UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARÁISO - CHILE

"DISEÑO OPTIMIZADO DE UN SISTEMA INDUSTRIAL PARA LAVADO DE PIEZAS CON APORTE DE ERNC"

VLADIMIR DAVOR LETNIC VEGA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA: Ing. RAFAEL MENA Y.

PROFESOR CORREFERENTE: Mg. Ing. RENÉ VALDENEGRO O.

SEPTIEMBRE 2018

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre, Padre, Abuelos, Pareja
y todos quienes estuvieron presentes
para que esto fuera posible.

RESUMEN EJECUTIVO

La empresa Industrias De Conjuntos Mecánicos Aconcagua, más conocida como **Cormecanica**, es la última fábrica de componentes mecánicos vehiculares del país, ella pertenece al grupo **Renault**. En la misma se realiza la manufactura de cajas de velocidades, trabajan unas 600 contribuyentes, en distintas etapas del proceso. Las piezas llegan desde la fundición y la industria las entrega en dos formas de producto terminado, caja de velocidades y repuestos. La empresa actualmente se encuentra en un plan denominado 300, las cajas SXX actualmente poseen un costo de 323 e, se pretende llegar en este desafío a 300 e, de esta manera ser más competitivos y ganar una cuota de mercado que actualmente posee la planta de Sevilla, España. Cuentan con una capacidad de 1600 cajas de cambios diarias, en esta misma línea se ha detectado uno de sus costos importantes es el consumo de energía eléctrica, las facturas por este suministro ascienden al orden de $200,000,000 mensualmente. La empresa aun no incurre en el campo de las **ERNC**, pasadas gerencias se mostraban reticentes al cambio, la rotación de personal, el posicionamiento de esta tecnología ha llevado a pensar en energías alternativas como una realidad eficiente y competitiva. En este trabajo se dará una propuesta para un sistema de precalentamiento de agua para una lavadora, la cual necesita ciertas condiciones para realizar su proceso de manera conforme y dada la criticidad de su operación no pueden alterarse sus condiciones de trabajo, principalmente en temperatura y flujo de agua caliente. Le daremos una mirada a la tecnología de paneles solares termodinámicos, estos poseen incorporación de refrigerante en su interior y bombas de calor, las cuales llevaran a producir un sistema de calentamiento del tipo de expansión mecánica directa con bomba de calor y asistencia solar. El interés en este trabajo radica en la posibilidad de replicación en los demás sistemas de la planta, así lograr una baja en el consumo eléctrico y volver a la competitividad antes obtenida en el mercado, el cual al ser global siempre está en dinámico y enérgico cambio, progreso de tecnologías y abaratamientos de procesos.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Elaborar una propuesta para un sistema de pre calentamiento de agua, optimizando el consumo de energía, por medio de Energías Renovables no Convencionales.

1.1.2. Objetivos Específicos

1.1.2.1. Definir lo Requerimientos del sistema

Mediante estudios del sistema y de su proceso definir los requerimientos, procesos, etapas, datos de consumo y capacidades del equipo a ser intervenido.

1.1.2.2. Análisis de la situación Actual

Teniendo los datos ya estudiados del equipo, lograr entender cuál es su estatus y nivel de costos en la operación realizada.

1.1.2.3. Propuesta de Sistema complementario con aporte de Energías Renovables no convencionales

Mediante los puntos anteriores y habiendo estudiado las características climáticas estudiar y definir cuál método de ERNC será el adecuado para la ocasión y su tamaño para cubrir las necesidades de la operación.

1.1.2.4. Valorización del Sistema (CAPEX, OPEX)

Entregar una propuesta económica con base en indicadores económicos.

1.1.2.5. Conclusiones del Trabajo

Una vez estudiado el tema y llegado a una conclusión del mismo, poder mirar este estudio para replicar a las demás operaciones de la planta donde sea posible abaratar costos y aliviar la carga de electricidad mediante la manera clásica y contaminante.

ABSTRACT

The company Mechanical Sets Industries Aconcagua, better known as ***Cormecanica****, is the last factory of mechanical vehicle components in the country, it belongs to the group* ***Renault****. The manufacture of gearboxes is carried out in the same place, about* 600 *contributors work, in different stages of the process. The pieces arrive from the foundry and the industry delivers them in two forms of finished product, gearbox and spare parts. The company is currently in a plan called* 300*, the SXX boxes currently have a cost of* 323€*, it is intended to reach* 300€*in this challenge, in this way to be more competitive and gain a market share that currently has the plant in Seville, Spain. They have a capacity of 1,600 daily change boxes, in this same line one of their important costs has been detected is the consumption of electricity, the bills for this supply amount to the order of $* 200*,* 000*,* 000 *monthly. The company does not yet incur in the field of* ***ERNC****, past managers were reluctant to change, the rotation of personnel, the positioning of this technology has led to thinking of alternative energies as an e*fficient *and competitive reality. In this work, a proposal for a water preheating system for a washing machine will be given, which needs certain conditions to carry out its process in a confirmed way and given the criticality of its operation its work conditions cannot be altered, mainly in temperature and flow of hot water. We will take a look at the technology of thermodynamic solar panels, these have incorporated refrigerant inside and heat pumps, which will lead to producing a heating system of direct mechanical expansion type with heat pump and solar assistance. The interest in this work lies in the possibility of replication in the other systems of the plant, thus achieving a drop in electricity consumption and return to the competitiveness previously obtained in the market, which as a global is always in dynamic and energetic change, the progress of technologies and cheapening of processes.*

GLOSARIO

1. ERNC: Energías Renovables No Convencionales
2. PST: Paneles Solares Termodinámicos
3. DL: Distribuidor de líquido
4. CAP: Colector de aspiración de gas
5. TDC: Transferencia de Calor
6. CAPEX: Inversiones de bienes capitales
7. OPEX: Gastos Operacionales
8. COP: Coeficiente de performance
9. ACS: Agua caliente sanitaria

Índice general

1.1. Objetivos iii
1.1.1. Objetivo General iii
1.1.2. Objetivos Específicos iii
1.1.2.1. Definir lo Requerimientos del sistema iii
1.1.2.2. Análisis de la situación Actual iii
1.1.2.3. Propuesta de Sistema complementario con aporte de Ener- gías Renovables no convencionales iii
1.1.2.4. Valorización del Sistema (CAPEX, OPEX) iii
1.1.2.5. Conclusiones del Trabajo iii

1. Definir los Requerimientos del Sistema **1**
1.1. Etapas del Lavado 1
1.1.1. Lavado por Spray 2
1.1.2. Enjuague por Spray 3
1.2. Esquema de Componentes Hidráulicos 3
1.3. Panel de Mandos 4

2. Análisis de la Situación Actual **6**
2.1. Situación Eléctrica 6
2.2. Consumo Eléctrico 7
2.2.1. Operación de Calentamiento para Lavado 7
2.2.2. Operación de Calentamiento para Enjuague 7

3. Propuesta de Sistema Complementario de Calentamiento de Agua con Adición de ERNC **9**
3.1. Factores Climáticos 9
3.2. Paneles Solares Termodinámicos (Pst) 10
3.3. Refrigerante 12
3.4. Funcionamiento de las Bombas de Calor 13
3.5. Coeficiente de Rendimiento (COP) 15
3.6. Principales Componentes 15
3.6.1. Evaporador 15
3.6.2. Compresor 16
3.6.3. Condensador 16
3.6.4. Válvula de Expansión 17

4. Diagrama de Mollier típico para mostrar ciclo de Refrigeración Mecánico P/H 18
4.1. Proceso 4-1 20
4.2. Proceso 1-2 20
4.3. Proceso 2-3 20
4.4. Proceso 3-4 20

5. Implementación PST 22
5.1. Herramientas para la Instalación 22
5.2. Distancia PST y Bloque Termodinámico 23
5.3. Orientación de los Paneles 24
5.4. Inclinación 24
5.5. Altura Máxima Desnivel 25
5.6. Distancia entre Paneles 26
5.7. Sentido de los Paneles 27
5.8. Distribución Espacial PST 27
5.9. Fijación 29
5.10. Distribuidor de Líquido y Colector de Aspiración de Gas 30
5.11. Lugar de Instalación Bloque Termodinámico 32
5.12. Conexiones del Bloque 33
5.13. Soldadura de Cañerías (Conexión) 34
5.13.1. Estanqueidad 36
5.13.2. Operación de Vacío 36
5.13.3. Carga de Refrigerante R-470C 37
5.13.4. Instalación Intercambiador de Calor 40

6. Propuesta de Sistema Complementario con aporte de Energías Renovables No Convencionales 42
6.1. Cálculo Potencia Térmica Necesaria 43
6.1.1. Potencia Térmica Puesta en Marcha Equipo 43
6.1.2. Potencia Térmica Requerida para Ingreso de Nueva Agua 44
6.1.3. Potencia Térmica requerida por Concepto de Pérdida de Calor en Proceso de Lavado 45
6.1.4. Pérdida de Calor por Convección con el Ambiente 46
6.2. selección Equipo con Incorporación ERNC 47
6.2.1. Potencia Térmica Consumida por la Lavadora 47
6.2.2. Cantidad de Agua en el Sistema Diariamente 48
6.3. Selección de Equipo 48

7. Valorización del Sistema 52
7.1. CAPEX 52
7.1.1. Costos de Traslados 52
7.1.2. Costos de Adquisición 53
7.2. Costos Instalación 54
7.2.1. Costos Refrigerante 56

7.2.2. Impuestos 58
7.2.3. CIF 58
7.2.4. Impuesto Ad Valorem 58
7.2.5. Impuesto al Valor Agregado 58
7.3. OPEX 59
7.3.1. Costo Anual de Energía Eléctrica 60
7.3.2. Costo Mantenimiento Equipo 60
7.3.2.1. Mantenimiento Semanal 60
7.3.2.2. Mantenimiento Primario y Aseo 61

8. Conclusión 63

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, desde la revolución industrial la quema de combustibles fósiles ha sido una constante para la generación de energía eléctrica, dado su bajo costo y alto poder calorífico el más utilizado ha sido el carbón. En función de esto se ha visto un aumento en la contaminación y por ende los gases nocivos de efecto invernadero. Los últimos años se han posicionado tecnologías desarrolladas en décadas anteriores para dejar de utilizar energía de fuentes contaminantes. Dentro de esta misma línea se han logrado bajar los costos de funcionamiento y efectividades de la captación de energía solar. Una propuesta bastante interesante es la utilización de colectores térmicos que sirven para producir agua caliente sanitaria (ACS) entre otras operaciones. En esta misma línea para generar agua caliente sanitaria se han desarrollado sistemas solares, Mediantes Paneles Solares Termodinámicos (PST), los mismos funcionan bajo el principio del ciclo de Carnot y bomba de calor súbita, funcionan con un refrigerante que a muy baja temperatura se evapora, funcionan absorbiendo energía solar, energía de la temperatura ambiente, de la lluvia y el viento. Esta tecnología requiere de cierta energía eléctrica, la cual será consumida por el compresor que requiere la bomba de calor, a pesar de esto el cociente entre el calor producido y la energía eléctrica consumida (COP) puede llegar a ser mayores a 5 : 1. La mayor ganancia de estos equipos es la continuidad dentro de su funcionamiento, si se reúnen las condiciones necesarias se puede lograr un sistema con funcionamiento continuo y durante todo el año. En este proyecto veremos una propuesta de sistema complementario con aporte de ERNC para reducir el consumo de energía de un grupo de resistencias eléctricas, las cuales trabajan en Unidad de lavado para trabajo continuo, su valorización y conclusiones del mismo. El proyecto será realizado en la última empresa manufacturera del sector automotriz del país, la Empresa manufacturera Corpmecanica, dentro de su proceso productivo se realiza la manufactura de cajas de velocidades y algunos componentes para ser vendidos como repuestos, donde la materia prima son piezas forjadas sin procesos de mecanizado, algunas piezas a medio fabricar y su productos son cajas de velocidades listas para ser ensambladas. La fábrica corresponde al grupo Renault, actualmente se encuentra produciendo cajas de velocidades para Renault y Nissan, llegando a $400,000$ unidades anuales.

El 90 % de su producción corresponde a Renault, mientras que el 10 % restante es producido para Nissan, las fábricas que consumen este producto se encuentran en México, Brasil, Francia, Colombia, Argentina, India, entre algunos consumidores.

