

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“FACTIBILIDAD TÉCNICA – ECONÓMICA DEL REEMPLAZO DE UN  
EQUIPO ENFRIADOR EN CLÍNICA ALEMANA, SANTIAGO”**

**Memoria para optar al Título de:**  
**INGENIERO MECÁNICO**

**ALUMNO : David Garrido Gaete**

**PROFESOR GUÍA : Ramiro Mège Thierry**

2014

*Agradecimientos:*

*A Dios por haber permitido desarrollarme profesionalmente.*

*A mi familia por el apoyo constante que me han brindado.*

*A mi profesor guía, profesor Ramiro Megè por su acogida y buena atención.*

*A don Héctor Soto por su gran apoyo en el presente trabajo.*

*A todas aquellas personas que hicieron posibles sacar adelante este trabajo.*

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN. ....	4
2	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES. ....	5
2.1	Descripción General de las Instalaciones.....	5
2.2	Chiller marca Filtrine. ....	7
2.3	Planta generadora de frío.....	12
3	CONDICIONES ACTUALES DE FUNCIONAMIENTO DE AMBOS EQUIPOS.....	20
3.1	Condiciones de funcionamiento del chiller Filtrine. ....	20
3.2	Condiciones de funcionamiento de la planta generadora de agua helada.....	28
4	DISEÑO Y SELECCIÓN. ....	41
4.1	Requerimientos del Resonador Magnético.....	41
4.2	Características de la instalación.....	44
4.3	Diseño.....	45
4.4	Selección de las bombas para el resonador.....	49
5	COSTOS.....	55
5.1	Costos directos e indirectos del proyecto. ....	55
5.2	Ingresos y período de recuperación de la inversión. ....	56
5.3	Análisis de rentabilidad del proyecto. ....	58
6	CONCLUSIONES. ....	60
	Anexos.....	61
	Bibliografía.....	65

# 1 INTRODUCCIÓN.

La Clínica Alemana de Santiago es uno de los recintos de salud más grande del país y está acreditada por Joint Commission International, organismo líder a nivel mundial en promover un mejoramiento continuo en las actividades de prevención y cuidado de la salud, mediante el cumplimiento a una serie de estándares.

Este trabajo involucra a un resonador magnético, un enfriador de agua (chiller) y la planta generadora de agua fría que posee la clínica para climatización y aire acondicionado. El enfriador de agua, chiller, es un sistema frigorífico cuyo ciclo puede operar por compresión o por absorción. En este caso, opera por compresión.

El resonador es un equipo utilizado para realizar exámenes médicos no invasivos que ayuda a los médicos a diagnosticar y tratar enfermedades. A este equipo médico se le suministra agua fría que se le proporciona de un chiller.

La planta generadora de agua fría está compuesta por tres chiller, dos chiller con turbo compresores centrífugos y un chiller de absorción, que suministran agua fría para los equipos de climatización y aire acondicionado de la clínica.

El presente trabajo desarrolla la factibilidad de reemplazar el chiller del resonador por la planta generadora de agua fría, aprovechando de esta manera la capacidad que posee la planta, eliminando los costos de mantención del chiller. Para ello se realiza un levantamiento de la situación actual de los equipos involucrados, la cual se realizó durante 15 días, distribuidos en tres semanas de lunes a viernes, luego de visualizar la realidad de los equipos, se procede al diseño que conecta la planta generadora de agua fría con el resonador magnético, posteriormente se realiza el cálculo de costos visualizando el ahorro y el tiempo de recuperación de la inversión y el análisis de rentabilidad de proyecto.

## 2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.

### 2.1 Descripción General de las Instalaciones.

A continuación se describe la localización de los tres equipos en cuestión, el Resonador Magnético número 1 de la clínica se encuentra en el sector de resonancia magnética ubicada en el nivel -1 del edificio, mientras que el chiller Filtrine se encuentra a un costado de los jardines (nivel 1) a una distancia muy cercana del resonador magnético, en la *figura 2.1* se logra apreciar la ubicación de ambos equipos desde el exterior.



Fig. 2.1: Ubicación del Equipo Filtrine y Resonador Magnético.

La planta generadora de agua fría está ubicada en el nivel -4 del subterráneo, en la sala de plantas térmicas de la clínica, en la *figura 2.2* se aprecia las tuberías del surtidor y del retorno que pasan cerca del resonador y chiller Filtrine del cual se puede sacar un arranque de agua fría para abastecer el resonador.



Fig. 2.2 a: Ubicación del surtidor y retorno de la planta generadora de frío.



Fig. 2.2 b: Equipo Filtrine, Resonador Magnético y arranque de la planta generadora de agua fría.

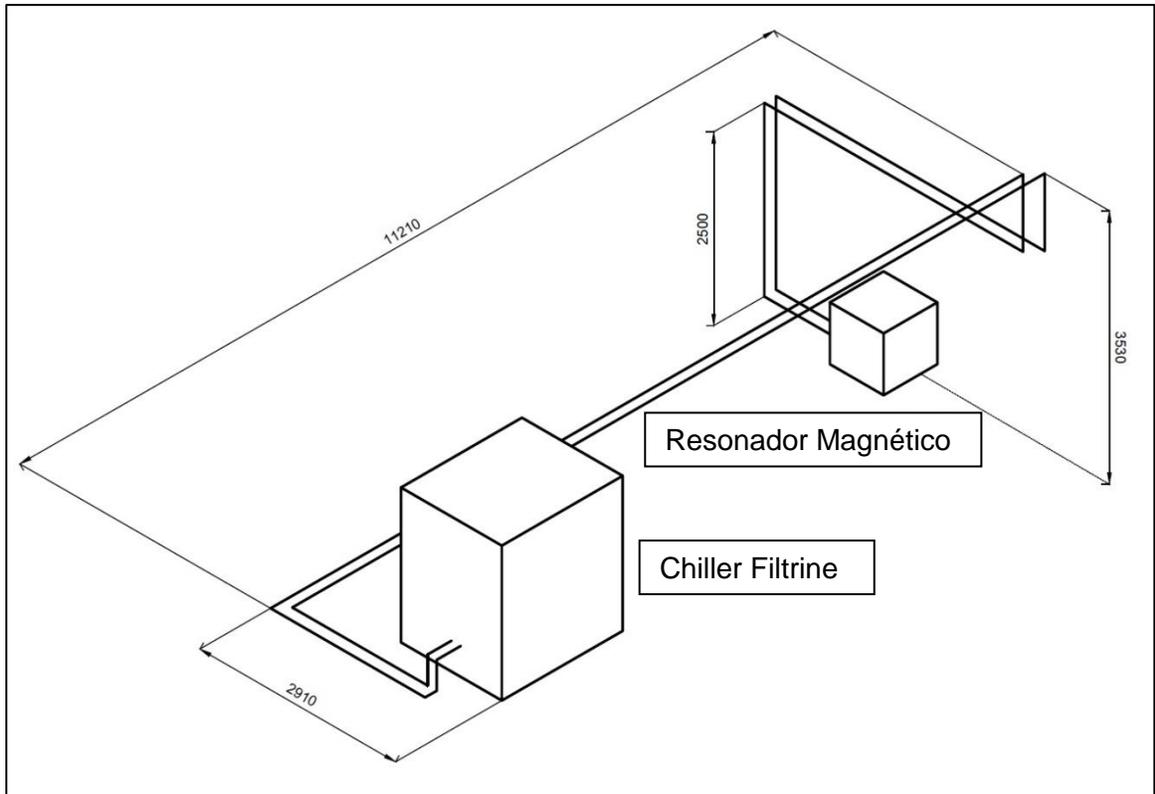


Fig. 2.2 c: Esquema Equipo Filtrine y Resonador Magnético

## 2.2 Chiller marca Filtrine.

Este equipo, Filtrine (*figura 2.3*), suministra agua fría al resonador Magnético N° 1, trabaja con un ciclo de refrigeración por compresión de vapor y debe estar operativo las 24 horas del día, independientemente si utiliza o no el resonador.



Fig. 2.3: Equipo Filtrine.

El equipo funciona en un circuito cerrado de tuberías entre él y el resonador, cuenta con un sistema de relleno automático de agua de red en caso que baje la presión del sistema debido alguna filtración del circuito, dispone de una válvula reguladora de presión (*figura 2.4*) que actúa rellenando con agua de red.



Fig. 2.4: Válvula Reguladora de Presión.

Uno de los requisitos para que el resonador opere es estar alimentado con agua fría en todo momento, es por ello que éste equipo tiene como respaldo a la red de agua potable, es decir, que en caso de corte del suministro eléctrico, el resonador automáticamente comienza a enfriarse con agua de red, para ello cuenta con dos válvulas solenoide normalmente abiertas (*figura 2.5*), una para el surtidor y otra para el retorno, que abren el circuito para que circule el agua de ciudad, que una vez utilizada, se vierte al alcantarillado.



Fig. 2.5: Válvula Solenoide, normalmente abierta.

El circuito posee dos filtros de  $5 \mu$  (*figura 2.6*) para retirar partículas extrañas del agua, uno operativo y otro como respaldo, para permitir una fácil y rápida reposición en el momento que se tenga que reponer y no tener necesidad de detener los equipos en cuestión.



Fig. 2.6: Filtro de Sedimento 5 micras.

A continuación se muestra, en la *figura 2.7*, el chiller Filtrine y sus accesorios y en la *figura 2.8*, se muestra el esquema general de este equipo y el resonador.

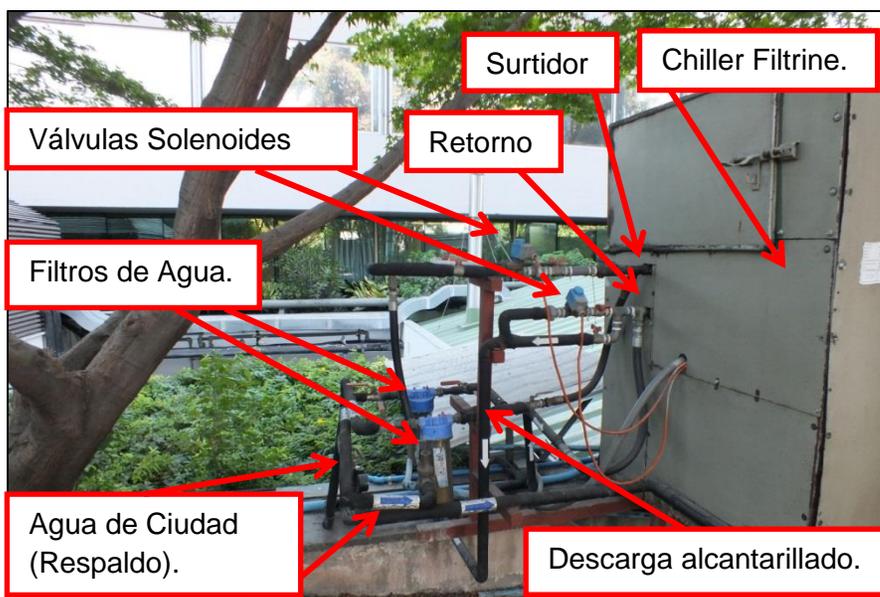


Fig. 2.7: Circuito con sus accesorios.

