



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MECÁNICA ELÉCTRICA**

“MEJORA DEL ENFRIAMIENTO DE TUBOS PVC POR AGUA MEDIANTE EL  
CAMBIO DE TORRE POR CHILLER REFRIGERANTE EN EMPRESA TUPLAST  
TRUJILLO PARA SATISFACER LA DEMANDA TERMICA ”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR

ALBERTO JERSINIO MENDOCILLA DURAND

ASESOR METODOLOGICO

Ing. ROGER ARANDA GONZALEZ

ASESOR ESPECIALISTA

Ing. RAUL PAREDES ROSARIO

LINEA DE INVESTIGACIÓN

GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

TRUJILLO-PERÚ

2018

**PAGINA DE JURADO**

---

Dr. Jorge Antonio Inciso Vásquez  
PRESIDENTE

---

Ing. Jorge Aranda Gonzalez  
SECRETARIO

---

Mg. Raúl Paredes Rosario  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

**A Dios:** por brindarme las fuerzas necesarias para poder culminar mi carrera satisfactoriamente y por la bendición de mis dos hijos.

**A mis padres:** por instruirme en el camino de la rectitud y el trabajo por demostrarme la importancia del sacrificio y sus recompensas porque con ellos aprendí lo más importante en la vida y hasta el día de hoy me siguen demostrando su apoyo incesante .

**A mi esposa:** por su comprensión por su dedicar a la ayuda del manejo del hogar y mostrándome tiempos por los cuales pude aprovechar para concluir mi carrera profesional

**A mis profesores:** agradecerles por sus enseñanzas y tiempo invertido en el desarrollo y evolución de mi persona como profesional

**ALBERTO JERSINIO MENDOCILLA DURAND**

## **AGRADECIMIENTO**

Brindarles un agradecimiento a nuestros docentes ingenieros de la universidad CESAR VALLEJO que con su continuo apoyo llegaron a formarnos en la carrera de ingeniería mecánica eléctrica, de los cuales me llevo los más gratos recuerdos compartidos en aulas todo eso nos con llevo a concluir exitosamente nuestra carrera .

Un agradecimiento al ingeniero: ROGER ARANDA GONZALEZ, que me otorgo su capacidad de formación profesional, su apoyo y consejos incondicionales. Por ser un profesor, amigo y asesor porque con cada una de sus palabras expuestas nos enseña a querer más a nuestras carreras.

E igualmente agradecer a mi familia por su gran apoyo incesante ; a mis compañeros que no empezamos juntos pero que hoy terminamos todo este proceso como un solo grupo unidos ,como no acordarse de todas esas anécdotas que pasamos, las risas y bromas que nos hemos hecho de todo eso muy agradecido con todos ; esperando y deseándoles lo mejor del mundo para ustedes y sus familias ,que de acá a más adelante quizás el destino nos vuelva a unir en algún trabajo o por otras cosas de la vida y espero que sigamos siendo amigos como lo hemos seguido siendo estos últimos meses que ha transcurrido en el desenlace de la carrera .

### **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo; ALBERTO JERSINIO MENDOCILLA DURAND, con DNI N°70498956, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, yo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que aquí se presenta en la siguiente tesis son auténticos y ala vez veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

**Trujillo, 15 de febrero de 2019**

---

ALBERTO JERSINIO MENDOCILLA DURAND

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado:

Por medio de este informe el cual cumple lo señalado por el reglamento de grados y títulos de la facultad de ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo, Presento a ustedes la Tesis Titulada “Mejora del enfriamiento de tubos de PVC por agua mediante el cambio de torre por chiller refrigerante en empresa Tuplast Trujillo para satisfacer la demanda térmica”, la misma que someto a vuestro estudio y esperando que cumpla con las expectativas de su juicio aprobador para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

El Autor

## INDICE

Pagina de jurado.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Declaratoria de autenticidad.....	V
Presentación.....	VI
Índice.....	VII
Resumen.....	XII
Abstract.....	XIV
<b>I. Introducción.....</b>	<b>15</b>
1.1 Realidad problemática.....	15
1.2 Trabajos previos .....	21
1.3 Teorias relacionada al tema.....	25
1.3.1 Descripción de torre de enfriamiento .....	26
1.3.2 Tipos de torres de enfriamiento .....	27
1.3.3. Eficiencia de la torre .....	30
1.3.4 Parametros caracteristicos del aire humedo.....	32
1.3.5. Calculo de torre de enfriamiento.....	35
1.4. Instalaciones frigorificas .....	38
1.4.1. Consideraciones generales .....	38
1.4.2 Chiller .....	39
1.4.3 Aplicaciones de los chiller.....	40
1.4.4 Agentes frigoríficos.....	41
1.4.5. Condiciones que deben cumplir las sustancias frigoríficas.....	42
1.4.6.Ciclo de carnot invertido.....	43

1.4.7. Eficiencia frigorifica .....	44
1.4.8. Ciclo teorico con valvula de espansion.....	45
1.4.9. Descipcion de componentes .....	46
1.4.10. Magnitudes del ciclo .....	49
1.4.11. Diagrama presion entalpial.....	53
1.5. Ablandadores de agua tipo industrial .....	54
1.5.1 Explicacion del proceso.....	54
1.5.2 Capacidades .....	55
1.5.3 Beneficios .....	55
1.6 Dimensionamiento y selección del conductor de alimentacion para motores electricos trifasicos ed baja tension .....	56
1.6.1 Definicion .....	56
1.6.2 Calculos .....	56
1.7 Tipo de costos .....	59
1.7.1 Valor actual neto (VAN) .....	64
1.7.2 Tasa interna de retorno.....	65
1.8. Formulacion del problema.....	68
1.9. Justificacion del estudio.....	68
1.10. Hipotesis.....	69
1.11. Objetivos.....	69
<b>II. Método.....</b>	<b>71</b>
2.1. Diseño de investigación.....	72
2.2. Variables, Operacionalización.....	73
2.3. Población, Muestra.....	74
2.4. Tecnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	75
2.5. Métodos de análisis de datos.....	75
2.6. Aspectos éticos.....	75
<b>III. Resultados.....</b>	<b>76</b>
3.1. Caracterizar los procesos adr mediante el metodo de balance y energia.....	77
3.1.1. Analisis de proceso con toma de datos.....	77

3.1.2. Realizacion de balanse de masa determinando los flujos masicos de agua y tubos de pvc.....	77
3.1.3. Determinar la demanda termica que sera igual ala demanda frigorifica .....	78
3.1.4. Realizar el dimensionamiento y selecció n de los componentes del sistema de enfriamiento de agua en el chiller por gas refrigerante .....	79
3.1.5. Dimensionar y seleccionar el sistema de ablandamiento de agua a ser enfriada .	83
3.1.6. Caracteristicas del ablandador.....	85
3.1.7 Dimensionar y seleccionar el sistema electrico de arranque y proteccion .....	87
3.1.8.Preparar los esquemas de montaje del nuevo sistema de enfriamiento .....	90
3.1.9 Realizar el analisis economico determinando inversiones .....	92
3.1.10 Inversiones en activos, mano de obra para implementar proyecto.....	93
3.1.11. Analisis financiero .....	94
3.1.12 Plan de pagos mensuales.....	95
3.8.3 Flujo de caja e indicadores financieros.....	96
IV. DISCUSIÓN.....	96
V. CONCLUSIONES .....	108
VI. RECOMENDACIONES .....	113
VII. REFERENCIAS.....	115
ANEXOS.....	116

## INDICE DE FIGURA

Figura 1: Disposicion actual del sistema de enfriamiento evaporativo de agua por aire ,en torre con agua dura .....	17
Figura 2: Merma de producción total de pvc.....	19
Figura 3: Diagrama psicometrico.....	19
Figura 4: Torre de enfriamiento con tiro inducido .....	26
Figura 5: Torre con tiro inducido y con rellano horizontal.....	26
Figura 6: Torre con tiro inducido y con relleno cilindrico .....	27
Figura 7: Grafico de parametros de torre de enfriamiento.....	27
Figura 8: Torre de enfriamiento con sistema de bombeo y ventilacion .....	27
Figura 9: Termometro de bulbo seco y termometro de bulbo humedo .....	28
Figura 10: Rango de operación en la torre .....	28
Figura 11: Acercamiento en torre.....	28
Figura 12: Capacidad de enfriamiento de torre .....	29
Figura 13: Enfriador de agua o chiller .....	29
Figura 14: Ciclo de Carnot invertido .....	29
Figura 15: Esquema de funcionamiento y ciclo de las maquinas frigorificas con compresion mecanica de vapores ,con valvula de laminacion .....	30
Figura 16: Compresor de gas r-410/ SEER17 .....	30
Figura 17: Unidad condensadora .....	30
Figura 18: Valvula de expansion .....	30
Figura 19: Evaporador para tanque .....	31
Figura 20: Separador y filtro de aceite marca Emerson .....	31
Figura 21: Diagrama T-S del ciclo frigorifico compresion mecanica de vapores .....	38
Figura 22: Diagrama T-S del ciclo frigorifico compresion mecanica de vapores .....	38
Figura 23: Ciclo real de la instalacion con vapores e el diagrama P-h .....	39
Figura 24: Tanque de PRFV para ablandador de agua.. .....	41
Figura 25: Cabezales automaticos para proceso de regeneracion .....	58
Figura 26: Conductores electricos .....	43
Figura 27: Grafico TIR .....	44
Figura 28: Grafico VAN.....	44
Figura 29: Diseño de constuccion ,con pasos a desarrollar para obtener objetivos de la investigacion .....	45
Figura 30: Variables del proceso.....	46
Figura 31: Diagrama de bloque sistema de anfriamiento usando torre de enfriamiento....	8

Figura 32: Corte de una extrusora.....	59
Figura 33: Modelo chiller SIC-30A.....	65
Figura 34: Modelo chiller SPIA-40HP.....	66
Figura 35: Ablandadore de agua por intercambio ionico .....	67
Figura 36: Sistema de proteccion y monitoreo para ablandadores de agua.....	70
Figura 37: Nuevo proceso de enfriamiento de tubos de pvc.....	91

## INDICE DE TABLA

Tabla 1: Producción neta y merma de PVC.....	6
Tabla 2: Conductores electricos.....	26
Tabla 3: Producción neta y mermas en 2017, planta Tuplast s.a.c .....	26
Tabla 4: Velocidad por temperatura.....	27
Tabla 5: ficha tecnica chiller.....	27
Tabla 6: opciones de ablandadores de agua .....	27
Tabla 7: Parametros de dureza en el agua .....	28
Tabla 8: Ingresos brutos con proceso actual .....	28
Tabla 9: Ingresos brutos con proceso actual y estimado.....	28
Tabla 10: Inversiones estimadas para puesta en marcha del proyecto .....	29
Tabla 11: Inversion y financiamiento.....	28
Tabla 12: Flujo de caja e indicacores financieros.....	28
Tabla 13: Flujo de caja e indicacores financieros .....	29

## RESUMEN

El presente estudio de investigación tecnológica que busca mejorar el sistema de enfriamiento de tubos de PVC mediante el cambio de torre de enfriamiento por un chiller refrigerante en la empresa Tuplast s.a.c, Trujillo.

Se comienza con el balance de masa y de la energía en los procesos, esto nos conlleva a determinar los parámetros de proceso, incluyendo todas las variables independientes y dependientes.

Se determina que se deben usar el chiller refrigerante por que la torre no puede enfriar el agua tan rápido como lo hace el chiller; otra ventaja muy clara es que al usar agua en el chiller es menos perjudicial ya que el agua con que trabaja es un agua tratada y no permite atascamiento por caliche , no tiene valor del Cp elevado, no es toxico y es barato todas estas ventaja hacer que el chiller sea una excelente opción en comparación con sistemas que utilizan amoniaco, cloruros, etileno, metanol o glicerina .

Otra ventaja de usar el chiller es que estos enfriadores suelen durar más tiempo que los de gas por ser ellos de expansión directa así el sistema se vuelve más confiable y permite gestionar procesos con mayor eficiencia y menor costo en tiempo real.

Se prefiere una maquina precisa y de gran calidad en sus componentes, con buen tiempo de respuesta en la programación de temperatura y de un costo muy razonable y de una fácil calibración.

Se termina que la implementación de dicha propuesta de sustituir la torre por un chiller es de alta rentabilidad, pero es necesario capacitar al personal para el adecuado manejo de los dispositivos de control de temperatura.

**Palabras claves:** Temperatura, refrigerante, chiller, energía, caliche.

## ABSTRACT

The present technological research study that seeks to improve the cooling system of PVC pipes by changing the cooling tower by a cooling chiller in the company Tuplast s.a.c, Trujillo.

It starts with the balance of mass and energy in the processes, this leads us to determine the process parameters, including all independent and dependent variables.

It is determined that the chiller must be used because the tower can not cool the water as fast as the chiller does; Another very clear advantage is that when using water the chiller is less harmful since it is not corrosive, it has a high Cp value, it is not toxic and it is cheap all these advantages make the chiller an excellent option in comparison with systems that use ammonia, chlorides, ethylene, methanol or glycerin

Another advantage of using the chiller is that these chillers usually last longer than gas ones because they are direct expansion, so the system becomes more reliable and allows to manage processes with greater efficiency and lower cost in real time.

A precise and robust machine is chosen, with good response time in the temperature programming and a reasonable cost, easy calibration.

It is concluded that the implementation of said proposal to replace the tower with a chiller is highly profitable, but it is necessary to train personnel for the proper handling of temperature control devices.

**Keywords:** Temperature, refrigerant, chiller, energy, caliche.

I

# INTRODUCCIÓN

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad Problemática.

El proceso de enfriar agua es quizá uno de los procesos más remotos que se conoce, ya desde tiempos inmemoriales se utilizaban jarrones de barro estos servía para conservar el agua fresca y las superficies oscuras de los tanques para enfriar grandes masas de agua.

Los años han pasado, la tecnología y la industria se han ido desarrollando y la demanda de enfriar grandes masas de agua ha aumentado, se han desarrollado componentes cada vez más eficientes y de muy bajo precio energéticamente.

Uno de los procesos importantes de la fabricación de tubos de PVC en la empresa TuPlast de Huanchaco, La Libertad; es el de enfriamiento final de los tubos, por contacto directo con agua, para lograr las dimensiones finales con la debida precisión.

Tuplast inicia su producción en el año 2013 en la fabricación de tuberías de PVC plásticas. En la actualidad, la fábrica está ubicada en el distrito de Huanchaco, Trujillo; adjudicando así con puestos de trabajo a pobladores de la zona. Produce los siguientes tipos de tubos, en PVC:

- **Tubos Para Fluido a Presión**
- Tubos de Unión Rosca
- **Tubos para fluidos a presión con unión tipo rosca**
- **Línea Sanitaria**
- **Tubos para Instalaciones Eléctricas**
- Tubos de luz Sel

#### **Área Infraestructura**

- **Tubos para Fluido a Presión**
- **Línea Para Alcantarillado**

En ese sentido, el proceso consta de aplicar agua pulverizada en toberas sobre los tubos de PVC, que tienen un movimiento de traslación, saliendo de los dispositivos de extrusión

a una temperatura de aproximadamente 170 °C – 180 °C, debiendo ser enfriados hasta 25 a 30°C.

El agua utilizada para este fin, es del tipo industrial, la que es bombeada a una torre de enfriamiento para ser enfriada por aire que es succionado por un ventilador.

El problema es que, debido a una elevada temperatura de rocío del aire atmosférico, de 22 a 23 °C, el agua es enfriada solamente entre 35 a 39°C y el problema de hace más álgido en verano pues las condiciones del aire son más adversas y ya no es un buen agente de enfriamiento evaporativo.

Este inconveniente ocasiona que los equipos de extrusión, del cual salen los tubos calientes, operen a una capacidad de producción menor a la nominal, entre un 50 a 65% de la capacidad nominal, siendo el cuello de botella para aumentar producción ya que la demanda térmica en su totalidad de las cuatro líneas extrusora es de 80 kw térmicos, por lo cual causa pérdidas económicas que ascienden a los 250,000 dólares anuales, en promedio.

Debido a lo descrito, se plantea hacer el estudio para el análisis de ingeniería respectivo; trazando los procesos, el tipo de control, seleccionar y dimensionar los equipos de enfriamiento de agua por gas refrigerante que reemplace en eficiencia y capacidad al sistema actual, de enfriamiento del agua evaporativo, en Torre de tiro inducido efectuando también la evaluación económica financiera que permita definir la viabilidad de su implementación.

Es decir, con el enfriamiento del agua en chiller por gas refrigerante, en lugar de enfriamiento evaporativo en Torre; se podrá ampliar la capacidad de la producción y satisfacer así la demanda de tubos de PVC en sus diferentes dimensiones, en la empresa Tuplast

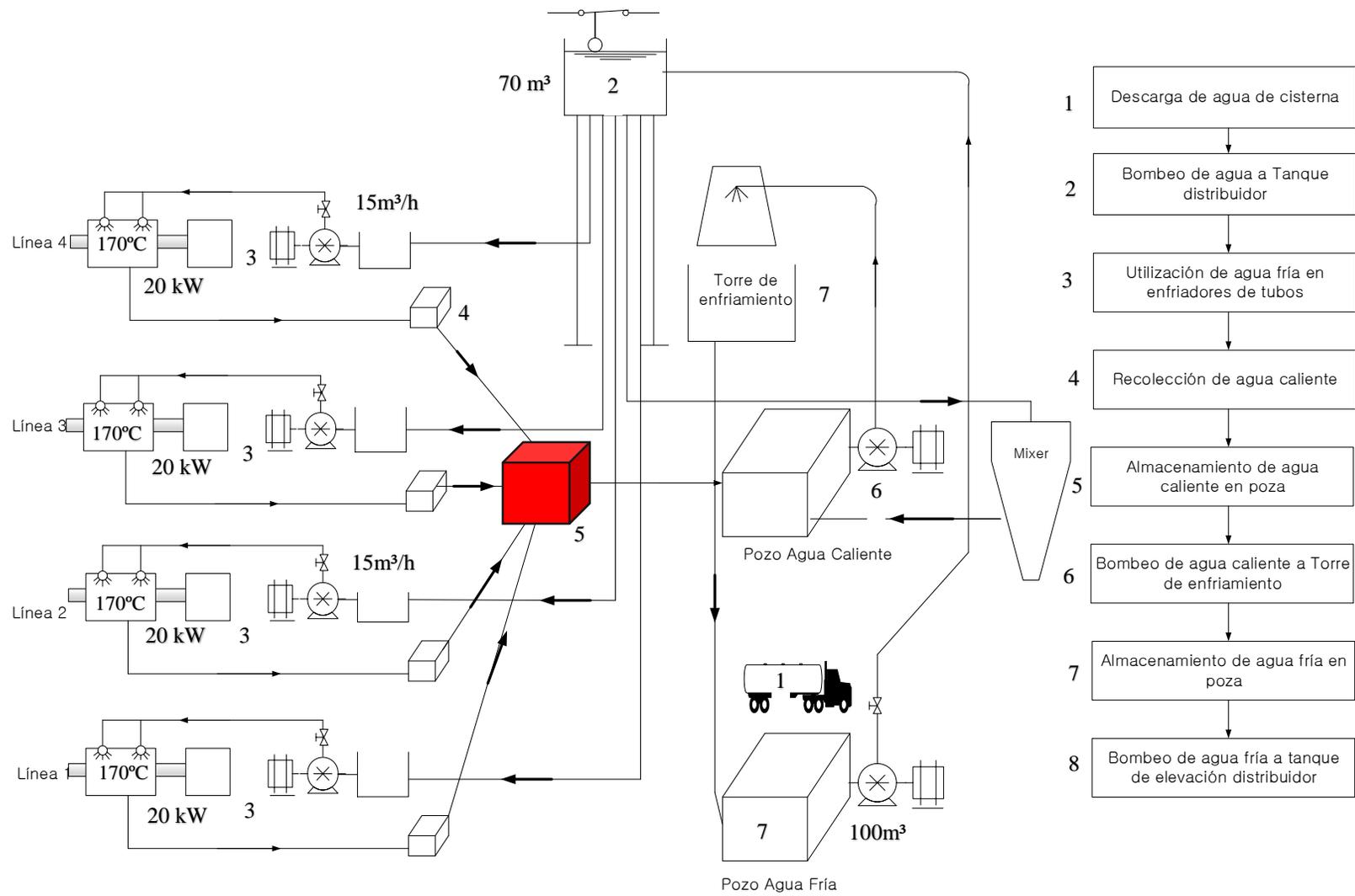


Figura 1: Disposición actual sistema enfriamiento evaporativo de agua por aire, en Torres, con agua dura

**Torre de enfriamiento** (ecured, 2011). son equipos que se usan para disminuir la temperatura a grandes volúmenes de agua, estas trabajan cuando el agua que cae por impulso de una bomba se incorpora en el domo de la torre ,la disminución de temperatura ocurre cuando el líquido al caer al interior de la torre ,este se deja en unión con una contracorriente de aire que fluye al interior de la torre en contra-corriente o a flujo cruzado con una temperatura menor a la temperatura del agua en estas condiciones el agua se enfría por evaporación ,originando que la temperatura de aire y humedad aumenten y la temperatura del agua baje teniendo como límite de enfriamiento del agua la temperatura de entrada del aire; parte de esta agua que se evapora causa la proliferación de más calor ,por ello se puede observar vapor de agua arriba de la torre esto se hace más notorio en verano ya que las temperaturas se incrementan ,el proceso es muy barato comparado con otros sistemas de enfriamiento

**Extrusión** (ecured, 2011). La extrusión es un proceso mecánico e industrial en donde se realiza moldeado de PVC, que por continuidad del material , con presión y empuje se hace pasar el material por un molde que se encarga de dar la forma deseada, el material suministrado a la máquina de extrusión es de 1200 Kg que se vierte en una tolva ; el polímero fundido se vuelve por acción de altas temperaturas una masa visco-elástico este a su vez es obligado a pasar por un cabezal por medio de empuje de un husillo que gira en forma concéntrica en una cámara de temperatura controlada ; debido a la acción de empuje esta masa fluye y se mezcla en el cañón y se obtiene del otro lado un perfil geométrico deseado que es en este caso tubos de diferentes diámetros a una temperatura de 170 °C -180 °C pasando al siguiente proceso de estudio .

**Enfriamiento** (ecured, 2011). Es la disminución de temperatura de un cuerpo este proceso se realiza en una cámara unida a la extructora que se encarga de inyectar agua mediante unas toberas enfriando los tubos y fijando la forma este proceso esta a lo largo de las horas de trabajo impuestas por la empresa Tuplast que son ocho de las cuales debido a las altas temperaturas en verano el agua no cumple su función como agente de enfriamiento produciendo mermas o paradas esto es excesivo trabajo para el operador y las variaciones de temperaturas hace que este regulando la extrusora según lo requiera .

Al no haber algún control automático de temperatura el técnico está pendiente todas las horas que dura su turno, esto genera una dificultad en los procesos que ocasionan derrames de pvc y mermas

Las pérdidas en proceso del promedio de 28 000 kg de PVC por año, Siendo la pérdida de un total de los 250 000 s/ año aproximadamente, (Tabla 1).

Gracias a los gráficos presenciamos la concordancia entre perdidas y mermas de producción de la empresa Tuplast SAC. (Fig. 2).

Por lo escrito, se recomienda dimensionar y seleccionar un sistema de enfriamiento secundario para poder controlar la temperaturas de enfriamiento de tubos de PVC, así definir los procesos, el sistema de control, seleccionar y dimensionar los instrumentos de medición y control, el hardware para el sistema de control, realizando un estudio en la parte económica que permita redefinir la aprobación de su implementación.

Con la implementación del chiller se controlara los tiempos en producción las altas y bajas de las temperaturas y se excluirá los tiempos de atascamiento de producción por los motivos mencionados, y se obtendrá un aumento de la producción y se lograra suplir la demanda térmica actual dando la seguridad de los operadores en el proceso.

Perdidas por producción y mermas de tubo de pvc en empresa Tuplast s.a.c , 2017					
Mes y año	Producción neta	Producción nominal	Merma/perdidas	Merma nominal	Perdidas
	Kg /mes	Kg /mes	Kg /mes	%P nominal	Soles /mes
Ene -17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
Feb-17	115 000	11 200	3000	2.68%	s/ 22 500.00
Mar-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
Abr-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
May-17	115 400	11 200	3400	3.04%	s/ 25 500.00
Jun-17	115 400	11 200	3400	3.04%	s/ 25 500.00

Jul-17	115 400.00	11 200	3400	3.04%	s/ 25 500.00
Ago-17	115 300	11 200	3300	2.95%	s/ 24 750.00
Sep-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 256.00
Oct-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
Nov-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
Dic-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
Total anual	1 382900		38 900	2.89%	s/ 292 006.00

Tabla 1. Producción neta y mermas de tubos de PVC en 2017, planta Tuplast s.a.c. Elaboración propia.

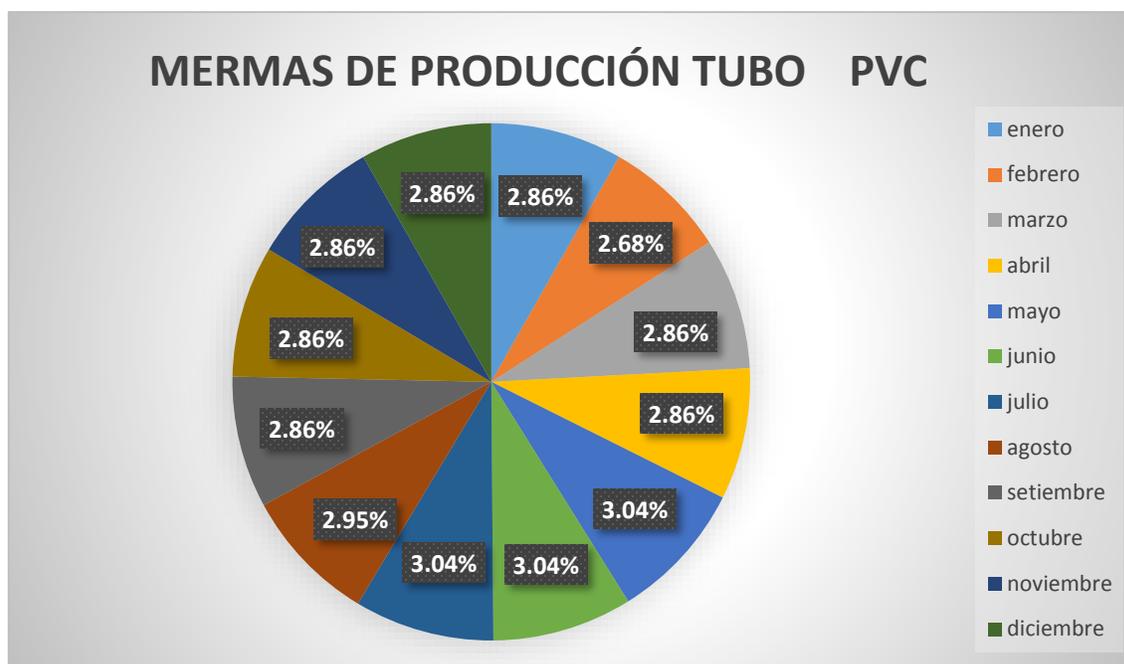


Figura2. Mermas de producción de PVC, año 2017 en TUPLAST SAC. Elaboración propia.

