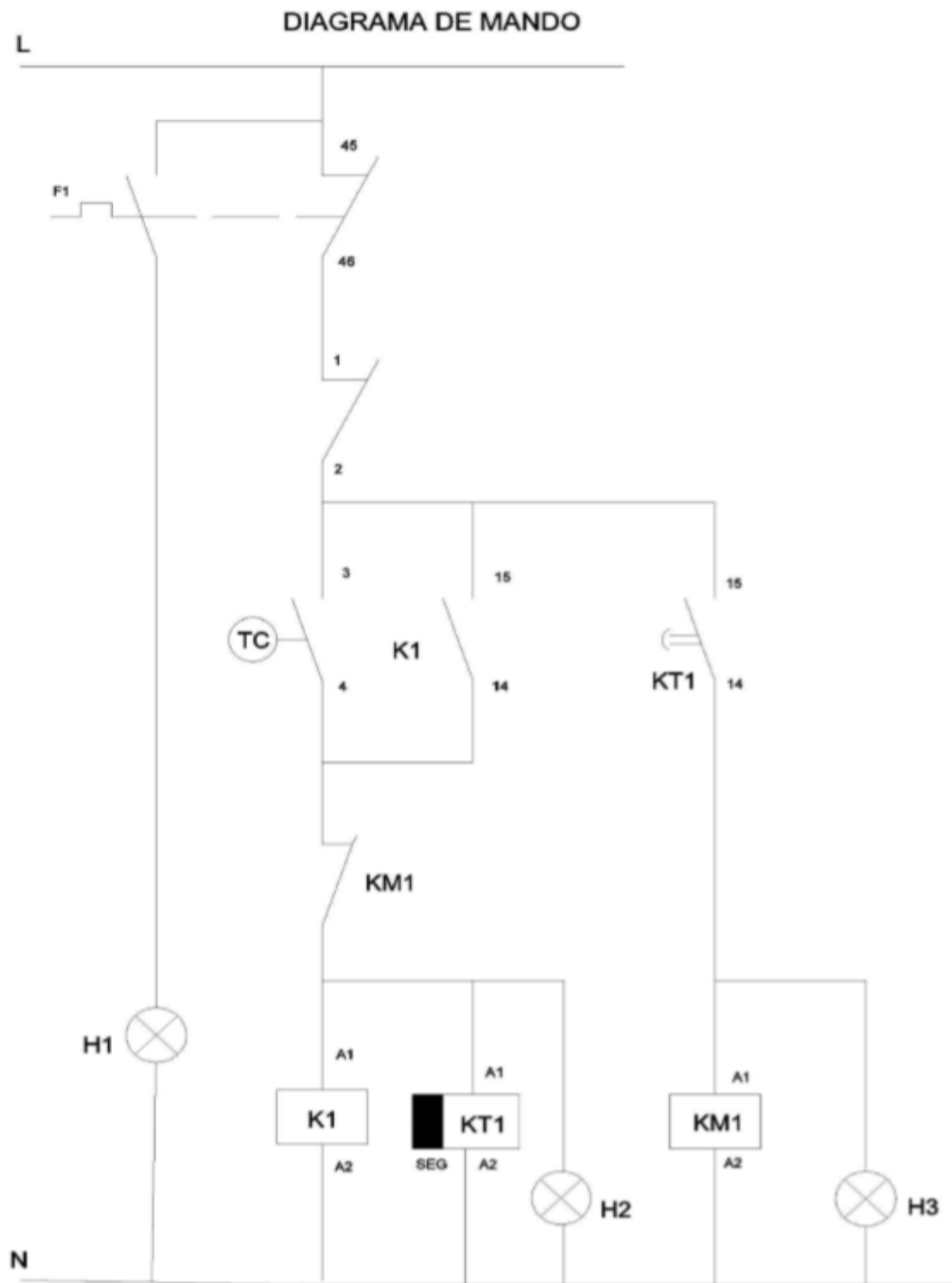
## Anexo N°15: Representación 3D de la instalación Principal de Generación de Vapor



*Anexo N°16: Diagrama Eléctrico de Potencia para Encendido de motores eléctricos*



*Anexo N°17: Diagrama Eléctrico de Mando para Encendido de motores eléctricos*





Anexo N°18: Catalogo de tuberías de vapor

COTAIN, S.A.