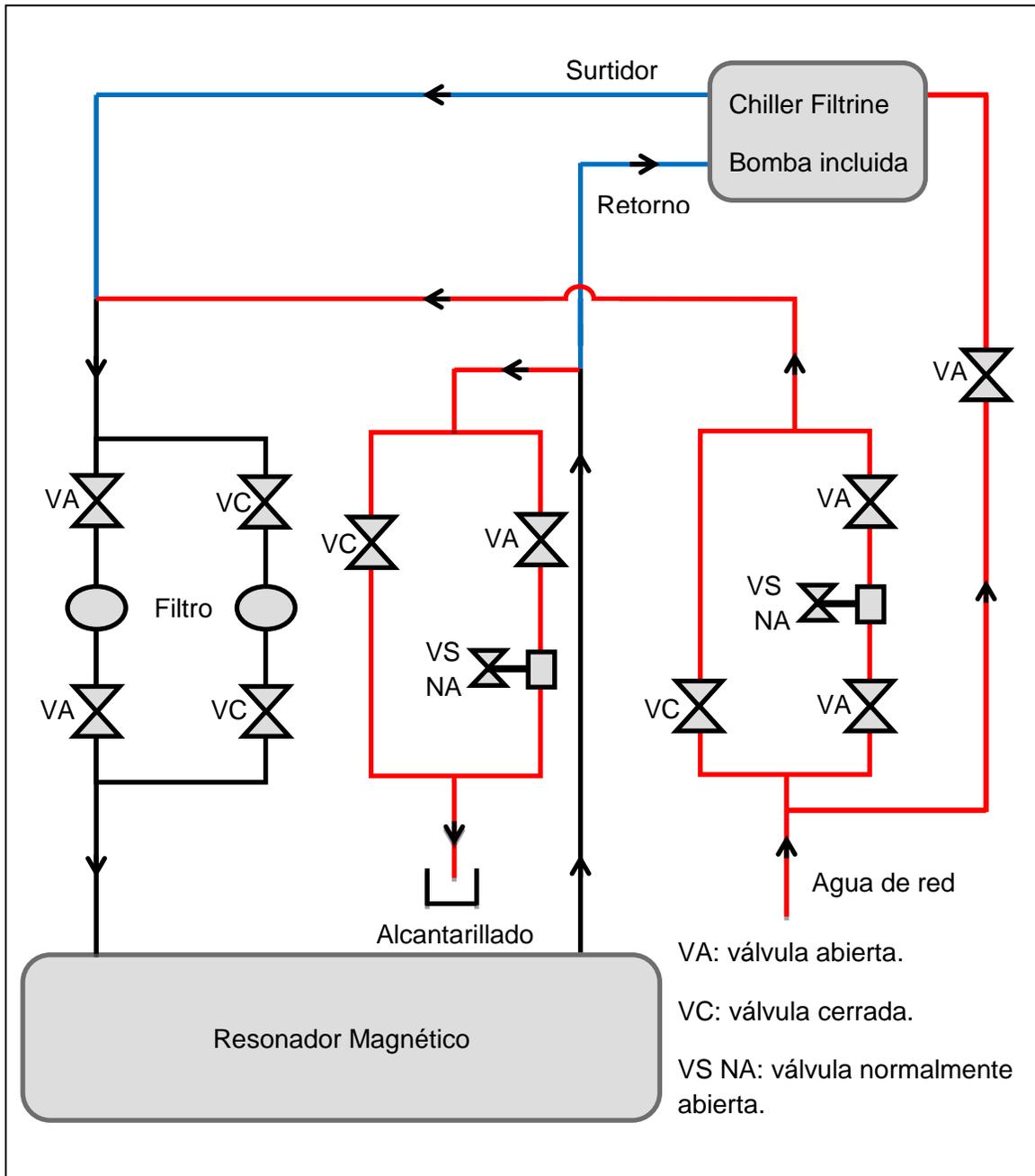


Fig. 2.8: Esquema general entre el equipo Filtrine y el resonador.

En la figura 2.8 se observan 2 circuitos, el de color celeste y negro corresponde al equipo Filtrine proporcionando agua fría al resonador, esta agua es impulsada por una bomba propia que posee el equipo Filtrine y el circuito rojo y negro muestra cuando el resonador está funcionando con agua de red.

## 2.3 Planta generadora de frío.

Clínica Alemana de Santiago cuenta con dos máquinas de refrigeración con una capacidad de 650 [TonR]. Estos dos chiller se encargan de producir el agua fría que requieren los numerosos equipos de climatización de la clínica. Ambos equipos funcionan mediante el ciclo de compresión, movidos por motores electricos y se caracterizan por su alta eficiencia. Además, cuentan con variador de frecuencia, lo que permite regular el nivel de carga de estos equipos.

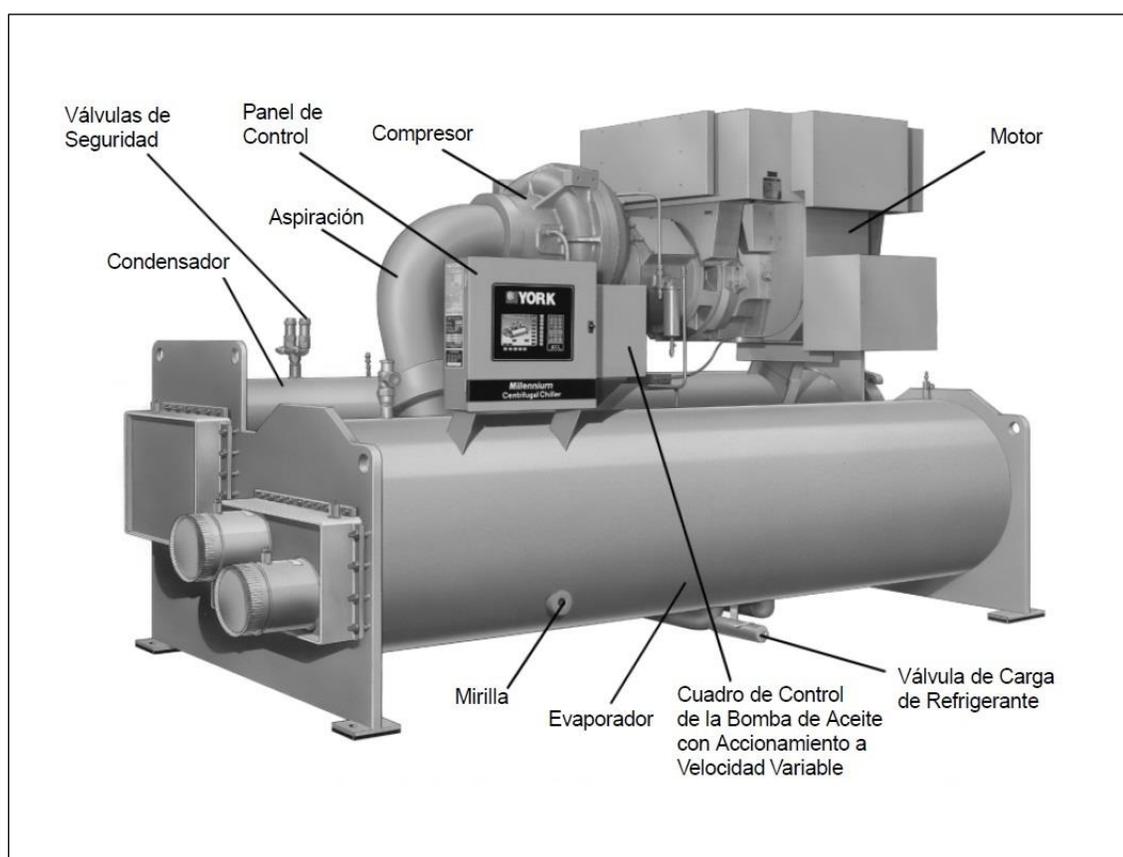


Fig.2.9: Chiller Centrífugo York.

En la *figura 2.9* se muestra un chiller York y sus partes, mientras que en la *figura 2.10* se muestra dos fotografías de ambos equipos.

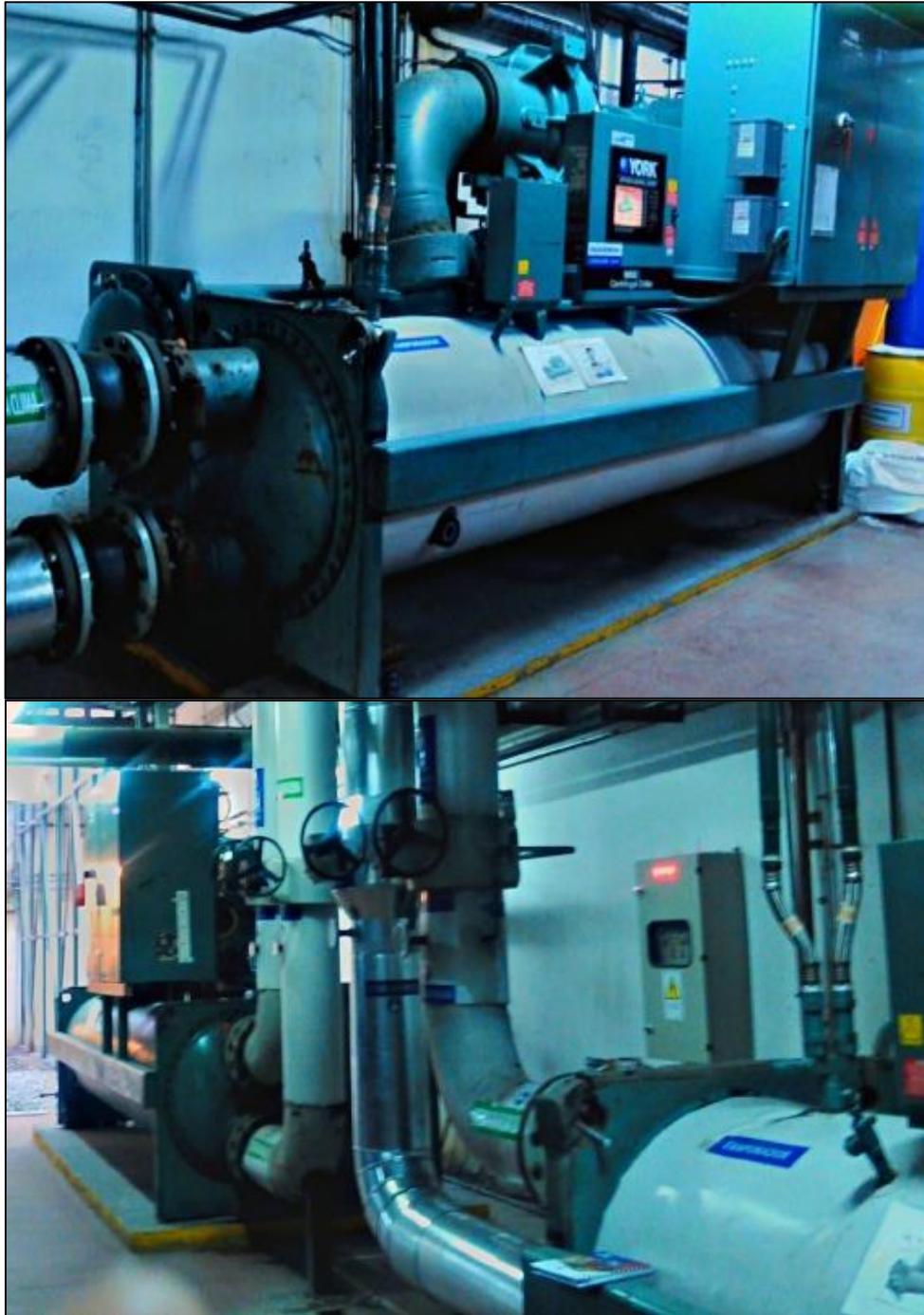


Fig.2.10: Chiller Centrifugo York.