La planta se encuentra organizada en fabricación por similitud, en manera de células, alrededor de 30 células de manufactura, la materia prima llega como forja o fundición y a medida que circula por la planta acaba como un componente de la caja de velocidades. Dentro de las Células podemos encontrar:

- Carter
- Árboles
- Piñonera
- Tratamientos Térmicos
- Diferencial
- Sincronización
- Montaje

Las piezas se mecanizan en blando, para luego pasar a T.T., una vez ocurrido eso, las piezas se encuentran en duro, esto quiere decir ya tratadas, vuelven a células de mecanizado para terminar algunas cotas y así pasar a montaje. Durante el proceso existen varios puntos de mediciones y tomas de muestras para metrología, de esta manera garantizar la calidad de cada componente, teniendo siempre en consideración que se trabaja a la micra y cualquier incidente o falta de ajuste en la maquina generara una pieza fuera de tolerancia, esto se traduce en una caja de velocidades con ruido, vibración, por lo tanto en una no conformidad. La planta se emplaza en Los Andes, en la calle San Rafael #1769, posee una superficie total de 90.000 [m^2], de los cuales existen 11.000 [m^2] cubiertos, alrededor de 600 personas trabajan en distintas labores.

Capítulo 1

Definir los Requerimientos del Sistema

La máquina que analizaremos es una unidad de lavado para trabajo continuo con accionamiento por cadena transportadora sobre guías, Marca Eisaire modelo tlp 6000 *LEBGS* , la denominación interna de la lavadora en cuestión es $LAV-29$.

1.1. Etapas del Lavado

Las piezas se cargan de forma manual, podemos encontrar 5 estaciones dentro de la misma:

- Lavado por Spray
- Barrido de Gota
- Enguague por Spray
- Barrido de Gota
- Secado por Evaporación

La misma se utiliza para el lavado de manera continua de piezas mecánicas de manufactura propia, en este caso piñones y crabots. El caso de este estudio apunta al lavado por spray y el enjuague por spray.

En los catálogos de la misma podemos encontrar los datos de consumo y capacidades del equipo, como se muestra a continuación.

1.1.1. Lavado por Spray

El sistema proyecta a presión, mediante boquillas aspersoras, una solución tenso activa en caliente, sobre las superficies a tratar. Una bomba de adecuada potencia, confiere a la solución proyectada el caudal y la presión necesaria para generar el impacto adecuado para obtener la limpieza eficaz de las piezas. Se emplean soluciones de detergentes a concentraciones comprendidas normalmente entre el 1 % y el 5 % y una temperatura del orden de los 40^oC - 60^oC, en este caso el calentamiento del agua está seteado a 45^oC.

-Consumo	
Tensión:	380 V
Frecuencia:	50 Hz
Consumo máximo de la instalación:	240 A
Consumo de agua aprox.	100 lts/h

-Volúmenes y capacidades	
Cuba de Lavado:	1150 Lts.
Volumen de contención pre filtros lavado:	5,5Lts. c/u
Cuerpo de filtro solución de lavado	27 Lts
Volumen de contención cartucho filtro:	7,2 Lts
Cuba de Enjuague:	750 Lts
Cuerpo de filtro solución de enjuague	27 Lts
Volumen de contención cartucho filtro:	7,2 Lts
Separador de aceite	80 Lts

Figura 1.1: Consumo de Agua. Fuente 1.

El agua es suministrada desde la red a una temperatura no menor a temperatura 5^oC. Luego se procede a calentar el agua, mediante 10 resistencias eléctricas, las cuales se reparten entre lavado y enjuague. En primer lugar veremos las 6 que participan en el proceso de lavado:

Resistencias de lavado	
	Montada sobre cabezal 2 “ 6 kw conex. Triángulo 380 V Q: 16,5 m^3/h P: 3 bar Cantidad 6 unidades

Figura 1.2: Resistencias de Lavado. Fuente 1.

Resistencias de enjuague	
	Montada sobre cabezal 2 “ 6 kw conex. Triángulo 380 V Q: 16,5 m^3/h P: 3 bar Cantidad 4 unidades

Figura 1.3: Resistencias de Enjuague. Fuente 1

1.1.2. Enjuague por Spray

El sistema opera proyectando sobre las piezas agua caliente a presión, mediante boquillas aspersoras. Una bomba de adecuada potencia, confiere a la solución proyectada el caudal y la presión necesaria para generar el impacto adecuado para un enjuague eficaz de las piezas. Se emplean soluciones de detergentes a concentraciones comprendidas normalmente entre el 1 % y el 5 % y una temperatura del orden de los 40^oC - 60^oC, siendo la temperatura de seteo de 45^oC. Luego para el calentamiento del agua de enjuague se tiene 4 resistencias más, sus datos se pueden ver en la siguiente tabla:

La lavadora para poder funcionar dentro de los requerimientos del sistema debe calentar el agua a una temperatura no menor de 45^oC, en el caso de bajar la temperatura se tendrán problemas en la efectividad del lavado, no logrando eliminar suciedades de aceite, otro efecto adverso será en el secado de las piezas, después del enjuague, las turbinas no serán capaces de eliminar todas las gotas que se acumulen en las piezas, dejando marcas sobre los piñones, estos efectos no son deseables ya que en el proceso siguiente estas se soldaran (Piñon+crabot).

1.2. Esquema de Componentes Hidráulicos

Para lograr una mayor claridad con respecto al equipo que analizamos, tenemos un plano esquemático del equipo a intervenir provisto por el fabricante del equipo. En el podemos observar diversas bombas, sistemas de filtrados, cubas, separadores de aceites, entre otros. Principalmente este plano nos entregara la información necesaria para realizar la operación de precalentado externa que buscamos. De nuestra consideración será que poseemos dos tanques, uno con una solución tenso activa para lavado y por el contrario el

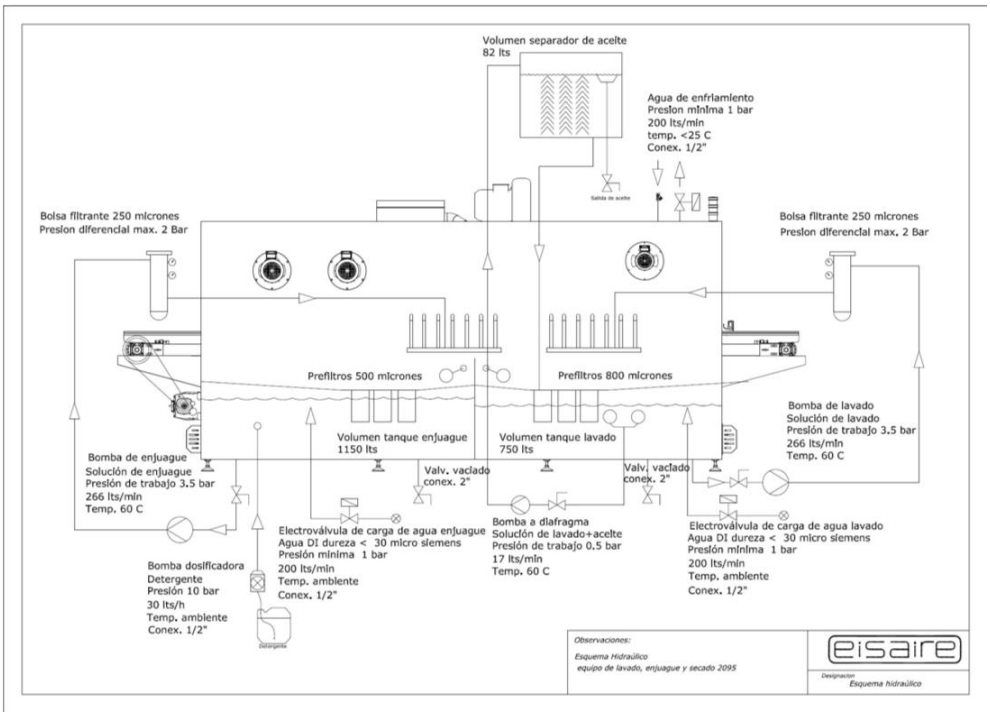

Figura 1.4: Esquema Hidráulico. Fuente 1

otro posee agua de enjuague, los cuales ambos pasaran a serán precalentados.

En este plano podemos observar diferencias en la circulación entre lavado y enjuague, para el lavado vemos que de manera extra a los dos proceso de filtrado encontramos un proceso de separación de aceite, que en el proceso de enjuague no se efectúa. Proceso necesario para la extracción de aceite de la pieza y el crabot en cuestión, ya que la pieza proveniente de mecanizado se encuentra bastante contaminada con aceite de mecanizado y fluido refrigerante de corte.

1.3. Panel de Mandos

La lavadora posee una interfaz para poder configurar su temperatura y las duraciones de los ciclos. Como se muestra continuación, los datos de seteo de temperaturas fueron extraídos de esta interfaz.

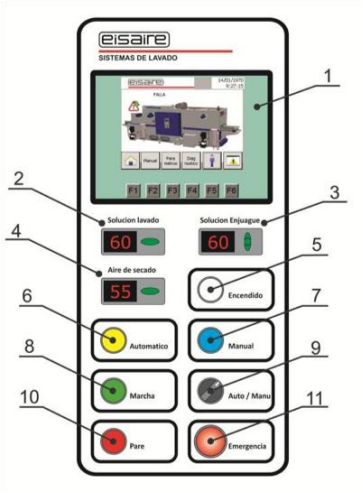

Figura 1.5: Panel de Mandos. Fuente 1

1. Panel de display y mandos táctil.
2. Indicador de temperatura de solución de lavado.
3. Indicador de temperatura de solución de enjuague.
4. Indicador de temperatura de aire de secado.
5. Piloto Blanco.(Máquina encendida)
6. Piloto Amarillo.(Máquina en Automático)
    - Encendido Fijo: Modo Automático Activo.
    - Parpadeando: Máquina en espera de régimen de temperatura y/o nivel.
7. Piloto Azul.(Modo Manual Activo)
8. Pulsador Verde en marcha.(Inicio de lavado)
9. Selector Automático/Manual.
10. Pulsador Rojo de parada.(Detención de lavado)
11. Parada de Emergencia.

Capítulo 2

Análisis de la Situación Actual

Actualmente Corpmecanica como todas las fábricas del Grupo Renault se encuentra compitiendo a nivel mundial, con sus pares en el rubro de cajas de velocidades, siempre en la mira de mantenerse competitiva tanto en costos como en estándares de fabricación.

2.1. Situación Eléctrica

Para esto se estudian sus costos de producción, para así determinar ineficiencias o fugas de recursos. En esta línea es que uno de sus ítem más altos es la corriente eléctrica, en la siguiente tabla se puede ver la facturación del año 2016, considerando que la planta ha tenido un aumento en su capacidad.

ENERGIA ELÉCTRICA (kWh)						
2016						
PERIODOS/DIAS	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
Consumo total (kWh)	1.404.021,8	1.389.686,4	1.442.372,6	1.520.457,0	1.451.375,8	1.445.715,9
Total (Kw)	624	648	2.311	2.437	2.326	2.510
Valor kWh ($)	$ 75,00	$ 75,00	$ 75,00	$ 75,00	$ 75,00	$ 75,00
Costo (kWh) en Planta	$ 105.301.632	$ 104.226.483	$ 108.177.946	$ 114.034.273	$ 108.853.187	$ 108.428.694
Producción (BV eq)	26.129	25.306	26.494	29.577	28.352	25.961
Consumo E.E (kWh/BV)	53,7	54,9	54,4	51,4	51,2	55,7
Consumo E.E (kW/BV)	0,02	0,03	0,09	0,08	0,08	0,10
Facturacion	$ 163.909.377	$ 156.048.912	$ 166.221.320	$ 151.995.433	$ 137.555.928	$ 142.868.032

Figura 2.1: Situación Eléctrica 2016. Fuente 3.

Con excepción de los hornos para tratamientos térmicos y una que otra caldera pequeña, todos sus equipos son eléctricos. Incluyendo los calentadores de aguas de todas las

lavadoras. Por lo que están en la mira la reducción de consumo eléctrico. Considerando los datos antes expuestos podemos llegar a la situación actual de costos para el calentamiento de agua para nuestra lavadora, la LAV-29.