**DIMENSIONES Y PESO DEL TUBO DE ACERO SOLDADO Y SIN SOLDADURA ASTM - API (m/m. y Kg/m.)**

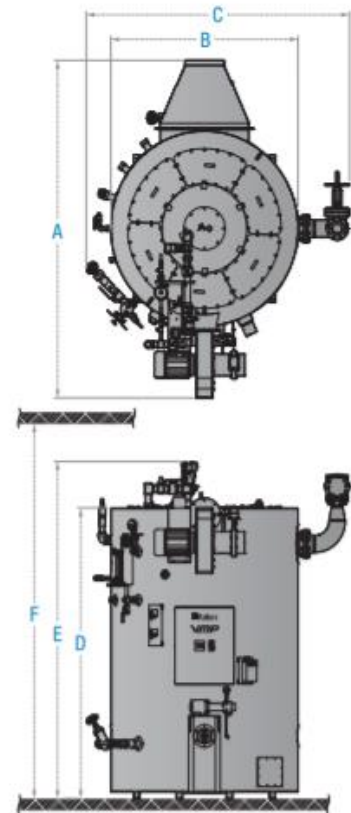
Ø Nominal	Ø Exte.	Sch. 5S	Sch. 10S	Sch. 10	Sch. 20	Sch. 30	STD Y 40 S	Sch. 40	Sch. 60	X5 Y 80 S	Sch. 80	Sch. 100	Sch. 120	Sch. 140	Sch. 160	XXS		
1/8"	10,3	—	1,24 0,28	—	—	—	—	1,73 0,36	—	—	2,41 0,46	—	—	—	—	—		
1/4"	13,71	—	1,65 0,49	—	—	—	—	2,24 0,63	—	—	3,02 0,80	—	—	—	—	—		
3/8"	17,14	—	1,65 0,63	—	—	—	—	2,31 0,85	—	—	3,2 1,10	—	—	—	—	—		
1/2"	21,34	1,65 0,80	2,11 1,00	—	—	—	—	2,77 1,27	—	—	3,73 1,62	—	—	—	4,78 1,94	7,47 2,55		
3/4"	26,7	1,65 1,03	2,11 1,28	—	—	—	—	2,87 1,68	—	—	3,91 2,19	—	—	—	5,56 2,90	7,82 3,63		
1"	33,40	1,65 1,29	2,77 2,08	—	—	—	—	3,38 2,50	—	—	4,55 3,23	—	—	—	6,35 4,18	9,09 5,45		
1 1/4"	42,2	1,65 1,65	2,77 2,69	—	—	—	—	3,56 3,38	—	—	4,85 4,47	—	—	—	6,35 5,58	9,70 7,76		
1 1/2"	48,3	1,65 1,90	2,77 3,12	—	—	—	—	3,68 4,05	—	—	5,08 5,41	—	—	—	7,14 7,22	10,16 9,55		
2"	60,32	1,65 2,38	2,77 3,93	—	—	—	—	3,91 5,44	—	—	5,54 7,48	—	—	—	8,74 11,08	11,07 13,45		
2 1/2"	73,02	2,11 3,68	3,05 5,26	—	—	—	—	5,16 8,62	—	—	7,01 11,41	—	—	—	9,52 14,88	14,02 20,41		
3"	88,90	2,11 4,52	3,05 6,45	—	—	—	—	5,49 11,29	—	—	7,62 15,27	—	—	—	11,13 20,98	15,24 27,67		
3 1/2"	101,60	2,11 5,17	3,05 7,40	—	—	—	—	5,74 13,57	—	—	8,08 18,63	—	—	—	—	—		
4"	114,30	2,11 5,81	3,05 8,34	—	—	—	—	6,02 16,07	—	—	8,50 22,31	—	—	11,13 28,35	—	13,49 33,53	17,12 41,02	
5"	141,30	2,77 9,45	3,40 11,56	—	—	—	—	6,55 21,78	—	—	9,52 30,95	—	—	—	12,7 40,28	—	15,88 49,09	19,05 57,42
6"	168,30	2,77 11,31	3,40 13,82	—	—	—	—	7,11 28,26	—	—	10,97 42,56	—	—	14,27 54,20	—	18,26 67,55	21,95 79,18	
8"	219,10	2,77 14,78	3,76 19,94	—	6,35 33,31	7,04 36,79	8,18 42,53	10,31 52,88	12,7 64,63	15,09 81,46	18,26 95,95	21,44 114,74	25,40 132,74	28,58 154,94	33,34 172,14	38,11 195,94	45,02 230,41	
10"	273,00	3,40 22,62	4,19 27,83	—	6,35 41,77	7,8 51,00	9,27 60,29	12,7 81,54	15,09 102,38	18,26 124,12	21,44 148,12	25,40 178,12	28,58 209,44	33,34 244,12	38,11 294,12	45,02 344,12	54,02 404,12	