La tabla 2.1 indica las características técnicas generales de cada uno de estos equipos.

	Chiller N°1	Chiller N°2
Marca	York	York
Modelo	YKCF CGP75CPF	YKDGDFQ75COFS
Capacidad de refrigeración	650 TonR.	650 TonR.
Refrigerante	R-134A	R-134A
Potencia eléctrica	451 KW	410KW
KW/TonR	0,694	0,631
COP	5,06	5,55
T° entrada al evaporador	12,2 °C	12,2 °C
T° salida del evaporador	6,6 °C	6,6 °C
T° entrada al condensador	29,4 °C	29,4 °C
T° salida del condensador	35 °C	35 °C

Tabla 2.1: Características técnicas generales de ambos equipos York.

Además, de estos dos equipos eléctricos, la clínica cuenta con el respaldo de una máquina de refrigeración por absorción de 400 [TonR], *ver figura 2.11*. Este chiller de absorción funciona a fuego directo, mediante la quema de gas natural. Gracias a que el combustible de este sistema es el gas natural, el chiller puede ser utilizado, en caso de cortes en el suministro eléctrico. De esta manera no sobrecargan los generadores eléctricos de respaldo, que tiene la clínica, ya que el chiller de absorción del establecimiento funcionará independientemente de la generación de electricidad.



Fig. 2.11: Chiller de Absorción.

La tabla 2.2 indica las características técnicas del chiller de absorción.

Chiller de Absorción	
Marca	LG
Modelo	LDF-G040SD
Capacidad de enfriamiento	400 TonR.
Consumo de gas natural	100 m <sup>3</sup> /h
COP	1
T° entrada de agua	12°C
T° salida de agua	7°C
T° entrada del agua de torre de enfriamiento	32°C
T° salida del agua de torre de enfriamiento	37,5°C

Tabla 2.2: Características técnicas Chiller de Absorción.

En el esquema general de la generación de agua fría, *ver figura 2.12*, se aprecian dos circuitos, que comienzan en el manifold surtidor. En el circuito primario, el agua es conducida hacia el manifold de retorno y desde ahí por medio de tres bombas la impulsan al chiller N°1, chiller N°2 y el chiller de absorción, posteriormente es retorna al manifold surtidor. El agua del circuito secundario se impulsa mediante tres bombas, en dirección de las numerosas manejadoras de aire que tiene la clínica, de donde retorna al manifold de “retorno”, posteriormente el agua es impulsada por tres bombas adicionales en dirección del chiller N°1, chiller N°2 y el chiller de absorción, para luego retornar al manifold surtidor.

El circuito primario y secundario funciona dependiendo de la demanda de agua fría que se tenga. Si la demanda es baja funciona el circuito primario, mientras que el circuito secundario funciona cuando la demanda es alta.

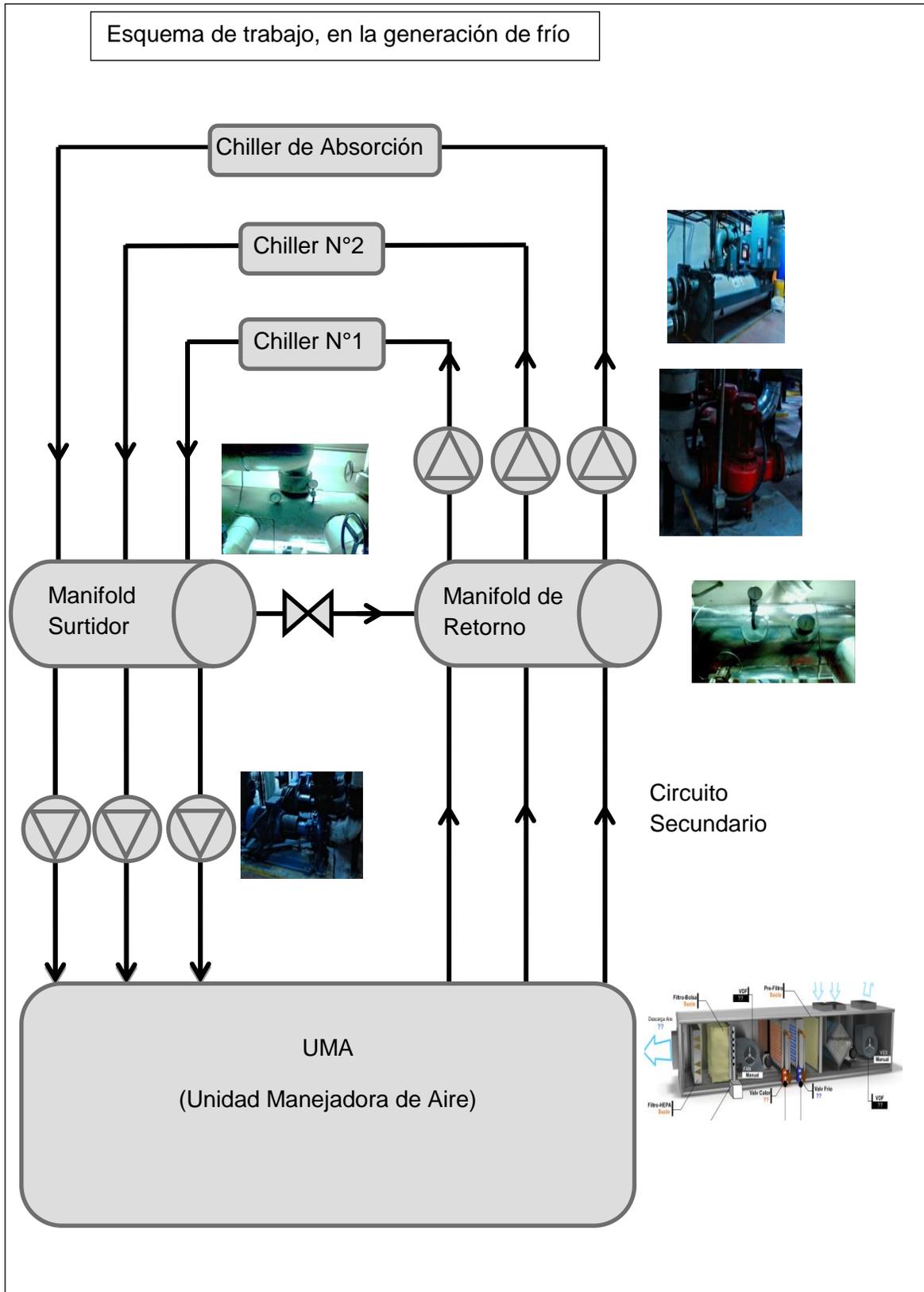


Fig.2.12: Esquema de planta generadora de frío.



Fig. 2.13: Bombas de impulsión, son 3 bombas que suministran agua helada para los equipos de climatización (circuito secundario).

En la figura 2.13 se muestran las bombas del circuito secundario, las que poseen variadores de frecuencia y se encargan que levanten presión al sistema de agua fría para los equipos de climatización desde el nivel 4 del subterráneo hasta el nivel 16.

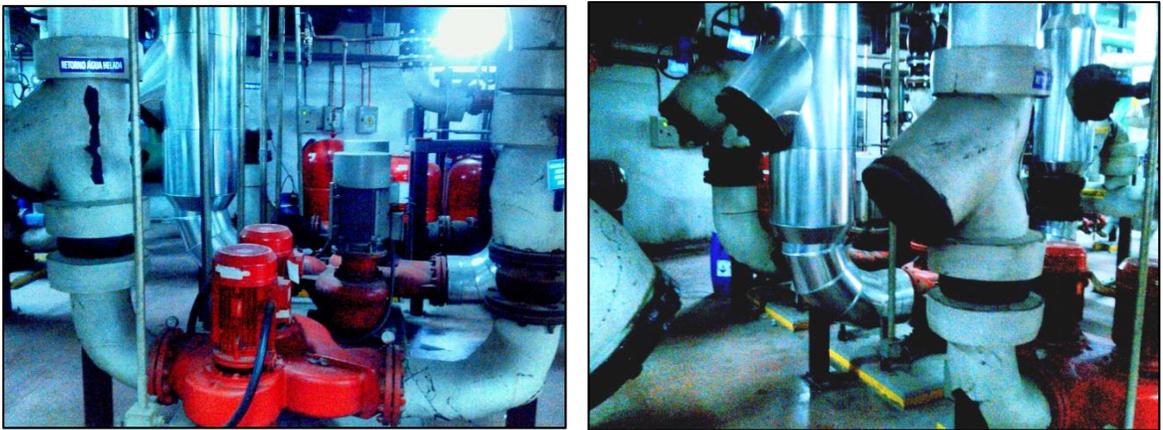


Fig. 2.14: Bombas de recirculación, son 3 bombas que se encargan de mantener el agua circulando por los evaporadores de cada equipo (circuito primario).

En la figura 2.14 se muestran las bombas que mantienen circulado el agua en el circuito primario para cada equipo, los 2 chiller York y el chiller de absorción (respaldo).



Fig. 2.15: Manifold de acumulación para el retorno.

El retorno del agua fría desde los equipos de climatización llega a un estanque acumulador que se muestra en la *figura 2.15* y luego desde éste es bombeada hasta el evaporador del chiller que se encuentre en servicio, para luego alcanzar el estanque de acumulación para el agua fría que se logra apreciar en la *figura 2.16*, estos estanques se encuentran comunicados entre sí para dar desarrollo al circuito primario, de recirculación.

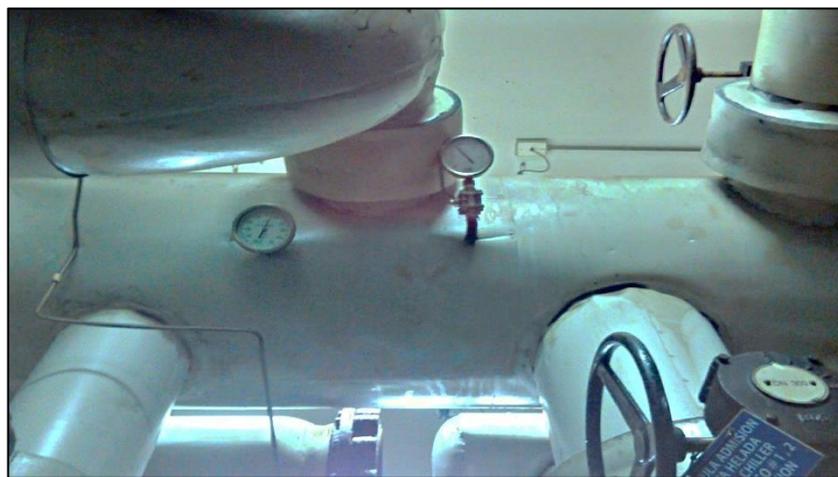


Fig. 2.16: Manifold del surtidor (de agua fría).