2.2. Consumo Eléctrico

2.2.1. Operación de Calentamiento para Lavado

Considerando que las resistencias están siempre en funcionamiento, dado que es un sistema continuo, se considerara un factor de utilización de 70 %, por lo tanto tenemos para lavado:

$$6[u] \cdot 6[Kw] \cdot 0,7 = 25,2[Kw] \tag{2.1}$$

$$25,2[Kw] \cdot 24[h] = 604,8[\frac{Kw}{dia}] \tag{2.2}$$

$$604,8[\frac{Kw}{dia}] \cdot 30[\frac{dia}{mes}] = 18,144[\frac{Kw}{mes}] \tag{2.3}$$

$$18,144[\frac{Kw}{mes}] \cdot 12[\frac{mes}{año}] = 217,728[\frac{Kw}{año}] \tag{2.4}$$

2.2.2. Operación de Calentamiento para Enjuague

Considerando que las resistencias están siempre en funcionamiento, dado que es un sistema continuo, volviendo a considerar el factor de utilización del 70 %, tenemos para enjuague:

$$4[u] \cdot 6[Kw] \cdot 0,7 = 16,8[Kw] \tag{2.5}$$

$$16,8[Kw] \cdot 24[h] = 403,2[\frac{Kw}{dia}] \tag{2.6}$$

$$403,2[\frac{Kw}{dia}] \cdot 30[\frac{dia}{mes}] = 12,096[\frac{Kw}{mes}] \tag{2.7}$$

$$12,096[\frac{Kw}{mes}] \cdot 12[\frac{mes}{año}] = 145,152[\frac{Kw}{año}] \tag{2.8}$$

Consumo Total de Operación

$$217,728[\frac{Kw}{año}] + 145,152[\frac{Kw}{año}] = 362,880[\frac{Kw}{año}] \tag{2.9}$$

Valorización de la Operación

$$362,880[\frac{Kw}{año}] \cdot 75[\frac{\$}{Kw}] = \$27,216,000[\frac{\$}{año}] \tag{2.10}$$

Se desprende de esto, que si bien es cierto, la lavadora posee un sistema bien constituido, siendo un sistema confiable, aislado y de fácil reparación, la valorización total de la operación anual es un número bastante abultado, este número, será nuestro ingreso para saber si el proyecto de pre calentamiento será competitivo para los sistemas de valorización e inversión de la empresa. El desafío radicara en lograr la mejor tasa de retorno de la inversión en función de este costo por año y teniendo en cuenta que esta será una operación continua e ininterrumpida.

Capítulo 3

Propuesta de Sistema Complementario de Calentamiento de Agua con Adición de ERNC

3.1. Factores Climáticos

Con respecto a los factores climáticos de Los Andes, se aprecia que posee un clima esteparico cálido con escasa humedad atmosférica y mediterráneo continental cálido, posee una estación seca que se prolonga por 7 meses, las precipitaciones anuales promedio llegan a 398 [mm]. En promedio la temperatura llega a 15[^oC], es relevante mencionar que la amplitud térmica es bastante. Los meses con una mayor irradiación se pueden superar los 35 [^oC] y en invierno se pueden alcanzar -5 [^oC]. El promedio de radiación solar es de 20.508 [W/m^2], siendo esta una de las mayores del país.

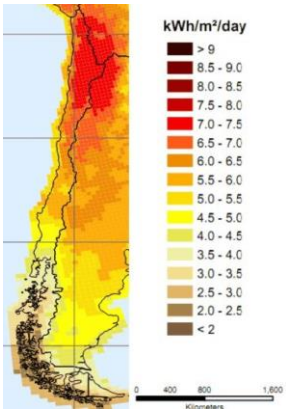

Figura 3.1: Potencia Solar. Fuente 4

Dadas las características de temperaturas de la región, con un promedio de 15 [^oC], no sería alocado pensar en generación solar para buscar una solución más rentable al problema del consumo energético de las resistencias eléctricas y de menor impacto ambiental, para de esta manera avanzar en materias de sustentabilidad e independencia eléctrica.

Parámetros climáticos promedio de Los Andes

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	42.9	41.1	39.7	36.5	31.4	26.8	27.9	31.2	33.1	35.2	36.9	38.7	42.9
Temp. máx. media (°C)	34.4	33.8	30.1	24.7	16.2	11.1	10.8	18.9	21.8	25.2	29.5	32.1	25.6
Temp. mín. media (°C)	13.9	13.2	9.7	6.2	3.1	-1.1	-1.7	1.9	4.8	7.3	9.6	12.4	5.7
Temp. mín. abs. (°C)	5.4	5.1	1.8	-3.9	-8.7	-18.8	-15.2	-10.2	-4.2	-1.1	4.4	5.8	-18.8
Precipitación total (mm)	0.0	0.1	1.4	9.0	72.7	87.2	75.2	54.2	17.8	2.5	1.4	0.0	321.5
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	0	0	1	2	6	9	7	5	2	1	1	0	34

Figura 3.2: Parámetros Climáticos. Fuente 5

3.2. Paneles Solares Termodinámicos (Pst)

Dentro de las aplicaciones solares, la más adecuada para el uso industrial de agua caliente sanitaria son los paneles solares termodinámicos. Posee la

capacidad de captar energía de manera contante, todos los días del año mediante:

- Aire exterior, por convección natural.
- Efecto del viento (casi siempre existente).
- Agua de lluvia.

La diferencia con los paneles solares fotovoltaicos a los que estamos acostumbrados a ver, es que por dentro del mismo circula un refrigerante cuya característica es su bajo punto de evaporación. La configuración de estos equipos obedece al principio de refrigeración del ciclo de Carnot, utilizando una bomba de calor con expansión súbita y asistencia solar.

Figura 3.3: PST lado izquierdo. Fuente 2

Dentro de las principales características de los PST se encuentran:

- Bajo peso, lo que resulta útil al instalarlos en techos, del orden de 8 Kg.
- No necesitan mantenimiento.
- No se congelan ni sobrecalientan.
- Son resistentes al entorno.

- En estaciones frías continúan trabajando, gracias a las propiedades del refrigerante.
- Comparados con los paneles solares clásicos, son pequeños, livianos y fáciles de manejar.

La diferencia de temperatura provocada por los factores anteriores garantiza que el líquido pase a estado gaseoso en el interior del panel. El compresor aspira el líquido refrigerante (vapor) del panel elevando la presión y la temperatura del mismo, que es transmitida al circuito de agua mediante un intercambiador de calor. El intercambiador se encuentra dentro del bloque solar, transmitiendo calor al agua del interior. El líquido refrigerante llega a la válvula de expansión en estado líquido y la pérdida de carga debido al estrangulamiento reduce la presión, quedando nuevamente el líquido listo para entrar en los paneles.

3.3. Refrigerante

Los paneles de este equipo funcionan con una mezcla de tres gases llamada R407C (Meforex M-95), Se comporta de manera no azeotrópica (varia su temperatura al cambiar de fase a presión constante), la misma está compuesta por R32 (23 %), R125 (25 %) y R134a (52 %). Químicamente es estable, tiene buenas propiedades termodinámicas, bajo impacto ambiental y muy baja toxicidad. Este gas es el reemplazo para el R22, posee características ligeramente mejores, su principal reemplazo en el aire acondicionado. Al ser una mezcla no azeotrópica, impide el fraccionamiento

del gas, el cual debe cargarse de manera líquida. Nuestro refrigerante no es miscible con aceites minerales, por lo que se deberán aceites poliolésteres (POE), en lo que respecta a lubricación.

Propiedades	**Unidades**	**R407C**
Mezcla	-	R-134A/R-125/R-32
Composición	[%]	52/25/23
Peso molecular	[g/mol]	86.2
Temperatura de ebullición a 1.013 [bar]	[^oC]	-43.4
Presión Crítica	[bar]	46.2
Calor latente de vaporización a 1.013 [bar]	[KJ/Kg]	249.9
Lubricantes	-	Poliolésteres

Tabla 3.1: Tabla R470C. Fuente:Elaboración Propia

3.4. Funcionamiento de las Bombas de Calor

Los PST funcionan con una bomba de calor, es importante entender cómo funcionan y bajos que principios. En el siguiente esquema se muestra el proceso termodinámico que ocurre en una bomba de calor.

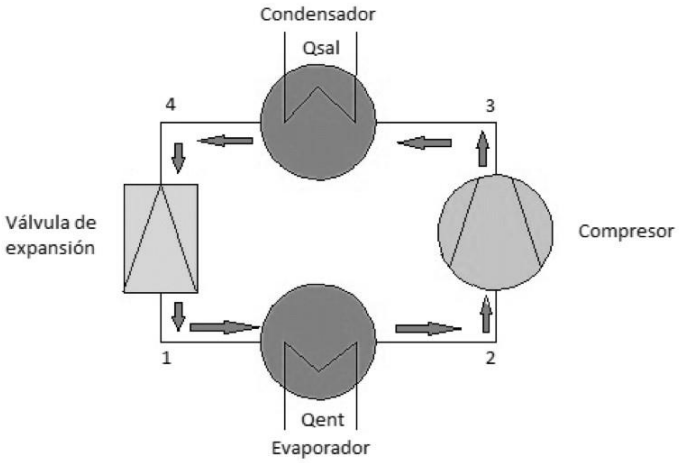

Figura 3.4: Esquema Bomba de Calor. Fuente 4

En este proceso se transfiere calor desde un ambiente más frió a uno con una mayor temperatura. Este proceso consume energía mecánica, trabajo en el compresor, para así poder desplazar el fluido con la ganancia calórica. En el esquema los puntos 1-2 podemos identificar el PST, el cual absorbe el calor de entrada. Luego de 2-3 el compresor, o en este caso bomba de calor, el cual añade trabajo al sistema. Desde 3-4 está en condensador el cual recibe el fluido con el calor y trabajo agregados, el cual traspasara a un intercambiador de calor en el ambiente de alta temperatura. De 4-1 La válvula de expansión expande el fluido y este conserva su entalpía.

Por el principio de conservación de energía tenemos:

$$\dot{Q}_{ent} + W_c - \dot{Q}_{sal} = 0 \qquad (3.1)$$

3.5. Coeficiente de Rendimiento (COP)

Para poder medir el rendimiento de la bomba de calor se utiliza el COP, relacionando el calentamiento o enfriamiento proporcionado y el consumo energético. Mientras mayor sea el coeficiente menor será el costo operacional. Este coeficiente para bombas de calor debe andar entre 1-6, se deben considerar todos los gastos energéticos, para de esta manera tener un indicador real, útil y confiable. Dado que las bombas de calor transportar el calor de un lugar frío a uno más cálido, a diferencia de las resistencias eléctricas que lo generan mediante electricidad, estos equipos poseen COP mayores.

$$COP = \frac{\dot{Q}_{sal}}{W_c} = \frac{\dot{Q}_{sal}}{\dot{Q}_{sal} - \dot{Q}_{ent}} \tag{3.2}$$

3.6. Principales Componentes

- Evaporador
- Compresor
- Condensador
- Válvula de Expansión

3.6.1. Evaporador

El evaporador realiza la trasferencia de calor con el ambiente mediante:

- Convección Natural

- Convección Forzada
- radiación directa e indirecta

Mediante esto evapora la mezcla de gases para su posterior entrada al compresor. En este punto se utiliza el PST, su funcionamiento es por expansión súbita y asistencia solar.

3.6.2. Compresor

Transporta el fluido con la incorporación de calor, desde el medio de baja temperatura, en este instante se encuentra en estado gaseoso, incorporándole trabajo, cambiando así su presión y temperatura, traspasándolo al medio de alta temperatura, donde se aprovechara su energía, mediante el cambio de entalpía del mismo.

3.6.3. Condensador

El condensador recibe el fluido a una alta temperatura, en estado vapor sobre-calentado y lo entrega de manera sub-enfriada, por la acción de un intercambiador de calor, el cual, se utilizara para calentar un taque de acumulación de agua, mismo que utilizaremos para pre-calentar el agua de lavado de nuestra lavadora. El mismo corresponde a un intercambiador que se encuentra dentro del tanque de acumulación de agua sanitaria, con un radiador dentro de él.

3.6.4. Válvula de Expansión

Este dispositivo de expansión genera la baja de presión necesaria entre el condensador y evaporador. Ella regula la cantidad de refrigerante que ingresa al evaporador y sostiene un sobrecalentamiento constante a la salida del mismo. En este punto el refrigerante se expande recuperando su entalpía y de esta manera está listo para comenzar un nuevo ciclo.