## **Trabajos previos.**

### **(castaño, 2016)“Evaluación energética de un sistema de refrigeración secundario a base de glicol”**

Tesis para optar al título de ingeniero mecánico

Universidad tecnológica Pereira. Facultad de ingeniería mecánica. 2016

#### **Conclusiones**

- Los sistemas de refrigeración secundaria, también conocidos como tipo chiller, son utilizados en la industria ya que permiten la disminución de consumo de energía gracias a la utilización de refrigerantes sustituyentes como el agua u otro refrigerante secundario.
- Además, la disminución en costos ya que es mucho más fácil utilizar agua que un refrigerante en sí para poder aclimatar un lugar o cualquiera que sea el objetivo del sistema de refrigeración.
- El sistema de refrigeración secundario a base de glicol analizado en este laboratorio, ubicado en la Universidad del Valle en la ciudad de Santiago en Cali, se analizó con base al cambio de frecuencia de trabajo del compresor para cada una de las configuraciones del sistema, ciclo de carga, de refrigeración y de evacuación, como lo mostrado en la gráfica número 1 del presente trabajo. Este análisis se realizó con el objetivo de hallar las mejores condiciones de operación y así obtener la mayor producción de trabajo útil, con el propósito de mejorar el Coeficiente de operación (COP) y su eficiencia energética mediante conceptos termodinámicos y energéticos.
- De acuerdo al análisis termodinámico y energético realizado, se encontró que el ciclo de funcionamiento a 50 Hz tiene la mayor eficiencia energética; la frecuencia de 50 Hz se puede utilizar para poner en marcha el sistema de refrigeración cuando se está preparando para la producción de hielo, cuyo objetivo final es la aclimatación de los salones de un edificio 340 de ingenierías de la universidad del valle.
- Para las horas no pico, en donde se plantea utilizar solo es sistema de compresión de vapor, se puede operar a 30Hz, ya que se tiene una buena eficiencia y coeficiente de operación con un consumo de energía menor.

- Los resultados son experimentales. Pese a que el sistema de refrigeración está instrumentado en algunos de sus puntos se necesita una inversión para poner en funcionamiento el sistema, como se planteó en un inicio por la facultad de ingeniería de la Universidad del Valle, el de acondicionar los salones del edificio donde está ubicado.
- Se plantea un mejor aislamiento de las tuberías para así tener una menor temperatura de recalentamiento no útil, seguro haría una gran diferencia en la eficiencia del sistema.

(Salazar, 2016) **“Diseño de ampliación y mejoramiento del sistema de refrigeración de la planta industrial de Dexson Electric S.A.S.”**

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Ingeniería Electromecánica

Bogotá 2016

**Conclusiones**

- La revisión del diseño de las instalaciones de agua para enfriamiento de los procesos de inyección y extrusión se logra menor consumo de energía, menor consumo de agua pero se debe tener en cuenta parámetros ambientales y de sostenibilidad.

El sistema de control para las líneas de agua de enfriamiento y la independencia de las líneas para inyección y extrusión incluyendo los tanques de recolección de agua y las torres de enfriamiento disminuyen los tiempos de mantenimiento con la planeación de intervención por líneas y por equipos, así no se para toda la planta de producción

- El sistema de captación de agua lluvia y la conexión de este sistema de alimentación permitió un aprovechamiento importante, donde se logró restar el consumo de agua de la red pública. Ahorrando recursos ecológicos y disminuyendo los costos de funcionamiento de la planta.
- La implementación de un sistema de compensación entre los tanques de almacenamiento de agua permite la distribución de agua de torres hacia las líneas a refrigerar de acuerdo a la carga térmica, disminuyendo el gasto de agua de torres por rebose de los tanques de almacenamiento.

**(Pulla, 2015)“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO PARA LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN DE CAUCHO TRIPLEX DE LA COMPAÑÍA CONTINENTAL TIRE ANDINA S.A.”**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Tesis para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Cuenca, Febrero 2015

En el diagnóstico fue posible evidenciar problemas en el sistema de enfriamiento de la Tubera Triplex, según el documento N ° HQST-V-MA-E-CL-WI -0066 -00, el cual hace referencia al agua de enfriamiento en contacto con caucho extruido y calandrado. Los problemas de mayor impacto al sistema de enfriamiento son: falta de instrumentación para llevar un adecuado registro de control, nivel de pH y presencia de contaminantes en el agua de enfriamiento.

El nivel de pH en el agua, antes de la implementación, presentaba un rango de operación entre 8 - 9, los cuales corresponden a valores fuera de especificación de calidad para el agua de enfriamiento en contacto con el caucho. Este parámetro hace que el material extruido tenga una baja adhesión.

El agua de enfriamiento proporcionada por la torre 4 hacia los procesos de Planta Común presentaba problemas de contaminación, esto es debido a que el agua de enfriamiento era mezclada con agua de proceso, la mezcla producida, al tener contacto con el caucho acaba contaminándolo, provocando que el material no cumpla con las condiciones de calidad adecuadas para la construcción de una llanta.

El proceso de implementación y del diseño del sistema de agua de enfriamiento cumple satisfactoriamente con los requerimientos establecidos para el enfriamiento de caucho

extruido y calandrado, así como los parámetros de temperatura, presión y nivel de pH se encuentran funcionando dentro del rango de operación adecuado.

La contaminación del agua fue controlada implementando dos sistemas separados, en donde, el agua de enfriamiento no se mezcla con el agua de proceso. El sistema primario transporta y enfría el agua mediante una torre de enfriamiento y el sistema secundario recolecta el agua de proceso de la Tobera Triple y mediante un intercambiador de calor se realiza la transferencia de energía con el agua fría del sistema primario.

El sistema mecánico se complementa con el sistema eléctrico, para un adecuado funcionamiento y control del sistema, como son: control de nivel de agua mediante sensores en el tanque reservorio, control de operación de las bombas mediante variación de frecuencia y revoluciones, control del ventilador en la torre de enfriamiento.

El diseño hidráulico garantiza el abastecimiento de agua a los **conveyors** de enfriamiento. Las configuraciones propuestas para las bombas seleccionadas brindan un funcionamiento continuo para el sistema de enfriamiento implementado, tanque reservorio y tubería actual incorporan la utilización de materiales como PVC y acero inoxidable 304 para la disminución de óxidos. Todo este sistema cuenta con instrumentación para inspección de temperatura y presión, que pueden ser monitoreados en la entrada y salida del intercambiador de calor por placas.

El diseño térmico cumple favorablemente con las temperaturas que requiere el agua de enfriamiento, además la torre de enfriamiento implementada tiene la capacidad de aumentar su punto de operación para futuras implementaciones y el intercambiador de calor por placas puede aumentar o disminuir su capacidad de transferencia de calor.

## **1.2 Teorías relacionadas al tema. (Standar, 2004)**

### **Historia**

El estudio del proceso de enfriar agua con el uso de una torre, requiere los conceptos de la carta de psicrometría. Ya que estos están relacionados con las características termodinámicas de estas mezclas de aire con vapor de agua.

Se sabe que la cantidad de vapor en el aire es relativamente baja (este porcentaje de vapor de agua en el aire es menor al 5%); sin embargo, la estancia de esas cantidades de agua influye de manera considerable a la evolución de las características del aire.

### **Conceptos básicos (Standar, 2004)**

#### **Aire y psicrometría (Standar, 2004)**

El aire de la atmosfera es un compuesto de gases comprendida principalmente por dos gases que son el Nitrógeno y oxígeno, pero, existen en la atmosferas más gases aparte del vapor de agua y otros componentes. De tal forma que el aire seco consiste en la combinación de gases con ausencia de agua, el aire saturado corresponde a la combinación con la mayor parte de agua que es posible estar en la fase de vapor.

Cuando el aire que nos rodea se encuentra lleno de agua, y no es capaz de recensionar más agua en estado de vapor y por lo tanto, cualquier otro intento en ello conllevaría a la condensación del vapor, generándose una lluvia. De allí hallamos la importancia de conocer los principales puntos que nos rigen el comportamiento de toda nuestra mezcla, como:

## Carta psicrométrica

La carta psicrométrica, es un gráfico que representa las propiedades térmicas de las mezclas aire-vapor ambas del líquido (agua). En esta se puede demarcar un desarrollo señalizando los diferentes estados, VGR. Con una trazaste en horizontal a la humedad absoluta y constante este representa un proceso de calentamiento o enfriamiento; una trazaste diagonal paralelas a las líneas de entalpia constante o las de temperatura de bulbo húmedo constante, todo esto representa un proceso de evaporación o de liberación de calor; entre otros (Ver figura 3).

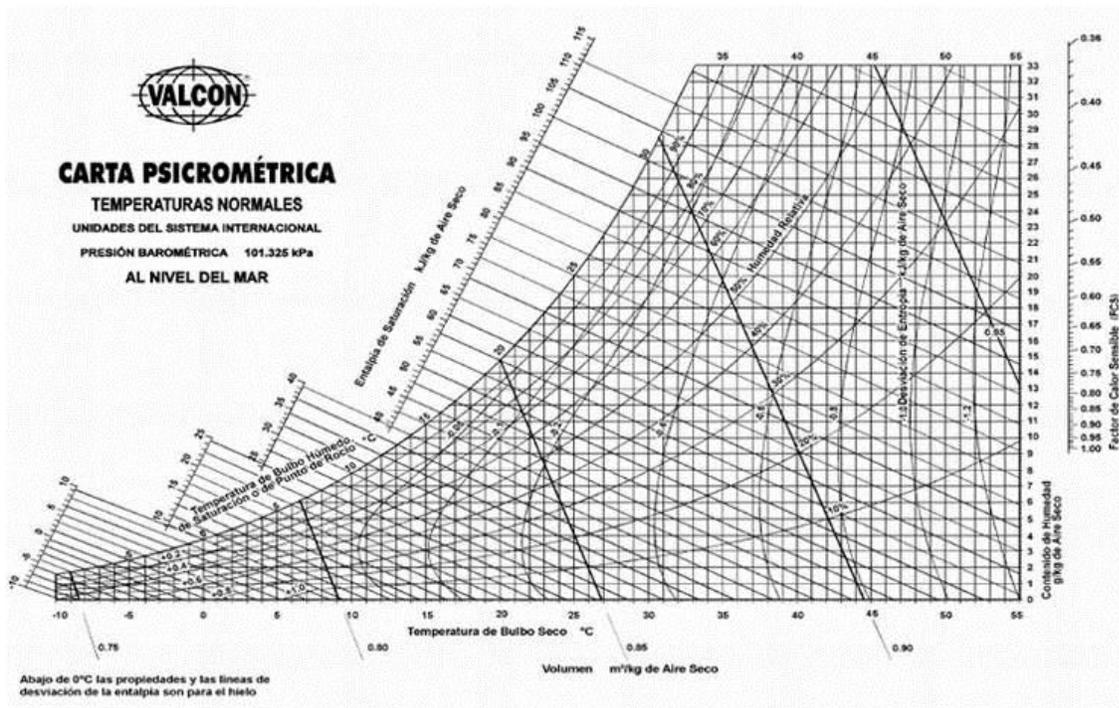


Figura 3: Diagrama psicrométrico

### 1.3.1- Torres de enfriamiento evaporativo de agua por el aire (ecured, 2011)

#### Descripción

Este dispositivo baja la temperatura de una masa de agua caliente por liberación de calor con evaporación sub total del agua con cambio en el calor sensible y latente con un flujo constante del aire frío que fluye en el interior del equipo. La torre de enfriamiento se encuentra en varios tipos, pero todos ellos buscan obtener un sistema

de enfriamiento de agua con solamente aire, con una baja inversión inicial y bajo costo de operación.

La torre de enfriamiento se construye y se diseñan de tal forma que solo existe un espacio vacío muy grande, en general son mayores que el 90 % de la masa total, para que la disminución de la presión del aire y de los vapores que se generan sea lo más reducida posible.

La mezcla de líquido (agua) y el aire incluye la superficie de las películas líquidas que humedecen el total de la Torre, y las gotas que se producen caen pulverizadas desde cada fila de cortinas en la torre de enfriamiento.

#### Esquema de principio de una Torre de enfriamiento

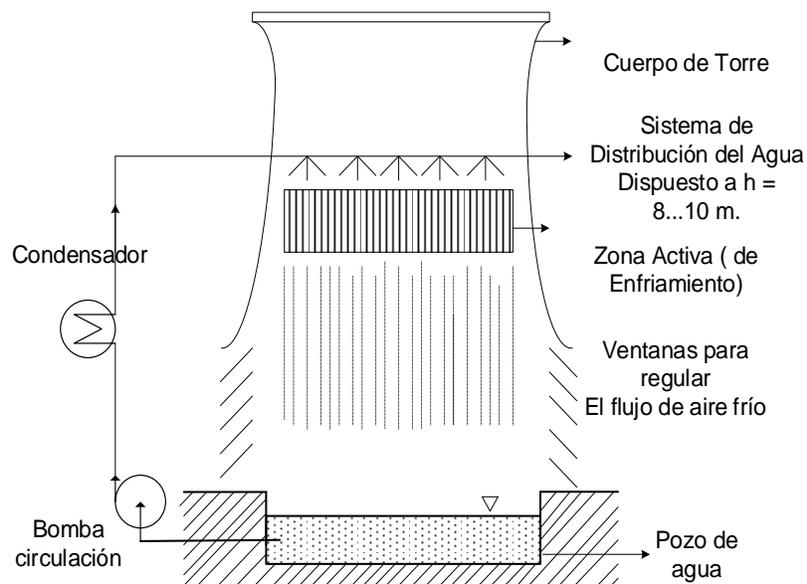


Figura 4: Torre de enfriamiento con tiro inducido. Elaboración propia

### 1.3.2 -Tipos de torre de enfriamiento (ecured, 2011)

Se dividen según el flujo de aire en:

#### Torre con circulación de aire natural.

- Torre tipo atmosférica
- Torre de tipo natural

#### Torre con tiro artificial.

- Torre de tiro inducidos
- Torre de tiro Forzados

#### Torre de flujo cruzado

- Torre con re-circulación de aire y agua en contracorriente.
- Torre con re-circulación de aire y agua en corriente cruzadas.
- Torre con re-circulación de aire y agua en circulación compuesta.

### Torre de enfriamiento con la circulación de aire natural (ecured, 2011)

#### 1.- Torre de enfriamiento Atmosférica:

El caudal del líquido depende del flujo del aire y de la aspiración de toberas de aspersión del líquido. Esta torre se utiliza en instalaciones de pequeña potencia con tolerancia.

#### 2.- Tiro natural:

En este tipo el caudal de aire surge como el resultado de la diferencia de pesos específicos, del aire frío del exterior de la torre y el aire saturado de agua al interior de la torre. Tienen cuellos alargados para obtener la caída deseada. Por el gran tamaño de estos tipos de torres, llegan a los 160 m altos y 31 m de diámetro, más usados para

flujos de agua mayores a  $46,000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Se utilizan mucho en centrales térmicas. Capacidades: (5...8 (10)  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ );

### **Torre de enfriamiento de Tiro artificial**

En este tipo de torre el agua que está caliente es repartida hacia toberas aspersoras o persianas que ceden el paso hacia la parte inferior de la masa de agua por unos orificios. Las Capacidades: (10...16 (20)  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ).

El flujo de aire de enfriamiento para el agua es circulado en torre, en una de estas dos formas:

#### **1.- Por tiro Inducido:**

El aire frío (ambiente) es aspirado dentro de la torre con la ayuda de un ventilador axial instalado en la parte cabeza de la torre.

Son las más utilizadas:

#### **2. Por tiro forzado**

Caso particular de este es que el aire es forzado a ingresar y desplazarse por dentro de la torre con un ventilador, tipo radial-axial o centrífugo situado en la parte inferior de la torre y saliendo por la parte superior.

La torre para enfriamiento, según el modo de formación de la superficie del agua expuesta a la corriente de aire, se clasifican en:

- Torre con goteos ( $4...5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ );
- Torre con películas ( $6...7 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ );
- Torre mixta (pelicular y con goteo);

## Torre de enfriamiento por tiro inducido

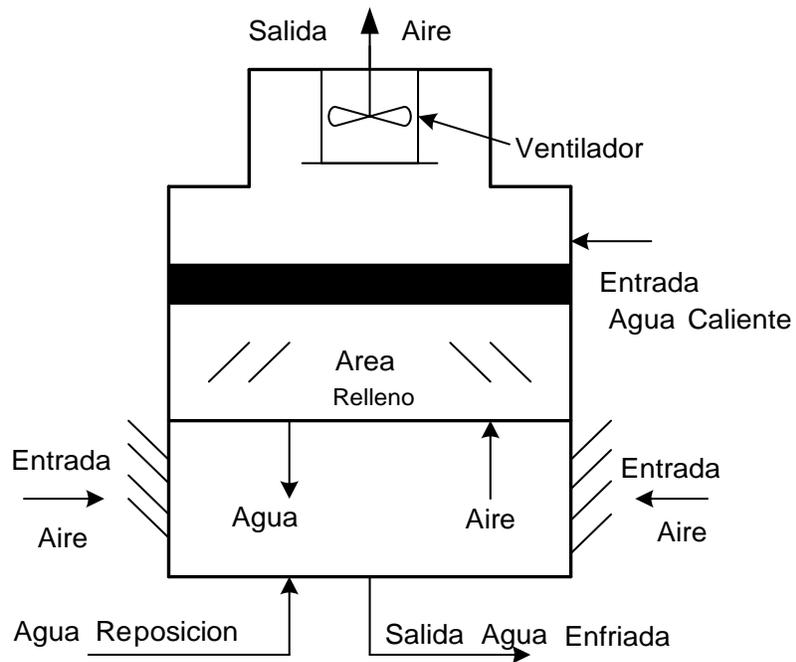


Figura 5: Torre por tiro inducido y con relleno horizontal

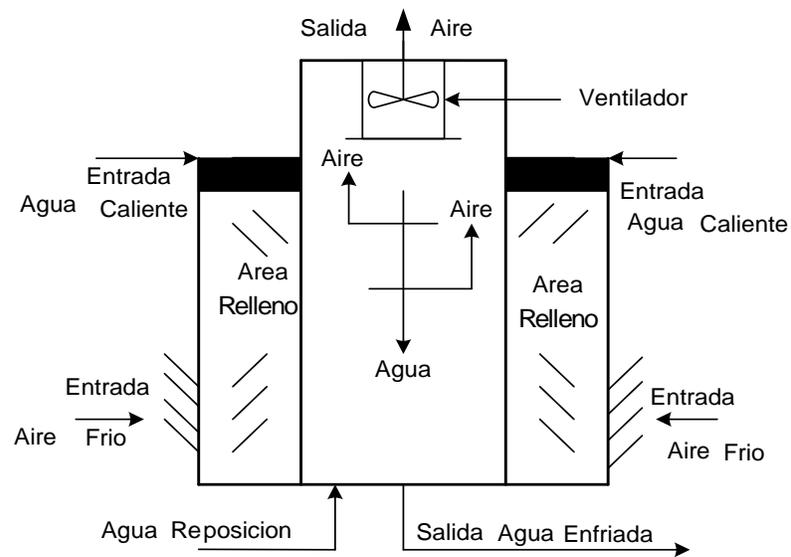


Figura 6: Torre por tiro inducido y con relleno cilíndrico

### Torre de tipo flujo cruzado (ecured, 2011):

El aire ingresa por los costados de la torre, el agua cae de modo horizontal por la torre. Los flujos de aire que ingresan por los costados se enlazan en la parte interna y despliegan la torre por la parte de arriba. Estos requieren más afluencia de aire y tienen una inversión de operación mínimo que en el caso de la torre con flujo de aire y agua a contra-corriente.

Una representación gráfica de la característica de la torre:

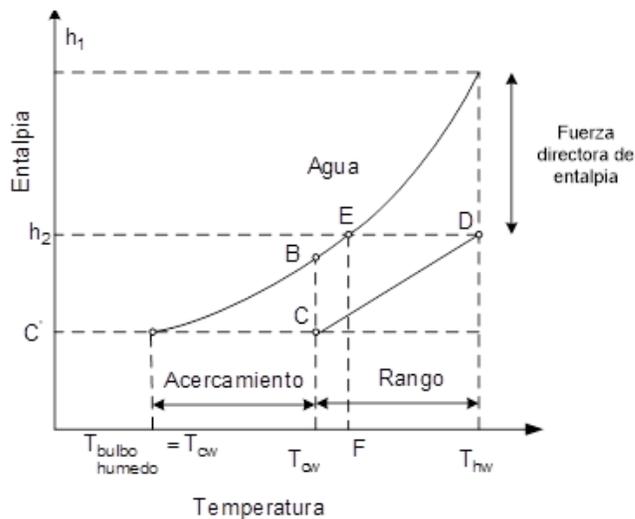


Figura 7: Gráfico de parámetros de Torre de enfriamiento

$$\text{Rangos} = T_{hw} - T_{ow}$$

Alcances (Approach) =  $T_{ow} - T_{wb}$ , son las diferencias útiles de las temperaturas

### 1.3.3- Eficiencia de Torre de Enfriamiento

El máximo rendimiento en las denominadas torres para el enfriamiento de líquidos, es la de una función directa de la temperatura del aire exterior.

En una torre de enfriamiento el principio que utiliza para enfriar los líquidos es la liberación de calor, exotérmico para enfriar el agua. En la torre de enfriamiento se alcanza temperaturas muy bajas en el agua menores a la temperatura de bulbo seco -

$t_{db}$  – del aire utilizado en el enfriamiento del agua. La torre de enfriamiento por lo particular las hacen muy pequeñas, maniobrables y menos costosas para igualar las cargas térmicas que se necesitan.

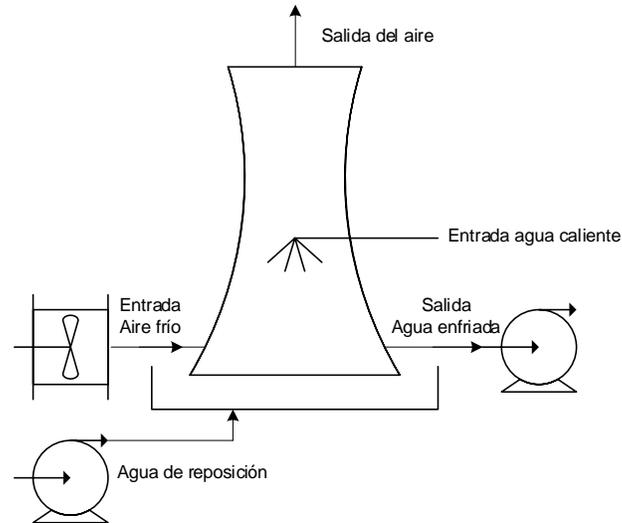


Figura 8: Torre de enfriamiento con el sistema de bombeo y ventilación

La diferencia entre temperatura del líquido en la entrada y salida  $t_i - t_o$  está en 10 a 15°C.

### La Tonelada = Torre = de refrigeración

1 Tnr = una torre de refrigeración se define como:

1 tnr- una torre de refrigeración es igual a 15,000 Btu/h o 3,782 k Calorías/h o

15831,452 kJ/h o 4,4 kw térmicos

### Carga térmica y flujo de agua en torre de enfriamiento

Qu de torre, en kw -  $m_{agua} \cdot c_p \cdot (t_{inicial} - t_{final})$

En la cual:

$M_{agua}$ , en kg/s

$C_p$  = calor específico del agua, 4.187 kJ/(kg\*°C)

$T_{inicial}$ : temperatura del agua caliente, que ingresa a la torre, °C

T<sub>final</sub>: temperatura del agua fría, que sale de la torre, °C

### 1.3.4- Parámetro característico del aire húmedo (ecured, 2011)

#### 1). La humedad relativa

Este define el grado de saturación de los vapores de agua que contiene el aire y se expresa con la siguiente ecuación:

$$\varphi = \frac{p_v}{p_s} * 100(\%)$$

. En la cual:

$p_v$  Es la densidad del vapor

$p_s$  Es la Densidad del vapor en estado de saturación

Para  $p_v = p_s$ :  $\varphi = 100\%$  el aire húmedo es saturado

#### 2). El Contenido de humedad (x)

Está representando la masa de vapor en el aire por cada kg de aire seco:

$$x = \frac{m_v}{m_a} \left[ \frac{\text{kg vapor}}{\text{kg aire seco}} \right]$$

De la ecuación general de estado de los gases perfectos:

$$p_a * V = m_a * R_a * T \rightarrow m_a = \frac{p_a * V}{R_a * T}$$

$$p_v * V = m_v * R_v * T \rightarrow m_v = \frac{p_v * V}{R_v * T}$$

Reemplazando la ecuación del contenido de humedad:

$$x = \frac{p_v * R_a}{p_a * R_v}$$

Conociendo que:  $R_a = 287.04 \text{ Joule}/(\text{kg} * \text{Kelvin})$ ;  $R_v = 461.94 \text{ Joule}/(\text{kg} * \text{Kelvin})$ ;  $p_a = p$

–  $p_v$

En la cual:

$p$  = es la presión total del aire húmedo.

$p_a$  = presión parcial del aire seco.

$p_v$  = presión parcial de los vapores.

La expresión del contenido de humedad también se puede escribir:

$$x = 0.662 * \frac{p_v}{p - p_v} \left[ \frac{\text{kg vapor}}{\text{kg aire seco}} \right]$$

### 3). La densidad del aire húmedo

La suma:  $\rho = \rho_a + \rho_v$ .

En la cual  $\rho_a$  es la densidad de aire seco

$$\frac{p_a}{\rho_a} = R_v * T \rightarrow \rho_a = \frac{(p - p_v)}{R_a * T}$$

$\rho_v$  Es la densidad de los vapores de agua,  $\rho_v = \frac{p_v}{R_v * T}$

Reemplazando la ecuación de densidad del aire húmedo:

$$\rho = \frac{p}{R_a * T} - \frac{p_v}{T} \left[ \frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_v} \right] \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

### 4). La entalpía del aire húmedo

representa la entalpía de la cantidad  $(1 + x)$  kg de aire húmedo:  $h = h_a + x * h_v$

En el cual:  $h_a = c_p * t = 0.24 * t \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right] = 1.0032 * t \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$

$$h_v = l_v * c_{pv} * t = 600 + 0.44 * t \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right] = 2,510.5 + 1.886 * t \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

Resulta la ecuación de la entalpía del aire húmedo:

$$h_a = 1.0032 * tx + x * (2,510.5 + 1.886 * t) \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

### 5).la temperatura de rocío del aire húmedo, $t_r$

Cuando se realiza la condensación de vapores de los líquidos (agua) ocupados en el aire de nuestra atmosfera, durante este procedimiento de enfriamiento a presión constante y para un contenido exacto de humedad constante.

## 6). La temperatura de termómetro húmedo, $t_{bh}$

La comprobación de la medición con un instrumento llamado termómetro de bulbo, en el cual la punta con mercurio o alcohol en su interior, etc. está cubierto parcialmente con un paño no en su totalidad solo una parte de él y parcialmente sumergido en líquido. Las temperaturas del aire descienden hasta cuando estos llegan a ser igual con las temperaturas de los líquidos, en cuyo caso los vapores del aire son saturados. Por consiguiente en la temperatura del mismo aire medido con un termómetro de bulbo normal es mayor que la temperatura del termómetro de bulbo húmedo, en el caso del

aire no saturado  $t_{bulbo\ seco} > t_{bulbo\ húmedo}$ .

Parte de este líquido se consume en el ambiente, bajando este la temperatura del aire, pues el calor cedido de evaporación es tomado del aire, como única fuente de calor. Este proceso es denominado un proceso de evaporación tipo adiabático.

En el caso del aire saturado, no existe evaporación del agua en el termómetro de bulbo

y La diferencia  $t_{bulbo\ seco} - t_{bulbo\ húmedo}$  caracteriza la capacidad del aire de evaporar el agua y se denomina potencial de secado.

Estas desigualdades  $t_{bulbo\ seco} - t_{bulbo\ húmedo}$  se denomina también diferencias psicométricas, pues en base a ella se puede determinar que tanta humedad hay en el aire  $\varphi$  con la ayuda del psicrómetro o carta psicométrica.