### 3 CONDICIONES ACTUALES DE FUNCIONAMIENTO DE AMBOS EQUIPOS.

Para determinar las condiciones de funcionamiento actual se realizan mediciones al equipo, durante 15 días, a intervalos de una hora.

Los parámetros medidos son:

- Temperatura ambiente.
- Temperatura en el surtidor.
- Temperatura en el retorno.
- Presión en el surtidor.
- Presión en el Retorno.
- Caudales.
- Potencia activa.

#### 3.1 Condiciones de funcionamiento del chiller Filtrine.

Para realizar un levantamiento de funcionamiento de este equipo se debe tener los instrumentos con los cuales medir las variables ya mencionadas. Este equipo sólo cuenta con la lectura de caudal (*figura 3.1*), él que se mide en un panel del resonador. Para medir la presión se instalaron manómetros en el surtidor y en el retorno (*figura 3.2*), para medir las temperaturas del agua se instalaron termómetros de contacto aislados en el surtidor y en el retorno como se aprecia en la *figura 3.3*. Para medir temperatura ambiente se utiliza un registrador de datos (data logger), ver *figura 3.4*, son instrumentos pequeños, que almacenan la información de temperatura y humedad por un periodo de 3 días y luego se descarga en una computadora con el programa apropiado. Para medir la potencia activa se utilizó un equipo de alta tecnología marca Hioki (*figura 3.5*).



Fig. 3.1: Panel del resonador magnético, en el que se lee el caudal que suministra el chiller Filtrine.



Fig. 3.2: Manómetros que se instalaron en el chiller Filtrine.



Fig. 3.3: Termómetros de contacto.



Fig. 3.4: Data logger, programado para registrar la temperatura.

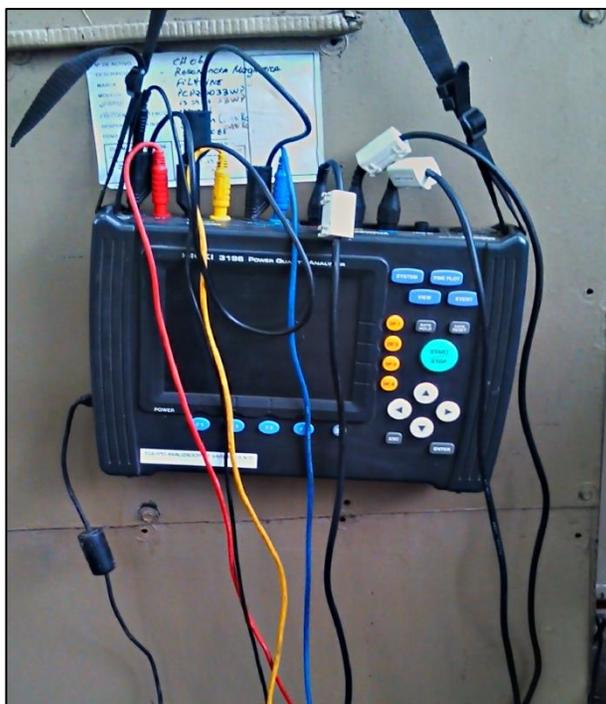


Fig. 3.5: Registrador de datos utilizado para medir la potencia activa del equipo Filtrine.

Las medidas esquemáticamente se tomaron en los siguientes lugares:

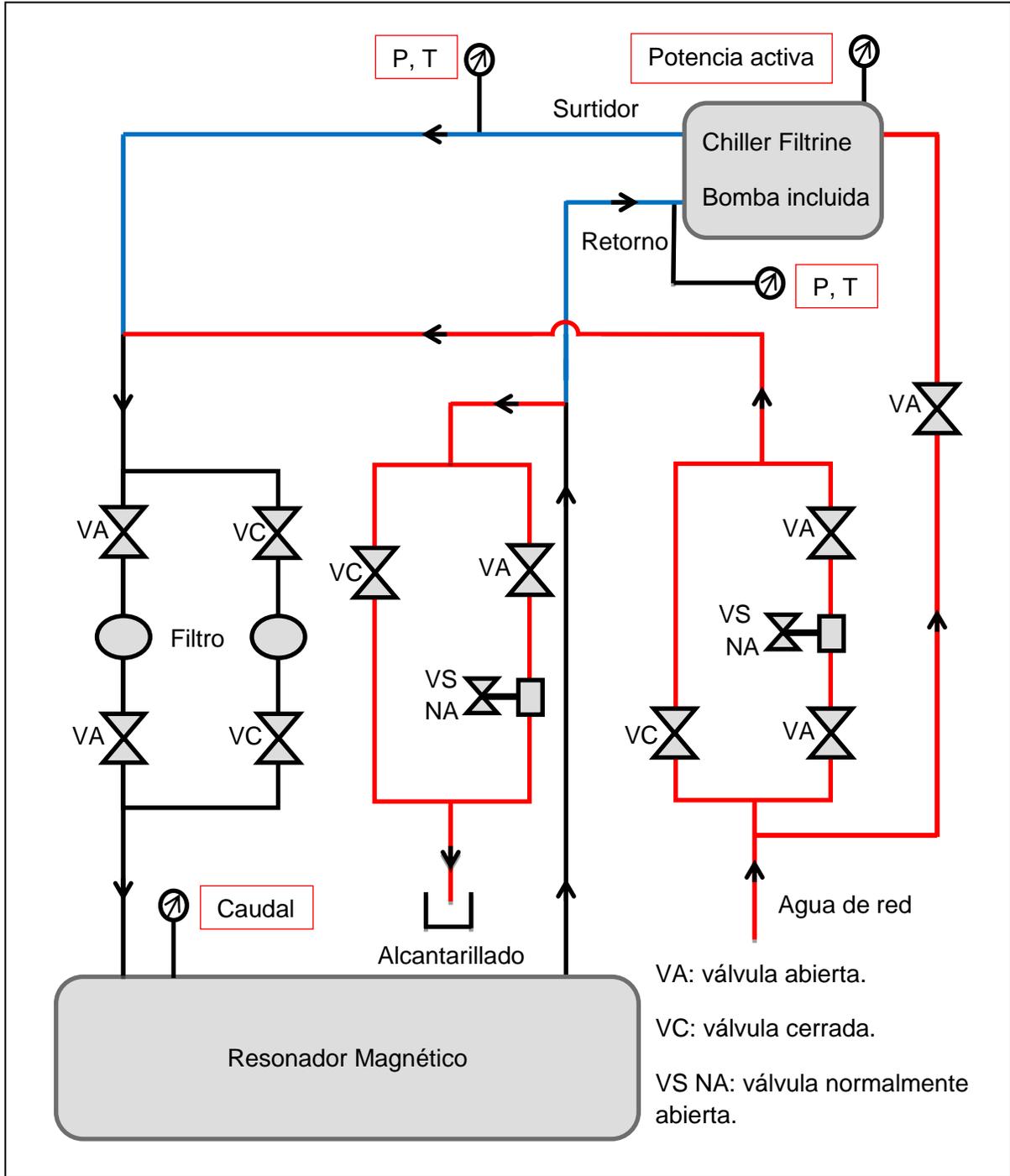


Fig. 2.8: Esquema general entre el equipo Filtrine y el resonador.

De las lecturas que se obtiene del chiller Filtrine, se desprende el *gráfico 3.1* en el que se leen las temperaturas y las presiones a la izquierda del gráfico, mientras que el caudal y la potencia activa se leen a la derecha. Como este gráfico no representa un periodo continuo, sino que los hace desde las 08:00 hasta las 17:00 hrs. en un periodo de 15 días, el eje de las abscisas se debe interpretar como lo señala la *tabla 3.1*

<b>Abscisa</b>	<b>Día</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Día</b>
1 a 10	Primero	81 a 90	Noveno
11 a 20	Segundo	91 a 100	Décimo
21 a 30	Tercero	101 a 110	Décimo Primero
31 a 40	Cuarto	111 a 120	Décimo Segundo
41 a 50	Quinto	121 a 130	Décimo Tercero
51 a 60	Sexto	131 a 140	Décimo Cuarto
61 a 70	Séptimo	141 a 150	Décimo Quinto
71 a 80	Octavo		

Tabla 3.1: Interpretación de Abscisas para Gráfico 3.1.

La lectura de la potencia activa (potencia eléctrica total) se tomó desde mitad del día décimo segundo hasta la mitad del día décimo tercero, es por ello que los demás días muestran valor cero, debido a que no se contaba con el equipo. Las unidades de presión son bar.

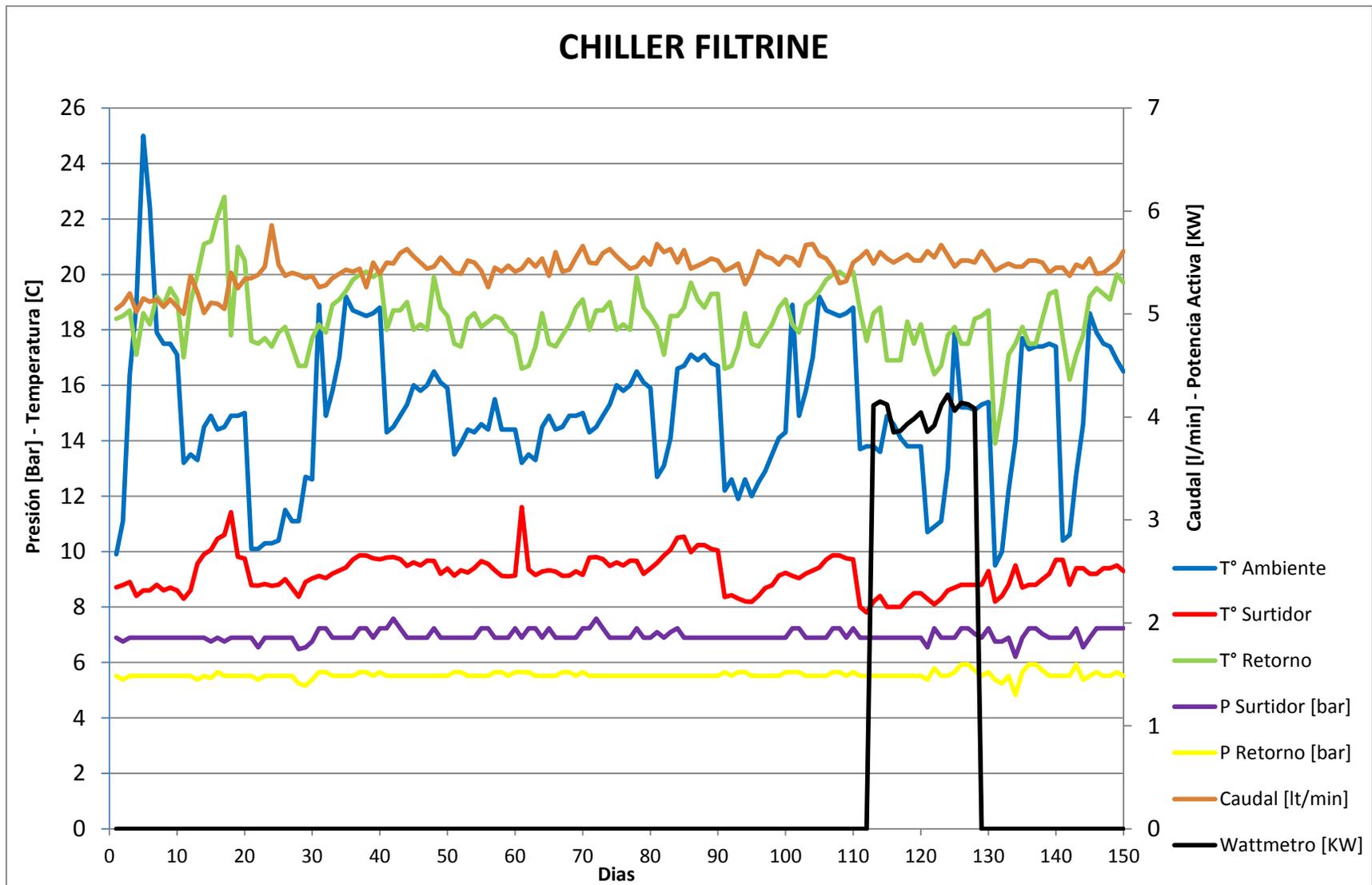


Gráfico 3.1: Parámetros registrados en circuito chiller Filtrine - resonador.