12"	323,85	3,96 33,00	4,57 36,00	—	6,35 49,72	8,38 65,20	9,52 73,82	10,31 79,67	14,27 108,96	17,48 132,01	21,44 159,52	25,40 186,77	28,58 206,96	33,34 238,11	38,11 281,38	45,02 338,38	54,02 404,12	
14"	355,60	3,96 34,23	4,78 41,30	6,35 54,68	7,92 67,94	9,52 81,28	10,31 81,28	11,13 94,49	15,09 126,49	19,05 158,08	23,83 194,90	27,79 224,42	31,57 253,14	35,71 281,38	—	—	—	
16"	406,40	4,19 41,60	4,78 47,29	6,35 62,63	7,92 77,86	9,52 93,21	10,31 93,21	12,7 123,29	16,64 159,98	21,44 186,12	26,19 224,42	30,96 254,32	36,52 286,44	40,49 332,32	46,49 364,85	—	—	
18"	457,20	4,19 46,83	4,78 53,26	6,35 70,59	7,92 87,79	9,52 122,36	10,31 105,14	12,7 151,91	14,27 205,80	19,05 139,19	23,83 254,59	29,36 309,44	34,92 363,19	39,69 408,01	45,24 459,18	—	—	
20"	508,00	4,78 59,22	5,54 68,50	6,35 78,54	9,52 117,07	12,7 155,10	10,31 117,07	15,09 183,12	20,62 247,85	27,79 255,10	32,54 310,90	38,10 440,93	44,45 509,00	50,01 564,14	—	—	—	
22"	558,80	—	—	6,35 86,50	9,52 129,01	12,7 171,01	10,31 129,01	—	22,22 224,04	12,7 171,01	28,58 373,58	34,92 451,14	41,98 526,82	47,62 599,74	53,98 671,18	—	—	
24"	609,60	5,54 82,60	6,35 94,45	6,35 94,45	9,52 140,94	14,27 209,54	10,31 140,94	17,48 255,14	24,61 354,64	12,7 186,92	30,96 441,10	38,89 546,92	46,02 639,18	52,3 718,94	59,54 806,61	—	—	
26"	660,40	—	—	—	7,92 127,50	12,7 202,83	—	9,52 152,87	—	—	12,7 202,83	—	—	—	—	—	—	
28"	711,20	—	—	—	7,92 137,42	12,7 218,73	15,88 272,18	9,52 164,80	—	—	12,7 218,73	—	—	—	—	—	—	
30"	762,00	—	—	—	7,92 147,36	12,7 234,64	15,88 292,06	9,52 176,73	—	—	12,7 234,74	—	—	—	—	—	—	
32"	812,80	—	—	—	7,92 157,28	12,7 250,55	15,88 311,95	9,52 188,66	17,48 342,70	—	12,7 250,55	—	—	—	—	—	—	
34"	863,60	—	—	—	7,92 162,20	12,7 266,46	15,88 331,83	9,52 200,59	17,48 364,58	—	12,7 266,46	—	—	—	—	—	—	
36"	914,40	—	—	—	7,92 177,13	12,7 282,36	15,88 351,72	9,52 212,52	19,05 420,56	—	12,7 282,36	—	—	—	—	—	—	
38"	965,2	—	—	—	—	—	—	9,52 224,45	—	—	12,7 298,27	—	—	—	—	—	—	
40"	1.016,00	—	—	—	—	—	—	9,52 236,38	—	—	12,7 314,18	—	—	—	—	—	—	
42"	1.066,80	—	—	—	—	—	—	9,52 248,31	—	—	12,7 330,09	—	—	—	—	—	—	
44"	1.117,6	—	—	—	—	—	—	9,52 260,25	—	—	12,7 346,00	—	—	—	—	—	—	