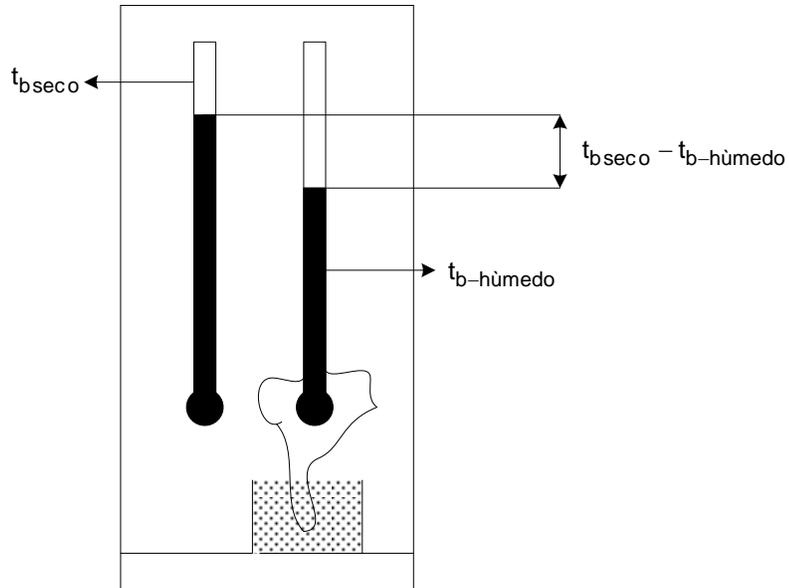


Figura 9: termómetro de bulbo seco y termómetro de bulbo húmedo

### 1.3.5- Cálculo en torre de enfriamiento

Se hacen solo dos tipos para el cálculo en una torre:

#### De dimensionamiento y selección de la torre:

Se realiza el balance de energía y masa, se encuentra la cantidad de enfriamiento de la torre (en kw térmicos o Toneladas, torre de refrigeración) y las potencias de los extractores y de las bombas centrífugas.

Luego, de las revistas y fichas técnicas se redondea a valores comerciales existentes en el mercado y se puede escoger el tipo y tamaño de torre más adecuado.

Si se tiene por finalidad determinar:

- El flujo másico de aire húmedo  $\dot{m}_{ah}$  a utilizar en el proceso, considerando los flujos másico de aire seco  $\dot{m}_{as}$  como base.

b) Los flujo máscopicos de evaporación,  $\dot{m}_{ev}$  el cual nos determinan el flujo máscico que nos es necesario de la cantidad de agua de reposición,  $\dot{m}_{ar}$  en función del flujo del aire seco y de todo el contenido de humedad absoluta, kg agua/kg aire seco, en el aire a la entrada  $x_1$  y a la salida  $x_2$  de la torre.

**Parámetro de performance en Torre de enfriamiento** (ecured, 2011).

### 1.- Rango de temperatura (Standar, 2004)

Se entiende como la comparación entre las temperaturas de agua fría de entrada y la temperatura de agua a la salida de la torre de enfriamiento, en °C

Rango (°C) = Temperatura de agua caliente (ingreso a torre) – Temperatura de agua fría (salida de torre). Un alto rango significa buena performance



Figura 10: Rango de operación en Torre

### 2.- Acercamiento – Approach - de la Torre

El acercamiento, o Approach, es la diferencia que hay entre la temperatura de agua fría que es medida a la salida de la torre de enfriamiento y la temperatura de bulbo húmedo de las zonas de medición

$$\text{Acercamiento}(\text{°C}) = T_{\text{agua Salida-Torre}} - T_{\text{Bulbo Humedo}}$$

Un acercamiento de esta medición significa una buena performance de una Torre de enfriamiento

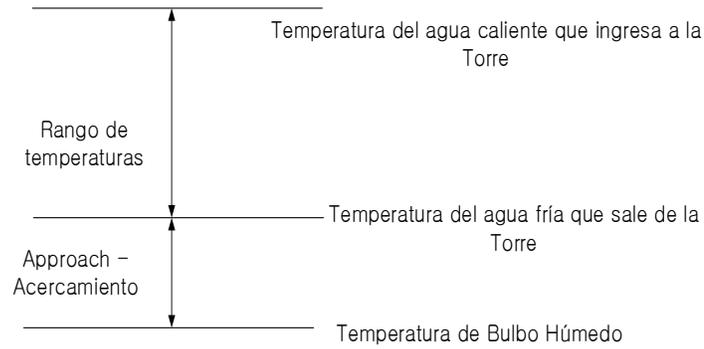


Figura 11: Acercamiento a la Torre

### 3.- Eficacia de la Torre de enfriamiento

Se mide en porcentaje %.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Rango}}{\text{Rango} + \text{Acercamiento}} = \frac{T_{cw} - T_{cw-salida}}{T_{cw-entrada} - T_{\text{Bulbo Húmedo}}}$$

La alta eficacia significa alta performance de la Torre .

### 4.- Capacidad de enfriamiento

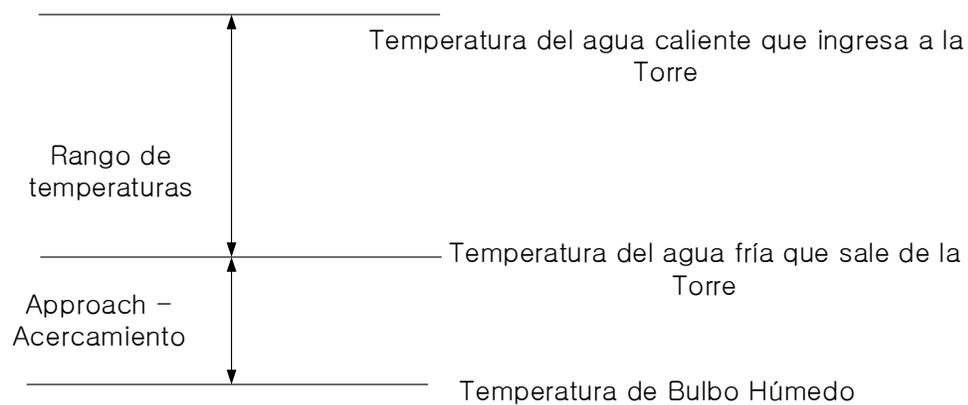


Figura 12: Capacidad de enfriamiento de Torre

Calor a ser evacuado:

$$Q_{\text{Torre}} (\text{kw}) = \text{magua} \left( \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) * C_p \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} \right) * \Delta t (^\circ\text{C})$$

Alto desempeño en el enfriamiento significa una alta performance en la torre.

### **5.- Consumo de energía eléctrica**

La energía adsorbida por la torre de enfriamiento por el tiro forzado es de 0,5 – 1 % del total de la potencia que puede producir a comparación de un grupo electrógeno que utiliza el flujo de agua igual. (Debido a los ventiladores).

La torre de tipo tiro forzado nos ayudan a disminuir la gran altura del bombeo de unos 8,3 – 8.9 m, siempre cuando estos se encuentran en construcción de la torre por tiro natural hasta cerca de 7,95 m. este ahorro significativo en la potencia de la bomba resta el consumo de los servicios eléctricos debido a que retiramos los ventiladores.

### **6.- Funcional**

La torre de tipo tiro natural son superiores a las de tiro forzado si  $q_1 < 15^\circ$  y si no se opta por una buena administración del flujo de aire en el uso de tiro forzado. Sobre los  $15^\circ\text{C}$  la superioridad del funcionamiento del tiro forzado se hace menos aprovechable en la medida que la temperatura del aire fuera ascendiendo.

### **7.- Constructivo**

- Torre tiro natural: se usa el betón monolytico.
- Torre tiro forzado prefabricada, lo que permiten su construcción en menos tiempo.

### **8.- Velocidad del viento**

**Torre con tiro natural:** es muy susceptible a los vientos provenientes del exterior (el tiro  $< 0,6$  mbar, a una velocidad del aire por la torre de 1,3 – 2,1 m/s)

## 1.4 Instalaciones frigoríficas

### 1.4.1 Consideraciones generales

El frío ha alcanzado en los últimos años un rol muy importante en la industria y la economía nacional. Así, es utilizado en la industria alimentaria, en la industria química para la intensificación de unos procesos de reacción, en aviación y la tecnología de construcción de máquinas, en transportes en construcciones subterráneas (por congelamiento del suelo), en instalaciones de climatización, etc.

Un cuerpo se considera frío cuando su temperatura  $t_0$  es menor que la temperatura del medio ambiente,  $t$ . para enfriar un cuerpo y mantenerlo a una temperatura  $t_0 < t$  es necesario que el ceda al medio ambiente, calor. Pero, en conformidad con el Principio II de la Termodinámica, el paso del calor desde un cuerpo más frío a uno más caliente no puede tener lugar por sí mismo, la realización de este proceso es posible solamente con la ayuda de las instalaciones frigoríficas que consumen con este fin una cierta cantidad de energía, la que puede ser energía mecánica, eléctrica, termoquímica, etc.

En principio, estas construcciones se rigen en la utilización de una sustancia denominada agente frigorífico, que evoluciona en el interior de las instalaciones frigoríficas según un ciclo invertido, en el curso del cual absorbe calor del cuerpo frío de temperatura  $t_0$  y la cede al medio ambiente de temperatura  $t > t_0$

## 1.4.2 Chiller

### Concepto

En muchas industrias u hogares se requiere enfriar o bajar las temperaturas a los ambientes, refrescar habitación o locales, entonces se utilizaron aires acondicionado o los deshumidificadores que acondicionan el recinto, lo malo es que no logran puntualmente el cometido

Un chiller conocido como manejadora en una maquina enfriadora de líquidos. Un chiller tiene la capacidad de bajar la temperatura a grandes ambientes utilizando la misma operación de refrigeración similar a los equipos de aire acondicionado o deshumidificadores, este baja la temperatura del líquido (agua), aceite o cualquier otro fluido .Esta solución líquida refrigerada puede usarse en un gran margen de operaciones.

El chiller puede enfriar gas o líquido, los chiller para refrigerar el líquido, incorporan en uso de una torre de enfriamiento las cuales ayudan a mejorar la termodinámica de los chiller en comparación de los chiller que enfrían gas.



Figura 13: enfriador de agua o chiller (midea, 2017)

### 1.4.3- Aplicaciones de los chiller

Algunas de estas aplicaciones comunes en los usos del chiller en proceso son:

- **En la industria del Plástico** : como enfriadores de plástico el cual sale del sistema de extrusión ,inyectado o soplado
- **En la industria de la imprenta** : ruedas templadas que son violentamente enfriados debido a la fricción entre ellos, hornos que curan la tinta , junto con lámpara ultravioleta ,también con el propósito de curado
- **En la industria de HVAC (ventilación, calefacción y aire acondicionado):** a gran escala los sistemas de aire acondicionado estos bombean el agua enfriada a los serpentines en áreas específicas. los sistemas de manejo de agua para cada área específica y con ellos logran enfriar grandes espacios.
- **La industria de corte por láser** : Hoy en día la tecnología ha logrado crear máquinas que pueden cortar plancha de fierro y acero muy específicos con el uso preciso de máquinas de corte por láser .estos operan a altas temperaturas y deben ser enfriados correctamente

**Según el principio de funcionamiento, las instalaciones frigoríficas más utilizadas son:**

#### **a) Instalaciones con compresión mecánica del agente de enfriamiento:**

- Con compresoras rotativas para instalaciones de capacidad pequeña
- Con compresoras con pistón para instalaciones medianas
- Con turbocompresores para instalaciones frigoríficas de capacidad grande

**b) Instalaciones frigoríficas con compresión termoquímica llamadas también instalaciones frigoríficas con absorción con funcionamiento continuo o periódico**

## c) Instalaciones frigoríficas con eyectores (compresores con jet)

### 1.4.4 Agentes frigoríficos

Como agentes de trabajo en las instalaciones frigoríficas y de las bombas térmicas se utilizan.

1) agentes frigoríficas: sustancias que a la presión de 760 mm. Columna de Hg se vaporizan a temperaturas comprendidas entre  $+60^{\circ}\text{C}$  y  $-130^{\circ}\text{C}$

2) aire

3) vapor de agua

Los agentes frigoríficos a su vez se clasifican en tres grupos.

- con temperatura elevada de vaporización ( $0^{\circ}\text{C} < t_v < +60^{\circ}\text{C}$ ) utilizados en el caso de las bombas térmicas

- con temperatura media de vaporización ( $-50^{\circ}\text{C} < t_v < 0^{\circ}\text{C}$ ), utilizados en las instalaciones frigoríficas para el frío medio.

- con temperatura baja de vaporización ( $-130^{\circ}\text{C} < t_v < -50^{\circ}\text{C}$ ), para frío de temperaturas bajas.

### 1.4.5 Condiciones que deben cumplir las sustancias frigoríficas.

a) La temperatura del punto crítico debe ser lo más elevada y la temperatura de congelamiento debe ser lo más baja, para disponer de un rango cuanto más grande de temperaturas en el curso de los procesos de transformación de fase.

b) La presión a la cual tiene lugar la condensación de los vapores de agente debe ser lo más baja posible, para disminuir el consumo de energía de la instalación.

c) Temperaturas de vaporización lo más bajas posibles a presiones ligeramente superiores a la presión atmosférica (para evitar filtración del aire en instalaciones).

d) El calor latente de vaporización debe ser lo más alto posible, lo que causa la reducción del flujo de agente frigorífico.

- e) Tener calor específico lo más bajo posible.
- f) el volumen específico de los vapores debe ser lo más bajo posible para obtener dimensiones reducidas de la instalación.
- g) Tener falta de toxicidad, presentando sin embargo un olor característico penetrante para poder detectar eventuales fugas.
- h) Presentar estabilidad química en el rango de presiones y temperaturas en las cuales son utilizados y en presencia de los lubricantes utilizados.
- i) No deben ser inflamables.

En general, los agentes frigoríficos no respetan en su totalidad estas condiciones. Los agentes frigoríficos utilizados en las instalaciones con vapores son: el amoníaco, el bióxido de azufre, el bióxido de carbono, el cloruro de metilo ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) y, sobre todo, los freones.

Los freones son derivados doble halogenados de los hidrocarburos saturados  $\text{C}_m\text{H}_{2m+2}$  obtenidos por el reemplazo total o parcial de los átomos de hidrógeno con átomos de cloro, fluoro o bromo.

#### **1.4.6 El ciclo Carnot Invertido**

Con la ayuda de este ciclo ideal se puede explicar en modo simple, la posibilidad de la transferencia de calor desde un cuerpo más frío a uno más caliente, con consumo de trabajo mecánico.

También, las propiedades de este ciclo sirven como criterio para comparar el grado de perfección termodinámica de todas las instalaciones frigoríficas encontradas en la práctica. En la figura resulta que para realizar las transformaciones de un ciclo Carnot

invertido se consume un trabajo mecánico  $w$ , equivalente con la superficie cerrada en el ciclo.

El sentido del intercambio de calor se invierte en relación al sentido del caso del ciclo directo (motor). De esta manera, durante la expansión isotérmica 4 – 1, el agente recibe desde una fuente fría el calor  $q_0$  a la temperatura  $T_0$ , y durante la compresión isotérmica 2 – 3, el agente cede a una fuente caliente el calor  $q$  a la temperatura  $t$ . el agente pasa de la temperatura  $T_0$  a  $T$  mediante la compresión adiabática 1 – 2, el trabajo mecánico de compresión consumido determina el crecimiento de la energía interna del agente y, pues, de su temperatura.

Ecuación del balance térmico del ciclo Carnot invertido:

$$|q| = q_0 + |w|$$

$w$ ,  $q$  y  $q_0$  son valores específicos, (en el ciclo evoluciona 1 kg de agente frigorífico)

#### 1.4.7 Eficiencia frigorífica

Caracteriza los ciclos frigoríficos. Se nota con  $\varepsilon_f$  y es la relación entre el calor tomado de la fuente fría  $q_0$  (el frío obtenido, denominado también capacidad frigorífica específica) y el trabajo mecánico consumido en este fin  $w$ , tomado en valor absoluto.

$$\varepsilon_f = \frac{q_0}{|w|} \quad (4.2)$$

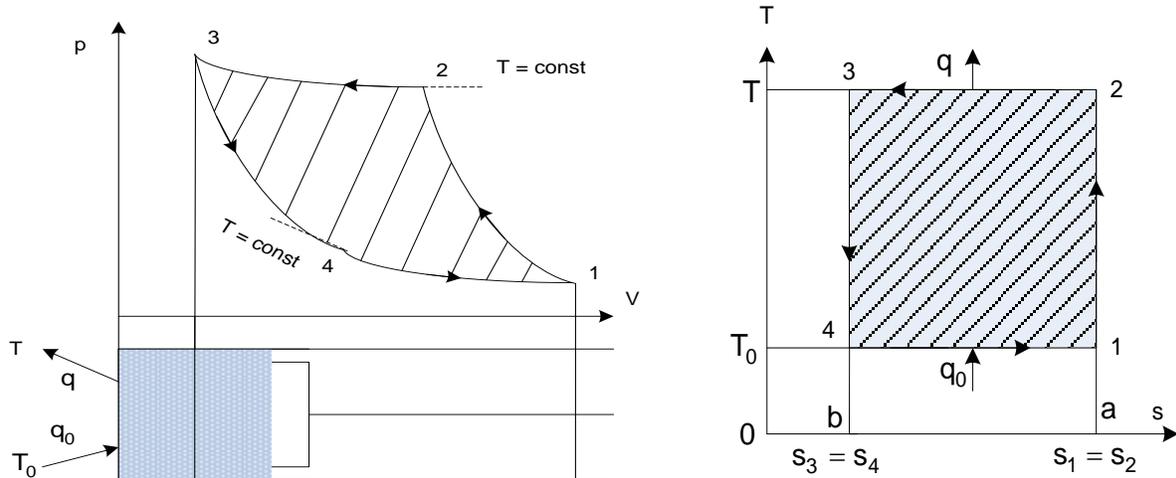


Figura 14: Ciclo Carnot Invertido

De la figura 4.1 se puede escribir:

$$\left. \begin{aligned} q_0 &= \text{area } 41ab = T_0 (s_1 - s_4) \\ |w| &= \text{area } 1234 = (T - T_0) (s_1 - s_4) \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

Introduciendo las relaciones (4.2) y (4.3) se obtiene para la eficiencia frigorífica del ciclo de Carnot invertido, la relación:

$$\varepsilon_f = \frac{T_0 (s_1 - s_4)}{(T - T_0) (s_1 - s_4)} = \frac{T_0}{T - T_0} = \frac{1}{\frac{T}{T_0} - 1} > 1$$

La eficiencia frigorífica, a diferencia del rendimiento térmico, puede ser mayor que la unidad. En el caso del ciclo Carnot  $\varepsilon_f$  no depende de la naturaleza del agente

frigorífico, si no solamente de la relación  $\frac{T}{T_0}$ , es decir baja con el aumento de la relación

$\frac{T}{T_0}$  **El ciclo de las máquinas frigoríficas con compresión mecánica de vapores**

#### 1.4.8 Ciclo teórico con válvula de expansión

En las máquinas frigoríficas reales la distensión del líquido frigorífico según la transformación 4 – 5 se realiza en una válvula llamada válvula de expansión, o de

regulación. Otra dificultad del ciclo teórico es el funcionamiento del compresor con vapores húmedos de titulación  $x \leq 1$ .

La aspiración de los vapores húmedos por el compresor causa la deposición en las paredes del cilindro de gotas de líquido frigorífico que tienen como efecto el aumento de las pérdidas de calor, la baja calidad de la lubricación, la reducción del grado de llenado del compresor, es decir de la eficacia frigorífica de la instalación. Por estos motivos se prefiere el funcionamiento del compresor con vapores secos ( $x \geq 1$ ), es decir el así denominado régimen seco del compresor. Con este fin, se prevé la instalación con un separador de gotas que tiene el rol de retener la humedad que podría ser arrastrada del vaporizador.

El esquema de principio y el diagrama de funcionamiento para el ciclo con válvula de expansión y separador de gotas están representados en la figura 4.2.

En este caso el proceso adiabático 4-5 se reemplaza con el proceso de laminación 4-5' que tiene lugar a entalpía constante  $h_4 = h_{5'} = \text{Const}$ .

El compresor aspira vapores saturados secos representados en el diagrama T-s por el punto 1', los comprime adiabáticamente según 1' - 2'

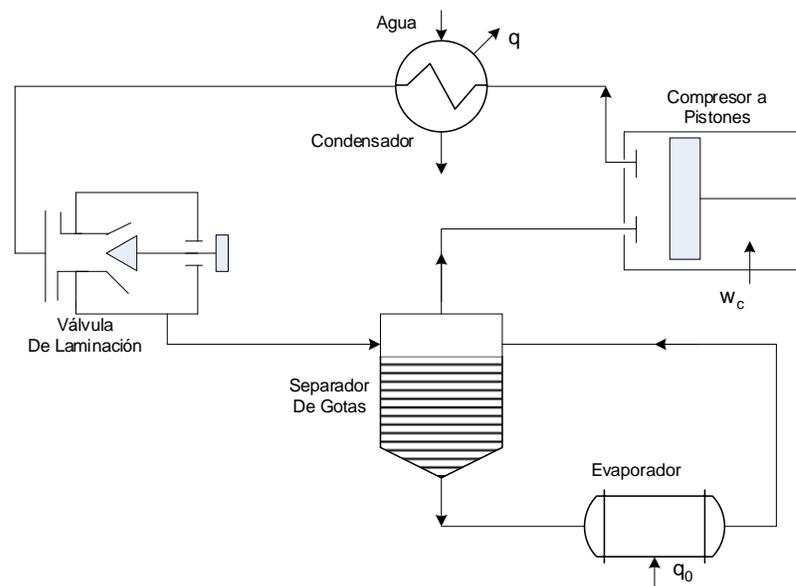


Figura 15: Esquema de funcionamiento y Ciclo de las máquinas Frigoríficas con compresión Mecánica de vapores, con válvula de Laminación

Siguiendo la representación del ciclo en T-s (figura (4.2)) resulta que por la utilización de la laminación del gas refrigerante, la capacidad frigorífica  $q_0$  disminuye con el área 55'db, pero presenta la ventaja de una construcción más simple y de gastos de explotación muchos más reducidos.

La introducción del separador de gotas conduce a un aumento de la capacidad específica frigorífica específica  $q_0$  con el área 11'ca. El trabajo mecánico consumido por la instalación crece con el área 11'2'2 + área 45'db5, hecho compensado por un funcionamiento más seguro y estable del compresor.

#### 1.4.9 Descripción de los componentes del sistema de refrigeración

**(1) Compresor:** En él se concentra todo el trabajo mecánico el cual da paso a los procesos termodinámicos, al arrancar el compresor éste toma gas refrigerante, el cual viaja al comienzo con presión y temperatura baja al ser bombeado pasa a presión y temperatura alta. El aceite ya viene cargado en los compresores, el recorrido de este es siempre en líquido y en algunas partes es menor la cantidad. Es por ello que se recomiendan los filtros o separadores de aceite.



Figura 16: compresor de gas r-410 / SEER- 17

**(2) Condensador:** En el cual se transmite el calor del sistema de refrigeración a un medio en el cual puede ser absorbido y se lleva a un punto de eliminación final. La

función de este es remover el calor en el cual pasa el gas comprimido y se convierte en líquido. La cantidad de aceite que viaja con el gas refrigerante es de aproximadamente 7%, ya que cantidades superiores a esta, la presión del refrigerante aumentaría de manera considerable trayendo como consecuencia la ruptura de conductos.



Figura 17: unidad condensadora

**(3) Válvula de expansión:** asegura que la presión se mantenga a un nivel constante independientemente de la magnitud de la carga. En la válvula se origina la caída de presión alta del condensador y la presión baja del evaporador.



Figura 18 : válvula de expansión

**(4) Evaporador:** Dispositivo de presión baja del sistema de refrigeración en el cual fluye el calor, también indeseable, este absorbe el calor y es introducido al sistema

para poder transferirlo al condensador, es también conocido como serpentín de enfriamiento, soplador, unidad de enfriamiento o hervidor.



Figura 19: evaporador para tanque

**(5) Separador y filtro de aceite:** separa el aceite del gas refrigerante devolviendo el aceite al compresor y permitiendo a su vez que el refrigerante continúe con su circuito. Cuando se da la mezcla entre el gas refrigerante y el aceite entra al separador y reduce la velocidad del aceite, como estas son tan sólo partículas de aceite estas adquieren una inercia más grande y están menos inclinadas a cambiar la dirección del flujo y por lo tanto estas se adhieren a las rejillas del separador provocando el impacto de las mismas y así dejan que el gas continúe con su curso.



Figura 20: separadores y filtro de aceite marca Emerson

#### 1.4.10 Magnitudes características del ciclo.

$$q_0 = \text{area } 5'1'cd = h_1' - h_5' \quad (4.5)$$

$$|q| = \text{area } 2'34bc = h_2' - h_5' \quad (4.6)$$

$$\text{Como: } h_4 = h_5', \text{ entonces. } |w| = |q| - q_0 = \text{area } 1'2'34bd5'1' = h_2' - h_1' \quad (4.7)$$

$$\varepsilon_f = \frac{q_0}{|w|} = \frac{h_1' - h_5'}{h_2' - h_1'} \quad (4.8)$$

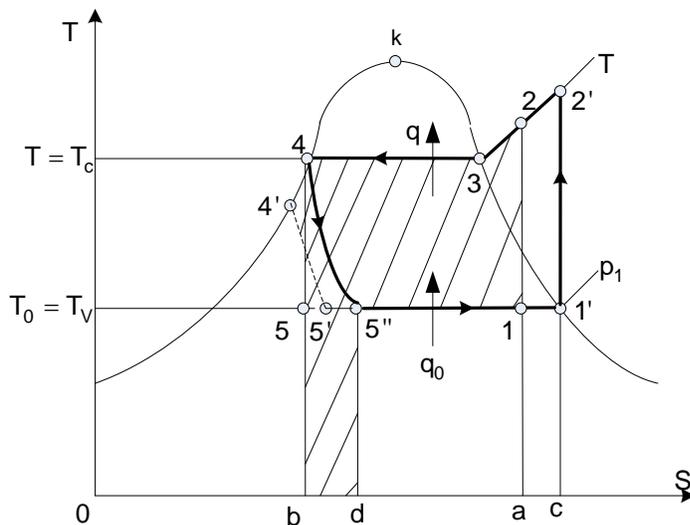


Figura 21: Diagrama T – s Del ciclo frigorífico con compresión mecánica de vapores

### Mejoramiento de la eficiencia frigorífica

Uno de los métodos utilizados para el mejoramiento de la eficiencia frigorífica es el método del subenfriamiento del agente frigorífico por debajo de su temperatura de condensación según la curva isobárica 4-4' (Figura 4.3).

Debido al subenfriamiento, el estado del agente a la salida de la válvula de laminación se desplaza desde el punto 5' hasta el 5'' y de esta manera aumenta la capacidad frigorífica  $q_0$  ( $h_5'' < h_5'$ ). Un subenfriamiento de 2.4 °C se puede obtener en el condensador si su área de intercambio del calor se toma algo mayor que la necesaria.

Para un mayor subenfriamiento en el esquema de la instalación se intercala un subenfriador antes de la válvula de laminación.