Capítulo 4

Diagrama de Mollier típico para mostrar ciclo de Refrigeración Mecánico P/H

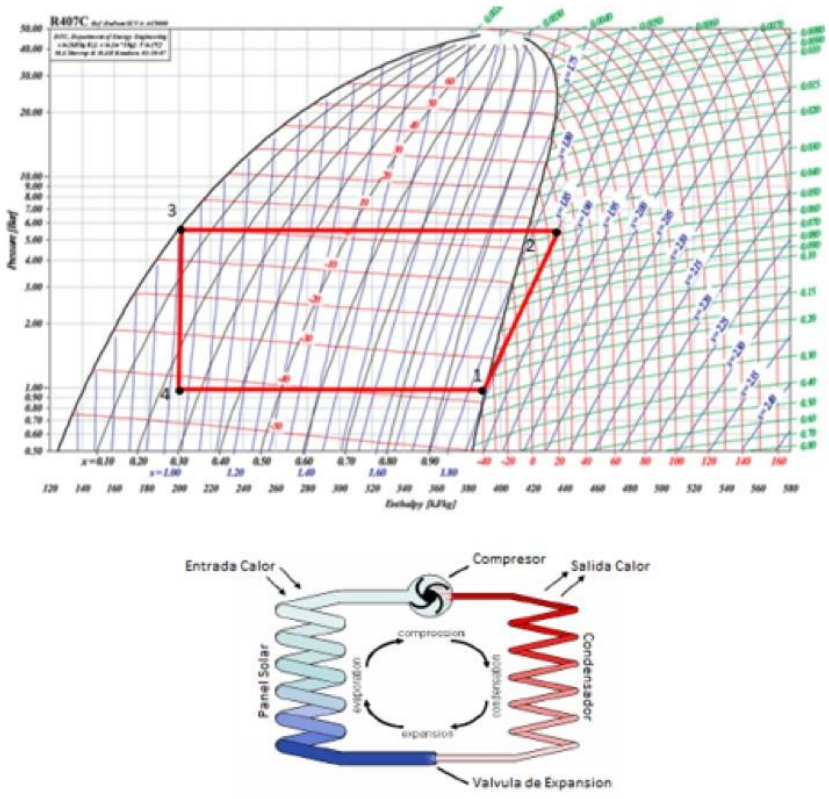

Figura 4.1: Esquema Bomba de Calor y Diagrama de Mollier. Fuente 6.

4.1. Proceso 4-1

El principio del ciclo será con el fluido entrando al PST (evaporador), eso será en el punto 4, entrado como una mezcla liquido-gas, al entrar al PST en el proceso 4-1 procede a aumentar su entalpía, llegando el fluido a una calidad 1, se encuentra totalmente evaporado.

4.2. Proceso 1-2

Una vez fuera del PST pasa por el compresor, proceso 1-2, se le añade trabajo, aumentando así la presión, entalpía y temperatura, en este instante está en modo de vapor sobrecalentado y con la temperatura más alta de este ciclo.

4.3. Proceso 2-3

Este proceso se lleva presión constante, en esta etapa se cede el calor ganado en el condensador, el mismo que estará provisto de un IC y un fluido a pre-calentar, que en este caso será agua. Al terminar este proceso el fluido queda como liquido sub-enfriado.

4.4. Proceso 3-4

Esta es la última parte antes de que el fluido vuelva al ciclo, la válvula de expansión, baja la presión del fluido en un proceso isoentálpico, esto

quiere decir sin modificación de su entalpía, que también en este punto la es la menor del ciclo.

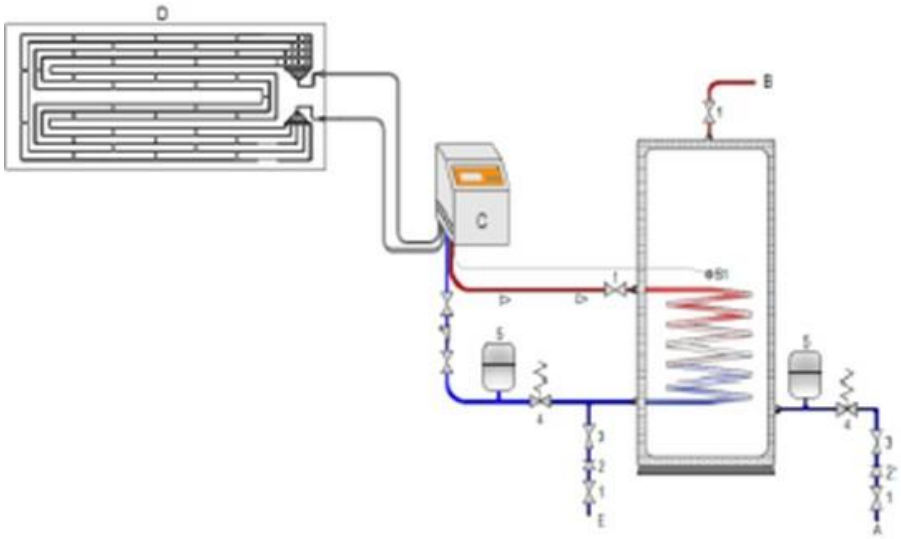

Figura 4.2: Esquema Sistema Termodinámico. Fuente 2.

En la imagen superior se puede observar un esquema más realista de la operación, identificando todas las partes antes mencionadas, tales como el PST, IC, válvula de expansión y compresor.

Capítulo 5

Implementación PST

5.1. Herramientas para la Instalación

Para tener la seguridad de proceder a una correcta instalación, aparte de las directrices correctas sobre posicionamiento, ángulo y ubicaciones, se deberá proveer las siguientes herramientas a un técnico competente según las recomendaciones del fabricante.

- Manómetros (baja y alta presión)
- Bomba de vacío
- Estación de carga de gas refrigerante o báscula
- Cortador de tubos
- Llave inglesa
- Destornillador
- Cinta métrica

- Dobladora de tubos
- Tubo extensor
- Bombona de gas refrigerador
- Llave Rotoblock
- Conjunto de llaves fijas o de trinquete
- Soplete (soldadura)
- Varillas de cobre con 40 % de plata
- Decapante

5.2. Distancia PST y Bloque Termodinámico

Dadas las condiciones de estos equipos, existen ciertos parámetros máximos de operación, tales como la distancia a la que se deben instalar entre los PST y el bloque acumulador, esta no debiese ser mayor a 30 metros, para así no incurrir en modificaciones por las características de las bombas asociadas, potenciales perdidas de calor y aumentos de consumos de energía. En caso de requerir una instalación a mayor distancia se puede modificar el equipo sin desmedro de la garantía, previo acuerdo con el departamento técnico del proveedor.

5.3. Orientación de los Paneles

Los PST preferentemente deben estar orientados hacia el sur, para logra un máximo desempeño, sin embargo también se pueden instalar desplazados hacia el nordeste y noroeste.

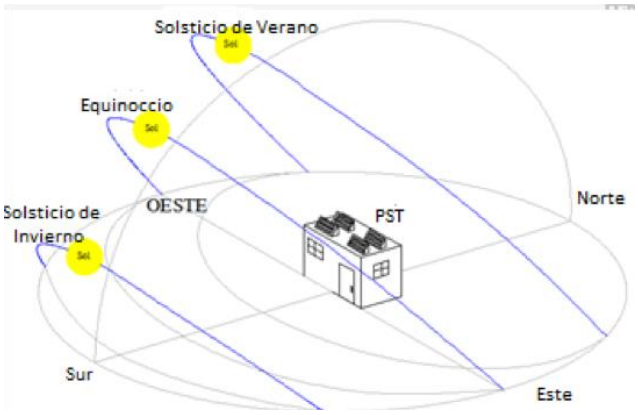

Figura 5.1: Orientación PST. Fuente 2.

5.4. Inclinación

El ángulo de inclinación, Zenit, Entre los rayos solares y la horizontal varía en función del periodo del año. En invierno, en el zénit, los rayos solares crean un ángulo de 20° a 40° en relación con el horizonte. En verano, el ángulo es de entre 60° y 80°. Para aprovechar al máximo los rayos solares captados por el panel, conviene elegir una inclinación entre 45° y 90°. Pueden, no obstante, instalarse paneles con otra inclinación en ciertas situaciones.

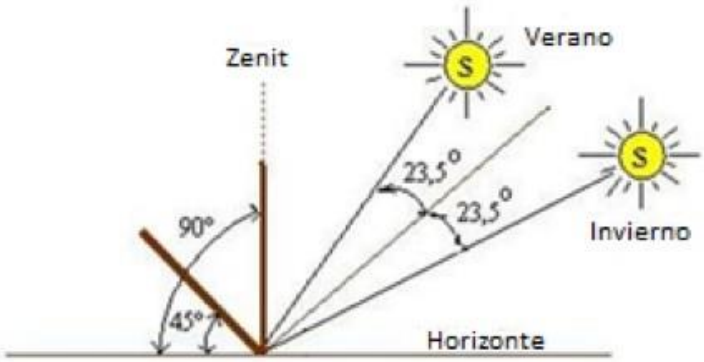

Figura 5.2: Zenit. Fuente 2.

5.5. Altura Máxima Desnivel

Para instalaciones normales, sin modificación de componentes la altura máxima entre el acumulador y los PST no debe ser mayor en ningún caso a 15 m, en caso de ser superior se deberán modificar la geometría de las tuberías, para así no afectar el correcto funcionamiento. La tubería de alimentación a el IC deberá subir por encima del nivel de los PST, al igual que las varillas de distribución, de esta manera se evitara el efecto de sifón rápido al detener el compresor.

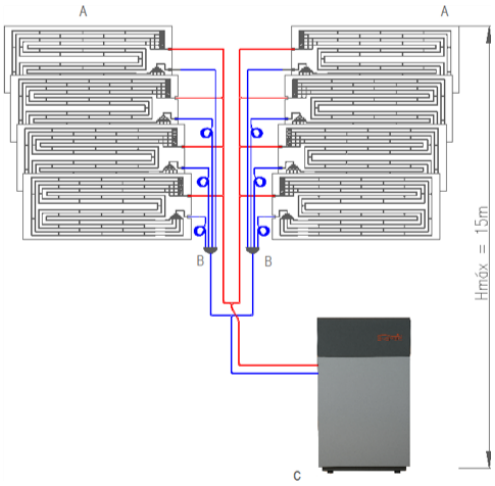

Figura 5.3: PST Y Alturas Máximas. Fuente 2

5.6. Distancia entre Paneles

El posicionamiento entre paneles debe realizarse simplificando lo máximo las cañerías, la posición y la elección de los lados de las conexiones debe limitarse la longitud de las cañerías. Al realizarse de manera correcta facilitara la instalación de las tuberías, para esto debemos considerar:

- El espacio mínimo entre PST es 200 [mm], lo ideal es de 500 [mm].
- La distancia que deben tener en el lado opuesto de las conexiones es de al menos 30 [mm], para así no tener problemas con vibraciones que pudiesen ocurrir y de esta manera dañar el sistema.

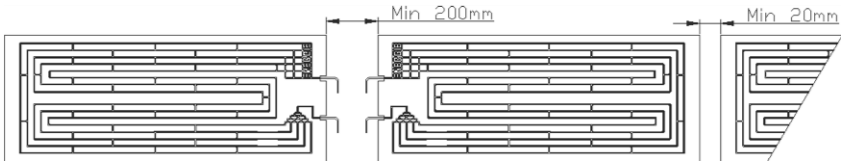

Figura 5.4: PST con lado y distancia mínima. Fuente 2.

5.7. Sentido de los Paneles

Los PST tienen un sentido de instalación, siempre deben ser posicionados de manera horizontal, para de esta forma facilitar el trabajo de la bomba, permitir un flujo más uniforme y controlado. Dado que siendo posicionados de manera vertical se tendrían problemas de flujos más acelerados y perdidas de carga mayor para el equipo en cuestión También los PST viene con un sentido asociado, esto quiere decir que para simplificar la instalación y disminuir la cantidad de cañerías utilizadas existen PST izquierdos y derechos como lo muestran las figuras a continuación.

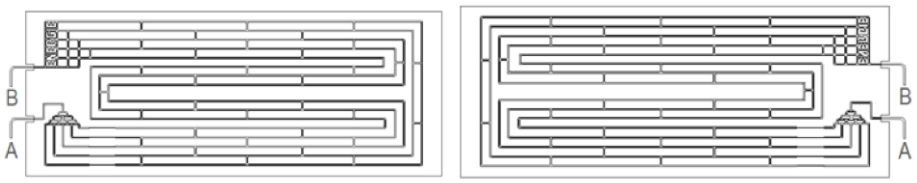

Figura 5.5: PST y su Sentido. Fuente 2

Podemos apreciar dos líneas de refrigerantes en el PST las cuales son:

- A: Línea de Entrada del Refrigerante
- B: Línea de Salida del Vapor

5.8. Distribución Espacial PST

Los principales factores que intervienen en la disposición de estos equipos son la disponibilidad de área útil de instalación, en este caso particular en el techo de la usina y el sistema a ser instalado, dados la cantidad de paneles a instalar. En la siguiente imagen se puede apreciar el tipo de techo

con el que se cuenta, cabe destacar que posee una extensa superficie y una robusta estructura, que haría propicio su posicionamiento.