En el gráfico 3.1, se observan 7 curvas, 2 de presión, 3 de temperatura, 1 de caudal y otra de potencia activa. Las presiones de retorno y surtidor se comportan con una tendencia estacionaria, en comparación con el resto de las variables, manteniendo una diferencia que fluctúa alrededor de los 1,38 [bar] (20 [psi]), la presión del surtidor bordea los 6,89 [bar] (100 [psi]), mientras que el retorno los hace en 5,52 [bar] (80 [psi]), las fluctuaciones se producen porque el circuito está abierto a la red de agua potable, que se encuentra en constante variación.

El caudal es el que más invariante ya que depende directamente de la bomba, este registra en promedio 5,44 [l/min] (0,33 [m<sup>3</sup>/h]).

La temperatura de ambiente es la que más cambios sufre, el alza de 25 [°C] que se registra el primer día, se produce debido a que el registrador de datos (data logger) estuvo expuesto al sol, mientras que el resto de los días se registró la temperatura a la sombra, las variaciones que se observan son propias del ambiente en que se encuentra el chiller Filtrine, obteniendo temperaturas del orden de 15,01 [°C]. La temperatura del surtidor es la más estable, dentro de las tres temperaturas, esto se debe a que la lectura se toma después del evaporador, esta fluctúa de una mín. de 7,8 [°C] a una máx. de 10,8 [°C], mientras que la temperatura de retorno se encuentra con más variaciones, esto se origina por la deficiente aislación del circuito entre el resonador y el chiller Filtrine y por la incorporación de calor por parte del resonador, que no es constante, teniendo como mín. 13,9[°C] y una máx. de 22,8[°C].

Los valles y las cúspides que muestra la potencia activa se debe principalmente al intermitente funcionamiento de los dos ventiladores de este chiller, esta varía de 3,85 [KW] a 4,22 [KW]. La bomba opera permanentemente día y noche, mientras que el compresor trabaja de corrido durante el día y en la noche lo realiza de manera intermitente.

La potencia térmica disipada por el resonador es de 3,472 [kW], aproximadamente 1 TonR.

A continuación se muestra la plantilla utilizada para medir los parámetros de chiller Filtrine, *ver plantilla 3.2*.

<b>Tabla de mediciones</b>							
<b>Chiller Filtrine</b>							
Hora	Parámetros Generales			Retorno		Surtidor	
	T° Ambiente	Caudal LPM	Wattmetro [KW]	T° Retorno	P Retorno [psi]	T° Surtidor	P Surtidor [psi]
8:00							
9:00							
10:00							
11:00							
12:00							
13:00							
14:00							
15:00							
16:00							
17:00							

Plantilla 3.2: Plantilla utilizada para recopilar información en el chiller Filtrine.

### 3.2 Condiciones de funcionamiento de la planta generadora de agua helada.

En las instalaciones de la planta generadora de agua helada, para medir las variables se considera sólo el chiller York N°1, esto se debe a que las lecturas se efectuaron en invierno, cuando existe una menor demanda de agua fría por parte de los equipos de climatización, mientras que en la estación de verano trabajan en conjunto el chiller York N°1 y N°2 a causa de la mayor carga térmica. Similar situación ocurre con las tres bombas que impulsan agua fría al sistema, en invierno trabaja una bomba y una segunda bomba lo realiza de forma intermitente, mientras que en el verano trabajan dos bombas y la tercera funciona de manera intermitente, es por ellos que las lecturas se toman como indica esquemáticamente la *figura 3.7*.

La potencia activa, la temperatura de entrada y de salida del agua, se leen por pantalla (*ver figura 3.8*). Para medir las presiones en el surtidor y retorno del chiller York se utiliza un manómetro para ambas lecturas, dispuesto como se aprecia en la

*figura 3.9*, para medir las presiones en el manifold surtidor, manifold de retorno y la presión de descarga se utilizan manómetros existentes en las instalaciones, ver figuras 3.10, 3.11, 3.12 respectivamente.

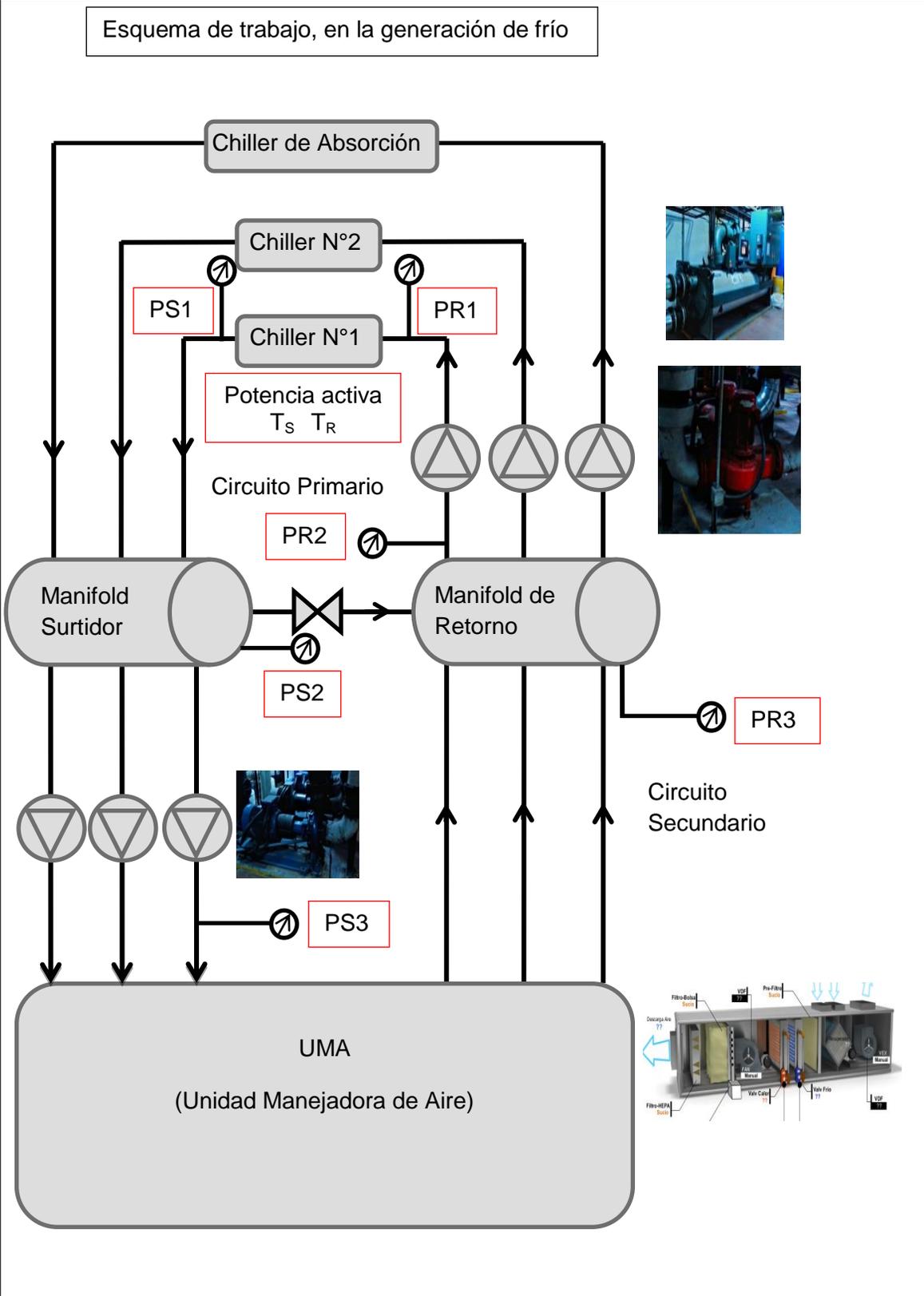


Fig.3.7: Esquema actual de planta generadora de frío.



Fig.3.8: Potencia activa, temperatura del surtidor y retorno se muestra por pantalla.