## Anexo N°19: Ficha Técnica de Caldera de 60BHP

### SPECIFICATIONS AT A GLANCE

MODEL:	VMP	40	49.5	50	60	80	100	130	150
<b>SPECIFICATIONS</b>									
Fuel Input (Natural Gas)	CFH	1,594	1,974	1,993	2,392	3,188	3,986	5,181	5,979
Fuel Input (Propane)	CFH	638	790	797	957	1,275	1,594	2,082	2,392
Fuel Input (#2 Oil)	GPH	11.4	14.1	14.3	17.1	22.8	28.5	37.1	42.8
Steam Output	LB/HR	1,380	1,708	1,725	2,070	2,760	3,450	4,485	5,175
Output	MBH	1,339	1,658	1,674	2,009	2,678	3,348	4,352	5,022
Water Capacity (Operating)	GAL	153	231	219	245	348	477	749	749
<b>DIMENSIONS</b>									
(A) Depth	IN	103.7	105.4	105.4	100.8	115.6	120.3	131.8	133.3
(B) Width w/o Trim	IN	50.5	54.6	54.6	54.6	63.1	69	76.8	76.8
(C) Width w/ Trim	IN	80.1	83.7	83.3	83.5	93.9	100.6	107.3	107.4
(D) Height w/o Trim	IN	89.8	93.5	93.5	99.5	105.3	106.6	119	118
(E) Height w/ Trim	IN	98.4	102.1	102.1	116.9	118.9	118.9	131.8	132.3
(F) Burner Pull Height	IN	110	115	115	125	130	132	145	145
Steam Outlet (150 psi, trim)	IN	3	3	3	3	4	4	4	4
Flue Outlet	IN	12	12	12	12	14	14	14	16
<b>WEIGHTS</b>									
Approx. Shipping Weight	LB	5,900	6,500	6,800	7,500	9,300	10,600	15,500	16,400
Approx. Operating Weight	LB	7,175	8,424	8,631	9,545	12,208	14,577	21,749	22,649