### El ciclo real de refrigeración mecánica

El ciclo real de funcionamiento de una máquina frigorífica con compresión mecánica de vapores, con válvula de expansión, sub enfriamiento y separador de humedad se presenta en la figura 4.4. la compresión real 1-2' es una adiabática irreversible durante la cual la entropía crece con  $\Delta S$ . El trabajo mecánico pedido por el compresor  $w_c$  es mayor que el trabajo mecánico teórico  $w$ . Si  $\eta_c$  es el rendimiento del compresor,

entonces:  $w_{\text{real}} = \frac{w}{\eta_c}$ . El intercambio de calor tanto en el vaporizador como en el condensador tiene lugar a diferencias finitas de temperatura, por consiguiente, aparecen pérdidas por irreversibilidad de los procesos de intercambio de calor. La temperatura del agua de enfriamiento del condensador  $t$  es menor que la temperatura del agente frigorífico enfriado ( $t < t'_4$ ); la temperatura del cuerpo enfriado  $t_0$  es mayor que la temperatura de vaporización  $t_0 > t_v$

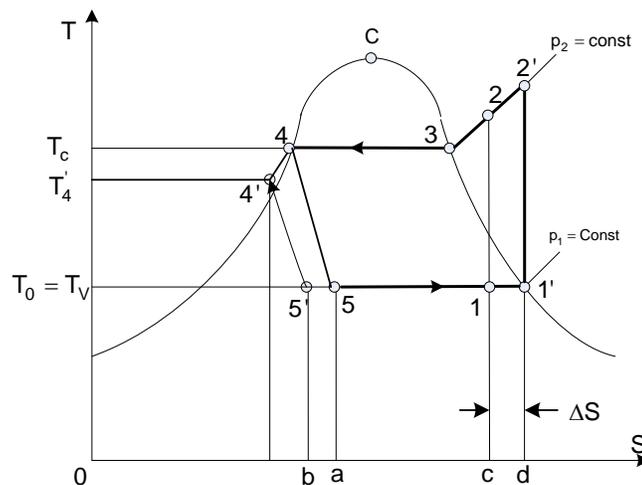


Figura 22: Diagrama T – s Del ciclo frigorífico con compresión mecánica de vapores

### Magnitudes características del ciclo:

$$q_0 = h_1 - h_5' \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad (4.9)$$

$$|q| = h_2' - h_4' = h_2' - h_5' \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad (4.10)$$

$$|w_r| = |q| - q_0 = h_2' - h_1' \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad (4.11)$$

$$\text{Pero: } |w_r| = \frac{w}{\eta_c} = \frac{h_2 - h_1}{\eta_c} \quad (4.12)$$

Igualando las relaciones (4.11) y (4.12) se obtiene:

$$h_2' = h_1' + \frac{(h_2 - h_1)}{\eta_c} \quad (4.13)$$

$$\varepsilon_f = \frac{q_0}{|w|} = \frac{h_1 - h_5'}{h_2' - h_1'} \quad (4.14)$$

### Capacidad frigorífica de la instalación ( $Q_0$ )

Está dada por el calor tomado por el agente frigorífico en la unidad de tiempo del cuerpo enfriado. Si el flujo de agente frigorífico de la instalación es  $\dot{m} \left( \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)$  y  $q_0 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$  es la capacidad específica, entonces:

$$Q_0 = \frac{\dot{m}^* q_0}{3,600} = \frac{\dot{m}^* (h_1 - h_5')}{3.6} [\text{kw}] \quad (4.15)$$

Si se impone que una instalación realice una cierta capacidad frigorífica  $Q_0$  entonces de la relación (4.15) se determina el flujo de agente frigorífico necesario

### Potencia teórica necesaria para accionar el compresor

$$P_{teorica} = \frac{\dot{m}^* |w|}{3,600 * \eta_c * \eta_m} = \frac{\dot{m}^* (h_2' - h_1)}{3,600 * \eta_c * \eta_m} [kw] \quad (4.16)$$

En la cual el trabajo mecánico específico  $|w|$  se toma en kJ/kg,  $\eta_m$  es el rendimiento mecánico del compresor

### Rendimiento isentrópico del compresor:

$$\eta_s = 0.96 - 0.038 * \left( \frac{p_2}{p_1} \right)$$

Potencia real del compresor:

$$P_{real} = \frac{P_{teorica}}{\eta_s}$$

### Flujo calórico cedido por el agente frigorífico al fluido de enfriamiento del condensador

$$Q = \frac{\dot{m}^* |q|}{3,600} = \frac{\dot{m}^* (h_2' - h_5')}{3,600} [kw] \quad (4.17)$$

### Flujo de fluido de enfriamiento (agua o aire) del condensador, D'

$$Q' = \frac{D' \left( \frac{kg}{h} \right) * c_p' \left( \frac{kJ}{kg * ^\circ C} \right) * \Delta t (^{\circ}C)}{3,600} [kw] \quad (4.18)$$

Despejando se obtiene el flujo de fluido de enfriamiento:

$$\dot{m}' = \frac{\dot{m}^* (h_2' - h_5')}{c_p' * \Delta t} \left[ \frac{kg}{s} \right] \quad (4.19)$$

$\Delta t$  Es el aumento de temperatura del fluido de enfriamiento en el condensador



la cantidad de iones de sodio. Esto es posible gracias a la filtración por RESINA CATIONICA que está ubicado en el interior del filtro ablandador.

Un tanque de ablandador es un depósito cilíndrico construido en PRFV o en acero con aleaciones para evitar corrosión ya que este tanque que contiene en su interior una carga pequeña de grava que sostiene la carga mucho mayor de la resina del tipo catiónico ; en la parte del cuello del tanque se encuentra el cabezal electrónico o manual , según sea el caso , este se utiliza para regular el lavado y el regenerado de las resinas .Junto al tanque del ablandador se encuentra otro tanque o llamado salero o tanque con salmuera que contiene en adentro de este una solución de agua colmada de sal para la regeneración de la resina estos tanques y ablandador de agua está conectado por un tubo pequeño o capilar que será encargado de llevar la solución de salmuera hacia el ablandador y luego cargar con agua el tanque salero para dejarlo listo para su la próxima regeneración .



Figura 24: tanques de PRFV para ablandamiento de agua (<http://osmovic.com.ar>)

### 1.5.1-Explicación del proceso

La resina Catiónica tiene una gran carga negativa, en cuando esta agua entra a su filtro, la atraviesa y los iones del calcio y los del magnesio son acercados y

retenidos por la resina. En su lugar la resina libera iones de sodio, ya que estos son solubles al agua no precipitan y por lo tanto no producen atascamientos ni caliche sobre las tuberías de ningún sistema cerrado.

Mucho dependerá de la dureza del agua a tratar y de la cantidad de agua de agua a ablandar necesario por día, ya que cada tiempo esta resina debe ser regenerada, porque la resina se carga con calcio y magnesio y ya ha liberado todo el sodio con el que contaba, para esto existe cabezales automáticos que ayudan al proceso y su instalación es fácil, solo necesitan tanques de reserva y de purgas para que libere el exceso de calcio y magnesio al desagüe.

La regeneración de un ablandador industrial puede durar entre 30 a 120 minutos dependiendo la capacidad del proceso.



Figura 25: cabezales automáticos para proceso de regeneración (<http://servimacmendoza.com>)

### **1.5.2- Capacidad de los ablandadores de agua para la industria**

Los ablandadores suelen ser fabricados para ablandar unas pocas o miles de litros/agua-horas a docenas de metros cúbicos por minuto u horas. En relación, el tamaño del filtro será proporcional a la demanda de agua, pudiéndose utilizar como control de regeneración de la resina de intercambio iónico dos o más cabezales siendo estos automáticos o manuales.

### 1.5.3-Beneficios de instalar un ablandador de agua

Algunos beneficios de instalar un sistema ablandador en las industrias son:

- Ayuda a prevenir el deterioro rápido de los sistemas de transporte de agua.
- Evita la formación de sarro y el deterioro en unidades manejadoras y demás equipos delicados.
- Impide el atascamiento de calderas o radiadores de vapores, etc.
- Mejora significativamente la eficiencia térmica en el sistema de intercambio de calor
- Mejora el rendimiento del gasto de jabones y detergentes del tipo industrial.

## 1.6- Dimensionamiento y selección del conductor de alimentación para motores eléctricos trifásicos de baja tensión.

### 1.6.1 Definición.

Un conductor o cable eléctrico es un material que debería ofrecer poca resistencia al movimiento eléctrico. El cable eléctrico se compone esencialmente de tres partes: el alma o elemento conductor, el aislamiento y la cubierta o revestimiento.

Los cables optan diferencia de colores que nos sirven para identificarlos.

Conductor de **Fase**: Normalmente de color marrón, negro o gris. Este cable es por donde se desplaza la corriente eléctrica.

Conductor **Neutro**: De color azul claro. Es por este que se desplaza la corriente eléctrica al circuito.

Conductor de **Protección** o T.T (toma de tierra): su color característico verde-amarillo. Es el cable encargado de proteger la instalación y a las personas en un circuito eléctrico.

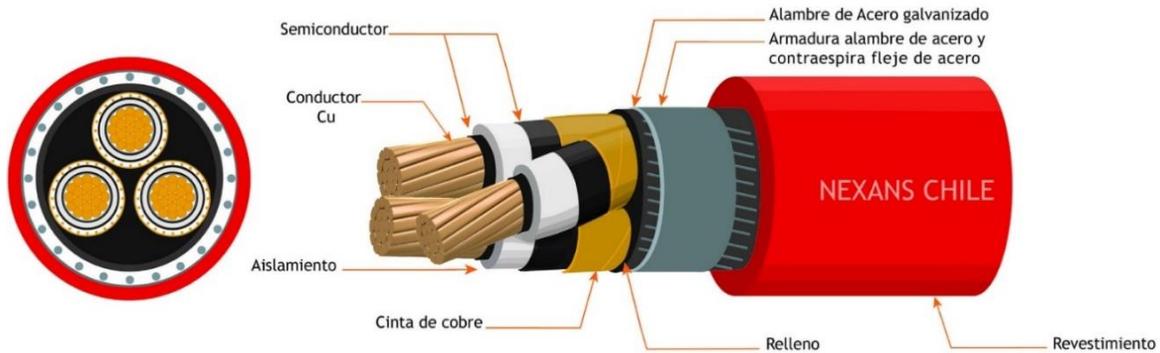


Figura 26: conductores eléctricos trifásicos

### 1.6.2 Cálculos eléctricos

#### Potencia absorbida a plena carga.

$$P_{abs}[\text{Kw}] = \frac{P_n(\text{Kw})}{\eta_{100\%}}$$

$P_{abs}$ : Potencia absorbida a plena carga (Kw)

$P_n$  : Potencia nominal del motor (Kw)

$\eta$  : Potencia absorbida o nominal (Kw)

#### Intensidad absorbida a carga máxima.

$$I_{max}[\text{A}] = \frac{P_{abs}(\text{w})}{\sqrt{3} * U_n * \text{Cos}\varphi}$$

$I_{max}$  : Corriente máxima absorbida a carga máxima (A)

$P_{abs}$  : Potencia absorbida o nominal del motor (w)

$U_n$  : Voltaje nominal en el motor (V)

$\text{Cos}\varphi$  : Factor de potencia en el motor

#### Parámetros eléctricos unitarios de conductor.

$$Z_{cond} = \sqrt{R_{cond}^2 + X_{cond}^2}$$

$Z_{cond}$  : Impedancia del conductor seleccionado

$R_{\text{cond}}$  : Resistencia del conductor seleccionado

$X_{\text{cond}}$  : Reactancia del conductor seleccionado

### Potencia perdida en el conductor.

$$P_{t \text{ cond}} = \frac{P_{u \text{ cond}}}{\eta_{\text{Cond}}(\%)}$$

$$P_{t \text{ cond}}[\text{w}] = P_{p \text{ cond}} + P_{u \text{ cond}}$$

$$P_{t \text{ cond}} = \frac{P_{u \text{ cond}}}{\eta_{\text{Cond}}(\%)} = P_{p \text{ cond}} + P_{u \text{ cond}}$$

$$P_{t \text{ cond}} = \frac{P_{u \text{ cond}} - P_{p \text{ cond}}}{\eta_{\text{Cond}}(\%)}$$

$$P_p[\text{kw}] = P_u(\text{Kw}) * \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right)$$

$P_{t \text{ cond}}$  : Potencia total del conductor (Kw) = Potencia en barra.

$P_{p \text{ cond}}$  : Potencia perdida del conductor (Kw)

$P_{\text{abs}}$  : Potencia absorbida por el motor eléctrico =  $P_{u \text{ cond}}$

$\eta_{\text{Cond}}$  : Rendimiento del conductor(%)

### Impedancia de la línea

La impedancia es la restricción al paso de la corriente alterna. Muy diferente a la de la resistencia, la impedancia incluye los efectos de acumulación y eliminación de carga e/o inducción magnética

$Z_L$  : Impedancia de la línea ( $\Omega$ ).

$L_{\text{cond}}$  : Longitud del conductor (km)

$Z_{\text{cond}}$  : Impedancia del conductor seleccionado

### Pérdida de tensión real en conductor

$$\Delta U_L = \sqrt{3} * Z_L * I_L$$

$\Delta U_L$  : Pérdida de tensión real en conductor (V).

$Z_L$  : Impedancia de la línea ( $\Omega$ ).

$I_L$  : Intensidad absorbida a carga máxima (A)

**Tensión en la barra:**

$$U_{\text{barra}} = \frac{U_{\text{ME}}}{1 - \eta_{\text{cond}}}$$

$U_{\text{barra}}$  : Voltaje en la barra (V).

$\eta_{\text{cond}}$  : caída de tensión en el conductor menor o igual a 2%

**Caída de tensión admisible**

$$\Delta U_{\text{adm}} = \eta_{\text{cond}} * U_{\text{barra}}$$

$$\text{Condición: } \Delta U_{\text{cd}} < \Delta U_{\text{adm}}$$

$\Delta U_{\text{adm}}$  : Caída de tensión admisible (V).

$\eta_{\text{cond}}$  : caída de tensión en el conductor menor o igual a 2%

$U_{\text{barra}}$  : Voltaje en la barra (V).

$\Delta U_{\text{L}}$  : Pérdida de tensión real en conductor (V).

**Potencia de pérdida máxima en el conductor**

$$P_{\text{p max cond}} = \sqrt{3} * \Delta U_{\text{L}} * I_{\text{max-L}} * 10^{-3}$$

$P_{\text{p max cond}}$  : Potencia máxima del conductor.

$\Delta U_{\text{L}}$  : Pérdida de tensión real en conductor (V).

$I_{\text{max-L}}$  : Intensidad máxima absorbida a plena carga (A).

**Rendimiento real del conductor**

$$\eta_{\text{real cond}} = 1 - \frac{P_{\text{p max cond}}}{P_{\text{T}}}$$

$\eta_{\text{real cond}} > \eta_{\text{adm-Cond}}$

$\eta_{\text{real cond}}$  : Rendimiento real del conductor (%).

$P_{\text{p max cond}}$  : Potencia máxima del conductor.

$P_{\text{t cond}}$  : Potencia total del conductor (Kw) = Potencia en barra

Calibre A.W.G	Diámetro mm	Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad en amperios			
			Aire libre		3 conductores en tubo	
			TW	desnudo	TW	asbesto
0000	11.58	107.20	300	370	195	340
000	10.38	85.00	260	320	165	285
00	9.36	67.42	225	275	145	250
0	8.25	53.48	195	235	125	225
2	6.54	33.62	140	175	95	165
4	5.18	21.15	105	130	70	120
6	4.11	13.29	80	100	55	95
8	3.26	8.32	55	70	40	70
10	2.59	5.29	40	55	30	55
12	2.05	3.29	25	40	20	40
14	1.62	2.08	20	30	15	30
16	1.29	1.29	12	16	8	16
18	1.02	0.85	8	12	6	12

Tabla 02: conductores eléctricos (www.ceper.com.pe)

## 1.7 Tipos de Costo:

### 1. Tipo de Costo de acuerdo a la función en la que se incurren:

**a. Costo de producción:** son los costos donde se calcula cuanto nos costaría transformar o fabricar dicho producto con un valor final agregado (colin) Estos se subdividen en:

#### i. Costo de materia prima:

Son los costos de materiales o agregados del material para poder producir o obtener una pieza determinada. Por ejemplo, el trigo para producir harina, etc. (Padilla). O sea, todos los derivados para hacer un producto.

**ii. Costo de mano de obra:**

Estos costos son netamente de pagos de mano de obra por la fabricación o ejecución de un servicio determinado, un ejemplo vendría hacer pago mensual o quincenal del operador de determinada maquina o de los mecánicos de producción, etc. (Padilla) es contabilizado cada hora del trabajados que se ocupa hacer determinado trabajo de forma directa a la fabricación.

**iii. Gasto indirecto de fabricación:**

Son gastos donde la materia prima o productos tiene en que ser modificados por la mano de un operador directa o indirectamente y el pago de su mano de obra depende de la empresa. Ejemplo, pago de: jefe de mantenimiento, costos de energía, depreciación de máquinas, etc. (Padilla) .incluye costo de fabricación o de procesos de fabricación

**b. Costo de distribución o venta:**

Los gastos generados por las unidades vehiculares para poder transportar el producto terminado hacia los mayoristas o minoristas, repartiendo a nivel regional (colin).también incluidos los gastos de transporte y embalaje para fuera de las zonas (R.Polimeni).Por ejemplo, por días de campañas, movilidad de publicidad andante, comisiones a vendedores, etc.

**c. Costo de administración:**

Son los costos denotados en el área de administración encargada de llevar la parte contable de la empresa y el pago de cada planilla de sus trabajadores (colin).estos gastos pueden darse en trámites, papeles fotocópiatelos, documentos parte contable, libros contables.

**d. Costo financieros:**

Se trata de la obtención de otros recursos para poder llevar adelante la empresa ,con ayuda externa u operadores externos (colin).estos incorporan a ellos los costos de la compañía los gastos operativos y de mantención, así como el costo de otorgar crédito a los clientes fijos (R.Polimeni).

**2. Tipo de Costo de acuerdo con su identificación con una actividad:**

**a. Costo directo:** Este **tipo de costo** se pueden buscar o contar los productos terminados (colin),o también nos indica Polimeni, Fabozzi y Adelberg son aquellos que los gerentes asocian con artículos o áreas específicas (R.Polimeni)

en este tipo de costo están las planillas , que corresponden a los más altos cargos de la empresa. (Padilla).

**b. Costo indirecto:** son costos que no se pueden contar o llevar ningún tipo de dato, comúnmente en este tipo de costo son objetos cuyo valor de depreciación es rápido y alto. (colin) Un ejemplo es la deprecación de las maquinas usadas en el labor cotidiano. Esta el pago del gerente como sueldo por producción y otros gastos del área, para una infinidad de actividades protocolares de la empresa (Padilla)

**3. Tipo de Costo de acuerdo con el tiempo en que fueron calculados:**

También se conocen como costos fijos que nos ayudan a saber cuánto es lo que nos costo fabricar determinado producto o prestar determinado servicio, y en cuanto seria el costo de venta hacia el cliente final.

**a. Costo predeterminado:** se instalan en una hoja de cálculo para llevar la contabilidad del proceso de fabricación y aplicando ciertos costos determinando el valor de las ventas

**b. Costo estimado:** se reformulan cuando se desconoce lo que se va a cobrar por dicho servicio o mano de obra, es una simple aproximación dada al momento de tener un producto terminado.

**c. Costo Estándar:** son costos cuyos parámetros de gasto ya están establecidos y se determina cuanto es lo que se va a gastar o invertir hacer dicho producto o servicio (Orellana)

#### **4. Tipo de Costo de acuerdo con el tiempo en que se cargan o se enfrentan a los ingresos:**

**A. Costo del producto:** los costos que van en contra de la materia prima contribuido de una forma directa , es decir producto de los costos de material no vendido (Padilla)

**b. Costo de periodo:** nos da una idea al tiempo que ocupa para la determinación de algún tipo de costo o el tiempo que implica la producción, que pueden ser: diario, semanales, quincenales, y mensualmente (Orellana), un ejemplo es el alquiler de locales por periodos o pequeños espacios para publicitar esto es recuperable al cabo de un tiempo (Padilla)

#### **5. Tipos de Costos de acuerdo con el control que se tenga sobre la ocurrencia de un costo (Padilla)**

**a. Costo controlables:** son costos los cuales un técnico o persona no puede medir el nivel de impacto que puede tener una operación, puede ser la contaminación o la formulación de gases tóxicos por combustiones son gastos que nos generaran hacia terceros pero no controlables por el proceso mismo.

**b. Costo no controlable:** ocasiones las cuales se pueden controlar como las fugas de los balones de gases , la perdida de soldaduras, el máximo aplicativo de los software .

#### **6. Tipo de Costo de acuerdo con su importancia para la toma de decisiones:**

**a. Costos relevantes:** son los costos a futuro y muy esperados en la empresa porque marcaran la pautas del proceso y nos darán una idea de cómo seguirá la empresa a unos años(R.Polimeni)

**b. Costos irrelevantes:** son costo que no se toman en cuenta por ser irrelevantes y no cambian el curso de la empresa

#### **1.7.1 Valor Actual Neto (VAN) (economipedia, 2015)**

El Valor Actual Neto (VAN) es una idea de inversión que nos centraliza en actualizar los nuestros cobros y debidos pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se está ganado o perdiendo con dicha inversión. También se le

conoce como Valor neto actual (VNA), valor actual neto o al valor del presente neto (VPN).

Para ello trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado 6%. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en n° de monedas(soles,).

Se utiliza para valorar las distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

$F_t$  son los flujos de dinero en cada periodo  $t$

$I_0$  es la inversión realiza en el momento inicial ( $t = 0$ )

$n$  es el número de periodos de tiempo

$k$  es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son efectúales y en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- $VAN > 0$  : valor actualizado de los cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- $VAN = 0$  : proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

- $VAN < 0$  : proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

#### **Ventaja e inconveniente del VAN** (economipedia, 2015)

- El VAN tiene muchas ventajas a la hora de evaluar un proyectos de gran inversión, principalmente sirve para facilitar el cálculo y a su vez proporciona útiles predicciones de los efectos de los proyectos a invertir sobre el valor de la empresa.
- Además, presenta la una gran ventaja de tener en cuenta las fechas de los vencimientos netos de caja.
- Pero a pesar de sus muchas ventajas también sufre alguno inoportunos como la déficit de guiar las tasa de descuento la hipótesis de las inversiones de los flujos netos de caja se supone implícitamente que los flujos netos de caja positivos son reinvertidos inmediatamente a una tasa baja que coincide con el tipo de descuento, y que los flujos netos de caja negativos son financiados con unos recursos cuyo coste también es el tipo de descuento.

#### **1.7.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La TIR, es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de costo -beneficio o la pérdida económica que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Una medida utilizada en la evaluación de los proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para cualquier proyecto de inversión dado.

TIR, nos da una medida parcial de nuestra rentabilidad, es decir, va a venir expresada en porcentaje. El principal inconveniente está en su cálculo, ya que el número de meses dará el orden de la ecuación a resolver.

Para resolver este problema se puede acudir a diversas aproximaciones abstractas, utilizando una calculadora financiera o un programa

### ¿Cómo se calcula la TIR?

También se calcular definiendo, la TIR es la tasa de descuento, en el momento cero del proyecto, la corriente a futuro de cobros con la de pagos, generando un VAN igual a cero:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

$F_t$  es el flujo de dinero en cada periodo  $t$

$I_0$  es la inversión hecha en el momento inicial ( $t = 0$ )

$n$  es el número de periodos de tiempo

### Criterio de selección de proyectos según la Tasa interna de retorno

El criterio de elección será el siguiente donde “ $k$ ” es tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- **Si  $TIR > k$  , el proyecto de inversión será aceptado.** Este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa porcentual mínima de rentabilidad exigida a dicha inversión.
- **Si  $TIR = k$  , estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero.** la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay otras alternativas favorables.
- **Si  $TIR < k$  , el proyecto debe rechazarse.** Si no se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión para el proyecto.

### Representación gráfica de la TIR

La Tasa Interna de Retorno es el punto en el cuál el VAN es cero. Por lo que si dibujamos en un gráfico donde el VAN de una inversión en el eje de coordenadas y una tasa de descuento (rentabilidad) en el eje de abscisas, la inversión será una curva hacia abajo del cuadro

El TIR será el punto donde esa inversión cruce el eje de los puntos, que es el lugar donde el VAN es igual a cero:

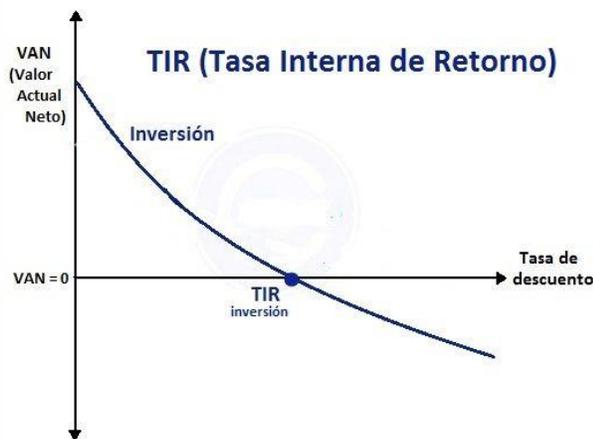


Figura 27: gráfico del TIR

Si trazamos en la TIR de dos líneas podemos ver la diferencia entre el cálculo del VAN y TIR. El punto donde se cruzan las líneas se conoce como intersección de Fisher.

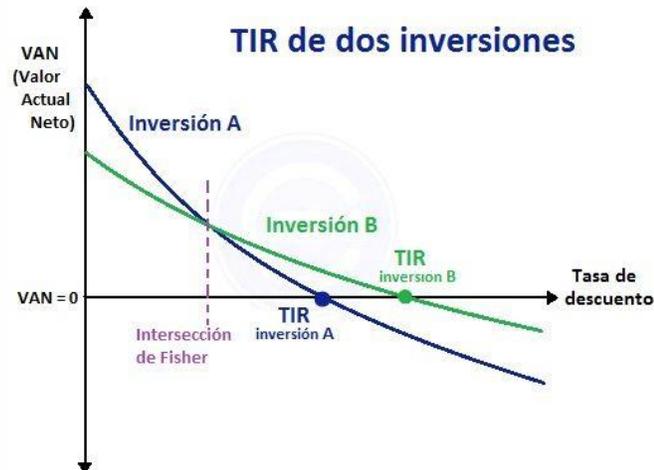


Figura 28: Gráfico del VAN

### Inconveniente de la Tasa interna de retorno (R.Polimeni)

Será de utilidad estudiar los prospectos a invertir ya que de ahí podemos deducir si dicha inversión nos será útil para obtener ganancias deseadas

- **Hipótesis de reinversión de los flujos intermedios de caja:** se propone que todos los flujos que son beneficiosos sean nuevamente reinvertidos
- **La inconsistencia de la TIR:** este no garantiza que al asignar una rentabilidad a todos los proyectos de inversión

### **1.8 Formulación del problema.**

¿En qué medida la mejora de enfriamiento de tubos de pvc por agua, mediante el cambio de torre por chiller refrigerante ayudara a satisfacer la demanda térmica en la empresa Tuplast Trujillo?

### **1.9 Justificación del estudio.**

#### **1.9.1 Justificación Técnica.**

Se obtendrá una mayor capacidad y confiabilidad operacional del sistema de producción de tubos de pvc en la empresa Tuplast, al lograr y mantener la temperatura necesaria en el tiempo.

#### **1.9.2 Justificación Económica.**

Al aumentar la eficiencia, la capacidad de producción de tubos y solventar la demanda térmica se lograra aumentar los ingresos económicos de la empresa.