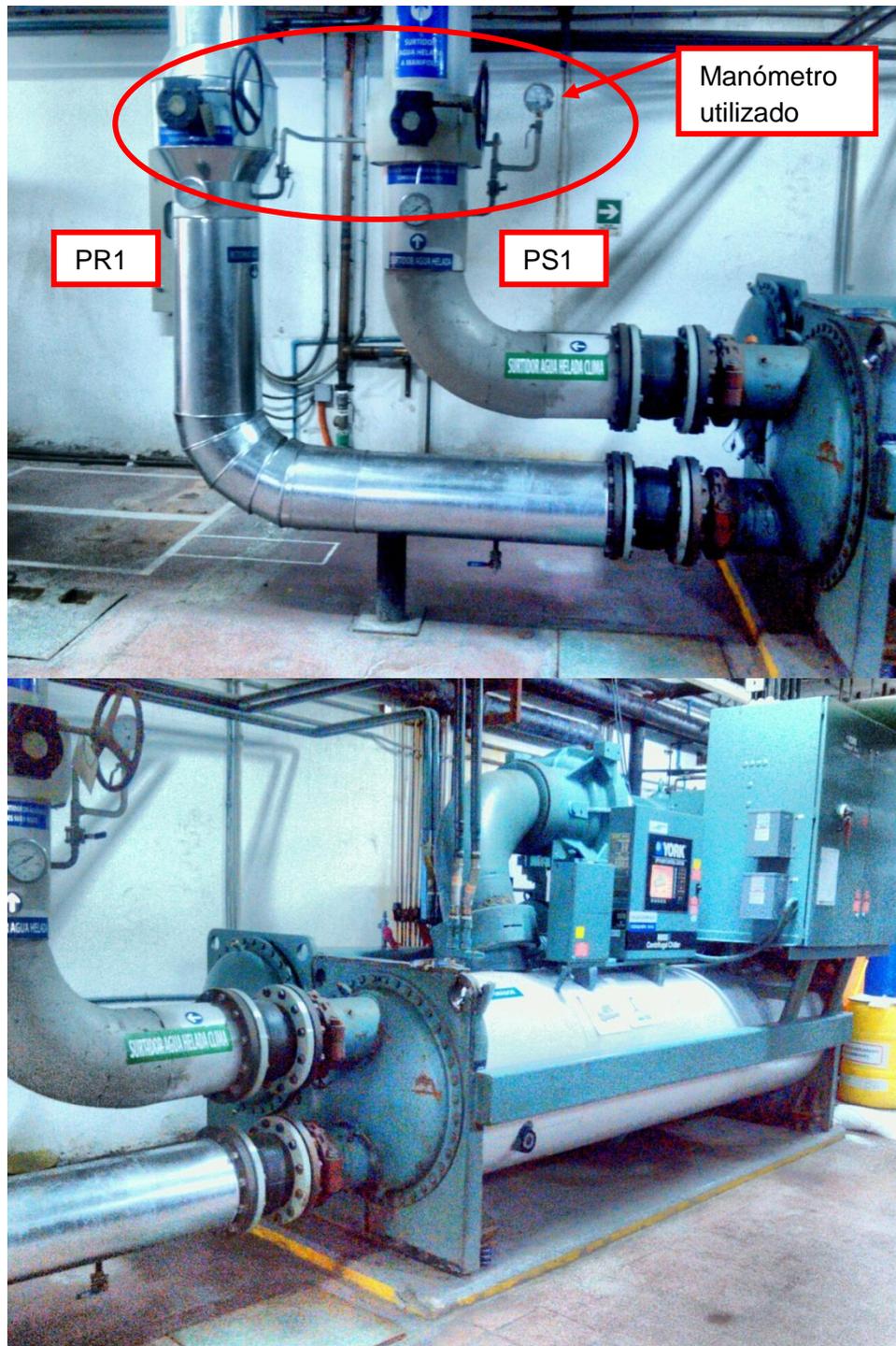


Fig.3.9: Manómetro utilizado para medir la presión del surtidor y retorno del chiller York, usando la disposición que se aprecia.

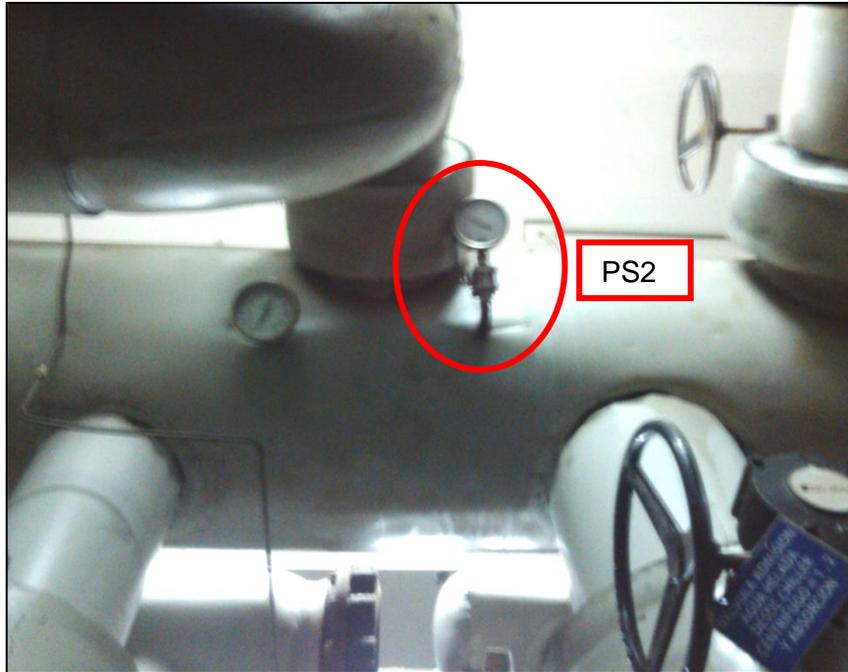


Fig.3.10: Manómetro del manifold surtidor.

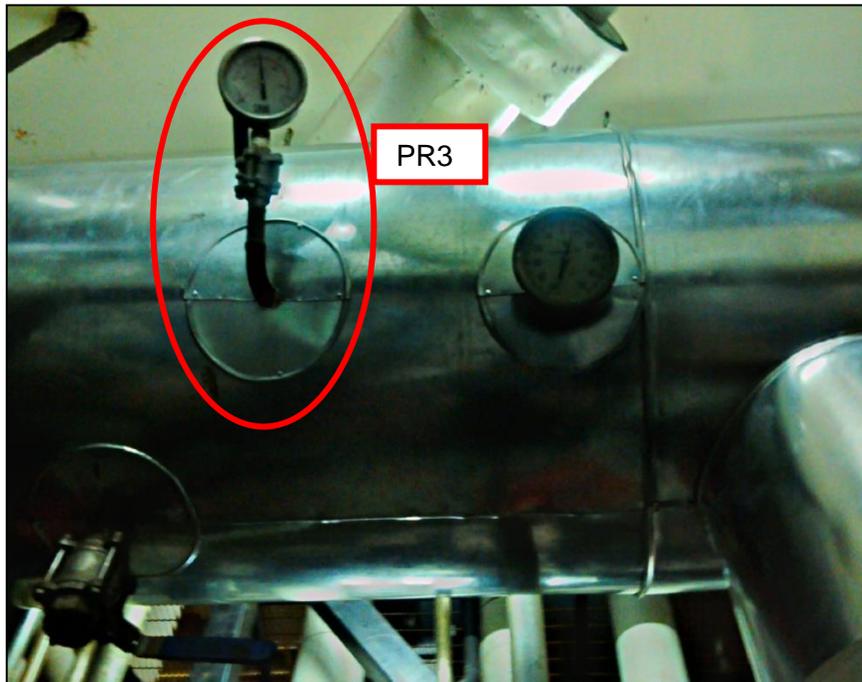


Fig.3.11: Manómetro del manifold de retorno.

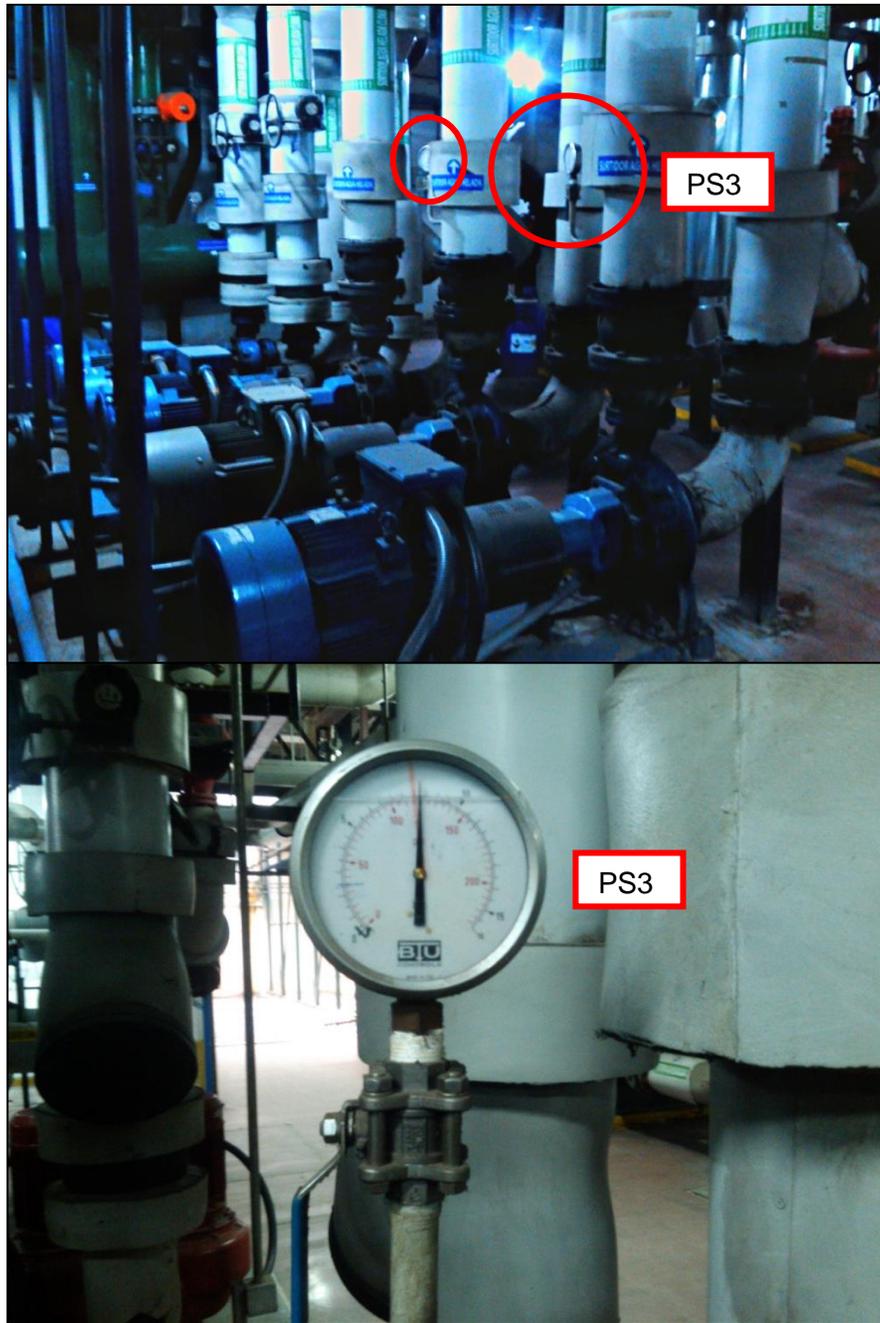


Fig.3.12: Manómetro ubicado después de la bomba que hace circular el agua por los equipos de climatización.

De las lecturas obtenidas en el chiller York, se desprende el *gráfico 3.2* en el que se leen las temperaturas y las presiones a la izquierda del gráfico, mientras que la potencia activa se leen a la derecha. Como este gráfico no representa un periodo continuo, sino que los hace desde las 08:00 hasta las 17:00 hrs. en un periodo de 15 días, el eje de las abscisas se debe interpretar como lo señala la *tabla 3.3*.

<b>Abscisa</b>	<b>Día</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Día</b>
1 a 10	Primero	81 a 90	Noveno
11 a 20	Segundo	91 a 100	Decimo
21 a 30	Tercero	101 a 110	Décimo Primero
31 a 40	Cuarto	111 a 120	Décimo Segundo
41 a 50	Quinto	121 a 130	Décimo Tercero
51 a 60	Sexto	131 a 140	Décimo Cuarto
61 a 70	Séptimo	141 a 150	Décimo Quinto
71 a 80	Octavo		

Tabla 3.3: Interpretación de Abscisas para Gráfico 3.2 y 3.3.

A continuación se muestran ambos gráficos.