*NOTE: Specifications and dimensions are approximate and for reference purposes only. Fulton reserves the right to change specifications and/or dimensions without notice. Graphics contained in this brochure may not be representative of actual product.*



Find your local sales  
representative online at:

[www.fulton.com/sales](http://www.fulton.com/sales)



/FULTON-COMPANIES



/FULTONBOILER



@FULTONBOILER



Fulton Steam Solutions, Inc.  
972 Centerville Road  
Pulaski, NY 13142  
(315) 298-5121

Printed in the U.S.A.  
VMP\_BRD\_2017-0104



Learn more about  
Fulton products and  
services online at:  
[www.fulton.com](http://www.fulton.com)

Anexo N°20: Catalogo de boquillas de aspersión para Scrubber



BOQUILLAS *FullJet*® ASPERSIÓN ESTÁNDAR



DATOS DE DESEMPEÑO

\*A la presión indicada en bar.

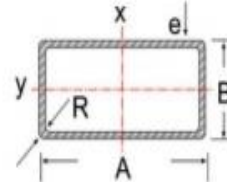
Conexión Entrada (pulg.)	Tipo de Boquilla									Tamaño	Diam. Nominal Orificio (mm)	Diam. Máximo Paso Libre (mm)	Capacidad (litros por minuto)*											Ángulo de Aspersión (°)*		
	Tipo Estándar			Montaje en Pared			Ángulo						0.4	0.5	0.7	1.5	2	3	4	6	7	10	0.5	1.5	6	
	G	GG	H	HH	GD	HD	GGD	GA	GGA																	
1/8	●	●		●	●		●			1	.79	.64	.29	.33	.38	.54	.62	.74	.85	1.0	1.1	1.3	-	58	53	
	●	●		●						1.5	1.2	.64	.44	.49	.57	.81	.93	1.1	1.3	1.5	1.6	1.9	52	65	59	
	●	●		●	●		●	●	●	2	1.2	1.0	.59	.65	.76	1.1	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.6	43	50	46	
	●	●		●	●		●	●	●	3	1.5	1.0	.88	.98	1.1	1.6	1.9	2.2	2.5	3.1	3.3	3.9	52	65	59	
	●	●		●	●		●	●	●	3.5	1.6	1.3	1.0	1.1	1.3	1.9	2.2	2.6	3.0	3.6	3.8	4.5	43	50	46	
								●	●	3.9	2.0	1.0	1.1	1.3	1.5	2.1	2.4	2.9	3.3	4.0	4.3	5.1	77	84	79	
	●	●		●	●		●	●	●	5	2.0	1.3	1.5	1.6	1.9	2.7	3.1	3.7	4.2	5.1	5.5	6.5	52	65	59	
								●	●	6.1	2.3	1.3	1.8	2.0	2.3	3.3	3.8	4.5	5.2	6.2	6.7	7.9	69	74	68	
1/4	●	●		●	●		●	●	●	6.5	2.4	1.6	1.9	2.1	2.5	3.5	4.0	4.8	5.5	6.7	7.1	8.4	45	50	46	
	●	●		●	●		●	●	●	10	3.2	1.6	2.9	3.3	3.8	5.4	6.2	7.4	8.5	10.2	11.0	13.0	58	67	61	
								●	●	12.5	3.2	1.6	3.7	4.1	4.8	6.8	7.7	9.3	10.6	12.8	13.7	16.2	69	74	68	
3/8	●	●		●	●		●	●	●	9.5	2.6	2.4	2.8	3.1	3.6	5.1	5.9	7.1	8.1	9.7	10.4	12.3	45	50	46	
	●	●		●	●		●	●	●	15	3.6	2.4	4.4	4.9	5.7	8.1	9.3	11.2	12.7	15.4	16.5	19.4	64	67	61	
								●	●	20	4.0	2.8	5.9	6.5	7.6	10.8	12.4	14.9	17.0	20	22	26	76	80	73	
	●	●		●				●	●	22	4.5	2.8	6.5	7.2	8.4	11.9	13.6	16.4	18.7	23	24	28	87	90	82	
1/2	●	●			●		●	●	●	16	3.5	3.2	4.7	5.2	6.1	8.7	9.9	11.9	13.6	16.4	17.6	21	48	50	46	
	●	●		●	●		●	●	●	25	4.6	3.2	7.4	8.2	9.5	13.5	15.4	18.6	21	26	27	32	64	67	61	
	●	●						●	●	32	5.2	3.6	9.4	10.4	12.2	17.3	19.8	24	27	33	35	41	72	75	68	
	●	●		●				●	●	40	6.2	3.6	11.8	13.1	15.2	22	25	30	34	41	44	52	88	91	83	
								●	●	50	6.7	4.0	14.7	16.3	19.1	27	31	37	42	51	55	65	91	94	86	
3/4			●	●		●				2.5	4.9	4.4	8.7	9.6	11.2	15.9	18.2	22	25	30	32	38	48	50	46	
			●	●		●				4.0	6.4	4.4	13.9	15.4	18.0	26	29	35	40	48	52	61	67	70	63	
			●	●		●				7.0	9.5	5.2	24	27	31	45	51	61	70	84	91	107	89	92	84	
1			●	●		●				4.2	6.0	5.6	14.6	16.2	18.9	27	31	37	42	51	54	64	48	50	46	
			●	●		●				7.0	8.3	5.6	24	27	31	45	51	61	70	84	91	107	67	68	62	
			●	●						8.0	9.5	5.6	28	31	36	51	58	70	80	97	104	122	72	81	82	
			●	●						10	11.9	5.6	35	38	45	64	73	88	100	121	130	153	78	90	94	
			●	●						12	11.9	6.4	42	46	54	77	87	105	120	145	155	183	89	92	84	