Figura 5.6: Vista Área Cormecanica. Fuente 3

En la siguiente imagen se pueden ver distribuciones tentativas para los PST

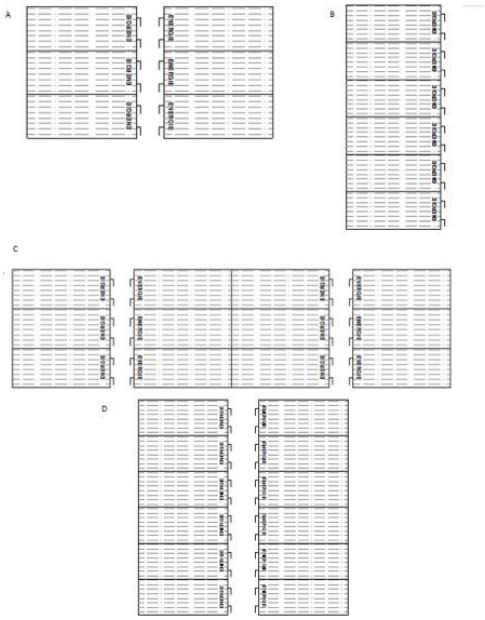

Figura 5.7: Disposiciones Tentativas. Fuente 2

De la cual, la que mejor cumple con los requerimientos espaciales para nuestro caso será la formación c, con un numero de paneles a definir más avanzada la selección.

5.9. Fijación

Con respecto a las fijaciones con el techo, el proveedor no las provee, por lo que debe buscarse una solución. Se debe tener en cuenta que las fijaciones estarán expuestas a los elementos y en función de la larga vida útil proyectada (20 años) no sería deseable que se corroerán los soportes. Otro punto a tener en consideración, es que el número mínimo de soportes debe ser de seis unidades, para que el panel se comporte de manera aceptable y duradera. Sin embargo, el proveedor tiene una solución propuesta, mediante soportes de aluminio propone un diseño robusto, económico, de fácil manufactura y aplicación. El soporte se fabricara a partir de una tira de aluminio, se dobla en forma de L, ya con esto procedemos a fijar el soporte al techo, cuidando de instalar alguna junta elástica, tal como un taco de goma, para no someter a esfuerzos por dilataciones a ningunas de las dos estructuras, mediante tornillos galvanizados de 8mm lograremos proteger la solución propuesta contra la corrosión. En la imagen a continuación podemos ver la solución planteada, de necesitar un ángulo distinto al del techo, se pueden alargar los soportes, o añadir suples para así suplir la diferencia de altura y lograr el ángulo ideal.

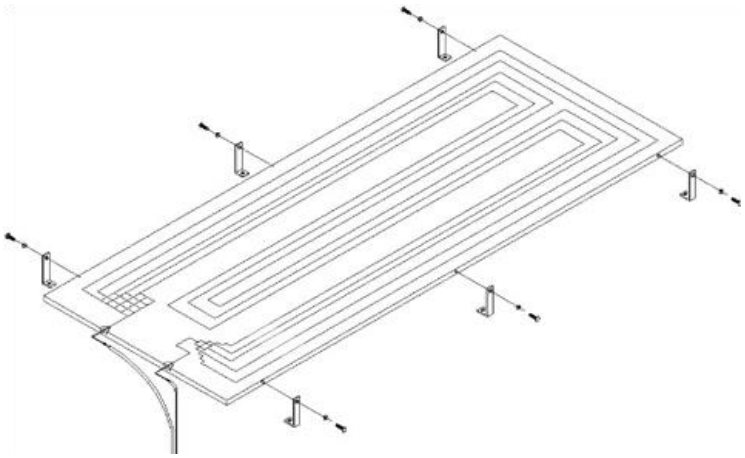

Figura 5.8: Fijaciones, Ejemplo Práctico. Fuente 2

5.10. Distribuidor de Líquido y Colector de Aspiración de Gas

Para asegurar el éxito en la operación, se debe tener la misma cantidad y presión entre los PST, de manera de tener homogeneización en la operación. Esto se logra con la implementación de un distribuidor de liquido (DL) para el caso de la linea fría, para el vapor se instala un Colector de Aspiración de Gas (CAP). Este equipo tendrá tantos tubos como PST tengamos y en el . Las tuberías desde los PST a el DL o al CAP deben tener exactamente la misma distancia y este mismo debe estar posicionado en la parte central de los PST, el DL y CAP debe posicionarse de manera vertical y con las conexiones había abajo. Por motivos de simplicidad el fabricante recomienda que la instalación del DL y CAP sea previa a la de los PST, junto con esto en ningún caso se deben dejar sus conexiones atmosféricas mientras se trabaja en la instalación de los PST o algún otro elemento, ya

que pueden entrar impurezas y dañar componentes

Figura 5.9: CAP y DL. Fuente 2

En la imagen se puede observar una instalación propuesta, considerando la reducción de distancia mediante enrollar algunas cañerías, el DL y el CAP en una posición equidistante.

- Linea de Refrigerante a ser conectada con el DL.

- Linea de Vapor a ser conectada con el CAP.

Se debe seguir teniendo en consideración la altura máxima de desnivel y las cañerías deben estar soldadas en la parte superior de los paneles. Considerando que las cañerías deben ser de alta calidad y de grado frigorífico para cumplir con la vida proyectada del equipo y de sus requerimientos, también se debe instalar un aislante adecuado para evitar condensaciones y garantizar un resultado óptimo en la operación. Los diámetros de las tuberías están especificados por el fabricante y van de acuerdo a la dimensión del equipo, mas adelante seleccionaremos el sistema a ser implementado en Cormecanica.

Modelo	Línea de succión	Línea de líquidos
Bloque solar 6	3/4"	1/2"
Bloque solar 12	7/8"	1/2"
Bloque solar 16	7/8"	3/4"
Bloque solar 28	1"3/8	7/8"
Bloque solar 40	1"3/8	7/8"

Tabla 5.1: Diámetros de Alimentación y Descarga

5.11. Lugar de Instalación Bloque Termodinámico

La elección del lugar a ser instalado el bloque termodinámico debe pasar por una serie de factores, tanto espaciales, climáticos y estructurales:

- Adecuada Accesibilidad
- Posibilidad espacial de instalar cuba antiderrames
- Instalación sobre base antivibratoria
- Consideración ubicación cañerías PST, Alimentación y descarga del bloque
- Factor climático, no debe ser instalada a la intemperie
- El lugar debe ser de fácil acceso en caso de requerir mantenimiento

Existe una medida mínima con respecto al panel trasero del equipo y su disposición. Al poseer las conexiones hidráulicas y mangueras se deberán tener al menos 1000 mm para permitir el fácil acceso en caso de mantenimientos.

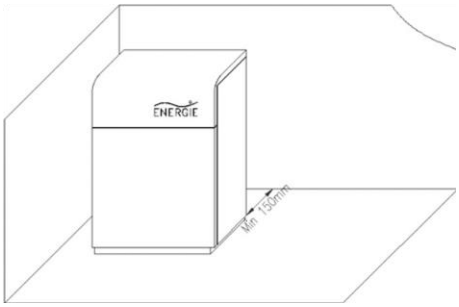

Figura 5.10: Ejemplo de Instalación Bloque Termodinámico. Fuente 2

5.12. Conexiones del Bloque

A continuación podemos ver un esquema de conexiones del bloque termodinámico, donde se detallaran las conexiones:

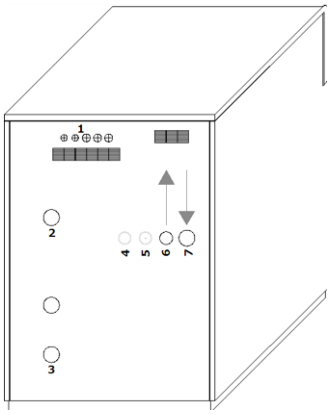

Figura 5.11: Conexiones de Bloque Termodinámico. Fuente 2

Conexión	Función
1	Conexión a Red Eléctrica
2	Salida de Agua
3	Entrada de Agua
4	Salida a Intercambiador de Calor a gas(*)
5	Entrada del Intercambiador (Líquido)
6	Salida de los Paneles
7	Retorno de los Paneles

Tabla 5.2: Conexiones Bloque Termodinámico

Siempre teniendo especial cuidado con mantener selladas todas las tuberías y conexión tanto de las cañerías como del bloque termodinámico (BT).

5.13. Soldadura de Cañerías (Conexión)

Habiendo pasado por la instalación del distribuidor de líquido, del colector de succión de gases, los PST y el BT estando en su lugar definitivo, pasaremos a realizar conexiones de tuberías:

Refrigerante como Liquido (Ingreso a los Paneles)

Aspiración de Refrigerante Gasificado (Retorno de los Paneles)

Se debe poner especial atención en esta operación, por ser la más crítica dentro de la instalación, la soldadura debe contar con estándares de calidad apropiados a la operación. La recomendación del Fabricante referente al tipo de soldadura es del tipo oxigeno/acetileno, en caso de no contar con

este gas puede reemplazarse por propano. Las soldaduras más complejas se encuentran ubicadas en los paneles, por poseer juntas termos retráctiles, se les deberá proteger con paños húmedos poniendo especial atención en no causarle ningún daño, por su criticidad dentro de la operación y así mantener estanqueidad en el circuito. En la siguiente imagen podemos ver un esquema de la situación antes mencionada:

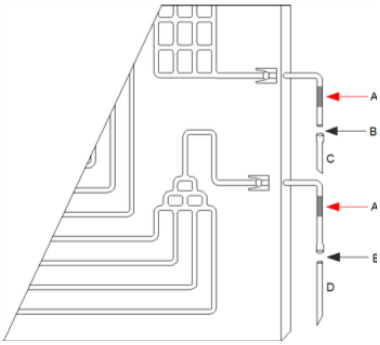

Figura 5.12: Conexiones de PST y Soldadura. Fuente 2

Conexión	**Función**
A	Junta Termo Retráctil
B	Unión y Soldadura
C	Línea de Succión de Vapor (Salida PST)
D	Línea de Refrigerante Líquido (entrada PST)

Tabla 5.3: Conexiones de PST y Soldaduras

Para lograr una correcta soldadura se debe precalentar el cobre a ser unido, hasta que se vuelva rojo oscuro, en este momento comenzamos a soldar. La varilla no debe hacer contacto con la llama, las recomendaciones de espesor de soldadura son de 1.5 veces el diámetro de la cañería a ser soldada. Luego se debe dejar solidificar, pasando esto se debe enfriar con un paño

húmedo toda la zona expuesta a temperatura. Se debe tener precaución de no dañar ningún componente, como los mencionados anteriormente.

5.13.1. Estanqueidad

Se procederá a llenar la instalación con Nitrógeno a una presión no mayor a 10 bares, para verificar que las soldaduras realizadas hayan resultado exitosas. Se deben probar rociando con agua con jabón y observando algún escape de nitrógeno en las mismas. El fabricante recomienda que la prueba de estanqueidad tenga una duración mínima de 60 horas, pasado este periodo se procederá a extraer todo el nitrógeno utilizado anteriormente.

5.13.2. Operación de Vacío

Para la realización de esta operación, procedemos a posicionar dos recipientes, junto a la línea de baja presión, próximo al compresor y el otro en la línea de alta presión, junto al depósito del líquido. Esta operación se realiza para asegurar que no existirán contaminantes en el sistema, tales como humedad y aire, el tiempo de vacío es dependiente de los siguientes factores:

- Volumen de la bomba de vacío.
- Volumen de las tuberías en sistema.

Esta operación tiene tiempos establecidos por el fabricante, los mismos se muestran en la siguiente tabla dependiendo del sistema que seleccionemos:

Bloque Termodinámico	**6**	**12**	**16**	**28**	**40**
Tiempo mínimo de operación Horas	5	8	9	11	12

Tabla 5.4: Tiempo mínimo de Pruebas de Vacío. Elaboración Propia

Cuando la operación se encuentre realizada, se cerraran las válvulas de conexión a la bomba, el manómetro debería seguir marcando lo mismo, de esta manera aseguramos que la instalación no pierde vacío.