#### **1.9.3 Justificación Laboral.**

Al implementar la mejora del proceso de enfriamiento en tubos de pvc de la empresa Tuplast .se tendrá un ambiente laboral mejor, más seguro, menos mermas; y tendremos mayor participación de los técnico y con opción a mas capacitaciones

#### **1.9.4 Justificación Tecnológica.**

Permitirá introducir, y poner en servicio para asimilar la tecnología de vanguardia en el enfriamiento de tubos de pvc por agua a menor temperatura, en tiempo real y mayor confiabilidad, y permitirá tramitar los procesos productivos con mayor eficiencia y menor costo

### **1.10 Hipótesis.**

La mejora del enfriamiento de tubos de pvc por el flujo de agua mediante el cambio de torre por chiller refrigerante en empresa Tuplast permitirá satisfacer la demanda térmica de los tubos de pvc disminuyendo su temperatura de forma significativa

### **1.11 Objetivos.**

#### **1.11.1 Objetivos general.**

Determinar la viabilidad técnica y económica del enfriamiento de tubos de pvc en la empresa Tuplast al satisfacer la demanda térmica

#### **1.11.2 Objetivos específicos.**

- a) Realizar el balance de masa, determinando los flujos máxicos de agua y tubos de pvc.
- b) Determinar la demanda térmica que será igual a la demanda frigorífica.
- c) Realizar el dimensionamiento y selección de los componentes del sistema de enfriamiento de agua en el chiller por gas refrigerante
- d) Dimensionar y seleccionar el sistema de ablandamiento de agua a ser enfriada
- e) Dimensionar y seleccionar el sistema eléctrico de arranque y protección.
- f) Preparar los esquemas de montaje del nuevo sistema de enfriamiento
- g) Realizar el análisis económico, determinando las inversiones, costos de inversión, de mantenimiento y de operación con toma de decisiones: VAN, TIR.

# II

# MÉTODO

## MÉTODO.

### Diseño de investigación.

El estudio en la investigación realizado es de índole aplicativo por que plantea hallar y aplicar una solución tecnológica para ayudar a ser factible la empresa Tuplast Trujillo, para resolver un problema de demanda térmica

El presente estudio es descriptivo pues describe un problema técnico en la empresa Tuplast, sus variables y el modo de obtener una solución.

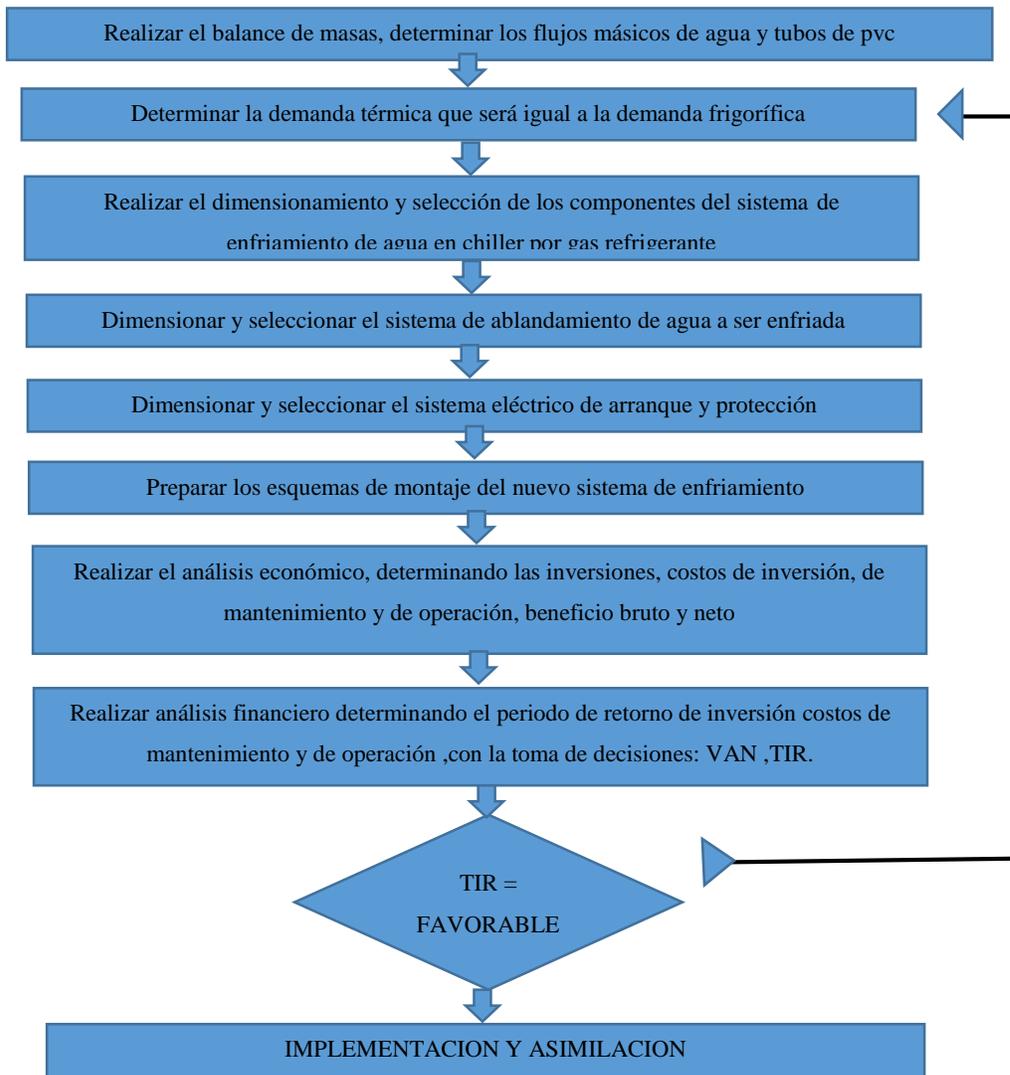


Figura 29: Diseño de construcción, con pasos a desarrollar para obtener objetivos de la investigación. Elaboración propia

## 2.1 Variables, Operacionalización.

- **Variables independiente:** El agua enfriada en el chiller de gas refrigerante, 18 °C -20 °C.
- **Variables dependiente:** Temperatura de tubos de pvc , °C  
Flujo de tubos de pvc, tubos/h

### 2.1.1 Variables intervinientes:

- Variación de calidad de energía eléctrica: armónicos, frecuencia , rendimiento del motor
- Variación de parámetros medioambientales : temperatura del aire

#### Variables intervinientes

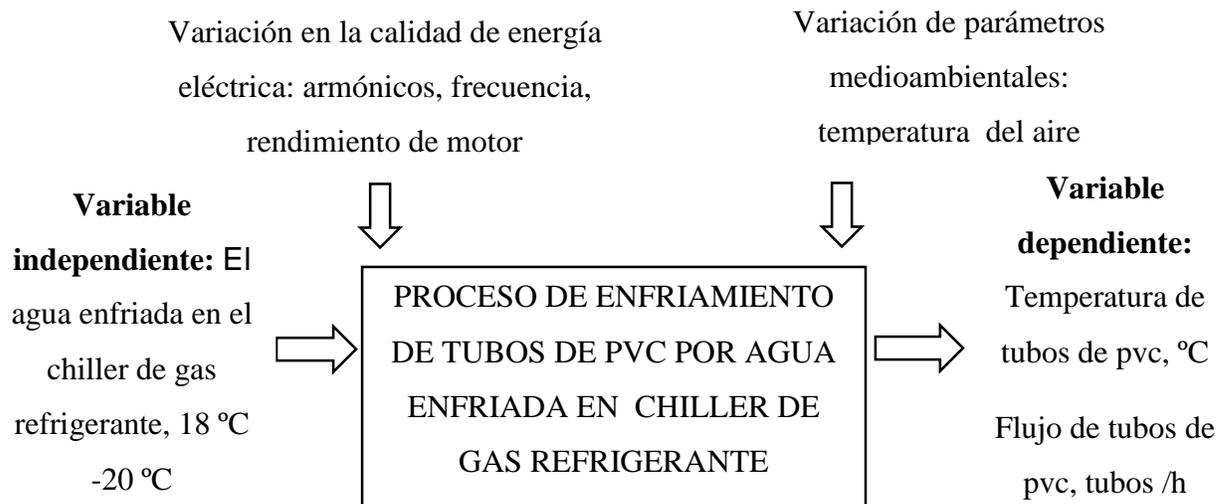


Figura 30. Variables del proceso de estudio. Elaboración propia

### 2.1.2 Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
<b>Variables independiente:</b> flujo de agua enfriada por chiller a la entrada	Cantidad de agua que fluye por los tubos en un determinado tiempo.	Cantidad de agua menor a 20 C para la reducción de calor	$18 < T < 20 \text{ } ^\circ\text{C}$	razón
<b>Variables dependiente :</b> Temperatura de tubos de pvc	Variable que denota la calor que contienen los tubos enfriados	Es la relación entre el calor en $^\circ\text{C}$ entre el producto del calor específico de un fluido y su diferencia de temperatura	$0 < T < 100 \text{ } ^\circ\text{C}$	razón
<b>Variables interviniente :</b> Calidad de la energía eléctrica	La calidad eléctrica es la normalización del suministro eléctrico mediante reglas que fijan los niveles, parámetros básicos de estas , forma de onda, armónicos, niveles de distorsión armónica, interrupciones, etc.	Se refiere a la forma de onda senoidal, frecuencia armónica.	Presencia de Armónicos  Frecuencia $45 < f < .65 \text{ Hz}$	Nominal  razón
<b>Variable interviniente:</b> Temperatura del aire	Variable de proceso que caracteriza el estado energético de un fluido definido por la masa, temperatura y su volumen	Es el valor que resulta de medir mediante el uso de un termómetro, de tubo Bourdon, en condiciones de instalación de acuerdo a normas	$0 < T < 50 \text{ } ^\circ\text{C}$	razón

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población:

Sistemas de enfriamiento de tubos de PVC por agua en empresa de La Libertad

### **2.3.2 Muestra:**

Sistemas de enfriamiento de tubos de PVC en empresa Tuplast Trujillo

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

**Observación** se utilizara una ficha para la toma de datos para observar la disformidad en los tubos y las dimensiones finales de los tubos la validez se realizara mediante juicio de expertos.

**Entrevistas** se utilizara una ficha de entrevista al Personal de operación del área de extruccion y enfriado para determinar aspectos específicos de operación, que posibiliten definir con mayor precisión los modos de control de la extruccion y manejo de temperatura del agua

### **Métodos de análisis de datos.**

Se aplicará el análisis descriptivos, que sirven para demarcar el comportamiento de una o más variables de la nuestro estudio, se utilizara la observación como una toma de datos importante para verificar la uniformidad en los tubos de pvc.

### **2.5 Aspectos éticos.**

La información recaudada será nueva, sin recurrir al plagio, teniendo en cuenta:

- La verdad de datos y los resultados.
- El respeto hacia la propiedad intelectual.
- La admiración por nuestro medio ambiente y a la biodiversidad.
- Respeto a la privacidad.
- Protección a los las identidades de los que participan en el estudio ocultando su identidad.



# III

# RESULTADOS

## RESULTADO

Perdidas por producción y mermas de tubo de pvc en empresa Tuplast s.a.c , 2017					
Mes y año	Producción neta	Producción nominal	Merma/perdidas	Merma nominal	Perdidas
	Kg /mes	Kg /mes	Kg /mes	%P nominal	Soles /mes
Ene -17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
Feb-17	115 000	11 200	3000	2.68%	s/ 22 500.00
Mar-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
Abr-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
May-17	115 400	11 200	3400	3.04%	s/ 25 500.00
Jun-17	115 400	11 200	3400	3.04%	s/ 25 500.00
Jul-17	115 400.00	11 200	3400	3.04%	s/ 25 500.00
Ago-17	115 300	11 200	3300	2.95%	s/ 24 750.00
Sep-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 256.00
Oct-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
Nov-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
Dic-17	115 200	11 200	3200	2.86%	s/ 24 000.00
Total anual	1 382900		38 900	2.89%	s/ 292 006.00

Tabla 3. Producción neta y mermas en 2017, planta Tuplast s.a.c.

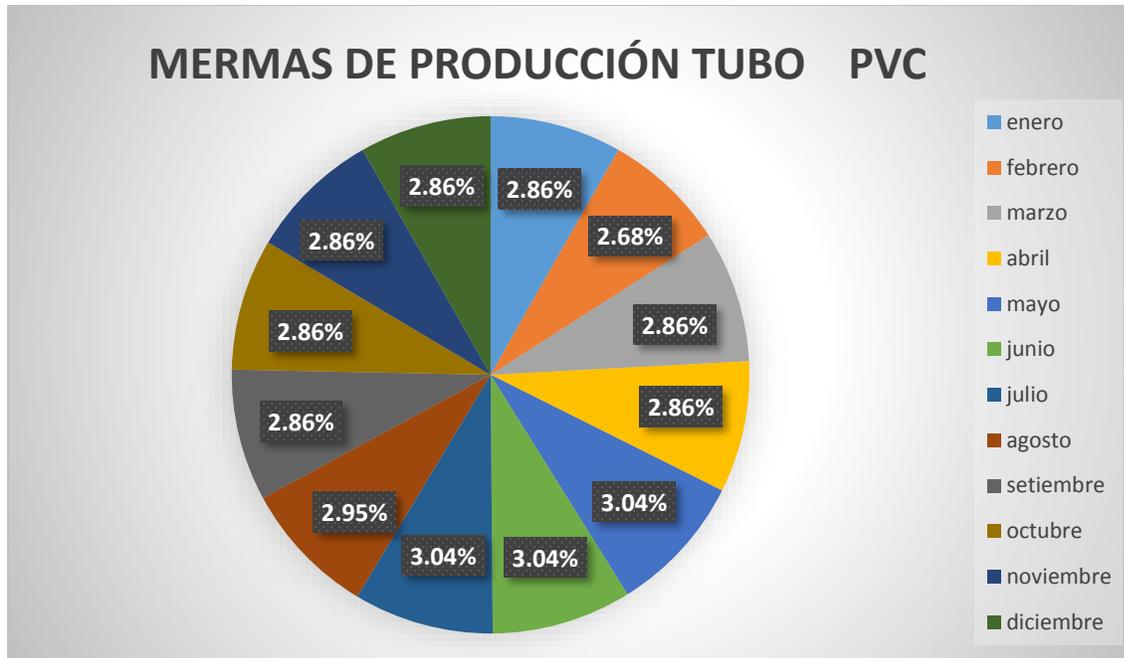


Figura 2. Mermas de producción de PVC, año 2017 en TUPLAST SAC. Elaboración propia.

### Eficiencia de torre

$$\eta = \frac{(t_i - t_o) * 100}{(t_i - t_{hum})}$$

, en la cual:

$\eta$  = eficiencias de la torre de enfriamiento: 70 - 75%

$t_i$  = temperaturas de entrada del agua a la torre (°C) = 50 °C

$t_o$  = temperaturas del agua de salida de la torre (°C) = 23 °C

$t_{wb}$  = temperaturas del bulbo húmedo del aire (°C)

La diferencia de la temperatura del agua de entrada y salida  $t_i - t_o$  es entre 20 - 25°C; Con esto quiere decir que la temperatura no baja más para poder solventar la máxima capacidad de las extrusoras que requieren 18 °C para poder trabajar a su máxima capacidad.

Iniciamos con la torre de enfriamiento del sistema actual, que no cumple con la demanda térmica, esto se agudiza más en los tiempos de primavera verano u otros días con demasiada temperatura ya que debido a una elevada temperatura del rocío del aire atmosférico esta agua no enfría hasta los 24°C que pide la maquina como parámetro de temperatura mínimo de funcionamiento, esta tabla (04) nos ayuda a deducir si cumple con el labor térmico al que se le encomienda.

Velocidades	Pesos por hora	Temperatura agua	Bomba de agua 2 hp
Flujo de PVC 1	150 kg/h	24°C	15 m³/h
Flujo de PVC 2	200 kg/h	20°C	15 m³/h
Flujo de PVC 2	250 kg/h	18°C	15 m³/h

Tabla 04: velocidad por temperatura en extrusora.

### 3.1.1 Análisis de proceso con toma de datos de proceso.

Flujo agua, ingreso de cisterna para tanque distribuidor:  $V1 = 100\text{m}^3/\text{h}$   
a temperatura ambiente .

Flujo de agua usada por extrusora,  $15\text{ m}^3/\text{h} = 3963.00\text{ Gal/h} = 250\text{ L/m}$

Demanda térmica por extrusoras: 20 kw térmicos

Flujo de PVC 1: 150 kg/h

Flujo de PVC 2= 200kg/h

Flujo de PVC 2=250kg/h

### 3.1.2 Realizar el balance de masa, determinando los flujos máscicos de agua, tubos de pvc

Flujo máscico de agua:  $c_p \text{ agua} = 4.187\text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$

$Q_u \text{ de torre, en kw} = m_{\text{agua}} * c_p * (t_{\text{inicial}} - t_{\text{final}})$

Ecuación 1.

$$80\text{ kw} = x * c_p * (170^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})$$

$$=29.26 \text{ kg/s}$$

Flujo másico de pvc:  $c_p$  del pvc =  $1.172 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$

$$Q \text{ en extrusora, en kg/h} = m_{\text{pvc}} \cdot c_p \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}})$$

Ecuación 2. Calor que gana

Con un peso de 150 kg de pvc a una temperatura de  $170^\circ\text{C}$  grados cuanto es el calor cedido al agua para dejar al tubo en  $35^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} &= 150 \text{ kg/h} \cdot 1.17 \text{ kJ/h} \cdot (170^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) \\ &= 24570 \text{ KJ} \end{aligned}$$

Quiere decir que el agua a  $24^\circ\text{C}$  gana 24570 KJ para enfriar el tubo de  $170^\circ\text{C}$  y dejarlo en  $30^\circ\text{C}$

En la cual:

$m_{\text{agua}}$ , en kg/s

$C_p$  = calor específico - agua,  $4.187 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$

$T_{\text{inicial}}$ : temperatura del agua caliente, que entra a la torre,  $80\text{-}90^\circ\text{C}$

$T_{\text{final}}$ : temperatura del agua fría, que sale de la torre,  $33\text{-}35^\circ\text{C}$

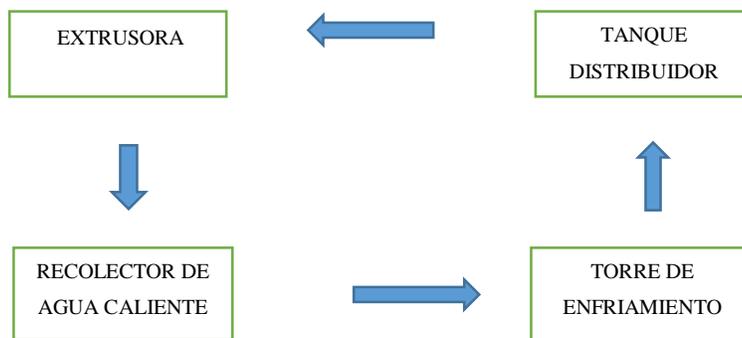


Figura 31: diagrama de bloque sistema de enfriamiento usando torre de enfriamiento.

### 3.1.3 Determinar la demanda térmica que será igual a la demanda frigorífica.

Demanda térmica especificada en la extrusora es de: 20kw térmicos  
 Para poder igualar a la demanda frigorífica los 20 kw térmicos tenemos que convertir a Btu/h o Toneladas de refrigeración.

Tenemos:

$$1 \text{ tonelada / torre de refrigeración} = 15,000 \text{ Btu/h} = 3,782 \text{ k Calorías/h} \\ = 15831,452 \text{ kJ/h} = 4,4 \text{ kw térmicos}$$

$$1 \text{ Kw térmico} = 3412.14 \text{ Btu/h}$$

$$20 \text{ Kw} = 68242,84 \text{ Btu/h demanda frigorífica de una maquina extrusora}$$

Continuando:

$$68242,84 \text{ Btu/h} \times 4 \text{ extrusoras} = 272971.36 \text{ Btu/h o } 80 \text{ kw térmicos}$$

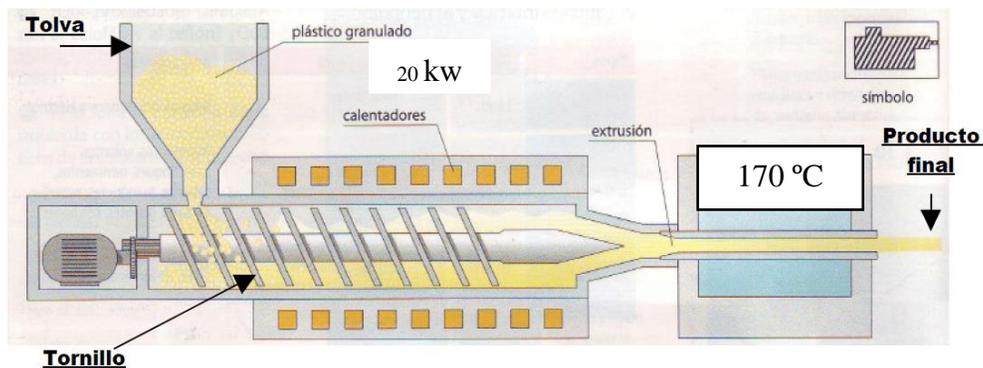


Figura 32: corte de una extrusora

Necesitaremos un chiller de: 272971.36 Btu/h o 80 kw térmicos para satisfacer la demanda térmica actual. Estos 272971.36 Btu/h equivalen a 22.75 toneladas de refrigeración.

Los 22.75 toneladas de refrigeración los multiplicaremos por 1.2 factor servicio y tenemos un chiller de 27.3 toneladas de refrigeración (Tr).

### 3.1.4 Realizar el dimensionamiento y selección de los componentes del sistema de

sistema de

### Enfriamiento de agua en el chiller por gas refrigerante

Para el dimensionamiento del chiller tenemos los siguientes datos:

Flujo de agua = 15 m<sup>3</sup>/h

Flujo de pvc mas alto =250 kg/h

Temperatura de tubos T1= 170 °C

Temperatura de tubos T2= 30 °C

Entonces usamos la fórmula para calcular capacidad de chiller

$$Tr = m_{agua} \cdot c_p \cdot (\Delta t) / m_{pvc} \cdot c_p$$

Resultado tenemos:

=27.30 toneladas de refrigeración

Con esta información cotizamos chiller que cumpla las características que necesitamos

Opción 1 – <b>Modelo SIC-30A</b>	chiller
Temperatura del agua: 4.4°C – 38°C	
Capacidad de refrigeración: 30 toneladas refrigeración	
Potencia del Compresor: 30.2KW	
Potencia de la bomba de agua: 3.0KW	
Flujo máximo (10°C): 600L/min	
Capacidad del tanque de agua: 570 Litros	
Dimensiones de la maquina (mm): 2100x1200x1950	
Peso: 640kg	

--	--

Figura 33: características de chiller SIC -30A

<b>Opción 2 –Modelo SPIA-40HP</b>	chiller
Temperatura del agua: 4.4°C – 38°C	
Capacidad de refrigeración: 40 toneladas refrigeración	
Potencia del Compresor: 35.0KW	
Potencia de la bomba de agua: 5.5 KW	
Flujo máximo (10°C): 1100L/min	
Capacidad del tanque de agua: 750 Litros	
Dimensiones de la maquina (mm): 2920x1200x2350	
Peso: 840kg	

Figura 34 : características de chiller SIC -30A

Ficha técnica de chiller:

código	voltaje	Diámetro tubería	Número de líneas	Compresor	Fan	Bomba	Total
	(V)	PULGADAS		(kw)	(kw)	(kw)	(kw)
SIC-10A	380 VCA	1 "	3PH / + PE+NE	15.0 KW	0.5 KW	1.8kw	17.3 KW
SIC-20A	380 VCA	1.5"		25.0 KW	0.5 KW	2.0kw	27.5 KW
SIC-30A	380 VCA	2"		30.2 KW	0.5 KW	3.0kw	33.7KW
SPIA-40HP	380 VCA	2"		35.0 KW	0.5 KW	5.5kw	41.0KW
SPIA-50HP	380 VCA	2.5"		40.5 KW	0.5 KW	6.5kw	47.5KW

tabla 5: ficha técnica de chiller

Para nuestra elección optaremos por el chiller SPIA-40 y no el SIC-30 ya que este se encuentra en el rango de lo calculado pero no cumple con la capacidad del flujo de agua a enfriar que necesitamos.

Este tipo de chiller ya viene dimensionado todo sus componentes lo único a controlar seria la temperatura de salida de chiller.

### 3.1.5 Dimensionar y seleccionar el sistema de ablandamiento de agua a ser enfriada

Para el sistema de ablandamiento de agua vemos una de las características del chiller que es el caudal de consumo o capacidad del tanque así podremos saber cuánto es la cantidad de agua necesaria para suministrar al chiller y de cuántas regeneraciones al día debería ser el ablandador por cambio iónico

Tenemos que:

Flujo de agua para suministrar a cada extrusora =  $15 \text{ m}^3/\text{h}$

$$15 \text{ m}^3/\text{h} * 4 = 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$60 \text{ m}^3/\text{h} = 60\,000 \text{ l/h}$$

Flujo de agua para suministrar al chiller SPIA-40 =  $1100 \text{ l/m}$

$$1100 \text{ l/m} = 66\,000 \text{ l/h}$$

$$60\,000 \text{ l/h} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

Entonces para esto debemos buscar un ablandador de agua por intercambio iónico de  $60 \text{ m}^3/\text{h}$



Figura 35: ablandador de agua por intercambio iónico (pure aqua)

Con esta tabla podemos elegir la capacidad de los tanques según nuestro requerimiento teniendo el flujo de agua a pasar por el ablandador de intercambio iónico

Model#	Exchange Capacity @ 15lb/cu.ft. Grain	Flow Rate(GPM)			Valve and Pipe size	Resin Qty (ft³)	Tank Size		Salt Storage (lbs)
		Service		Backwash			Softener	Brine	
		Cont.	Peak						
WSF14-90-1	90,000	15	25	7	1"	3	14 x 65	24 x 50	900
WSF16-120-1	120,000	16	27	8	1"	4	16 x 65	24 x 50	900
WSF18-150-1.5	150,000	25	40	9	1.5"	5	18 x 65	24 x 50	900
WSF21-210-1.5	210,000	30	50	12	1.5"	7	21 x 65	24 x 50	900
WSF24-270-1.5	270,000	40	60	16	1.5"	9	24 x 72	24 x 50	900
WSF24-270-2	270,000	65	120	16	2"	9	24 x 72	24 x 50	900
WSF30-420-1.5	420,000	40	70	25	1.5"	14	30 x 72	30 x 60	1,600
WSF30-420-2	420,000	65	120	25	2"	14	30 x 72	30 x 60	1,600
WSF36-600-2	600,000	65	120	35	2"	20	36 x 72	39 x 60	2,700
WSF36-600-3	600,000	120	270	35	3"	20	36 x 72	39 x 60	2,700
WSF42-750-2	750,000	65	120	48	2"	25	42 x 72	39 x 60	2,700
WSF42-750-3	750,000	120	270	48	3"	25	42 x 72	39 x 60	2,700
WSF48-1050-2	1,050,000	65	120	63	2"	35	48 x 72	50 x 60	4,500
WSF48-1050-3	1,050,000	120	270	63	3"	35	48 x 72	50 x 60	4,500
WSF63-1120-3	1,120,000	120	270	98	3"	40	63 x 67	50 x 60	4,500
WSF63-1800-3	1,800,000	120	300	119	3"	60	63 x 86	50 x 60	4,500

Tabla 06 : opciones de ablandadores de agua

### 3.1.6 Características de nuestro ablandador (pure aqua):

#### Características Estándar

- 220v/1ph / 60hz requisito de energía
- Tanque en fibra de vidrio de 150 psi ,tubería de pvc célula 80

- 1"- 3" válvula de diafragma Norly
- Ventilación y conexiones para desagüe
- Control de regeneración frecuente 5 o 10 días
- Ciclos de regeneración totalmente ajustable
- La resina entrega 40 000 granos por ft<sup>3</sup> cuando la sal está a una tasa de 15lbs/ft<sup>3</sup>
- El tanque de salmuera es una combinación de alta densidad tanque de medición salmuera polietileno y una válvula de salmuera, incluye válvula eliminadora de aire, recarga y evita que rebose el deposito.
- Tubería de ¼" entre el stager y las válvulas
- Tubería interna y distribuidor de cedula 80 para distribuir uniformemente el agua y evitar la pérdida de resina y para asegurar la caída de presión mínima en las tasas de flujo máximo

Calculo para resina regeneradora

TABLA DE PARÁMETRO DE GH O DUREZA TOTAL		
dH(Grados de dureza)	ppm(Partes por millón)	Descripción
0-4	0-70	Muy blanda
4-8	70-140	Blanda
8-12	140-210	Media
12-18	210-320	Dura
18-30	320-530	Muy dura
>30	>530	Extremadamente dura

Tabla 07: parámetros de dureza en el agua .