El Diámetro de Máximo Paso Libre es el diámetro máximo de materia que puede pasar a través de la boquilla sin taparla.

BOQUILLAS DE  
CONO LLENO

## Anexo N°21: Catalogo Tubo Rectangular Estructural para Soporte de Scrubber

**MultiAceros** PUERTA EN SERVICIO



### Rectangulares

Norma ASTM A-500

<b>Descripción</b>	Producto que se obtiene a partir de bobinas estructurales laminadas en caliente, habilitadas previamente en flejes y con soldadura por alta frecuencia por resistencia eléctrica (HF ERW)							
<b>Características Generales</b>	Largo	6 a 12 m		<b>Tolerancias</b>	Longitud	0 / +20 mm		
	Punta	Recta			Espesor de pared	±10%		
	Superficie	Negro ligeramente aceitados			Rectitud	≤ 2mm / metro total ≤ 0.2%		
<b>Usos</b>	Para la fabricación de estructuras en general, puentes, tijerales, columnas, vigas, postes, naves industriales, etc.							
							Radio de esquina externo	Máximo según ASTM A500

Lado A	Lado B	Espesor e	Largo	Propiedades										Código	Tiras por paquete	
				Peso		Área	Ejes X-X				Ejes Y-Y					
				kg / m	kg / 6m		cm <sup>2</sup>	I	W	I	I	W	I			
mm	mm	mm	m	kg / m	kg / 6m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	
30	20	1,50	6	1,06	6,36	1,35	1,59	1,06	1,08	0,84	0,84	0,79	300203002015	120		
30	20	2,00	6	1,36	8,16	1,74	1,94	1,29	1,06	1,02	1,02	0,77	300203002020	120		
40	20	1,50	6	1,30	7,80	1,65	3,27	1,63	1,41	1,10	1,10	0,81	300204002015	120		
40	20	2,00	6	1,68	10,08	2,14	4,05	2,02	1,38	1,34	1,34	0,79	300204002020	120		
40	30	1,50	6	1,53	9,18	1,95	4,38	2,19	1,50	2,81	1,87	1,20	300204003015	120		
40	30	2,00	6	1,99	11,94	2,54	5,49	2,75	1,47	3,51	2,34	1,18	300204003020	120		
50	20	1,50	6	1,53	9,18	1,95	5,77	2,31	1,72	1,35	1,35	0,83	300205002015	104		
50	20	2,00	6	1,99	11,94	2,54	7,23	2,89	1,69	1,67	1,67	0,81	300205002020	104		
50	30	1,50	6	1,77	10,62	2,25	7,54	3,01	1,83	3,42	2,28	1,23	300205003015	104		
50	30	2,00	6	2,31	13,86	2,94	9,54	3,81	1,80	4,29	2,86	1,21	300205003020	104		
50	30	3,00	6	3,30	19,80	4,21	12,83	5,13	1,75	5,70	3,80	1,16	300205003030	104		
60	40	1,50	6	2,24	13,44	2,85	14,39	4,80	2,25	7,71	3,86	1,64	300206004015	70		
60	40	2,00	6	2,93	17,58	3,74	18,41	6,14	2,22	9,83	4,92	1,62	300206004020	70		
60	40	3,00	6	4,25	25,50	5,41	25,38	8,46	2,17	13,44	6,72	1,58	300206004030	70		
70	30	2,00	6	2,93	17,58	3,74	22,22	6,35	2,44	5,86	3,91	1,25	300207003020	84		
70	30	3,00	6	4,25	25,50	5,41	30,57	8,74	2,38	7,90	5,26	1,21	300207003030	84		
80	40	2,00	6	3,56	21,36	4,54	37,36	9,34	2,87	12,72	6,36	1,67	300208004020	50		
80	40	3,00	6	5,19	31,14	6,61	52,25	13,06	2,81	17,56	8,78	1,63	300208004030	50		
80	40	4,00	6	6,71	40,26	8,55	64,79	16,20	2,75	21,49	10,74	1,59	300208004040	50		
100	50	2,00	6	4,50	27,00	5,74	25,67	10,27	2,12	74,98	15,00	3,62	300210005020	32		
100	50	3,00	6	6,60	39,60	8,41	36,06	14,42	2,07	106,46	21,29	3,56	300210005030	32		
100	50	4,00	6	8,59	51,54	10,95	44,95	17,98	2,03	134,14	26,83	3,50	300210005040	32		
100	50	5,00	6	10,48	62,88	13,36	52,45	20,98	1,98	158,19	31,64	3,44	300210005050	32		
150	50	2,00	6	6,07	36,42	7,74	37,20	14,88	2,19	207,53	27,67	5,18	300215005020	24		
150	50	3,00	6	8,96	53,76	11,41	52,65	21,06	2,15	298,55	39,81	5,12	300215005030	24		
150	50	4,00	6	11,73	70,38	14,95	66,16	26,47	2,10	381,39	50,85	5,05	300215005040	24		
150	50	5,00	6	14,41	86,46	18,36	77,87	31,15	2,06	456,29	60,84	2,05	300215005050	24		

## Anexo N°22: Catalogo de Perfil Estructural para soporte de Intercambiador de Calor

### CANALES "U" STANDARD AMERICANO

**Descripción:** Producto que tiene una sección transversal en forma de U, y que se obtiene por Laminación de Tochos de Acero Estructural que son precalentados hasta una temperatura de 1250°C.

**Usos:** En la fabricación de estructuras metálicas como vigas, viguetas, carrocerías.

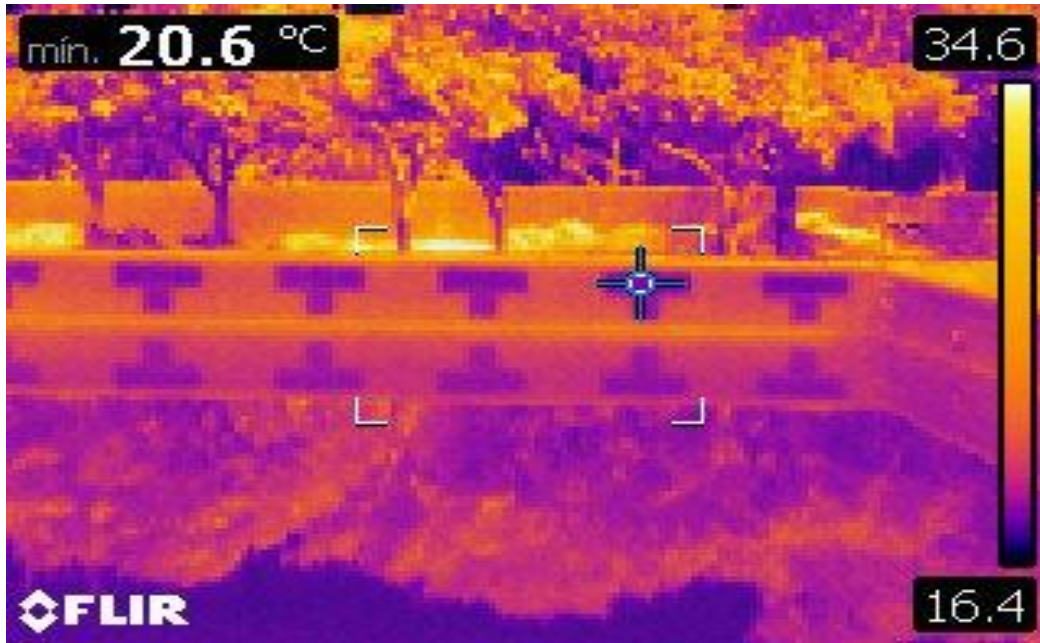
### PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TÉCNICA	F Kg/mm2	R Kg/mm2	A %	NORMA EQUIVALENTE
ASTMA-36	25.3 min	41 min	20 min	JIS G-3101 SS400
ASTMA-572 GR 50	35.2 min	46 min	16 min	DIN 17100 St 52.3
ASTMA-992	35.2 min	46 min	18 min	JIS G-3106 SM490 YA