5.13.3. Carga de Refrigerante R-470C

Como se observo en capítulos anteriores, sera utilizado el refrigerante R-407C, se denomina como una mezcla azetropica, eso significa que esta compuesto por mas de un componente, R32 (23 %), R125 (25 %) y R134a (52 %), este refrigerante posee cualidades muy similares a su predecesor el R-22 pero ligeramente superiores, siempre se trata de un fluido poco corrosivo y de bajo impacto al medio ambiente. La carga de este gas se deberá realizar según patrones típicos para refrigerantes de este tipo, el ser del grupo azetropico se debe garantizar que existirá la misma concentración de las tres partes en la totalidad de la mezcla, para así el equipo pueda funcionar dentro de lo establecido, si el refrigerante llegase a cargarse en estado gaseoso se podría correr el riesgo de tener un concentración mayor de los elementos que se evaporen antes

Dado esto, siempre cargaremos este refrigerante en estado liquido. Comúnmente las botellas en donde se comercializa este refrigerante poseen una válvula de tipo sifón para la descarga, pero en caso de no poseerla se proseguirá de la siguiente manera:

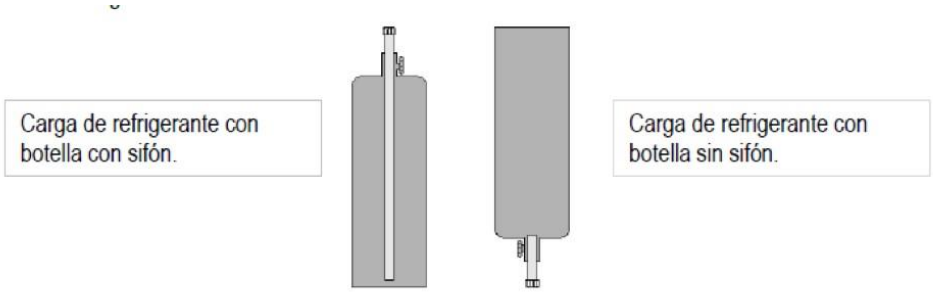

Figura 5.13: Esquema Carga Correcta Refrigerante. Fuente 2

La cantidad de refrigerante a ser utilizado dependerá de los siguientes factores:

- Tipo de BT
- Distancia entre el BT y PST

En primera instancia se realizara una carga mínima al equipo, se procederá a desconectar el compresor y cargar en el recipiente de compresión, de alta presión.

Bloque Termodinámico	**6**	**12**	**16**	**28**	**40**
Carga Mínima Refrigerante [Kg]	1,6	2	2,5	3	5,5

Tabla 5.5: Carga Mínima Pruebas de Vacío. Elaboración Propia

Una vez se igualen las presiones se procederá a dar partida al compresor. Para realizar la carga del resto de refrigerante, se realizara con el compresor en funcionamiento, mediante el recipiente de succión. Este proceso se realizara de manera muy lenta por medio de la línea de succión, hasta alcanzar una diferencia de 20^oC entre la temperatura ambiente y la temperatura de succión (Vapor).

El fabricante provee una tabla, en donde deben aproximarse a los valores de presión y temperatura en el ambiente donde los PST se encuentren instalados.

Temperatura Exterior [^oC]	**Presión de Succión [bar]**
0	1,2
5	1,6
10	2,2
15	2,9
20	3,6
25	4,5
30	5,5

Tabla 5.6: Presión en Función de Temperatura. Fuente 2

El fabricante provee una tabla, en donde deben aproximarse a los valores de presión y temperatura en el ambiente donde los PST se encuentren instalados.

- Cantidad de Radiación Solar
- Cantidad de Aire en los Paneles
- Humedad Relativa del Aire
- Cantidad de metros de Cañerías y escalones en la instalación de los PST

5.13.4. Instalación Intercambiador de Calor

Figura 5.14: Instalación Intercambiador de Calor. Fuente 2

Este IC es ubicado en el estanque de acumulación de agua caliente sanitaria, está conformado por cañerías de cobre en forma de serpentín para permitir una mayor transferencia de calor. La instalación de este componente es sencilla y se debe respetar el orden de armado del fabricante, se debe unir la brida de la imagen 1 con la brida de la imagen 3, teniendo cuidado con el sello en la imagen dos, que quede estirado en todo su diámetro y bien posicionado, para que no existan problemas de filtraciones, una vez realizada esta operación continuaremos respetando los siguientes pasos:

- Se debe llenar el Tanque de Agua Caliente Sanitaria, para que se enfríen durante el siguiente proceso
- Proteger las cañerías del IC mediante paños fríos
- Soldar las Cañerías del IC, teniendo conocimiento del correcto posicionamiento: Salida del BT a entrada del IC, Salida del IC a entrada del BT

Se debe considerar en la instalación de estos componentes que la distancia máxima entre el BT y el acumulador de aguas sanitarias no debe ser

mayor a 5 metros.

Capítulo 6

Propuesta de Sistema Complementario con aporte de Energías Renovables No Convencionales

Para el correcto funcionamiento de este equipo necesitamos lograr calentar el agua a una temperatura no menor de $45^{o}C$, en ambas cubas, la cuba de lavado posee 1150 [*Lts*] y la de enjuague posee 750 [*Lts*], estas cubas se ubican debajo de ambos procesos correspondientemente. Antes de volver a ingresar a las cubas pasan por un sistema de filtrado. La pérdida estimada de agua se de 100 [*Lts*] por hora, esto mismo ocurre por filtración, evaporación, arrastre en la cadena transportadora y perdidas propias del equipo.

Figura 6.1: Situación Consumo de Agua. Elaboración Propia

Por lo tanto tenemos un consumo diario de 2400 [$\frac{Lts}{dia}$], también debemos tener en la maquina 1900 [Lts] para que ella desarrolle sus funciones tales como lavado de componentes mecánicos, enjuague, separación de aceite, filtrado en la solución de lavado, filtrado en solución de enjuague, etc. Para la puesta en marcha tendremos que tener un volumen de 1900 [Lts] a temperatura de 45[^oC].

6.1. Cálculo Potencia Térmica Necesaria

6.1.1. Potencia Térmica Puesta en Marcha Equipo

Para calcular el calor necesario utilizaremos los siguientes datos, en el caso de t_1, estamos tomando el caso más desfavorable registrado en el año:

- Temperatura mínima de alimentación en la red: $t_1 = 6[^oC]$
- Temperatura de trabajo lavadora: $t_2 = 45[^oC]$
- Densidad del Agua: $\delta = 1000[\frac{Kg}{m^3}]$
- Capacidad Calorífica: $C_p = 4{,}182[\frac{KJ}{Kg.^oC}]$
- Volumen de agua para puesta en marcha: $V_t = 1900[Lts]$
- Volumen de agua para operación normal por hora: $V_n = 100[Lts]$

La potencia térmica para poner en marcha el equipo, considerando 750 [Lts] en enjuague y 1150 [Lts] en lavado será:

$$\tilde{Q} = \Delta U = m \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) \tag{6.1}$$

$$\tilde{Q} = 1900[Kg] \cdot 4,182[\frac{KJ}{Kg \cdot^{o} C}] \cdot (45-6)[^{o}C]$$

$$\tilde{Q} = 309,886,\ 2[KJ]$$

$$\tilde{Q}_{prom} = \frac{\tilde{Q}}{\Delta t} = \frac{309,886,\ 2[KJ]}{3600[s]} = 86,\ 0795[KW] \qquad (6.2)$$

6.1.2. Potencia Térmica Requerida para Ingreso de Nueva Agua

Durante la operación la perdida de agua, según el fabricante se estima en 100 [*Lts*], cada hora ingresaran estos a las cubas, la potencia térmica para llevar esta agua desde t_1 a t_2 sera:

$$\tilde{Q} = \Delta U = m \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1)$$

$$\tilde{Q} = 100[Kg] \cdot 4,182[\frac{KJ}{Kg \cdot^{o} C}] \cdot (45-6)[^{o}C]$$

$$\tilde{Q} = 16,309,\ 8[KJ]$$

$$\tilde{Q}_{prom} = \frac{\tilde{Q}}{\Delta t} = \frac{16,309,\ 8[KJ]}{3600[s]} = 4,\ 53[KW] \qquad (6.3)$$

6.1.3. Potencia Térmica requerida por Concepto de Pérdida de Calor en Proceso de Lavado

El agua luego de ser calentada pasa a ser expulsada por los aspersores sobre las piezas a lavar, luego pasa a un separados de aceite y un pre filtro en el caso de lavado, para el enjuague el proceso es el mismo solo que sin el separador de aceite. Para este caso la t_1 se ha determinado en 23^oC, realizaremos el calculo para llevar nuevamente este fluido a t_2 que corresponde a un valor de $45[^oC]$.

Figura 6.2: Ejemplo de mediciones de temperatura. Fuente: Elaboración propia

Esta maquina utiliza dos bombas para la expulsión por los aspersores, una en cada proceso, ambas poseen el mismo caudal, el mismo es de $266[Lts/min]$, llevando esto a un consumo por hora, serán $15960[Lts/h]$.

$$\tilde{Q} = \Delta U \cdot m \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1)$$

$$\tilde{Q} = 15960[Kg] \cdot 4,182[\frac{KJ}{Kg\ ^{o}C}] \cdot (45-23)[^{o}C]$$

$$\tilde{Q} = 66,766,72[KJ]$$

$$\tilde{Q}_{prom} = \frac{\tilde{Q}}{\Delta t} = \frac{16,309,8[KJ]}{3600[s]} = 4,53[KW] \qquad (6.4)$$

6.1.4. Pérdida de Calor por Convección con el Ambiente

La temperatura en la fábrica oscila entre 15[^{o}C] y 45[^{o}C], de acuerdo a la información recopilada y tabulada por personal de la fábrica, según la estación del año en el que se encuentre. Se realizaron mediciones del equipo y partes en estudio, las mediciones se realizaron en un día frío y nublado, considerándose uno de los días desfavorables. Las temperaturas recolectadas fueron:

- T. Ambiente: $t_{\infty} = 16,3[^{o}C]$
- T. Exterior Lavadora: $t_s = 16,8[^{o}C]$
- T. Ingreso Piezas= $16,3[^{o}C]$
- T. Ingreso Piezas= $33,1[^{o}C]$

De acuerdo al fabricante, para minimizar las pérdidas de calor en las cubas don se calienta el líquido, se protegen con aislantes para de esta manera lograr el objetivo de bajar los consumos energéticos. Se observa que el

mecanismo de TDC es convección pura, existiendo una diferencia de temperatura de solo 0.5[^oC] en invierno, considerándose que la temperatura de la planta con el correr de las estaciones sube hasta los 45[^oC], se considera despreciable una diferencia tan baja de temperatura y para fines prácticos y de cálculo no se considerara.

6.2. selección Equipo con Incorporación ERNC

Para seleccionar este equipo necesitaremos básicamente dos datos:

- Potencia Térmica Consumida por la Lavadora
- Cantidad de agua en el Sistema Diariamente

6.2.1. Potencia Térmica Consumida por la Lavadora

Para poner en macha el equipo se consumirán 86.07 [KW], eso confiere al calentamiento de ambas cubas de un total de 1900 [Lts]. Luego de esto se debe considerar un consumo por adición de agua a temperatura de la red, a razón de 100 [Lts] por hora, esto tendrá un consumo de 4.53 [KW] y por ultimo un gasto energético para recalentar el agua que está dentro del proceso de lavado, esta tiene una perdida desde 45^oC hasta 23^oC luego de sus procesos de filtrados, el cual será de 18.546 [KW], por lo tanto tenemos dos escenarios, primero el de la puesta en marcha y del funcionamiento continuo. Los requerimientos para funcionamiento continuo son los que más nos interesaran, ya que por tratarse de un sistema de pre calentamiento, siendo su objetivo disminuir el consumo eléctrico de las actuales

resistencias , que contemplan el actual sistema de calentamiento, dado esto lo seleccionaremos como un dato de entrada, siendo un total de 23,076 [*KW*].

6.2.2. Cantidad de Agua en el Sistema Diariamente

El sistema posee dos cubas por un total de 1900 [*Lts*], más la adición de 100 [*Lts*] por hora, lo que al día serán 2400 [*Lts*] y en total tendremos una demanda de 4300 [*Lts*] de agua que estarán dentro del sistema diariamente.

6.3. Selección de Equipo

Teniendo ya los datos anteriores, podemos ver en la siguiente tabla los datos de salida del equipo de pre calentamiento. La potencia consumida de la lavadora para funcionamiento continuo será nuestro dato de entrada inicialmente, el cual muestra una demanda de 23.076 [*KW*].

	Unid.	**ECO 3000**	**ECO 4000**
Número de Paneles	-	16/28	28
Peso total de los paneles	Kg	128/210	210
Superficie expuesta de captación	m^2	25,6/44,8	44,8
Alimentación Trifásica	400Vac, 50Hz	•	•
Alimentación Monofásica	240Vac, 50Hz	•/*x*	*x*
Potencia Consumida	KW	1,9-3,1/5,7-8,3	5,7-8,3
Potencia Térmica Suministrada	KW	9,2-16,7/24-42,6	24-42,6
Nº Intercambiadores	-	2	2
Ruido	dB	48/50	50
Líquido Refrigerante	-	R-407C	R-407C
Carga mínima de líquido	Kg	2,0/3,0	3,0

Tabla 6.1: Características Técnicas Bloque Termodinámico. Fuente 2

Con este dato de entrada tenemos dos posibles candidatas, una es la ECO 3000, en sus dos versiones id 16 y id 28, ellas identifican el numero de paneles que la estación tendría. La otra es la ECO 4000 id 28. Tenemos a priori dos estaciones, la ECO 3000 id 16 se descarta por no llegar a la potencia necesaria, las estaciones seria la ECO 3000 id28 y ECO 4000 id28.