La empresa Tuplast s.a.c, recibe agua que su PPM se centra en 150 PPM de lo cual podemos calcular nuestra resina para la regeneración con esto veremos si se cumple todos los parámetros de la tabla (05) y a la selección de ablandador modelo: WSF63-18000-3.

$$300 \frac{Gl}{min} + \frac{1450}{171} + \frac{granos}{gl}$$

$$= 1\ 645\ 780 \text{ granos de dureza}$$

Entonces :

$$C.\text{resina regenera } 15\text{lb /pie}^3 - c = 30\ 000 \text{ granos}$$

$$V = \frac{1645780}{30000} = 58.85 \text{ pie}^3$$

**Sistemas de protección y monitoreo para ablandadores de agua,(opcional) (pure aqua).**



**Monitor de Dureza** Monitorea continuamente los sistemas de agua para proporcionar una alarma cuando la dureza total excede un límite preestablecido.

**Stager Digital**  
El stager digital puede utilizarse con aire o agua sirve para accionar las válvulas de control.  
Control de PLC es opcional.

**Interruptor de Vacío** Protegen el tanque y la tubería durante el funcionamiento, mediante la prevención de la presión negativa del tanque.

### 3.1.7 Dimensionar y seleccionar el sistema eléctrico de arranque y protección.

Para dimensionar el sistema eléctrico de arranque y protección no vamos a la ficha técnica del chiller donde encontraremos los parámetros como el máximo amperaje, tipo de voltaje y otros datos necesarios para el cálculo.

Usamos los siguientes parámetros de la figura 29 para el cálculo:

código	voltaje	Diámetro tubería	Número de líneas	Compresor	Fan	Bomba	Total
	(V)	PULGADAS		(kw)	(kw)	(kw)	(kw)
SPIA-40A	380 VCA	2"		35.0 KW	0.5 KW	5.5kw	41.0KW

#### Intensidad absorbida a carga máxima.

$$I_{\max} [A] = \frac{P_{\text{abs}}(w)}{\sqrt{3} * U_n * \text{Cos}\varphi} = 69.21A$$

$I_{\max}$  : Corriente máxima absorbida a carga máxima (A)

$P_{\text{abs}}$  : Potencia absorbida o nominal del motor (w)

$U_n$  : Voltaje nominal del motor (V)

$\text{Cos}\varphi$  : Factor de potencia del motor

Escogemos un cable para 69.21 amperios, vemos tabla (2) con este amperaje podemos ya dimensionar tanto el cable como algunos dispositivos de protección, el chiller en su interior ya cuenta con sistemas de protección y también sistema de control de fases . El cable a usar según tabla sería un A.W.G -6, que de diámetro tiene 4.11 mm y su sección es de 13,29mm<sup>2</sup>.

Calibre A.W.G	Diámetro mm	Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad en amperios			
			Aire libre		3 conductores en tubo	
			TW	desnudo	TW	asbesto
0000	11.58	107.20	300	370	195	340
000	10.38	85.00	260	320	165	285
00	9.36	67.42	225	275	145	250
0	8.25	53.48	195	235	125	225
2	6.54	33.62	140	175	95	165
4	5.18	21.15	105	130	70	120
6	4.11	13.29	80	100	55	95
8	3.26	8.32	55	70	40	70
10	2.59	5.29	40	55	30	55
12	2.05	3.29	25	40	20	40
14	1.62	2.08	20	30	15	30
16	1.29	1.29	12	16	8	16
18	1.02	0.85	8	12	6	12

tabla 02 :conductores eléctricos.

### Potencia perdida en el conductor.

$$P_{t\ cond} = \frac{P_{u\ cond}}{\eta_{Cond}(\%)}$$

$$P_{t\ cond}[w] = P_{p\ cond} + P_{u\ cond}$$

$$P_{t\ cond} = \frac{P_{u\ cond}}{\eta_{Cond}(\%)} = P_{p\ cond} + P_{u\ cond}$$

$$P_{t\ cond} = \frac{P_{u\ cond} - P_{p\ cond}}{\eta_{Cond}(\%)}$$

$$P_p[kw] = P_u(Kw) * \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) = 0.24\%$$

$P_{t\ cond}$  : Potencia total del conductor (Kw)

$P_{p\ cond}$  : Potencia perdida del conductor (Kw)

$P_{abs}$  : Potencia absorbida por el motor eléctrico =  $P_{u\ cond}$

$\eta_{Cond}$  : Rendimiento del conductor(%)

### Pérdida de tensión real en conductor

$$\Delta U_L = \sqrt{3} * Z_L * I_L = 0.75\ mV$$

$\Delta U_L$  : Pérdida de tensión real en conductor (V).

$Z_L$  : Impedancia de la línea ( $\Omega$ ).

$I_L$  : Intensidad absorbida a carga máxima (A)

### Caída de tensión admisible

$$\Delta U_{adm} = \eta_{cond} * U_{barra}$$

$$\text{Condición: } \Delta U_{cd} < \Delta U_{adm} = 1.65\%$$

$\Delta U_{adm}$  : Caída de tensión admisible (V).

$\eta_{cond}$  : caída de tensión en el conductor menor o igual a 2%

$U_{barra}$  : Voltaje en la barra (V).

$\Delta U_L$  : Pérdida de tensión real en conductor (V).

### 3.1.8 Preparar los esquemas de montaje del nuevo sistema de enfriamiento

Leyenda:

- 1: descarga de agua a la cisterna
- 2: bombeo automático de agua hacia ablandadores
- 3: suministro de agua para el chiller
- 4: tanque de recepción de agua fría
- 5: almacenamiento de agua caliente en poza
- 6: bombeo de agua caliente al mezclador
- 7: regreso de agua fría
- 8: inicia ciclo de ablandamiento de agua

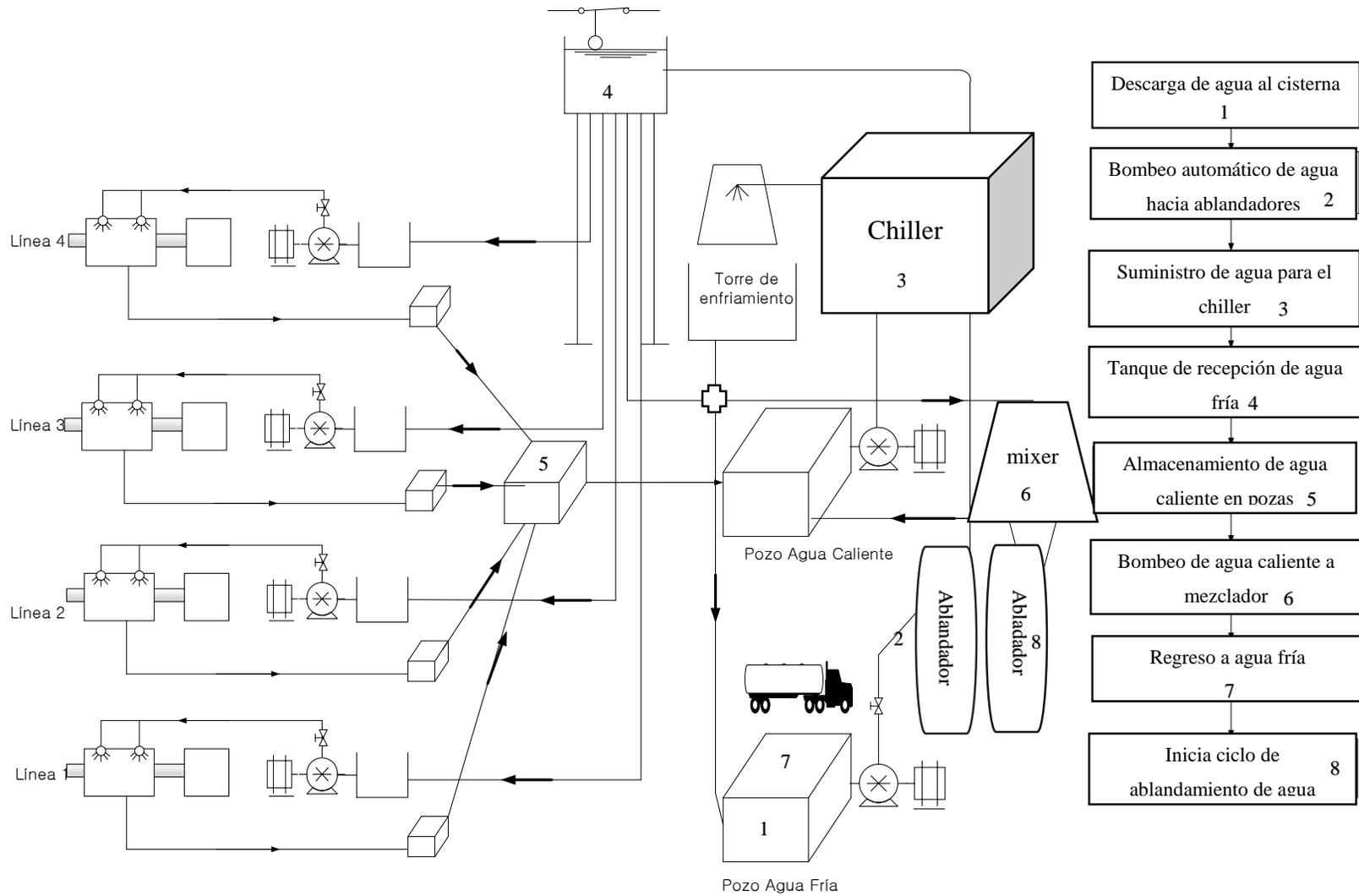


Figura 42. Nuevo procesos de enfriamiento de tubos de pvc. Elaboración propia

**3.1.9 Realizar el análisis económico, determinando las inversiones, costos de inversión, de Mantenimiento y de operación con toma de decisiones :**

**VAN ,TIR**

- Análisis económico de empresa Tuplast s.a.c por producción solo de tubos de pvc de 3/4" que es el que más se fabrica 3 a 4 veces por semana teniendo como horas laborables solo 8 a un rango de producción de procesamiento de pvc de 150 kg/h, dándonos la cantidad de 721,15 tubos por hora cada tubo se vende a los distribuidoras por mayor a 6.50 s/ -soles.

<b>Rango kg/h Operativo actual</b>	<b>Eficiencia de la extractora</b>	<b>Horas trabajo/día</b>	<b>Bolsa de compuesto pvc 1200 kg Peso tubo 1.040 kg</b>	<b>cantidad de tubos x 5m</b>
150 kg/h	50%	8 horas	144.23 tubos/h	721,15 tubos/h
200 kg/h	75%	6 horas	192.31	961.55 tubos/h
250 kg/h	100%	4.8 horas	240.36	1201.9 tubos/h

Tabla 8: ingresos brutos con proceso actual

Entonces teniendo la tabla nos indica lo siguiente:

Producción de una maquina es de  $721.15 * 4 = 2884.6$  tubos /hora

$2884.6$  tubos /hora \*8 horas = $23076.8$  tubos/d

$23076.8$  tubos/d\*8d = $184614.4$ tubos/m

$184614.4$ tubos/m esto representa la producción del mes en tubo de  $\frac{3}{4}$ " pvc

- Comparación de rangos a trabajar si hubiese chiller y con el sistema actual de enfriamiento por torre con un promedio de producción anual.

<b>INGRESOS</b> Con torre de enfriamiento Y Con chiller	Con torre de enfriamiento	150 Kg/H	115 300 kg/mes	Valor de venta 7.50 s/ / kg	s/864 000
	Con chiller	200 Kg/H	166 400 kg/mes	Valor de venta 7.50 s/ / kg	s/1 248 000
		250 Kg/H	208 000 kg/mes	Valor de venta 7.50 s/ / kg	s/1 560 000

Tabla 9: ingresos brutos con proceso actual y estimado

Inversiones en activos, Mano de Obra, accesorios para Implementar chiller de gas refrigerante en empresa Tuplast Trujillo					
I. chiller					
Item	Denominación	Cantidad	U.M	Precio Unitario	Precio total
				Soles/UM	Soles
1	chiller r-410 440vca/3ph/60hz modl SPIA-40 PHS	1	Pieza	144160	144160
2	Cable de sistema de señal	7	m	35	245
3	manometro de alta 0-350psi	1	Pieza	144	144
4	manometro de baja 0- 250 psi	1	Pieza	176	176
5	Valvula auxiliar de 3/8"	1	Pieza	256	256
6	Mano de Obra	1	GLB	5500	5500
7	tuberia para entrada y salida de agua de chiller	15	Pieza	48	720
8	Accesorios para las tuberias	10	Pieza	550	5500
9	Aislante termico armaflext	15	Pieza	315	4725
<b>2. Base de anclaje para chiller y ablandador</b>				<b>Sub total 1</b>	<b>161426</b>
1	cemento	1	Pieza	24	24
2	fierro corrugado de 3/4"	12	Pieza	420	420
3	fierro corrugado de 3/8"	10	Pieza	16	160
4	alambre de amarre	10	kg	7	70
5	angulos de acero para fillos	4	Pieza	272	1088
6	Mano de Obra	1	GLB	4500	4500
7	accesorios de anclaje	4	Pieza	200	800
8	instalacion de sumidero	1	GLB	750	750
9	terrajeo final	3	Pieza	315	945
<b>3. ablandador de agua</b>				<b>Sub total 2</b>	<b>8757</b>
1	sistema de tanques de ablandamiento con sales para 15pies cubicos	1	ft	24000	24000
2	valvula magnum 25 a 100psi(172 a 688KPa)	1	m	1800	1800
3	valvulas reguladoras 1"	1	Pieza	1440	1440
4	filtros matrix .cto <sup>2</sup> /2 10micrones	1	Pieza	240	240
5	tanque regenerador	1	Pieza	2720	2720
6	Mano de Obra	1	GLB	3500	3500
7	Válvula isoporcentual, con cabezal neumático, 3...15 psi	1	Pieza	1600	1600
8	Accesorios neumáticos	1	GLB	750	750
9	Tablero eléctrico 35 x 45 x 20 cm	1	Pieza	315	315
10	bomba 3hp-380vca/60hz	1	GLB	4320	4320
<b>4. Sistema electrico</b>				<b>Sub total 3</b>	<b>40685</b>
1	tablero electrico	2	Pieza	5500	11000
2	cable electrico para sistema de fuerza	50	m	80	4000
3	Mano de Obra instalacion de fuerza	1	GLB	2500	2500
				<b>Sub total 4</b>	<b>17500</b>
				Total Inversión	<b>228.368</b>

Tabla 10: inversiones estimadas para puesta en marcha del proyecto

### 3.2 Análisis financiero.

#### 3.2.1 Inversión con recursos de la empresa Tuplast s.a.c.

<b>Inversión y financiamiento propio</b>		
<b>Descripción</b>		<b>Monto (S/.)</b>
Equipos		<b>228,368.00</b>
Otros (mantenimiento y operación)		2500.00
<b>TOTAL DE COSTOS ESTIMADOS</b>		230,868.00
<b>TOTAL DE INVERSION DEL PROYECTO</b>		<b>S/. 230 868.00</b>
<b>FINANCIAMIENTO</b>		
<b>Descripción</b>		<b>Monto (S/.)</b>
Aporte propios, % Inversión total	100%	<b>S/. 230,868.00</b>
Financiamiento		--
Total inversión		<b>S/. 230,368.00</b>
<b>Condiciones del Financiamiento</b>		
<b>Descripción</b>		<b>Monto (S/.)</b>
Préstamos		--
Tasas efectivas anuales		6%
Tasas efectivas mensuales		6%
Plazos, meses		<b>12</b>
cuotas mensuales, Soles/mes		<b>s/ 20349.172</b>

Tabla 11: inversión y financiamiento

#### 3.2.2 Flujo de caja e indicadores financieros.

	Costo de la Inversión	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
						102
<b>INGRESOS</b>		<b>S/. 10.368.000,00</b>				
INVERSION	<b>-S/. 228.368,00</b>					
<b>GASTOS o EGRESOS</b>		S/. 50.000,00				
mantenimiento		S/. 5.000,00				
consumo de energia		S/. 30.000,00				
capacitacion		S/. -				
		S/. -				
		S/. -				
<b>TOTAL</b>	<b>-S/. 228.365,00</b>	<b>S/. 85.000,00</b>				
<b>Beneficio</b>		<b>S/. 10.283.000,00</b>				
Impuestos (20%)		S/. 2.056.600,00	S/. 3.084.900,00	S/. 3.084.900,00	S/. 3.084.900,00	S/. 3.084.900,00
<b>Beneficio después de impuestos</b>	<b>-S/. 228.365,00</b>	<b>S/. 8.226.400,00</b>	<b>S/. 7.198.100,00</b>	<b>S/. 7.198.100,00</b>	<b>S/. 7.198.100,00</b>	<b>S/. 7.198.100,00</b>
<b>VAN del proyecto</b>		<b>S/. 29.304.476,51</b>	<b>S/. 22.267.818,13</b>	<b>S/. 20.885.166,95</b>	<b>S/. 19.620.987,63</b>	<b>S/. 14.748.124,07</b>
tipo de descuento		6,00%	14,00%	16,00%	18,00%	27,85%
<b>TIR</b>		<b>3590,10%</b>				

Tabla 12. Flujo de caja e indicadores financieros. Elaboración propia

<b>INGRESOS</b>		<b>S/.</b> <b>10.368.000,00</b>	<b>S/.</b> <b>10.368.000,00</b>	<b>S/.</b> <b>10.368.000,00</b>	<b>S/.</b> <b>10.368.000,00</b>	<b>S/.</b> <b>10.368.000,00</b>	<b>S/.</b> <b>51.840.000,00</b>
	-228368	9000	9000	9000	9000	9000	
		55800	83700	83700	83700	83700	
<b>EGRESOS</b>		<b>64800</b>	<b>92700</b>	<b>92700</b>	<b>92700</b>	<b>92700</b>	<b>S/.</b> <b>207.232,00</b>
	-228368						
<b>TASA DE DEPOSITO</b>	<b>6%</b>						

**b/c            S/ 250,15**

Se obtiene que la inversión es totalmente rentable con el análisis de flujo y caja

#### IV. DISCUSIÓN

El bachiller: (castaño, 2016), en su tesis dice:

- Los sistemas de refrigeración secundarios, también conocidos como chiller, son utilizados en la industria ya que permiten la disminución de consumo de energía gracias a la utilización de refrigerantes sustituyentes como el agua u otro refrigerante secundario.

El bachiller: (Salazar, 2016), en su tesis dice:

- La revisión del diseño de las instalaciones de agua para el enfriamiento de procesos de inyección y extrucción se logra menor consumo de energía menor consumo de agua pero se debe tener en cuenta los parámetros ambientales y de sostenibilidad.

El bachiller: (Pulla, 2015), en su tesis dice:

- El sistema mecánico se complementa con el sistema eléctrico, para un adecuado funcionamiento y control del sistema, como son: control de nivel de agua mediante sensores en el tanque reservorio, control de operación de las bombas mediante variación de frecuencia y revoluciones, control de ventilador en la torre de enfriamiento.

**En la presente tesis, el autor, Alberto Jersinio Mendocilla Durand, obtiene resultados similares:**

- El presente trabajo es concordante con la tesis de (castaño, 2016), por eso es que: Se realizó los balances de masas y flujos obteniendo los resultados esperados, hoy en día existen muchos proveedores en el país de chiller y componentes de refrigeración, así mismo está a nuestra disposición diferentes marcas con características y calidades variadas, pero sin embargo para el chiller calculado se seleccionó estos equipos y elementos de la empresa MIDEA por que como marca da solución a múltiples problemas de ingeniería aplicados tanto al frío como al calor destacando su alta participación en el rubro alimenticio e industrial, donde satisface necesidades de clientes que exigen alto desempeño como demanda de las empresas modernas ya que ellos también saben que el chiller es eficiente energéticamente y con el agua como agente sustituyente para el sistema de enfriamiento lo ase un equipo más seguro y de bajo costo. Para la selección de equipos y elementos fue necesario hallar primeramente los parámetros de funcionamiento que integran el sistema como fue la masa del agua que es de  $60 \text{ m}^3$  por hora necesaria y la demanda térmica de  $80 \text{ kw}$  térmicos, todos estos datos son para suplir la demanda que tenemos en la empresa Tuplast s.a.c.
- Mientras tanto el bachiller (Salazar, 2016) se refiere a parámetros medio ambientales, afirmamos lo expuesto diciendo que: El cálculo térmico e hidráulico del chiller se lo realizó teniendo en cuenta los parámetros ambientales de la ciudad de Trujillo – La Libertad, El resultado térmico es gracias a la información del fabricante de las maquinas extrusoras por lo tanto los cálculos que se describen no podrán tener los mismos resultados en otras ciudades; a no ser que las extrusoras sean de las mismas características que las trabajadas; Se observa que el flujo de agua constante más una temperatura constante tendremos una velocidad de producción más eficiente y eliminamos los cuellos de botella de producción.
- En la búsqueda de los equipos se dio importancia el uso de todos los elementos de la marca “MIDEA”, considerando que es una empresa que está bajo normatividad y garantiza una larga vida útil, además es un

proveedor que tiene publicaciones de venta asesoría y apoyo para el diseño construcción de equipos frigoríficos.

- Por ultimo concluimos que los bachiller (Pulla, 2015). Nos hacen hincapié en la parte mecánica y eléctrica y yo sostengo lo mismo diciendo: Se puede indicar que el sistema de enfriamiento por chiller presenta importantes ventajas no solo en este trabajo sino en los antecedentes ya expuestos como: simplicidad, seguridad, precisión, y es relativamente económico, durante los cálculo se comprobó que el diseño coincide con lo obtenido en el rendimiento real del equipo ,gracias a la tecnología los chiller tanto en la parte mecánica y eléctrica son muy eficientes ya que estos se complementan asiéndolo un equipo más robusto y con las cualidades eléctricas como los variadores internos , los presostato y termostatos. Todo esto hace que el chiller sea un equipo sencillo de manejar y eficiente.

## V. CONCLUSIÓN

- La información de los técnicos en el año 2017 fue observada en conjunto con las necesidades y requerimientos recopilados durante el periodo inicial del proyecto para determinar los flujos másicos y aspectos de la gestión de producción que eran necesarios para la mejora ya que la empresa compra la materia prima por bolsas de 1200 kg que son puestas en cada máquina extrusora al comenzar la jornada laboral.

La Demanda térmica por extrusoras asciende a: 20 kw térmicos cada una que en total son 80kw térmico por 4 extrusoras, están conforman las 4 líneas de producción, Dato importante señalado por el fabricante y/o distribuidor, con el cual empezamos a construir nuestro proyecto de investigación.

- Se logró identificar las obstrucciones o cuello de botella en la empresa Tuplast s.a.c, la cual con llevaba a analizar las funciones de los equipos, así como su contexto operacional mediante el uso del diagrama de ishikahua. Esto permitió comprender mejor el funcionamiento y los problemas de los equipos y facilitó la identificación de fallas.
- El determinar la demanda térmica permitió identificar y jerarquizar los sistemas en su contexto operativo, fue una parte fundamental para las decisiones en la búsqueda de la demanda térmica para igualar a la

demanda frigorífica, esto nos mostró el camino hacia dónde dirigir los recursos y proyectos de mejora.

La demanda térmica asciende a los 80 kw térmicos esto debemos igualar a la capacidad frigorífica que es igual a 27.3 toneladas de refrigeración, pero en el camino encontramos la demanda del flujo de agua que debemos satisfacer que es de 60 m<sup>3</sup> por hora. Ya con los datos efectuamos los cálculos y llegamos a una respuesta un tanto más clara con lo que será la demanda frigorífica

- Tuvimos que recurrir a diferentes empresas en búsqueda de un chiller de la capacidad calculada o algún otro con características semejantes buscando en proveedores como la marca York, Carrier y Midea.
- Tuvimos aceptación y respuesta de parte de los señores de la marca Midea que nos facilitaron unas fichas técnicas de sus equipos que ofrecen de aire acondicionado y climatización y entre ellos esta los chiller, nos otorgaron unos datos técnicos como son los voltajes, capacidades de los tanques, compresores, etc. ; facilitando con esto la elección del tipo de equipos con la demanda frigorífica más el flujo de agua .
- Nos dieron dos opciones a escoger de equipos y con su asesoría llegamos a lo siguiente : Optamos por el modelo SPIA-40A, con voltaje de 380vca trifásico, con una potencia total de 41 kw y un flujo de 1100L/m, y con todas las características de un eficiente chiller ya especifica la potencia de su compresor, de su ventilador y bomba.
- Al dimensionar nuestro chiller, este debemos cumplir con ciertas exigencias para ser surtido con agua blanda ya que esta agua permitirá que las tuberías no se en calichen y se obstruyan por el paso del agua dura.
- La demanda que debe suplir el tanque es de 60 m<sup>3</sup> por hora , así que con las opciones del mercado preguntaremos y veremos las dimensiones existentes en el mercado de ablandadores de agua Elegimos la siguiente opción de tanque que es el modelo wsf63-1800-3 por tener un flujo de 68

137.20 litros por hora y con una regeneración de granos de un volumen de 60 pie<sup>3</sup>.

- Para el sistema eléctrico ya contamos con las potencias necesarias del chiller.
- Trabajamos con la potencia total, así calculamos los dispositivos para salvaguardar los motores compresores del chiller; los dispositivos a considerar son: Guarda motor trifásico para 41 kw, Llave termo magnéticas y cables para 70 amperios.
- El chiller cuenta con dispositivos de protección propios, tanto eléctricos como para la precios del gas refrigerante.
  
- Se realizó el análisis económico y financiero de la inversión en el sistema de enfriamiento de agua con chiller de gas refrigerante
  
- Tiempo de evaluación: 1 año
- Inversión: 230,868.00 soles
- Beneficio económico: 8'500,000.00 soles/año
- Costos de mantenimiento preventivo : 5 000.00 s/ anual
- Costo de energía :30 000.00 s/ anual
- Interés bancario: 6 % anual
- Valor actual neto: 23'476, 107 soles
- Tasa interna de retorno: 2450 %
- Tiempo de recuperación de la inversión: 12 meses

## VI. RECOMENDACIONES

- Este trabajo podrá ser una guía para otros estudiantes que desean realizar la implementación de un sistema secundario a base de agua y que queda demostrado la eficiencia del sistema con total rentabilidad.
- Procurar que para el inicio del funcionamiento del chiller las extrusoras estén activas y trabajando al 100% para observar cómo se desarrolla la maquina calculada con todos sus parámetros y esforzándola al máximo, observar en las extrusoras el intercambio de calor de los tubos en contacto con el agua fría.
- Debemos tener muy en cuenta los pasos a seguir para el arranque adecuado del sistema de refrigeración secundario (chiller) , su mantenimiento y correcta aplicación de todos los sistemas ,tanto del chiller como el del sistema de ablandamiento de agua .
- Tener en cuenta que el equipo se calculó y dimensiono para que la empresa se beneficie lo más posible de su operación por tanto sería ideal acoplar otros trabajos o la fabricación de otras tuberías de pvc de otras

dimensiones que apliquen el producto y el sistema de enfriamiento para así complementar la aplicación del chiller.