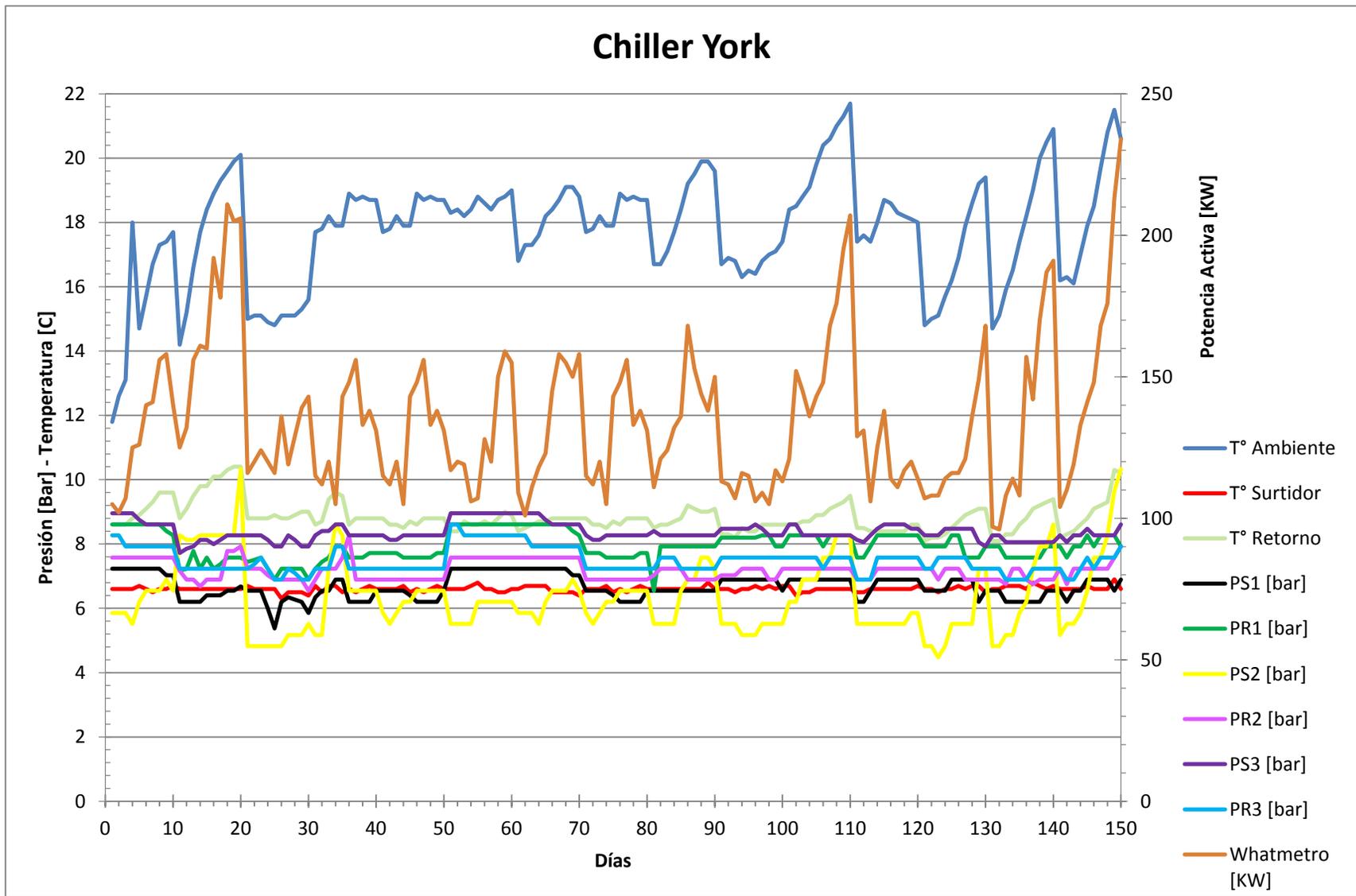


Gráfico 3.2: Parámetros registrados en la planta gen de agua fría.

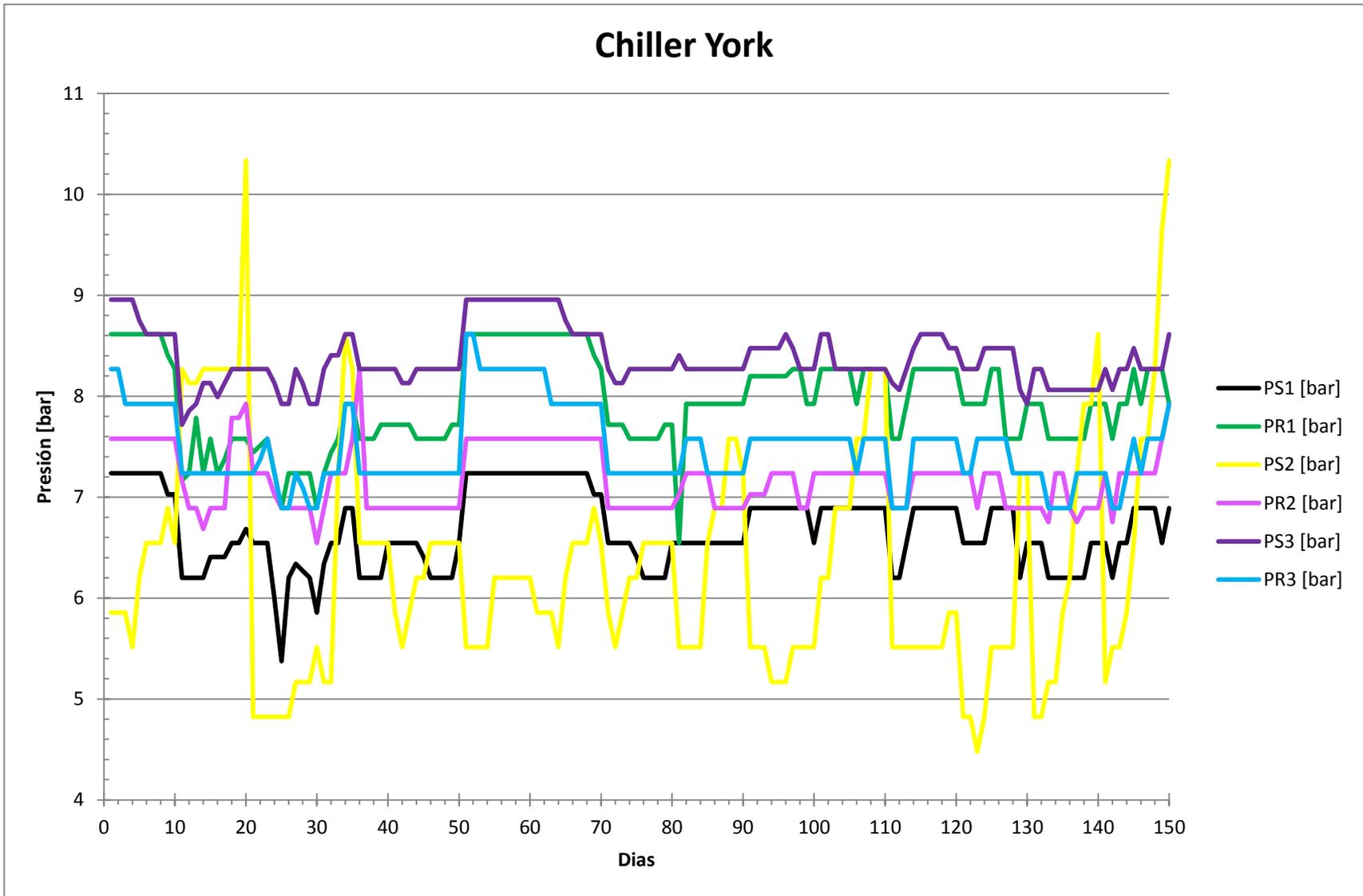


Gráfico 3.3: Presiones registradas en la planta generadora de agua fría.

El Grafico 3.2 muestra todas las variables registradas en la planta generadora de agua fría, mientras que en el gráfico 3.3 sólo las presiones.

La temperatura ambiente, refleja las variaciones que se dan en la sala de la planta térmica, la que alcanza un mínimo 11,8 [°C] y una máximo 21,7 [°C]. La temperatura del agua en el surtidor, es la que presenta menos variaciones, tiene una media 6,6 [°C] y tiene un diferencial de 0,6 [°C], esta estabilidad se origina por el previo paso del agua por el evaporador. La temperatura de retorno, posee un diferencial de 2,3 [°C] y sus valores son más cercanos a la temperatura del surtidor, promedia 8,84 [°C], el aumento de temperatura se debe principalmente a la carga térmica adquirida en las numerosas unidades manejadoras de aire (UMA) existentes y en menor parte a al adquirida por el ambiente.

La presión del surtidor (PS3) varía de 7,2 a 8,6 [bar], en condiciones de funcionamiento normal, esta diferencia se produce porque la demanda de agua fría no es constante. La presión PS2, tomada en el manifold surtidor, en condiciones normales de funcionamiento fluctúa entre 5,5 y 6,5 [bar], estas variaciones se producen debido que desde el manifold se está incorporando y extrayendo agua en forma simultánea, los dos aumentos de presiones que se registran en PS2 se deben al cambio de chiller operativo, primero se debe poner en marcha el chiller que se encuentra detenido, alcanzando la situación en que ambos chiller se encuentran funcionando para luego detener el chiller deseado, dada estas condiciones (en el momento que ambos chiller se encuentran funcionando), la cantidad de agua que llega al manifold surtidor es muy superior a la que se impulsa hacia las UMA, provocando que las presión en el manifold surtidor sea superior que en la descarga de la bomba. La presión en el manifold de retorno (PR3) fluctúa de 6,89 a 8,62 [bar], esta tiene una sincronía con la presión del surtidor (PS3). La presión PR2 fluctúa entre 6,5 y 7,9 [bar] presión que se mide antes de la bomba en el circuito primario. La presión PR1, se mide a la entrada del chiller y promedia 7,95 [bar] y la presión PS1, se mide a la salida del chiller, promedia 6,67 [bar], la diferencia de ambas presiones (PR1 y PR2) da como resultado la caída de presión que tiene el chiller, la que promedia 1,28 [bar].

La potencia activa tiene un diferencial de 138 [kW] variando de 96 a 234 [kW] es el parámetro que más variaciones tiene, se aprecia al inicio y final del gráfico una sincronía con la temperatura de retorno.

Para determinar el caudal que impulsa la bomba, en dirección de las manejadoras de aire, se calcula la diferencia de presión entre los punto 1 y 2, de la *figura 3.13* y con ése valor se ingresa a la curva característica de la bomba, junto con el diámetro del rodete de la bomba.