Modelo	**ECO 3000**	**ECO 4000**
Paneles Solares	16/28	28
Capacidad	3000	4000
Potencia Térmica Máxima	24210/38220	38220
Consumo	3210/5650	5650
Termoacumuladores	1 ó 2	2

Tabla 6.2: Características Técnicas Bloque Termodinámico. Fuente 2

Como muestra la tabla, la diferencia entre las dos unidades radica en la capacidad de almacenamiento de agua caliente sanitaria. Ambas poseen dos acumuladores, en el primer caso dos acumuladores de 1500 [*Lts*] cada uno y en el segundo caso dos acumuladores de 2000 litros, cada uno dotado de un intercambiador de calor y resistencias para calentamiento de agua de alta eficiencia en caso de ser solicitadas. Es conveniente que el equipo cuente con dos intercambiadores de calor, ya que nosotros también poseemos dos tanques a ser pre calentados. Como vimos anteriormente nosotros tendremos una demanda de 4300 litros que estarán dentro del sistema, considerando que la demanda diaria de recirculación de agua puede llegar hasta 383.040 [*Lts*], seria prudente inclinarse por el equipo ECO 4000 id 28. Cabe mencionar que la duración del ciclo de calefacción es de entre 6-8 horas, esto quiere decir, que para volver a calentar los 4000 litros se demoraría ese tiempo, por lo tanto posee una capacidad 4-3 veces diarias a ser vaciado y llenado nuevamente con agua a temperatura de la red. Dentro de las opciones como anteriormente se menciono, existe la posibilidad de contar con el sistema de calentamiento asistido, Polywarm, que incorpora resistencias eléctricas o una caldera para ayudar en las horas mas frías o de mayor demanda, cuando el equipo no logre llegar a la temperatura o los caudales requeridos. En este caso particular buscamos pre calentar el agua y bajar consumos eléctricos, por lo mismo, descartaremos esta posibilidad en el equipo, de todas maneras, en caso de necesitar energía extra para el calentamiento, el sistema integrado a la lavadora seguiré en funcionamiento, por lo que contaremos con un sistema de respaldo. Se muestra en la siguiente

tabla el sistema seleccionado:

Modelo	Capacidad (l)	Número de paneles	Polywarm		Acero Inox.		Potencia consumida (Min.)	Potencia térmica (Med.)
			Altura (mm)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Diámetro (mm)		
Eco 1000	1000	6	2192	950	2010	930	960 W	7290 W
Eco 1500	1500	12	2498	1050	2100	1140	1.230 W	9680 W
Eco 2000	2000	12/16	2575	1200	2160	1300	1.440 W	11.240 W
Eco 3000	3000	16/28	2919	1350	2300	1500	2.010 W	16.580 W
Eco 4000	4000	28	2 x 2575	2 x 1200	2 x 2160	2 x 1300	4.140 W	31.430 W
Eco 6000	6000	40	2 x 2919	2 x 1350	2 x 2300	2 x 1500	7.630 W	52.970 W

Figura 6.3: Características Técnicas y espaciales Bloque Termodinámico

En este modelo el Fabricante provee un gráfico esquemático de todos los componentes, para tener una visión mas completa del equipo, como se muestra a continuación:

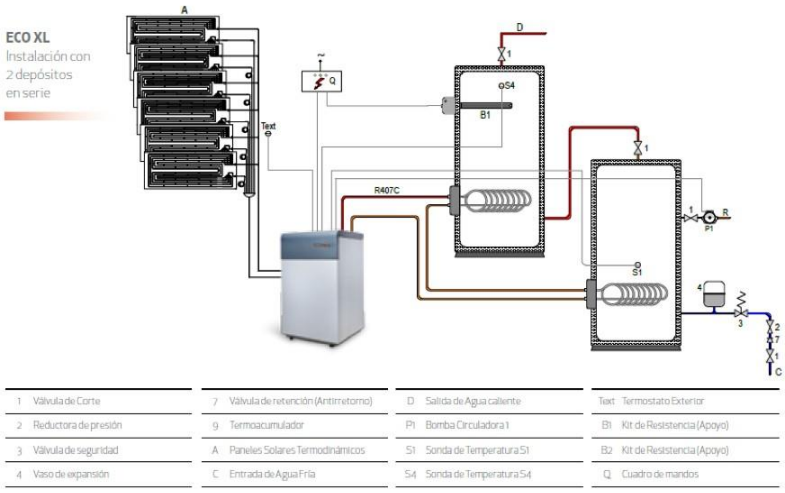

Figura 6.4: Ejemplo de Instalación con Desglose de Componentes. Fuente 2

Capítulo 7

Valorización del Sistema

7.1. CAPEX

Dentro de los costos de capital se encuentran todos aquellos relacionados con la compra e implementación del activo en cuestión, podemos ver que contaremos con costos de traslados desde fabrica, de compra, de insumos para la instalación y valorización de la mano de obra de la instalación o también podemos optar por la tercerización de este servicio, con una empresa que cuente con experiencia en la instalación de estos equipos, en primera instancia y así que nuestros técnicos acompañen y vigilen el proceso, de esta manera cuando se decida volver a comprar uno de estos equipos la curva de aprendizaje en la instalación será menor, por tener esta experiencia asistida .

7.1.1. Costos de Traslados

Considerando que la fábrica queda en Portugal, específicamente en Zona Industrial de Laundos 48, Barqueiros, Distrito de Braga, tendremos un

costo por traslado de 1500 €, según convenio de fábrica en un contenedor de 20 [*pies*].

Figura 7.1: Mapa de Ubicación Energie. Fuente 7

7.1.2. Costos de Adquisición

Según conversaciones con fabrica, el equipo ECO 4000 id 28 XL tendrá un costo FOB de 16.486,8 €, según se muestra en la siguiente cotización:

PROPOSAL

DATE: 08 / MAY / 2018

ENERGIE®
ENERGIA SOLAR TERMODINÂMICA

CLIENTE

COMPANY: RENAULT CORPMECANICA
PHONE:
EMAIL: vladimir.letnic@alumnos.usm.cl
LOCATION: CHILE

ATT.
MR. VLADIMIR LETNIC

DESCRIPTION	UNIT	PRICE	DISCOUNT	TOTAL
DOMESTIC HOT WATER EQUIPMENT				
ECO XL 4000id 28 - ENERGIE THERMODYNAMIC SOLAR SYSTEM FOR DHW - LARGE VOLUMES, COMPOSED BY 28 THERMODYNAMIC SOLAR PANELS (DIMENSIONS: 2000mm X 800mm & WEIGHT: 8Kg) IN ANODIZED ALUMINUM WITH SOLAR-COAT FINISH, THERMODYNAMIC BLOCK WITH 38.3 kW OF MAXIMUM THERMAL POWER, COPPER LIQUID DISTRIBUTOR, HIGH-EFFICIENCY WRK MODEL, TWO 2000L DHW THERMAL THANK, IN STAINLESS STEEL AISI316L WITH HIGH DENSITY ISOLATION AND NOZZLE / FLANGE FOR WRK EXCHANGE.	1	27 478,00 €	40,0%	16 486,80 €
TRANSPORT				EXWORKS
			TOTAL	16 486,80 €

Figura 7.2: Propuesta de Costos Bloque Térmico. Fuente: Contacto Energie

7.2. Costos Instalación

EL distribuidor Chileno Famacon provee el servicio de instalación y puesta en marcha del equipo, con todas las operaciones que ello conlleva, costo de traslados internos en el país, costo de cañerías, válvulas, soportes de los 28 paneles, seis por cada panel, se adjunta cotización de instalación:

Famacon
Tecnología Mundial para el Mercado Nacional

Valparaíso, 15 de Junio de 2018

Razón social o nombre	Rut	-	D V
Sr. Vladimir Letnic – Renault Corpmecanica	81.392.900	-	7

Dirección	Comuna	Teléfonos	Correo electrónico
	Los Andes	979535456	vladimir.letnic@alumnos.usm.cl

PRESUPUESTO APROXIMADO DE INSTALACIÓN MODELO ECO 4000 iD Nº 1180615-326-II

Nº	DESCRIPCIÓN ITEMIZADO SISTEMA DE CALEFACCIÓN CENTRAL	COSTO UNITARIO NETO EN $	COSTO TOTAL NETO EN $
1	Instalación de equipo termodinámico marca Energie modelo Eco 4000 iD y su puesta en marcha; • Fabricación y montaje de soportes para paneles solares. • Fabricación y montaje de base para equipo termo dinámico. • Montaje de Intercambiador de calor. • Montaje de 28 paneles • Soporte de tuberías de agua y refrigeración. • Movilización, fletes y peajes. • Conexionado eléctrico de equipos, desde el arranque protegido. • Suministro de válvulas, tuberías y conexionado sistema hidráulico • Suministros de tuberías, montaje de sistema de refrigeración. • Verificación funcionamiento de los sistemas. • Mediciones de temperaturas y consumo eléctrico. • Regulaciones y puesta en marcha. • Informe de funcionamiento.	5.138.620	5.138.620
		TOTAL NETO	5.138.620
		IVA 19%	976.338
		TOTAL $	6.114.958

Figura 7.3: Propuesta de Costos Instalación Bloque Térmico. Fuente: Famacon

7.2.1. Costos Refrigerante

El Refrigerante a utilizar es el R-407C, que viene a ser el reemplazo del R-22, Se comporta de manera no azeotrópica (varia su temperatura al cambiar de fase a presión constante), la misma está compuesta por R32 (23 %), R125 (25 %) y R134a (52 %). Químicamente es estable, tiene buenas propiedades termodinámicas, bajo impacto ambiental y muy baja toxicidad.

VMA RETAIL INDUSTRIAL
INSUMOS INDUSTRIALES

INDURA
Grupo AIR PRODUCTS

VICTOR ASTUDILLO ROBLES VENTAS Y DISTRIBUCION E.I.R.L.

Venta y Distribución de Insumos Industriales - Soldadura -Gases del Aire
Chacabuco # 602 Esquina Navarro - San Felipe - Fono 34-2-535039 / 34-2-518634
sanfelipe@vmaindustrial.cl - vmasanfelipe@vmaindustrial.cl

RUT 76.786.580-5
COTIZACION
172

WWW.VMAINDUSTRIAL.CL

SENOR(ES)	CORMECANICA S.A	RUT	93367000-7
DIRECCION	SAN RAFAEL 1769	GIRO	ARMAD. DE VEHICULOS
FONO		FECHA	14-06-2018
FORMA PAGO	O/C 30 DIAS	SR.(A)	Vladimir Letnic
PLAZO ENTREGA		VALIDEZ OFERTA	15 DIAS J.A.

DETALLE	CANTIDAD	P. UNITARIO	VALOR
GAS REFRIGERANTE R-407-C 11,3 KG	1	$ 160.424	$ 160.424

Transferencias Cuenta : 07092571 Banco Santander
Victor Astudillo Robles E.I.R.L. RUT. 76.786.580-5
Correo Confirmacion : sanfelipe@vmaindustrial.cl

NETO	$	160.424
IVA	$	30.481
TOTAL	$	190.905

Figura 7.4: Propuesta de Costos Refrigerante. Fuente: Contacto con VMA RETAIL

ANTARTIC REFRIGERACION LTDA.
Rut: 78.220.990-6
Manuel A. Tocornal 454, Santiago
Tel: 2635 1706 - Fax: 2635 1072
E-mail: ventas@antartic.cl
Web: www.antartic.cl

COTIZACION VENTA
0000107412

14 de Junio de 2018

RAZON SOCIAL : ANTARTIC REFRIGERACION LTDA
DIRECCION : M.A TOCORNAL 454
GIRO : IMPORTACION Y VENTA MAQ Y REP. REFRIGERA
COMUNA : SANTIAGO
OBSERVACION :
COND. DE PAGO : CONTADO

R.U.T. : 78.220.990-6
TELEFONO : 226351706
FAX :
REGION : REGION METROPOLITANA
ATENDIDO POR: CHRISTIAN RODO RAMIRE

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. UNITARIO	DESC. (%) 1	2	3	TOTAL
6000GN-050	Refrigerante R-407C de 11,3 Kilos	1	57.200	0	0	0	57.200
	DSCTO. CONTADO CHEQUE O EFECTIVO					3,0	1.716

SON : SESENTA Y SEIS MIL VEINTISEIS Pesos----------

NETO	:	55.484
I.V.A.	:	10.542
T O T A L	:	66.026

* VALIDEZ: 7 DIAS
* DOLAR REFERENCIAL $ 605
* Variaciones del tipo de cambio observado mayores a un 4% respecto al tipo de cambio
* referencial anulan la presente cotización.
* SUJETA A DISPONIBILIDAD DE STOCK
* Banco Santander, Cuenta Cte. N°: 331769-2

Figura 7.5: Propuesta de Costos Refrigerante. Fuente: Contacto con ANTARTIC REFRIGERACION LTDA.