- Realizar la capacitación del personal sobre la operación en el manejo del chiller y sus principales fallas para su solución rápida.
- Garantizar que mediante los cálculos eléctricos el chiller se encontrara protegido y en correcto funcionamiento así este garantiza el flujo de amperaje para evitar daños por falla de las instalaciones, o a su vez instalar un transformador independiente para todos los equipos salvaguardando definitivamente su correcto funcionamiento.
- Se recomienda instalar flujómetros para agua Hay que implementar un programa de mantenimiento con calibración de los instrumentos, anual, por medio de una empresa que sea especializada y certificada.
- Finalmente se orienta que el presente trabajo sea aplicado en base a todos los aspectos considerados en el mismo, con el fin de lograr los objetivos de bajar costos y el aumento de producción de manera consistente

## VII. REFERENCIAS.

1. Barfield, J & Raiborn “Contabilidad de Costos Tradiciones e Innovaciones”, 5a edición, de, Thomson, Pág. 77, 78 y 106.
2. Polimeni,R et Al “contabilidad de costos Conceptos y Aplicaciones para la Toma de Decisiones Gerenciales”, 3a edición, de, McGraw-Hill, Pág. 12 y 22, 23
3. García Colín “Contabilidad de Costos”, 2a edición, de Juan, McGraw-Hill, Pág. 12 al 14.
4. Ramírez D, “Temas de Estudio Seleccionados del texto de Contabilidad Administrativa”, de David Noel UMSA, Pág. 27 al 33.
5. Funes J “Contabilidad de Costos”, de Juan Orellana, editorial Educación y Cultura, Pág. 14 al 22.
6. YUNUS A. CENGEL. Termodinámica. 6 Edición. México: McGraw-Hill, 2009 p 622.
7. STANDFORD W. HERBERT. HVAC Water Chillers and Cooling Towers. Fundamentals, Application and operation. Second Edition. U.S.A: CRC Press Taylor and Francis Group, 2012 p 6.
8. RENEDO J. CARLOS. Tecnología frigorífica. Producción y acumulación de Hielo. Universidad de Cantabria.
9. ASHRAE STANDARD. Designation and safety classification of refrigerantes. ANSI/ASHRAE 34-2004.
10. HERNANDEZ. EDUARDO. Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración. México: Limusa Noriega, 2009 p 356

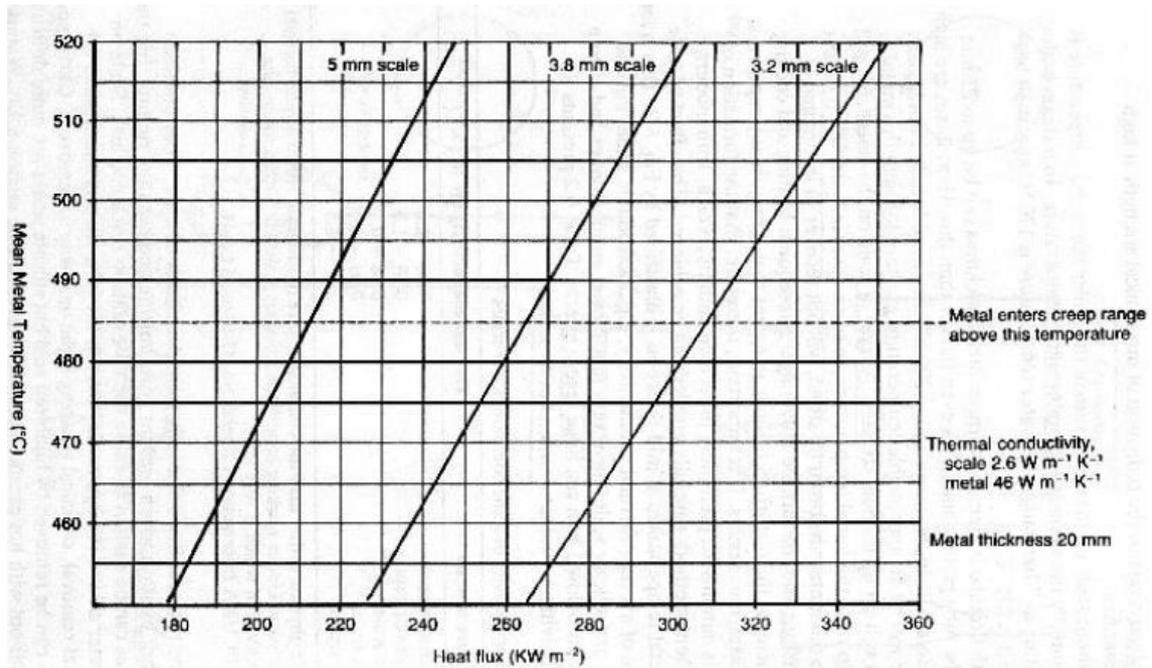
11. Evaluación energética de un sistema de refrigeración secundario a base de glicol , autor :Jeison Alejandro Moreno Castaño -2016
12. Rodriguez M (2016)Diseño de ampliación y mejoramiento del sistema de refrigeración de la planta industrial Dexson electric sas
13. Lopez L (2015) Diseño e implementación de un sistema de agua de enfriamiento para la línea de extrusión de caucho Triplex de la compañía continental tire andina s.a.c,

## VIII. ANEXOS

Instrumentos de recolección de datos

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Objeto</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Observación</b>	ficha de toma de datos por observación	procesos de extruccion para observar disformidad en los tubos	Conocer los procesos de extrusión y las dimensiones finales de los tubos.
<b>Entrevistas</b>	ficha de entrevista	Personal de operación del área de extruccion y enfriado	Determinar aspectos específicos de operación, que posibiliten definir con mayor precisión los modos de control de la extruccion y manejo de temperatura del agua

**Anexos**



Fuente: <http://www.aguasistec.com/ablandador-de-agua.php>



Fuente: <http://www.aguasistec.com/ablandador-de-agua.php>

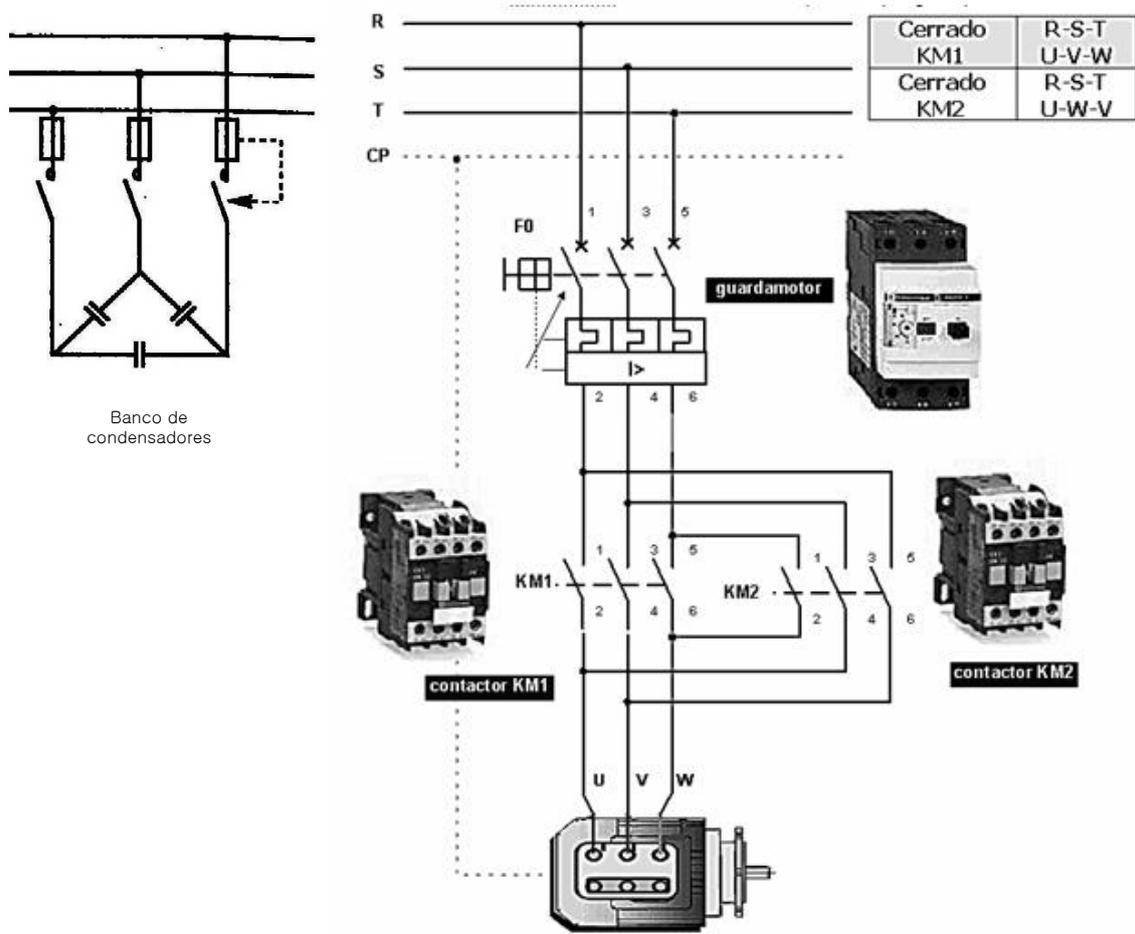


Figura: instalación de un motor trifásico en baja tensión

## 2. Propiedades de los principales refrigerantes

Tabla 2.1: Propiedades del líquido y vapor saturados para el R-22

R-22, CHClF<sub>2</sub>, Clorodifluorometano

t (°C)	P (kPa)	v <sub>l</sub> (dm <sup>3</sup> /kg)	v <sub>g</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	h <sub>l</sub> (kJ/kg)	h <sub>g</sub> (kJ/kg)	s <sub>l</sub> (kJ/kg·K)	s <sub>g</sub> (kJ/kg·K)
-50	64.39	0.6952	0.32461	144.94	383.93	0.7791	1.8501
-48	71.28	0.698	0.29526	147.01	384.88	0.7883	1.8448
-46	78.75	0.7008	0.26907	149.09	385.82	0.7975	1.8397
-44	86.82	0.7036	0.24564	151.19	386.76	0.8066	1.8347
-42	95.55	0.7064	0.22464	153.29	387.69	0.8157	1.8298
-40	104.95	0.7093	0.20578	155.4	388.62	0.8248	1.8251
-38	115.07	0.7123	0.18881	157.52	389.54	0.8339	1.8205
-36	125.94	0.7153	0.17351	159.66	390.45	0.8429	1.8161
-34	137.61	0.7183	0.15969	161.8	391.36	0.8518	1.8117
-32	150.11	0.7214	0.14719	163.96	392.26	0.8608	1.8075
-30	163.48	0.7245	0.13586	166.13	393.15	0.8697	1.8034
-28	177.76	0.7277	0.12558	168.31	394.03	0.8786	1.7993
-26	192.99	0.7309	0.11623	170.5	394.91	0.8874	1.7954
-24	209.22	0.7342	0.10772	172.7	395.77	0.8963	1.7916
-22	226.48	0.7375	0.09995	174.91	396.63	0.905	1.7879
-20	244.83	0.7409	0.09286	177.13	397.48	0.9138	1.7842
-18	264.29	0.7443	0.08637	179.37	398.31	0.9226	1.7807
-16	284.93	0.7478	0.08042	181.61	399.14	0.9313	1.7772
-14	306.78	0.7514	0.07497	183.87	399.96	0.9399	1.7738
-12	329.89	0.755	0.06996	186.14	400.77	0.9486	1.7705
-10	354.3	0.7587	0.06535	188.42	401.56	0.9572	1.7672
-8	380.06	0.7625	0.0611	190.71	402.35	0.9658	1.764
-6	407.23	0.7663	0.05719	193.02	403.12	0.9744	1.7609
-4	435.84	0.7703	0.05357	195.33	403.88	0.983	1.7578
-2	465.94	0.7742	0.05023	197.66	404.63	0.9915	1.7548
0	497.59	0.7783	0.04714	200	405.37	1	1.7519
2	530.83	0.7825	0.04427	202.35	406.09	1.0085	1.749
4	565.71	0.7867	0.04162	204.72	406.8	1.0169	1.7461
6	602.28	0.791	0.03915	207.09	407.5	1.0254	1.7433
8	640.59	0.7955	0.03685	209.48	408.18	1.0338	1.7405
10	680.7	0.8	0.03472	211.88	408.84	1.0422	1.7378
12	722.65	0.8046	0.03273	214.3	409.49	1.0506	1.7351
14	766.5	0.8094	0.03087	216.7	410.13	1.0589	1.7325
16	812.29	0.8142	0.02914	219.15	410.75	1.0672	1.7299
18	860.08	0.8192	0.02752	221.6	411.35	1.0756	1.7273
20	909.93	0.8243	0.02601	224.07	411.93	1.0839	1.7247
22	961.89	0.8295	0.02459	226.56	412.49	1.0922	1.7221
24	1016.01	0.8349	0.02326	229.05	413.03	1.1005	1.7196
26	1072.34	0.8404	0.02201	231.57	413.56	1.1087	1.7171
28	1130.95	0.8461	0.02084	234.1	414.06	1.117	1.7146
30	1191.88	0.8519	0.01974	236.65	414.54	1.1253	1.7121
32	1255.2	0.8579	0.01871	239.22	415	1.1335	1.7096
34	1320.97	0.8641	0.01774	241.8	415.43	1.1418	1.7071
36	1389.24	0.8705	0.01682	244.41	415.84	1.15	1.7046
38	1460.06	0.8771	0.01595	247.03	416.22	1.1583	1.7021
40	1533.52	0.8839	0.01514	249.67	416.57	1.1666	1.6995
42	1609.65	0.8909	0.01437	252.34	416.89	1.1748	1.697
44	1688.53	0.8983	0.01364	255.03	417.18	1.1831	1.6944
46	1770.23	0.9058	0.01295	257.74	417.44	1.1914	1.6918
48	1854.8	0.9137	0.01229	260.49	417.66	1.1998	1.6892
50	1942.31	0.9219	0.01167	263.25	417.85	1.2081	1.6865
52	2032.84	0.9304	0.01108	266.05	417.99	1.2165	1.6838
54	2126.46	0.9394	0.01052	268.88	418.09	1.2249	1.681
56	2223.23	0.9487	0.00999	271.74	418.15	1.2333	1.6781
58	2323.24	0.9585	0.00948	274.64	418.15	1.2418	1.6752
60	2426.57	0.9687	0.009	277.58	418.1	1.2504	1.6722
62	2533.29	0.9796	0.00854	280.57	417.99	1.259	1.669
64	2643.49	0.991	0.0081	283.6	417.81	1.2677	1.6658
66	2757.26	1.0031	0.00768	286.68	417.56	1.2765	1.6624
68	2874.7	1.0161	0.00728	289.82	417.24	1.2854	1.6588
70	2995.9	1.0298	0.00689	293.03	416.82	1.2944	1.6551

Fuente: R.C.Downing. ASHRAE Transactions 1974. Paper No. 2313.

Tabla 2.1: Propiedades del líquido y vapor saturados para el R-134a

R-134a, CH<sub>2</sub>F-CF<sub>3</sub>, 1,1,1,2-Tetrafluoretano

t (°C)	P (kPa)	v <sub>l</sub> (dm <sup>3</sup> /kg)	v <sub>g</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	h <sub>l</sub> (kJ/kg)	h <sub>g</sub> (kJ/kg)	s <sub>l</sub> (kJ/kg·K)	s <sub>g</sub> (kJ/kg·K)
-50	29.9	0.6917	0.5957	138.42	366.54	0.7524	1.7747
-48	33.5	0.6944	0.53549	140.7	367.81	0.7626	1.7713
-46	37.45	0.6971	0.48239	142.99	369.07	0.7727	1.768
-44	41.77	0.6998	0.43545	145.3	370.33	0.7828	1.7648
-42	46.5	0.7026	0.39385	147.63	371.59	0.7929	1.7618
-40	51.64	0.7055	0.35692	149.97	372.85	0.803	1.7589
-38	57.24	0.7083	0.32405	152.33	374.11	0.813	1.7562
-36	63.32	0.7113	0.29474	154.7	375.37	0.8231	1.7535
-34	69.91	0.7142	0.26855	157.09	376.62	0.8331	1.751
-32	77.04	0.7172	0.24511	159.49	377.87	0.8431	1.7486
-30	84.74	0.7202	0.22408	161.91	379.11	0.853	1.7463
-28	93.05	0.7233	0.20518	164.35	380.35	0.863	1.7441
-26	101.99	0.7264	0.18817	166.8	381.59	0.8729	1.742
-24	111.6	0.7296	0.17282	169.26	382.82	0.8828	1.74
-22	121.92	0.7328	0.15896	171.74	384.05	0.8927	1.738
-20	132.99	0.7361	0.14641	174.24	385.28	0.9025	1.7362
-18	144.83	0.7394	0.13504	176.75	386.5	0.9124	1.7345
-16	157.48	0.7428	0.12471	179.27	387.71	0.9222	1.7328
-14	170.99	0.7463	0.11533	181.81	388.92	0.932	1.7312
-12	185.4	0.7498	0.10678	184.36	390.12	0.9418	1.7297
-10	200.73	0.7533	0.09898	186.93	391.32	0.9515	1.7282
-8	217.04	0.7569	0.09186	189.52	392.51	0.9613	1.7269
-6	234.36	0.7606	0.08535	192.12	393.7	0.971	1.7255
-4	252.74	0.7644	0.07938	194.73	394.87	0.9807	1.7243
-2	272.21	0.7682	0.07391	197.36	396.04	0.9903	1.7231
0	292.82	0.7721	0.06889	200	397.2	1	1.722
2	314.62	0.776	0.06427	202.66	398.36	1.0096	1.7209
4	337.65	0.7801	0.06001	205.33	399.5	1.0192	1.7199
6	361.95	0.7842	0.05609	208.02	400.64	1.0288	1.7189
8	387.56	0.7884	0.05248	210.72	401.77	1.0384	1.7179
10	414.55	0.7927	0.04913	213.44	402.89	1.048	1.717
12	442.94	0.7971	0.04604	216.17	404	1.0575	1.7162
14	472.8	0.8016	0.04318	218.92	405.1	1.067	1.7154
16	504.16	0.8062	0.04052	221.68	406.18	1.0765	1.7146
18	537.08	0.8109	0.03806	224.44	407.26	1.0859	1.7139
20	571.6	0.8157	0.03577	227.23	408.33	1.0954	1.7132
22	607.78	0.8206	0.03365	230.05	409.38	1.1049	1.7125
24	645.66	0.8257	0.03166	232.87	410.42	1.1143	1.7118
26	685.3	0.8309	0.02982	235.72	411.45	1.1237	1.7112
28	726.75	0.8362	0.02809	238.58	412.47	1.1332	1.7106
30	770.06	0.8416	0.02648	241.46	413.47	1.1426	1.71
32	815.28	0.8473	0.02498	244.36	414.45	1.152	1.7094
34	862.47	0.853	0.02357	247.28	415.42	1.1614	1.7088
36	911.68	0.859	0.02225	250.22	416.37	1.1708	1.7082
38	962.98	0.8651	0.02102	253.18	417.3	1.1802	1.7077
40	1016.4	0.8714	0.01986	256.16	418.21	1.1896	1.7071
42	1072.02	0.8779	0.01877	259.16	419.11	1.199	1.7065
44	1129.9	0.8847	0.01774	262.19	419.98	1.2084	1.7059
46	1190.08	0.8917	0.01678	265.24	420.83	1.2178	1.7053
48	1252.63	0.8989	0.01588	268.32	421.65	1.2273	1.7047
50	1317.62	0.9064	0.01502	271.42	422.44	1.2367	1.7041
52	1385.1	0.9142	0.01421	274.55	423.21	1.2462	1.7034
54	1455.15	0.9223	0.01345	277.71	423.95	1.2557	1.7027
56	1527.83	0.9308	0.01273	280.9	424.66	1.2652	1.7019
58	1603.2	0.9396	0.01205	284.13	425.32	1.2747	1.7011
60	1681.34	0.9488	0.01141	287.39	425.96	1.2843	1.7003
62	1762.33	0.9585	0.01079	290.68	426.54	1.294	1.6994
64	1846.22	0.9687	0.01021	294.02	427.09	1.3037	1.6983
66	1933.11	0.9794	0.00966	297.4	427.58	1.3134	1.6973
68	2023.07	0.9907	0.00914	300.83	428.02	1.3232	1.6961
70	2116.2	1.0027	0.00864	304.31	428.4	1.3331	1.6947

Fuente: D.P.Wilson &amp; R.S.Basu, ASHRAE Transactions 1988, Vol. 94 part 2.

Tabla 2.7: Entalpía del líquido subenfriado y el vapor sobrecalentado para el R-22

h (kJ/kg), R-22, CHClF<sub>2</sub>, Clorodifluorometano

t <sub>sat</sub> (°C)	P (kPa)	t (°C)															
		-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
70	2998	144.7	155.6	166.6	177.7	189.1	200.6	212.3	224.3	236.7	249.5	262.9	277.2		430	442	452
65	2702	144.6	155.5	166.5	177.7	189	200.5	212.2	224.3	236.7	249.5	263	277.5	424	436	446	456
60	2428	144.5	155.4	166.4	177.6	188.9	200.4	212.2	224.2	236.7	249.6	263.2		429	440	450	459
55	2176	144.4	155.3	166.3	177.5	188.8	200.4	212.1	224.2	236.7	249.6	263.3	423.4	434	444	453	462
50	1943	144.3	155.2	166.2	177.4	188.8	200.3	212.1	224.2	236.7	249.7		428	438	447	456	465
45	1730	144.2	155.1	166.2	177.3	188.7	200.3	212.1	224.2	236.7	249.7	422.1	431.7	441	450	458	467
40	1534	144.1	155.1	166.1	177.3	188.6	200.2	212	224.2	236.7		425.9	434.9	444	452	461	469
35	1355	144.1	155	166	177.2	188.6	200.2	212	224.2	236.7	420	429	437.5	446	454	462	471
30	1192	144	154.9	166	177.2	188.6	200.1	212	224.2		423.1	431.6	439.8	448	456	464	472
25	1044	144	154.9	165.9	177.1	188.5	200.1	212	224.2	417.4	425.7	433.8	441.8	450	458	466	474
20	910.3	143.9	154.8	165.9	177.1	188.5	200.1	212		419.9	427.9	435.8	443.6	451	459	467	475
15	789.6	143.9	154.8	165.8	177.1	188.4	200.1	211.9	414.2	422.1	429.8	437.5	445.1	453	460	468	476
10	681.2	143.8	154.7	165.8	177	188.4	200		416.3	423.9	431.4	438.9	446.4	454	462	469	477
5	584.3	143.8	154.7	165.8	177	188.4	200	410.6	418.1	425.5	432.9	440.2	447.6	455	463	470	478
0	498.1	143.7	154.7	165.7	177	188.4		412.4	419.6	426.8	434.1	441.3	448.6	456	463	471	478
-5	421.9	143.7	154.7	165.7	176.9	188.4	406.7	413.8	420.9	428	435.1	442.3	449.5	457	464	472	479
-10	354.9	143.7	154.6	165.7	176.9		408.1	415.1	422	429	436	443.1	450.3	458	465	472	480
-15	296.3	143.7	154.6	165.7	176.9	402.5	409.3	416.1	423	429.9	436.8	443.8	450.9	458	465	473	480
-20	245.4	143.6	154.6	165.7		403.7	410.3	417	423.8	430.6	437.5	444.4	451.5	459	466	473	481
-25	201.5	143.6	154.6	165.6	398.1	404.6	411.2	417.8	424.5	431.2	438.1	445	452	459	466	474	481
-30	163.9	143.6	154.6		399	405.4	411.9	418.4	425.1	431.8	438.5	445.4	452.4	460	467	474	481
-35	132	143.6	154.5	393.4	399.7	406.1	412.5	419	425.5	432.2	438.9	445.8	452.7	460	467	474	482
-40	105.2	143.6		394.1	400.4	406.6	413	419.4	425.9	432.6	439.3	446.1	453	460	467	474	482
-45	82.91	143.6	388.6	394.7	400.9	407.1	413.4	419.8	426.3	432.9	439.6	446.4	453.3	460	467	475	482
-50	64.52		389.2	395.2	401.3	407.5	413.7	420.1	426.6	433.1	439.8	446.6	453.5	461	468	475	482

Fuente: Wagner, W., Marx, V., Prob, A., "A New Equation of State for Chlorodifluoromethane covering the entire fluid region from 116 K to 550 K at pressures up to 200 MPa, Int. J. Refrig, 16:373, 1993.

Tabla 2.10: Entalpía del líquido subenfriado y el vapor sobrecalentado para el R-134a

h (kJ/kg), R-134a, CH<sub>2</sub>F-CF<sub>3</sub>, 1,1,1,2-Tetrafluoretano

t <sub>sat</sub> (°C)	P (kPa)	t (°C)															
		-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
70	2118	136.5	148.9	161.5	174.3	187.2	200.4	213.9	227.6	241.7	256.2	271.3	287.2		443	456	469
65	1891	136.4	148.8	161.4	174.2	187.2	200.4	213.8	227.6	241.7	256.3	271.4	287.3	435	448	460	472
60	1683	136.3	148.7	161.3	174.1	187.1	200.3	213.8	227.6	241.7	256.3	271.5		440	452	463	475
55	1492	136.2	148.7	161.3	174.1	187.1	200.3	213.8	227.6	241.7	256.3	271.5	431.5	444	455	466	477
50	1319	136.2	148.6	161.2	174	187	200.2	213.7	227.5	241.7	256.4		435.4	447	458	469	479
45	1161	136.1	148.6	161.2	174	187	200.2	213.7	227.5	241.7	256.4	427.3	438.6	449	460	471	481
40	1017	136.1	148.5	161.1	173.9	186.9	200.2	213.7	227.5	241.7		430.5	441.2	452	462	473	483
35	887.5	136	148.5	161.1	173.9	186.9	200.1	213.7	227.5	241.7	422.6	433.2	443.5	454	464	474	485
30	770.6	136	148.4	161	173.8	186.9	200.1	213.6	227.5		425.2	435.4	445.4	456	466	476	486
25	665.8	135.9	148.4	161	173.8	186.8	200.1	213.6	227.5	417.4	427.4	437.3	447.1	457	467	477	487
20	572.1	135.9	148.3	161	173.8	186.8	200.1	213.6		419.6	429.3	438.9	448.6	458	468	478	488
15	488.7	135.9	148.3	160.9	173.7	186.8	200	213.6	411.9	421.4	430.8	440.3	449.8	459	469	479	489
10	414.9	135.8	148.3	160.9	173.7	186.8	200		413.7	422.9	432.2	441.5	450.9	460	470	480	490
5	349.9	135.8	148.3	160.9	173.7	186.7	200	406.1	415.1	424.2	433.3	442.5	451.8	461	471	480	490
0	293	135.8	148.2	160.9	173.7	186.7		407.5	416.4	425.3	434.3	443.4	452.6	462	471	481	491
-5	243.5	135.8	148.2	160.8	173.7	186.7	400	408.7	417.4	426.2	435.1	444.2	453.3	463	472	482	491
-10	200.7	135.7	148.2	160.8	173.6		401.2	409.7	418.3	427	435.9	444.8	453.9	463	473	482	492
-15	164	135.7	148.2	160.8	173.6	393.8	402.1	410.5	419.1	427.7	436.5	445.4	454.4	464	473	483	492
-20	132.8	135.7	148.2	160.8		394.7	402.9	411.2	419.7	428.2	437	445.8	454.8	464	473	483	492
-25	106.5	135.7	148.2	160.8	387.4	395.5	403.6	411.8	420.2	428.7	437.4	446.2	455.2	464	474	483	493
-30	84.43	135.7	148.1		388.1	396.1	404.1	412.3	420.6	429.1	437.7	446.5	455.5	465	474	483	493
-35	66.19	135.7	148.1	381	388.7	396.6	404.5	412.7	421	429.4	438	446.8	455.7	465	474	484	493
-40	51.25	135.7		381.5	389.2	397	404.9	413	421.2	429.7	438.3	447	455.9	465	474	484	493
-45	39.15	135.7	374.5	382	389.5	397.3	405.2	413.2	421.5	429.9	438.4	447.2	456.1	465	474	484	493
-50	29.48		374.9	382.3	389.8	397.5	405.4	413.4	421.7	430	438.6	447.3	456.2	465	475	484	493

Fuente: R. Tillner-Roth and H.D. Baehr, An International Standard Formulation for the Thermodynamic Properties of 1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC-134a) for Temperatures from 170 K to 455 K and Pressures up to 70 MPa, J. Phys. Chem, Ref. Data, Vol. 23, No. 5, 1994.