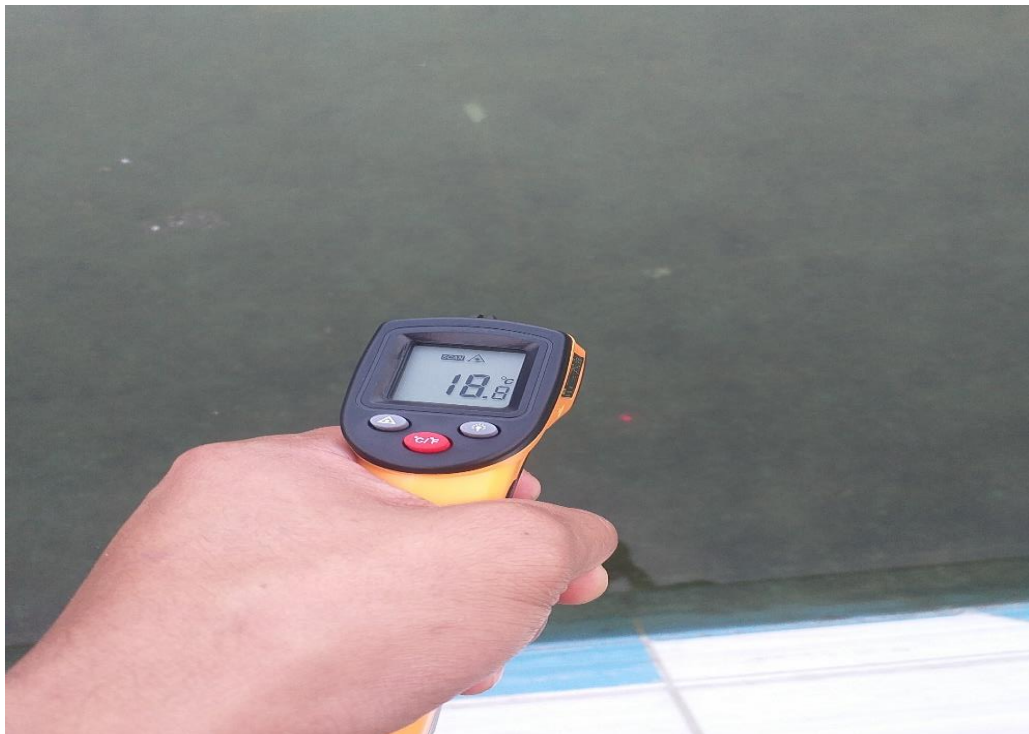
### DIMENSIONES Y PESO UNITARIO Y CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN

Designación pulg x lb / pie x	AREA DE SECCIÓN A Pulg.2	ALTURA d Pulg	A LA		ESPEROR ALMA Tw pulg	Peso kg/m	EJE X - X			EJE Y - Y			r X Pulg
			ANCHO b pulg	ESPESESOR t pulg			I Pulg4	S Pulg3	r Pulg	I' Pulg4	S' Pulg3	r' Pulg	
2" x 2.58	0.76	2.00	1.000	0.187	0.187	3.82	0.378	0.378	0.744	0.080	0.088	0.295	0.319
3" x 4.1	1.19	3.00	1.410	0.273	0.170	6.10	1.6	1.1	1.17	0.20	0.21	0.41	0.44
5.0	1.46	3.00	1.498	0.273	0.258	7.44	1.8	1.2	1.12	0.25	0.24	0.41	0.44
4" x 5.4	1.56	4.00	1.580	0.296	0.180	8.00	3.8	1.9	1.56	0.32	0.29	0.45	0.46
6.25	1.82	4.00	1.647	0.296	0.247	9.30	4.190	2.093	1.512	0.372	0.311	0.449	0.453
7.25	2.12	4.00	1.720	0.296	0.320	10.80	4.5	2.3	1.47	0.44	0.35	0.46	0.46
5" x 6.7	1.95	5.00	1.750	0.320	0.190	10.00	7.4	3.0	1.95	0.48	0.38	0.50	0.49
9.0	2.63	5.00	1.885	0.320	0.325	13.40	8.8	3.5	1.83	0.64	0.45	0.49	0.48
6" x 8.2	2.39	6.00	1.920	0.343	0.200	12.20	13.0	4.3	2.34	0.70	0.50	0.54	0.52
10.5	3.07	6.00	2.034	0.343	0.314	15.63	15.1	5.0	2.22	0.87	0.57	0.53	0.50
13.0	3.82	6.0	2.16	0.343	0.437	14.60	17.3	5.78	2.13	1.05	0.64	0.52	0.51
7" x 9.8	2.85	7.00	2.090	0.366	0.210	14.60	21.1	6.0	2.72	0.98	0.63	0.59	0.58
8" x 11.5	3.36	8.00	2.260	0.390	0.220	17.10	32.3	8.1	3.10	1.3	0.79	0.63	0.58
13.75	4.03	8.00	2.34	0.390	0.303	20.50	35.8	9.0	2.99	1.5	0.85	0.61	0.55
18.75	5.03	8.00	2.53	0.390	0.487	27.9	43.9	11.0	2.82	1.97	1.01	0.60	0.56
9" x 13.4	3.89	9.00	2.430	0.413	0.230	19.90	47.3	10.5	3.49	1.8	0.97	0.67	0.61