Dadas estas dos propuestas, la seleccionada será la proveniente de Antartic Refrigeración LTDA., por un total de 66.026 [*Clp*].

7.2.2. Impuestos

Las importaciones se encuentran afectas a impuestos, el primero es el impuesto ad valorem (IV), el cual sobre el valor CIF (Costo mercadería + prima del seguro + valor flete) se le aplica un 6 %, y luego de esto sobre el valor total se aplica el IVA que corresponde al 19 % del total.

7.2.3. CIF

$$CIF = (16,486,8 + 1,500) \tag{7.1}$$

$$CIF = 17,986,8€$$

7.2.4. Impuesto Ad Valorem

$$IV = (CIF) \cdot 0,06 \tag{7.2}$$

$$IV = (17,986,8) \cdot 0,06$$

$$IV = 1,079,208€$$

7.2.5. Impuesto al Valor Agregado

$$IVA = (CIF + AV) \cdot 0,19 \tag{7.3}$$

$$IVA = (17{,}986{,}8 + 1{,}079{,}208) \cdot 0{,}19$$

$$IVA = 3{,}622{,}54€$$

$$CostoTotaldeImpuestos = 4{,}701{,}7€$$

En la siguiente tabla se muestran los costos asociados al Capex, más una estimación de gastos asociados en el mismo:

Item	**Costos** [€]
Bloque Termodinámico ECO 4000 XL id 28	16.486,80
Flete	1500
Impuestos	4.701,70
Instalación	8.315,14
Refrigerante	89,78
Costo Total del Capital	31.093,40

Tabla 7.1: Capex. Elaboración Propia

7.3. OPEX

Dentro del Opex se deben detallar todos los costos operativos en los que se incurrirá con el equipo, tales son estos como el consumo de electricidad, mantenimientos y cualquier costo relacionado a su operación.

7.3.1. Costo Anual de Energía Eléctrica

Para el Equipo Termodinámico y sus componentes seleccionado anteriormente, se procederá a calcular el costo de energía eléctrica considerando un precio de 75 [$/$KW$], 24 horas al día de trabajo y 360 días al año (considerando el Euro a 735.4 $ para el día 22/05/18), el equipo posee un consumo establecido en el siguiente rango,]5,7-8,3] [KW] nosotros estimaremos el promedio de estos datos como potencia de consumo:

$$CostoEE = 7[KW] \cdot 75[\frac{\$}{KW \cdot h}] \cdot 24[\frac{h}{dia}] \cdot 360[\frac{dia}{año}] \tag{7.4}$$

$$CostoEE = 4,536,000[\frac{\$}{año}] = 6,168,07[\frac{e}{año}] \tag{7.5}$$

7.3.2. Costo Mantenimiento Equipo

7.3.2.1. Mantenimiento Semanal

El equipo se caracterizara en dos partes, donde la primera se encuentran los PST ubicados en el techo de la fábrica, por lo tanto existirá acción de los elementos climáticos sobre los mismos, cañerías, surtidores sufrirán las inclemencias del medio. Dado esta condición una vez por semana un técnico en mantenimiento deberá subirse, revisar el estado, limpiar la suciedad y cualquier otro contratiempo deberá ser revisado por él, se estima una inspección de no más de 4,5 horas por semana, 52 veces por año, con un valor de 4.917 [Clp/h] valorizando esto:

$$CostoMS = 3[\frac{HH}{Semana}] \cdot 52[\frac{Semana}{año}] \cdot 4,917[\frac{\$}{HH}] \tag{7.6}$$

$$CostoMS = 767,052[\frac{\$}{año}]$$

$$CostoMS = 1,043,04[\frac{€}{año}]$$

7.3.2.2. Mantenimiento Primario y Aseo

Con respecto al bloque termodinámico, los acumuladores y cañerías, se encontrara dentro de la fábrica, se le deberán realizar labores de aseo por el aceite vaporizado que se deposite y el proceso productivo en cuestión, inspecciones visuales para reconocer perdidas de refrigerante, agua del proceso o cualquier otra alteración que perjudique su funcionamiento normal. Una vez por semana el mismo operador o un técnico mecánico deberán revisar una mantención primaria, que consiste en revisar puntos asignados con una señal roja estándar y rellenar una tabla estándar de mantención primaria. La Valorización de HH es 4.917 [Clp/h], 52 veces por año, en el caso del personal de aseo, la valorización de HH será de 3.000 [Clp/h], en costo tendremos:

$$CostoAseo = 1[\frac{HH}{Semana}] \cdot 52[\frac{Semana}{año}] \cdot 3000[\frac{\$}{año}] \tag{7.7}$$

$$CostoAseo = 156,000[\frac{\$}{año}]$$

$$CostoAseo = 212,13[\frac{\$}{año}]$$

$$CostoMP = 1[\frac{HH}{S\ emana}] \cdot 52[\frac{S\ emana}{año}] \cdot 4,917[\frac{\$}{HH}] \tag{7.8}$$

$$CostoMP = 255,684[\frac{\$}{año}]$$

$$CostoMP = 347,68[\frac{€}{año}]$$

Ítem	**Costo[$\frac{€}{año}$]**
Costo Anual Energía Eléctrica	6.168,07
Mantención Semanal	1.043,04
Mantención Primaria	347,68
Aseo Semanal	212,13
Total	7.770,92

Tabla 7.2: Opex

Capítulo 8

Conclusión

En el transcurso del tiempo, las fábricas se han encaminado por un aumento en su competitividad, calidad y precios, dado esto siempre existe la necesidad de disminuir costos y eliminar fugas de capital. Podemos ver casos dentro del mismo grupo Renault, siempre a la cabeza de las demás fábricas se encuentra la casa matriz de Francia.

Corriendo el año 2012, 6 de noviembre se inaugura una granja de paneles solares, con una capacidad para generar 9.200 [MWh] por año, la solución fue bastante ingeniosa, ellos presentaban problemas en unidades, ya que al salir de la fabricación, quedaban expuestos al ambiente, intemperie, por esto los paneles se ubicaron a modo de techo en extensos llanos de estacionamientos de vehículos, con esto aparte de proteger las unidades nuevas se consigue reducir en 2.2 toneladas de CO_2 al año sus emisiones, logrando un mayor compromiso con el medio ambiente y ganando la atención pública. Es de conocimiento público que los medios de producción generan contaminación y residuos no deseados, en un pasado esto era normal, pero en el tiempo donde nos desenvolvemos se puede aminorar la

contaminación generada.

Para nuestro caso de estudio, donde nos encontramos con una unidad de lavado, mediana/pequeña, detectamos un consumo solo en electricidad para calentar el agua de lavado por $27.216.000 anualmente, esto corresponde a 362.880 [*KWh*] por año, la matriz energética del país se concentra principalmente en carbón, lo cual constituye un problema de contaminación importante.

Consideraremos un factor de 0,5 [Kg] CO_2 [*e*/KW], la huella de carbono del equipo para solo calentar agua será de 181,44 toneladas de CO_2 por año. En miras de energía más limpia, llegamos a los PST, este equipo se utilizara para pre calentar el agua, el mismo tendrá un consumo anual máximo de 60.480 [KW], valorizando esto tenemos $4.535.999, Calculando la huella de carbono como en el caso anterior, tendremos 30.2 toneladas de CO_2 por año.

Esta tecnología permitirá bajar las emisiones de CO_2 en 151.24 toneladas por año, su costo de Capex y Opex teniendo consideraciones tanto de mantenimiento y aseo será de 38.864, 32 *e*, esto en CLP serán $28.580.820,9, contrastando esto con la actual operación de resistencias eléctricas que posee un valor anual de $27.216.000, parece una solución bastante viable, generaría un delta positivo a favor de energía limpia a partir del segundo año de $21.315.180 , en los años siguientes el delta se incrementara, ya que su costo de energía anual es de $4.535.999, se obtendrán mayores ahorros en función de un set up comprobado en terreno. Lo más llamativo de este tema, en una fábrica de estas características de tamaño, es que no existe

ningún sistema para aminorar el consumo eléctrico de la planta e inclusive estando en una zona tan propicia para este tipo de energía por su alta radiación solar y temperaturas promedios anuales de $15^{o}C$, teniendo en los meses cálidos peaks de $40^{o}C$. Cuentas de $200.000.000 nos hacen pensar que efectivamente hay presupuesto para poder direccionar la fábrica hacia horizontes más amigables con el medio ambiente y con el doble beneficio de aminorar gasto en energía eléctrica. También existe la posibilidad de bajar aún más el consumo de la operación de calentamiento de agua, ya que la incorporación de paneles solares fotovoltaicos a este mismo equipo es real, lo ideal sería una operación cero consumos de la red eléctrica.-

Bibliografía

- Autor: Yunus A. Cengel, Editorial: McGraw-Hill, Edición: Sexta, Título: Transferencia de Calor y Masa.
- Autor: Frank M. White, Editorial: McGraw-Hill, Edición: Sexta, Título: Mecánica de Fluidos.
- Autor: Eisaire, Título: Catálogo de Lavadoras.
- Autor: Energie, Título: Catálogo de ECO XL
- Autor: Energie, Título: Manual Bloco Solar
- Autor: CORMECANICA, Título: Material Propiedad de Cormecanica

Índice de tablas

3.1. Tabla R470C. Fuente:Elaboración Propia 13

5.1. Diámetros de Alimentación y Descarga 32

5.2. Conexiones Bloque Termodinámico 34

5.3. Conexiones de PST y Soldaduras 35

5.4. Tiempo mínimo de Pruebas de Vacío. Elaboración Propia . 37

5.5. Carga Mínima Pruebas de Vacío. Elaboración Propia . . . 38

5.6. Presión en Función de Temperatura. Fuente 2 39

6.1. Características Técnicas Bloque Termodinámico. Fuente 2 49

6.2. Características Técnicas Bloque Termodinámico. Fuente 2 49

7.1. Capex. Elaboración Propia 59

7.2. Opex 62

Índice de figuras

1.1. Consumo de Agua. Fuente 1. 2

1.2. Resistencias de Lavado. Fuente 1. 2

1.3. Resistencias de Enjuague. Fuente 1 3

1.4. Esquema Hidráulico. Fuente 1 4

1.5. Panel de Mandos. Fuente 1 5

2.1. Situación Eléctrica 2016. Fuente 3. 6

3.1. Potencia Solar. Fuente 4.....10

3.2. Parámetros Climáticos. Fuente 5 10

3.3. PST lado izquierdo. Fuente 2.....11

3.4. Esquema Bomba de Calor. Fuente 4.....14

4.1. Esquema Bomba de Calor y Diagrama de Mollier. Fuente 6. 19

4.2. Esquema Sistema Termodinámico. Fuente 2. 21

5.1. Orientación PST. Fuente 2. 24

5.2. Zenit. Fuente 2.....25

5.3. PST Y Alturas Máximas. Fuente 2.....26

5.4. PST con lado y distancia mínima. Fuente 2. 26

5.5. PST y su Sentido. Fuente 2 27

5.6. Vista Área Cormecanica. Fuente 3 28

5.7. Disposiciones Tentativas. Fuente 2 28

5.8. Fijaciones, Ejemplo Práctico. Fuente 2 30

5.9. CAP y DL. Fuente 2 31

5.10. Ejemplo de Instalación Bloque Termodinámico. Fuente 2 . 33

5.11. Conexiones de Bloque Termodinámico. Fuente 2 33

5.12. Conexiones de PST y Soldadura. Fuente 2 35

5.13. Esquema Carga Correcta Refrigerante. Fuente 2 38

5.14. Instalación Intercambiador de Calor. Fuente 2 40

6.1. Situación Consumo de Agua. Elaboración Propia 42

6.2. Ejemplo de mediciones de temperatura. Fuente: Elaboración propia 45

6.3. Características Técnicas y espaciales Bloque Termodinámico 51

6.4. Ejemplo de Instalación con Desglose de Componentes. Fuente 2 51

7.1. Mapa de Ubicación Energie. Fuente 7 53

7.2. Propuesta de Costos Bloque Térmico. Fuente: Contacto Energie 54

7.3. Propuesta de Costos Instalación Bloque Térmico. Fuente: Famacon 55

7.4. Propuesta de Costos Refrigerante. Fuente: Contacto con VMA RETAIL 56

7.5. Propuesta de Costos Refrigerante. Fuente: Contacto con ANTARTIC REFRIGERACION LTDA.....57