**Modelo SIC-30A**

Temperatura del agua: 4.4°C – 38°C

Capacidad de refrigeración: 80.043 Kcal/hr

Potencia del Compresor: 35.2KW

Potencia de la bomba de agua: 3.0KW

Flujo máximo (10°C): 300L/min

Capacidad del tanque de agua: 270 Litros

Dimensiones de la maquina (mm): 2920×1200×1950

Peso: 840kg



CONTACTANOS :

AV LA FONTANA 1385INT 303 LA MOLINA –LIMA

**Modelo SPIA-40HP**

Temperatura del agua: 4.4°C – 38°C

Capacidad de refrigeración: 100.00 Kcal/hr

Potencia del Compresor: 30.0KW

Potencia de la bomba de agua: 5.5KW

Flujo máximo (10°C): 750L/min

Capacidad del tanque de agua: 300 Litros

Dimensiones de la maquina (mm): 2100×1200×2300

Peso: 630kg



**Table 1** (continued)  
**Suva® 410A Saturation Properties—Temperature Table**

TEMP. °C	PRESSURE kPa		VOLUME m <sup>3</sup> /kg		DENSITY kg/m <sup>3</sup>		ENTHALPY kJ/kg		
	LIQUID P <sub>l</sub>	VAPOR P <sub>g</sub>	LIQUID v <sub>l</sub>	VAPOR v <sub>g</sub>	LIQUID 1/v <sub>l</sub>	VAPOR 1/v <sub>g</sub>	LIQUID h <sub>l</sub>	LATENT h <sub>lg</sub>	VAPOR h <sub>g</sub>
-40	176.2	175.8	0.0008	0.1419	1325.7	7.045	141.1	265.9	407.1
-39	184.3	183.8	0.0008	0.1360	1322.3	7.352	142.5	265.0	407.6
-38	192.7	192.2	0.0008	0.1304	1318.9	7.669	144.0	264.1	408.0
-37	201.3	200.8	0.0008	0.1251	1315.5	7.996	145.4	263.1	408.5
-36	210.3	209.8	0.0008	0.1200	1312.1	8.335	146.8	262.2	408.9
-35	219.6	219.0	0.0008	0.1151	1308.6	8.685	148.2	261.2	409.4
-34	229.2	228.6	0.0008	0.1105	1305.2	9.046	149.6	260.2	409.8
-33	239.1	238.4	0.0008	0.1062	1301.7	9.419	151.0	259.3	410.3
-32	249.3	248.6	0.0008	0.1020	1298.2	9.805	152.4	258.3	410.7
-31	259.9	259.2	0.0008	0.0980	1294.7	10.202	153.9	257.3	411.2
-30	270.8	270.1	0.0008	0.0942	1291.2	10.613	155.3	256.3	411.6
-29	282.1	281.3	0.0008	0.0906	1287.6	11.036	156.7	255.3	412.0
-28	293.7	292.9	0.0008	0.0872	1284.1	11.473	158.2	254.3	412.5
-27	305.7	304.9	0.0008	0.0839	1280.5	11.923	159.6	253.3	412.9
-26	318.1	317.2	0.0008	0.0807	1276.9	12.388	161.1	252.2	413.3
-25	330.9	329.9	0.0008	0.0777	1273.3	12.866	162.5	251.2	413.7
-24	344.0	343.0	0.0008	0.0749	1269.7	13.360	164.0	250.1	414.1
-23	357.6	356.6	0.0008	0.0721	1266.0	13.868	165.4	249.1	414.5
-22	371.5	370.5	0.0008	0.0695	1262.3	14.391	166.9	248.0	414.9
-21	385.9	384.8	0.0008	0.0670	1258.7	14.931	168.4	247.0	415.3
-20	400.7	399.5	0.0008	0.0646	1255.0	15.486	169.8	245.9	415.7
-19	415.9	414.7	0.0008	0.0623	1251.3	16.058	171.3	244.8	416.1
-18	431.6	430.3	0.0008	0.0601	1247.5	16.647	172.8	243.7	416.5
-17	447.7	446.4	0.0008	0.0580	1243.8	17.253	174.3	242.6	416.9
-16	464.3	462.9	0.0008	0.0559	1240.0	17.877	175.7	241.5	417.2
-15	481.3	479.9	0.0008	0.0540	1236.2	18.519	177.2	240.4	417.6
-14	498.9	497.4	0.0008	0.0521	1232.4	19.179	178.7	239.3	418.0
-13	516.9	515.3	0.0008	0.0504	1228.6	19.859	180.2	238.1	418.3
-12	535.4	533.7	0.0008	0.0486	1224.7	20.558	181.7	237.0	418.7
-11	554.4	552.7	0.0008	0.0470	1220.8	21.276	183.2	235.8	419.1
-10	573.9	572.1	0.0008	0.0454	1216.9	22.016	184.7	234.7	419.4
-9	593.9	592.1	0.0008	0.0439	1213.0	22.776	186.2	233.5	419.7
-8	614.4	612.6	0.0008	0.0425	1209.1	23.558	187.7	232.3	420.1
-7	635.5	633.6	0.0008	0.0411	1205.1	24.361	189.3	231.1	420.4
-6	657.2	655.1	0.0008	0.0397	1201.1	25.187	190.8	229.9	420.7
-5	679.3	677.3	0.0008	0.0384	1197.1	26.036	192.3	228.7	421.0
-4	702.1	699.9	0.0008	0.0372	1193.1	26.909	193.8	227.5	421.4
-3	725.4	723.2	0.0008	0.0360	1189.0	27.806	195.4	226.3	421.7
-2	749.3	747.0	0.0008	0.0348	1184.9	28.728	196.9	225.1	422.0
-1	773.9	771.4	0.0009	0.0337	1180.8	29.675	198.5	223.8	422.3
0	799.0	796.5	0.0009	0.0326	1176.7	30.649	200.0	222.5	422.5
1	824.7	822.1	0.0009	0.0316	1172.5	31.649	201.6	221.3	422.8
2	851.0	848.4	0.0009	0.0306	1168.3	32.676	203.1	220.0	423.1
3	878.0	875.3	0.0009	0.0297	1164.1	33.732	204.7	218.7	423.4
4	905.6	902.8	0.0009	0.0287	1159.8	34.817	206.2	217.4	423.6
5	933.9	931.0	0.0009	0.0278	1155.5	35.931	207.8	216.1	423.9
6	962.9	959.8	0.0009	0.0270	1151.2	37.076	209.4	214.8	424.1
7	992.5	989.3	0.0009	0.0261	1146.9	38.252	211.0	213.4	424.4
8	1022.8	1019.5	0.0009	0.0253	1142.5	39.461	212.6	212.1	424.6
9	1053.8	1050.4	0.0009	0.0246	1138.1	40.702	214.1	210.7	424.9
10	1085.5	1082.0	0.0009	0.0238	1133.7	41.977	215.7	209.3	425.1
11	1117.9	1114.3	0.0009	0.0231	1129.2	43.288	217.3	207.9	425.3
12	1151.0	1147.3	0.0009	0.0224	1124.7	44.634	219.0	206.5	425.5
13	1184.9	1181.1	0.0009	0.0217	1120.1	46.017	220.6	205.1	425.7
14	1219.5	1215.6	0.0009	0.0211	1115.6	47.437	222.2	203.7	425.9
15	1254.9	1250.8	0.0009	0.0205	1110.9	48.897	223.8	202.2	426.1
16	1291.0	1286.9	0.0009	0.0198	1106.3	50.398	225.4	200.8	426.2
17	1328.0	1323.7	0.0009	0.0193	1101.6	51.939	227.1	199.3	426.4
18	1365.7	1361.3	0.0009	0.0187	1096.9	53.523	228.7	197.8	426.5
19	1404.2	1399.6	0.0009	0.0181	1092.1	55.152	230.4	196.3	426.7

**Table 1** (continued)  
**Suva® 410A Saturation Properties—Temperature Table**

TEMP. °C	PRESSURE kPa		VOLUME m <sup>3</sup> /kg		DENSITY kg/m <sup>3</sup>		ENTHALPY kJ/kg		
	LIQUID P <sub>l</sub>	VAPOR P <sub>g</sub>	LIQUID v <sub>l</sub>	VAPOR v <sub>g</sub>	LIQUID 1/v <sub>l</sub>	VAPOR 1/v <sub>g</sub>	LIQUID h <sub>l</sub>	LATENT h <sub>lg</sub>	VAPOR h <sub>g</sub>
20	1443.6	1438.8	0.0009	0.0176	1087.2	56.825	232.0	194.8	426.8
21	1483.7	1478.9	0.0009	0.0171	1082.4	58.545	233.7	193.2	426.9
22	1524.7	1519.7	0.0009	0.0166	1077.5	60.314	235.4	191.7	427.1
23	1566.6	1561.4	0.0009	0.0161	1072.5	62.132	237.1	190.1	427.2
24	1609.3	1604.0	0.0009	0.0156	1067.5	64.001	238.7	188.5	427.3
25	1652.9	1647.4	0.0009	0.0152	1062.4	65.924	240.4	186.9	427.3
26	1697.3	1691.7	0.0010	0.0147	1057.3	67.901	242.1	185.3	427.4
27	1742.7	1736.9	0.0010	0.0143	1052.1	69.935	243.9	183.6	427.5
28	1788.9	1783.0	0.0010	0.0139	1046.9	72.028	245.6	181.9	427.5
29	1836.1	1830.0	0.0010	0.0135	1041.6	74.181	247.3	180.2	427.5
30	1884.2	1877.9	0.0010	0.0131	1036.3	76.398	249.1	178.5	427.6
31	1933.3	1926.8	0.0010	0.0127	1030.9	78.679	250.8	176.8	427.6
32	1983.3	1976.6	0.0010	0.0123	1025.4	81.028	252.6	175.0	427.6
33	2034.3	2027.4	0.0010	0.0120	1019.9	83.447	254.3	173.2	427.5
34	2086.3	2079.2	0.0010	0.0116	1014.2	85.939	256.1	171.4	427.5
35	2139.2	2132.0	0.0010	0.0113	1008.6	88.506	257.9	169.5	427.5
36	2193.2	2185.7	0.0010	0.0110	1002.8	91.151	259.7	167.7	427.4
37	2248.1	2240.5	0.0010	0.0107	996.9	93.879	261.5	165.8	427.3
38	2304.2	2296.3	0.0010	0.0103	991.0	96.691	263.4	163.8	427.2
39	2361.2	2353.2	0.0010	0.0100	985.0	99.592	265.2	161.9	427.1
40	2419.3	2411.1	0.0010	0.0098	978.9	102.585	267.1	159.9	427.0
41	2478.5	2470.1	0.0010	0.0095	972.7	105.674	269.0	157.8	426.8
42	2538.8	2530.2	0.0010	0.0092	966.4	108.864	270.9	155.8	426.7
43	2600.1	2591.3	0.0010	0.0089	960.0	112.159	272.8	153.7	426.5
44	2662.6	2653.6	0.0011	0.0087	953.4	115.564	274.8	151.5	426.3
45	2726.1	2717.0	0.0011	0.0084	946.8	119.085	276.7	149.3	426.0
46	2790.9	2781.6	0.0011	0.0082	940.0	122.727	278.7	147.1	425.8
47	2856.7	2847.3	0.0011	0.0079	933.1	126.497	280.7	144.8	425.5
48	2923.8	2914.2	0.0011	0.0077	926.0	130.402	282.7	142.5	425.2
49	2991.9	2982.2	0.0011	0.0074	918.8	134.448	284.8	140.1	424.9
50	3061.3	3051.5	0.0011	0.0072	911.4	138.645	286.9	137.7	424.6
51	3131.9	3122.0	0.0011	0.0070	903.9	143.001	289.0	135.2	424.2
52	3203.7	3193.7	0.0011	0.0068	896.1	147.527	291.2	132.6	423.8
53	3276.7	3266.6	0.0011	0.0066	888.2	152.235	293.4	130.0	423.4
54	3351.0	3340.9	0.0011	0.0064	880.0	157.139	295.6	127.3	423.0
55	3426.5	3416.3	0.0012	0.0062	871.5	162.252	297.9	124.6	422.5
56	3503.3	3493.1	0.0012	0.0060	862.8	167.594	300.3	121.7	422.0
57	3581.3	3571.2	0.0012	0.0058	853.8	173.187	302.7	118.7	421.4
58	3660.7	3650.7	0.0012	0.0056	844.5	179.056	305.1	115.7	420.8
59	3741.3	3731.5	0.0012	0.0054	834.8	185.232	307.7	112.5	420.2
60	3823.3	3813.6	0.0012	0.0052	824.7	191.757	310.3	109.2	419.5
61	3906.6	3897.1	0.0012	0.0050	814.1	198.680	313.0	105.8	418.8
62	3991.2	3982.0	0.0013	0.0049	802.9	206.069	315.9	102.2	418.1
63	4077.2	4068.4	0.0013	0.0047	791.1	214.014	318.8	98.4	417.2
64	4164.5	4156.1	0.0013	0.0045	778.5	222.641	322.0	94.3	416.3
65	4253.2	4245.4	0.0013	0.0043	765.0	232.131	325.3	90.0	415.3
66	4343.3	4336.1	0.0013	0.0041	750.3	242.755	328.8	85.3	414.2
67	4434.7	4428.2	0.0014	0.0039	734.2	254.940	332.7	80.3	412.9
68	4527.6	4521.9	0.0014	0.0037	716.0	269.366	336.9	74.6	411.5
69	4621.8	4617.2	0.0014	0.0035	694.9	287.059	341.7	68.4	410.1
70	4717.5	4713.9	0.0015	0.0032	669.1	308.947	347.3	61.6	408.9

**Table 2 (continued)**  
**Suva® 410A Superheated Vapor—Constant Pressure Tables**

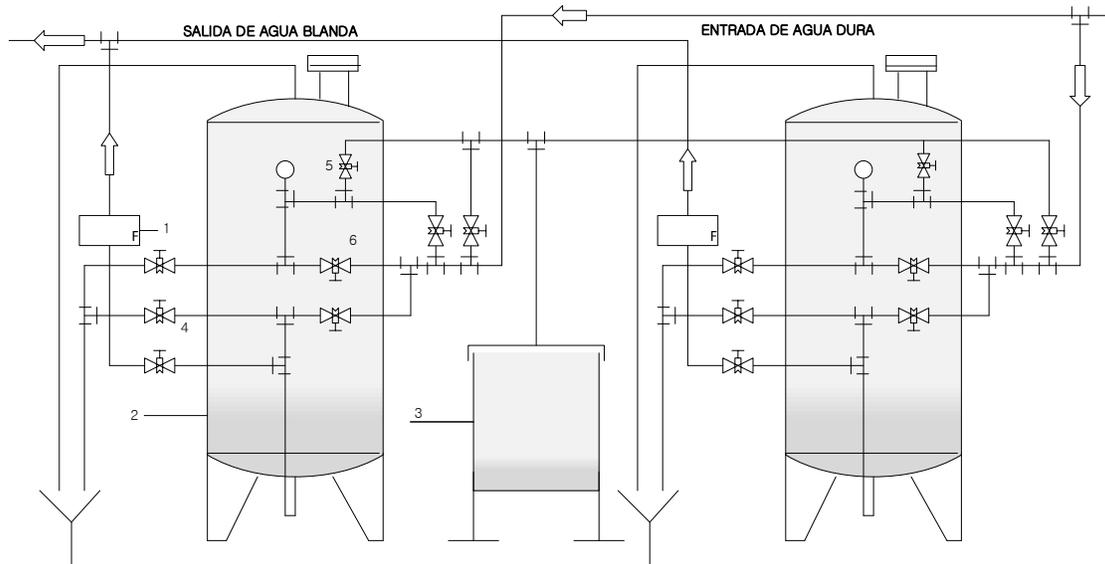
V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/(kg) (K)    (Saturated Vapor Properties in parentheses)

TEMP. °C	1100.0			1200.0			1300.0			1400.0		
	(10.56°C)			(13.55°C)			(16.36°C)			(19.01°C)		
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	(0.0234)	(425.2)	(1.7942)	(0.0214)	(425.8)	(1.7885)	(0.0196)	(426.3)	(1.7831)	(0.0181)	(426.7)	(1.7780)
15	0.0243	430.6	1.8130	0.0216	427.6	1.7948	—	—	—	—	—	—
20	0.0251	436.4	1.8331	0.0225	433.8	1.8159	0.0203	431.0	1.7991	0.0183	428.0	1.7825
25	0.0260	442.1	1.8523	0.0233	439.7	1.8359	0.0211	437.2	1.8201	0.0191	434.5	1.8045
30	0.0268	447.6	1.8707	0.0241	445.4	1.8550	0.0218	443.1	1.8399	0.0198	440.7	1.8251
35	0.0276	453.0	1.8884	0.0249	451.0	1.8733	0.0226	448.9	1.8588	0.0206	446.7	1.8447
40	0.0284	458.3	1.9055	0.0256	456.5	1.8909	0.0233	454.5	1.8769	0.0212	452.5	1.8635
45	0.0291	463.6	1.9221	0.0263	461.8	1.9079	0.0239	460.0	1.8944	0.0219	458.2	1.8814
50	0.0298	468.8	1.9383	0.0270	467.1	1.9245	0.0246	465.5	1.9113	0.0225	463.8	1.8988
55	0.0305	473.9	1.9541	0.0276	472.4	1.9406	0.0252	470.8	1.9278	0.0231	469.2	1.9156
60	0.0312	479.0	1.9695	0.0283	477.6	1.9563	0.0258	476.1	1.9438	0.0237	474.6	1.9319
65	0.0319	484.1	1.9846	0.0289	482.7	1.9716	0.0264	481.3	1.9594	0.0243	480.0	1.9477
70	0.0325	489.1	1.9994	0.0296	487.8	1.9866	0.0270	486.5	1.9746	0.0248	485.2	1.9632
75	0.0332	494.1	2.0139	0.0302	492.9	2.0014	0.0276	491.7	1.9896	0.0254	490.5	1.9784
80	0.0338	499.2	2.0282	0.0308	498.0	2.0159	0.0282	496.9	2.0042	0.0259	495.7	1.9933
85	0.0345	504.2	2.0423	0.0314	503.1	2.0301	0.0287	502.0	2.0186	0.0265	500.9	2.0078
90	0.0351	509.2	2.0562	0.0320	508.1	2.0441	0.0293	507.1	2.0328	0.0270	506.0	2.0222
95	0.0357	514.2	2.0699	0.0325	513.2	2.0580	0.0298	512.2	2.0468	0.0275	511.2	2.0362
100	0.0363	519.2	2.0834	0.0331	518.2	2.0716	0.0304	517.3	2.0605	0.0280	516.3	2.0501
105	0.0370	524.2	2.0968	0.0337	523.3	2.0850	0.0309	522.4	2.0741	0.0285	521.5	2.0638
110	0.0376	529.2	2.1100	0.0342	528.4	2.0983	0.0314	527.5	2.0875	0.0290	526.6	2.0773
115	0.0382	534.3	2.1230	0.0348	533.4	2.1115	0.0319	532.6	2.1007	0.0295	531.7	2.0906
120	0.0388	539.3	2.1360	0.0354	538.5	2.1245	0.0325	537.7	2.1138	0.0300	536.9	2.1038
125	0.0394	544.4	2.1488	0.0359	543.6	2.1374	0.0330	542.8	2.1268	0.0305	542.0	2.1168
130	0.0399	549.5	2.1614	0.0364	548.7	2.1501	0.0335	548.0	2.1396	0.0309	547.2	2.1297
135	0.0405	554.6	2.1740	0.0370	553.8	2.1627	0.0340	553.1	2.1523	0.0314	552.4	2.1425
140	0.0411	559.7	2.1864	0.0375	559.0	2.1752	0.0345	558.3	2.1648	0.0319	557.6	2.1551
145	0.0417	564.8	2.1988	0.0381	564.1	2.1876	0.0350	563.4	2.1773	0.0324	562.8	2.1676
150	0.0423	569.9	2.2110	0.0386	569.3	2.1999	0.0355	568.6	2.1896	0.0328	568.0	2.1800
155	0.0429	575.1	2.2232	0.0391	574.5	2.2121	0.0360	573.8	2.2019	0.0333	573.2	2.1923
160	0.0434	580.3	2.2352	0.0397	579.7	2.2242	0.0365	579.1	2.2140	0.0338	578.5	2.2045
165	0.0440	585.5	2.2472	0.0402	584.9	2.2362	0.0370	584.3	2.2261	0.0342	583.7	2.2166
170	0.0375	589.6	2.2380	0.0347	589.0	2.2286	—	—	—	—	—	—

**Table 2 (continued)**  
**Suva® 410A Superheated Vapor—Constant Pressure Tables**

V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/(kg) (K)    (Saturated Vapor Properties in parentheses)

TEMP. °C	ABSOLUTE PRESSURE, kPa											
	1500.0			1600.0			1700.0			1800.0		
	(21.52°C)			(23.91°C)			(26.19°C)			(28.36°C)		
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S
(0.0168)	(427.0)	(1.7731)	(0.0157)	(427.2)	(1.7684)	(0.0146)	(427.4)	(1.7639)	(0.0137)	(427.5)	(1.7595)	
25	0.0174	431.7	1.7891	0.0158	428.8	1.7736	—	—	—	—	—	—
30	0.0181	438.2	1.8107	0.0166	435.6	1.7963	0.0152	432.9	1.7820	0.0140	430.0	1.7676
35	0.0188	444.5	1.8310	0.0173	442.1	1.8176	0.0159	439.7	1.8042	0.0147	437.1	1.7910
40	0.0195	450.5	1.8504	0.0179	448.3	1.8376	0.0165	446.1	1.8251	0.0153	443.8	1.8126
45	0.0201	456.3	1.8689	0.0185	454.4	1.8567	0.0172	452.3	1.8447	0.0159	450.3	1.8330
50	0.0207	462.0	1.8867	0.0191	460.2	1.8749	0.0177	458.4	1.8635	0.0165	456.5	1.8523
55	0.0213	467.6	1.9038	0.0197	465.9	1.8925	0.0183	464.2	1.8815	0.0170	462.5	1.8708
60	0.0219	473.1	1.9205	0.0202	471.5	1.9095	0.0188	470.0	1.8989	0.0175	468.3	1.8886
65	0.0224	478.5	1.9366	0.0208	477.1	1.9260	0.0193	475.6	1.9157	0.0180	474.1	1.9057
70	0.0229	483.9	1.9524	0.0213	482.5	1.9420	0.0198	481.1	1.9320	0.0185	479.7	1.9223
75	0.0235	489.2	1.9678	0.0218	487.9	1.9576	0.0203	486.6	1.9478	0.0190	485.3	1.9384
80	0.0240	494.5	1.9828	0.0223	493.3	1.9728	0.0208	492.0	1.9633	0.0195	490.8	1.9541
85	0.0245	499.7	1.9976	0.0228	498.6	1.9878	0.0213	497.4	1.9784	0.0199	496.3	1.9694
90	0.0250	505.0	2.0120	0.0232	503.9	2.0024	0.0217	502.8	1.9932	0.0203	501.7	1.9844
95	0.0255	510.2	2.0263	0.0237	509.1	2.0168	0.0222	508.1	2.0077	0.0208	507.0	1.9990
100	0.0260	515.3	2.0403	0.0242	514.4	2.0309	0.0226	513.4	2.0220	0.0212	512.4	2.0134
105	0.0264	520.5	2.0541	0.0246	519.6	2.0448	0.0230	518.6	2.0360	0.0216	517.7	2.0276
110	0.0269	525.7	2.0677	0.0251	524.8	2.0586	0.0235	523.9	2.0499	0.0220	523.0	2.0415
115	0.0274	530.9	2.0811	0.0255	530.0	2.0721	0.0239	529.2	2.0635	0.0224	528.3	2.0553
120	0.0278	536.1	2.0944	0.0260	535.2	2.0854	0.0243	534.4	2.0769	0.0228	533.6	2.0688
125	0.0283	541.2	2.1075	0.0264	540.5	2.0986	0.0247	539.6	2.0902	0.0232	538.8	2.0821
130	0.0287	546.4	2.1204	0.0268	545.7	2.1116	0.0251	544.9	2.1033	0.0236	544.1	2.0953
135	0.0292	551.6	2.1332	0.0272	550.9	2.1245	0.0255	550.2	2.1162	0.0240	549.4	2.1083
140	0.0296	556.8	2.1459	0.0277	556.1	2.1373	0.0259	555.4	2.1290	0.0244	554.7	2.1212
145	0.0301	562.1	2.1585	0.0281	561.4	2.1499	0.0263	560.7	2.1417	0.0248	560.0	2.1340
150	0.0305	567.3	2.1709	0.0285	566.6	2.1624	0.0267	566.0	2.1543	0.0251	565.3	2.1466
155	0.0310	572.6	2.1833	0.0289	571.9	2.1748	0.0271	571.3	2.1667	0.0255	570.6	2.1591
160	0.0314	577.8	2.1955	0.0293	577.2	2.1871	0.0275	576.6	2.1791	0.0259	575.9	2.1714
165	0.0318	583.1	2.2077	0.0297	582.5	2.1992	0.0279	581.9	2.1913	0.0263	581.3	2.1837
170	0.0323	588.4	2.2197	0.0302	587.8	2.2113	0.0283	587.2	2.2034	0.0266	586.6	2.1959
175	0.0327	593.7	2.2316	0.0306	593.2	2.2233	0.0287	592.6	2.2154	0.0270	592.0	2.2079
180	—	—	—	—	—	—	0.0291	598.0	2.2274	0.0274	597.4	2.2199



**Sistema de ablandamiento de agua por intercambio iónico:**

- 1.-Flujómetro volumétrico
2. -Ablandador de agua por intercambio iónico
3. -Tanque de salmuera, regeneración de la resina sintética
4. -Válvula salida de agua blanda
5. -Válvula ingreso de agua dura a ablandador
6. -Válvula de purga

### Hoja de toma de datos para proceso de extrusión

evaluación nr.1: Proceso					
Proceso:	ENFRIAMIENTO -EXTRUSION				
Empresa:	TUPLAST SAC				
Responsable:	ALBERTO MENDOCILLA DURAND				
Ítem	Variable Temperatura	UM °C	Valor	Fecha	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
Parámetros estadísticos mediciones					
Temperatura1					
Temperatura2					
tiempo					
Set point					
Variación					
Variación t1					
variación t2					
evaluación nr.2: Proceso					

Proceso:	ENFRIAMIENTO -EXTRUSION				
Empresa:	TUPLAST SAC				
Responsable:	ALBERTO MENDOCILLA DURAND				
Ítem	Variable: Flujo másico	UM Kg /h	Valor	Fecha	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
<b>Parámetros estadísticos</b>					
Producción 1					
Tubos hora					
Merma					
Rango					
Rango set point					
Variación t1					
Variación t2					