*Anexo N°23: Toma de medición de temperatura de pared de piscina con cámara termográfica*



*Anexo N°24: Toma de medición temperatura de agua suministro*



***Anexo N°25: Toma de medición de velocidad del viento con anemómetro en la superficie de piscina***



***Anexo N°26: Toma de medición de temperatura del ambiente con cámara termográfica***



## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Mg. Guayan Huaccha Elí

Presente

**Asunto:** VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO A TRAVÉZS DE GUÍA DE ENTREVISTA, FICHA DE REGISTRO DE DATOS Y FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nos es grato comunicarnos con usted para expresarle nuestro saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes del programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, requerimos validar nuestros instrumentos con el cual recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra tesis y con la cual optaremos por el título Ingeniero.

El nombre de nuestra Tesis es: "Sistema de Climatización Automático para mantener la temperatura de confort en la Piscina del Centro Recreacional La Merced Laredo – La Libertad" y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense la presente.

Atentamente,



Elser Marcos Cruzado Cruzado  
DNI: 72096554



Elmer David Arteaga Verde  
DNI: 74660006



Observaciones (Precisar si hay suficiencia):

---

---

---

---

---

---

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     Aplicable después de corregir ( )    No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:    Mg. Guayan Huaccha Elí    DNI:

Especialidad del evaluador:

Trujillo, 11 de diciembre del 2019



Mg. Guayan Huaccha Elí

## CARTA DE PRESENTACIÓN

**Señor:** Dr. De la Rosa Bocanegra Felipe Eduardo

Presente

**Asunto:** VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO A TRAVÉS DE GUÍA DE ENTREVISTA, FICHA DE REGISTRO DE DATOS Y FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nos es grato comunicarnos con usted para expresarle nuestro saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes del programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, requerimos validar nuestros instrumentos con el cual recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra tesis y con la cual optaremos por el título Ingeniero.

El nombre de nuestra Tesis es: Sistema de Climatización Automático para mantener la temperatura de confort en la Piscina del Centro Recreacional La Merced Laredo – La Libertad” y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense la presente.

Atentamente,



---

Elser Marcos Cruzado Cruzado  
DNI: 72096554



---

Elmer David Arteaga Verde  
DNI: 74660006

Observaciones (Precisar si hay suficiencia):

---

---

---

---

---

---

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     Aplicable después de corregir ( )    No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:    Dr. De la Rosa Bocanegra Felipe Eduardo DNI: 17824219

Especialidad del evaluador:    Teoría de Control

Trujillo, 12 de diciembre del 2019

  
\_\_\_\_\_  
Dr. De la Rosa Bocanegra Felipe Eduardo

## CARTA DE PRESENTACIÓN

**Señor:** Dr. Inciso Vásquez Jorge Antonio

Presente

**Asunto:** VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO A TRAVÉZS DE GUÍA DE ENTREVISTA, FICHA DE REGISTRO DE DATOS Y FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nos es grato comunicarnos con usted para expresarle nuestro saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes del programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, requerimos validar nuestros instrumentos con el cual recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra tesis y con la cual optaremos por el título Ingeniero.

El nombre de nuestra Tesis es: Sistema de Climatización Automático para mantener la temperatura de confort en la Piscina del Centro Recreacional La Merced Laredo – La Libertad” y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense la presente.

Atentamente,



Elser Marcos Cruzado Cruzado  
DNI: 72096554



Elmer David Arteaga Verde  
DNI: 74660006

Observaciones (Precisar si hay suficiencia):

---

---

---

---

---

---

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     Aplicable después de corregir ( )    No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:    Dr. Inciso Vásquez Jorge Antonio    DNI: 26695389

Especialidad del evaluador:

Trujillo, 26 de Noviembre del 2019



Dr. Jorge Antonio Inciso Vásquez