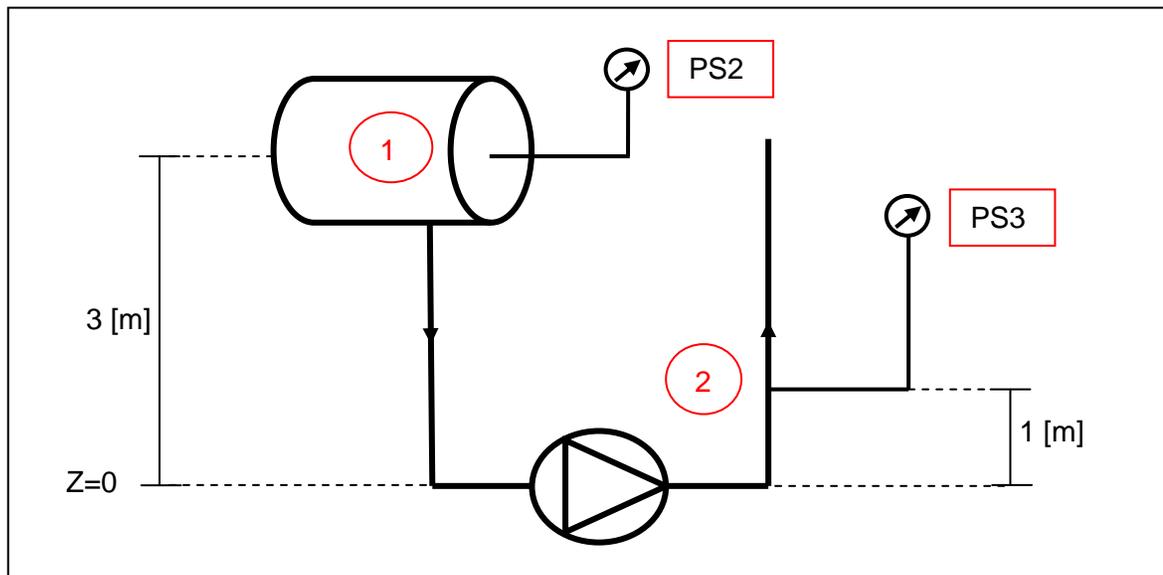


Fig.3.13: Esquema para el cálculo de caudal.

Aplicando el primer principio de la termodinámica al esquema siguiente, se tiene:

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + H = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + h_{perd\ 1-2}$$

Como el diámetro de entrada y de salida son los mismos se cancelan las velocidades, las pérdidas se desprecian por ser un trayecto corto, con lo cual la ecuación se reduce a:

$$H = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} - z_1 - \frac{P_1}{\rho g}$$

Determinada la presión (H) se introduce en la curva característica de la bomba (ver anexo 1) y se encuentra el caudal. El caudal según las presiones normales de funcionamiento para PS3 y PS2, fluctúa entre 255 y 265 [m<sup>3</sup>/h].

La potencia térmica disipada por las unidades manejadoras de aire es de 679,2[kW] 193,1 [TonR.]

A continuación se muestra la plantilla 3.4, utilizada para medir los parámetros del chiller York.

Tabla de mediciones											
Chiller York											
Hora	Parámetros Generales			Retorno				Surtidor			
	T° Ambiente	Caudal	Whatmetro	T° Retorno	P Retorno 3	P Retorno 2	P Retorno	T° Surtidor	P Surtidor	P Surtidor 3	P Surtidor 2
8:00											
9:00											
10:00											
11:00											
12:00											
13:00											
14:00											
15:00											
16:00											
17:00											
18:00											

Plantilla 3.4: Planilla utilizada para recopilar información en el chiller York.

En resumen:

	TonR.
Capacidad de la planta generadora de agua fría	1300
Consumo UMA	193
Saldo disponible	1107
Consumo resonador	1
Saldo final	1106

Queda demostrado que la planta generadora de agua fría tiene la capacidad de abastecer la necesidad térmica del resonador magnético.

## 4 DISEÑO Y SELECCIÓN.

### 4.1 Requerimientos del Resonador Magnético.

Los requerimientos para el funcionamiento del resonador magnético, es un suministro continuo de agua fría. Debido que el resonador debe estar operativo las 24 horas del día, dispuesto a ser ocupado en el momento requerido, el agua suministrada debe tener ciertas características, para que no dañe el intercambiador de calor que posee el resonador, la temperatura del agua debe estar entre 4 y 28 [°C], la presión del agua debe estar entre 0,2 y 0,69 [MPa] y el flujo debe estar entre 4 y 10 [l/min], estas características se aprecian en la figura 4.1 en la que se observa un gráfico cuya abscisa es temperatura y la ordenada es caudal, en éste gráfico hay una región la cual indica los parámetros de funcionamiento de temperatura y caudal que acepta el resonador .

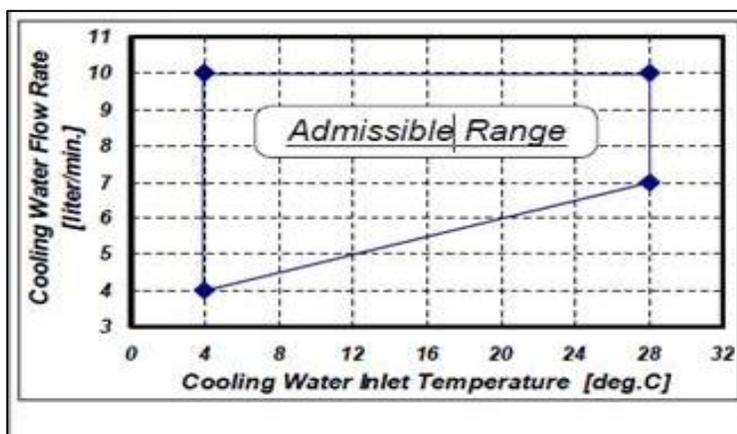


Fig. 4.1: Requerimientos de temperatura y caudal para el suministro de agua fría.

Otro punto importante, que se debe tener en cuenta para el suministro de agua, son las especificaciones y calidad del agua, las que se aprecian en la *tabla 4.1*.

<b>Especificaciones del agua del agua de enfriamiento</b>		
<b>Características</b>	Rango Temperatura de Entrada [°C] (°F)	[4,0 ~ 28,0] (39,2 ~ 82,4)
	Rango de Presiones de Entrada [MPa] (psig)	[0,20 ~ 0,69] (29 ~ 100)
	Caudal [l/min.] (galón/min.)	[4,0 ~ 10,0] (1,1 ~ 2,6)
	Caída de Presión [MPa] (psig)	[0,05 ~ 0,32] (7,0 ~ 46,0)
	Aumento de Temperatura [°C] (°F)	Estado Estable [8,7 ~ 21,9] (15,7 ~ 39,4) para 50Hz Máximo [9,6 ~ 23,9] (17,3 ~ 43,1) para 50Hz
	Salida de Calor	Estado Estable [<6,5] (<22180) para 50Hz Máximo [<7,2] (<24570) para 50Hz
<b>Calidad</b>	Valor pH	6,5 a 8,2 en 25°C (77°F)
	Conductividad Eléctrica	< 800 uS/cm en 25°C
	Alcalinidad	< 100 PPM
	Dureza Total	< 200 PPM
	Cloruro	< 200PPM
	Sulfuro	< 200 PPM
	Hierro	< 1,0 PPM
	Azufre	Ninguno, no detectable
	Amonio	< 1,0 PPM
	Sílice	< 50 PPM
	Dióxido de Carbono agresivo	Ninguno, no detectable
	Materia Suspendida	< 10 mg/l
Tamaño de Partícula	< 100 um	

Tabla 4.1: Especificaciones para agua fría.

Para ver si el agua que suministra la planta generadora de agua fría cumple la calidad establecida por el resonador, se analiza una muestra de esta, los resultados se aprecian en el *anexo 2*, a continuación en la *tabla 4.2*, se muestra la comparación de los valores obtenidos con los permitidos.

	Calidad requerida	Control muestra	
pH	6,5 – 8,2	8,9	No cumple
Alcalinidad	<100 ppm	420 ppm	No cumple
Dureza total	<200 ppm	170 ppm	Si cumple
Conductividad	<800 uS/cm	1120 uS/m	No cumple

Tabla 4.2: Comparación de las características del agua permitidas por el resonador.

#### Definición de los parámetros comparados:

El pH, abreviatura de Potencial Hidrógeno, es un parámetro muy usado en química para medir el grado de acidez o alcalinidad de las sustancias. La escala del pH va desde 0 hasta 14. Los valores menores que 7 indican el rango de acidez y los mayores que 7 el de alcalinidad o basicidad. El valor 7 se considera neutro.

La alcalinidad significa la capacidad tapón del agua; la capacidad del agua de neutralizar. Evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido. La alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7.

Se define la dureza total del agua como la cantidad de sales presentes en el agua y que normalmente se asocia a la formación de incrustaciones calcáreas. Si bien el concepto de dureza incluye diversos elementos, en la práctica, la dureza de un agua se corresponde únicamente con la cantidad de calcio y magnesio existentes.

La conductividad del agua es un valor muy utilizado para determinar el contenido de sales disueltas en ella. Es el inverso de la resistencia que opone el agua al paso de la corriente eléctrica. Se mide en microsiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

Debido que la calidad del agua no es la adecuada para el resonador magnético, se debe corregir el tratamiento químico que se le realiza a la planta generadora de agua fría, para ello se hace contacto con los proveedores de la Clínica y se le presenta la situación, para corregir los parámetros mencionados. Dado el contrato que poseen con la empresa, esta corrección no tiene costo para la clínica.

## 4.2 Características de la instalación.

La tubería existente en el circuito entre en el chiller Filtrine y el resonador magnético es de cobre tipo L, de un diámetro de  $\frac{3}{4}$  pulgada. Dado esto el circuito que se diseña, se realiza en la misma dimensión de esta tubería.

En el diseño se considera un estanque para mantener una reserva de agua para abastecer ante una demanda alta y sorpresiva por parte de las unidades manejadoras de aire, que puedan reducir el caudal disponible, también para absorber subida de presión inesperadas en el sistema.

Para determinar la capacidad del estanque se considera que este debe ser capaz de abastecer al resonador durante 60 minutos independiente de la planta generadora de agua fría y de agua de red, suficiente para detener el resonador magnético.

$$\text{Caudal permisible} = 8 \text{ [l/min]}$$

$$t = 60 \text{ [min]}$$

$$\text{Capacidad Estanque} = 480 \text{ [l]}$$

Se cotiza un estanque de 500 litros de disposición vertical con membrana interna.

Para el funcionamiento en condiciones normales, el diseño es suministrado por la planta generadora de agua fría, que está tratada químicamente. Debido a que el suministro no se debe interrumpir, se necesita un respaldo en caso de imprevistos, para ello se dispone de agua de red, la que se ocupa en ausencia del suministro eléctrico. El agua de red que entra al circuito pasa a través de un filtro para eliminar los sólidos en suspensión que pueda traer.

### 4.3 Diseño.

Para este circuito utiliza una superficie de 8 m<sup>2</sup>, para distribuir el circuito hidráulico. El diseño propuesto se aprecia en la *figura 4.2*. En condiciones de normal funcionamiento, el circuito se inicia en la línea del surtidor de la planta generadora de agua helada y la hace circular por el sistema, que está compuesto por un estanque acumulador (EA), dos bombas (B1 y B2), dos filtros (F3 y F4 y los accesorios que se parecían, en la *tabla 4.3* se nombran los elementos. El circuito tiene como respaldo agua de red la que opera en caso de interrumpirse el suministro de energía eléctrica,

Como el sistema debe estar operativo las 24 hrs diarias, el circuito está compuesto por dos bombas, de las cuales una se encuentra operativa y la otra se mantiene detenida, hasta que sea necesario ponerla en funcionamiento, por motivos de mantención o algún imprevisto que requiera cambio de bomba, situación similar ocurre con los dos filtros, para la reposición de este.

En la *figura 4.3* se aprecia el diseño en vista isométrica.

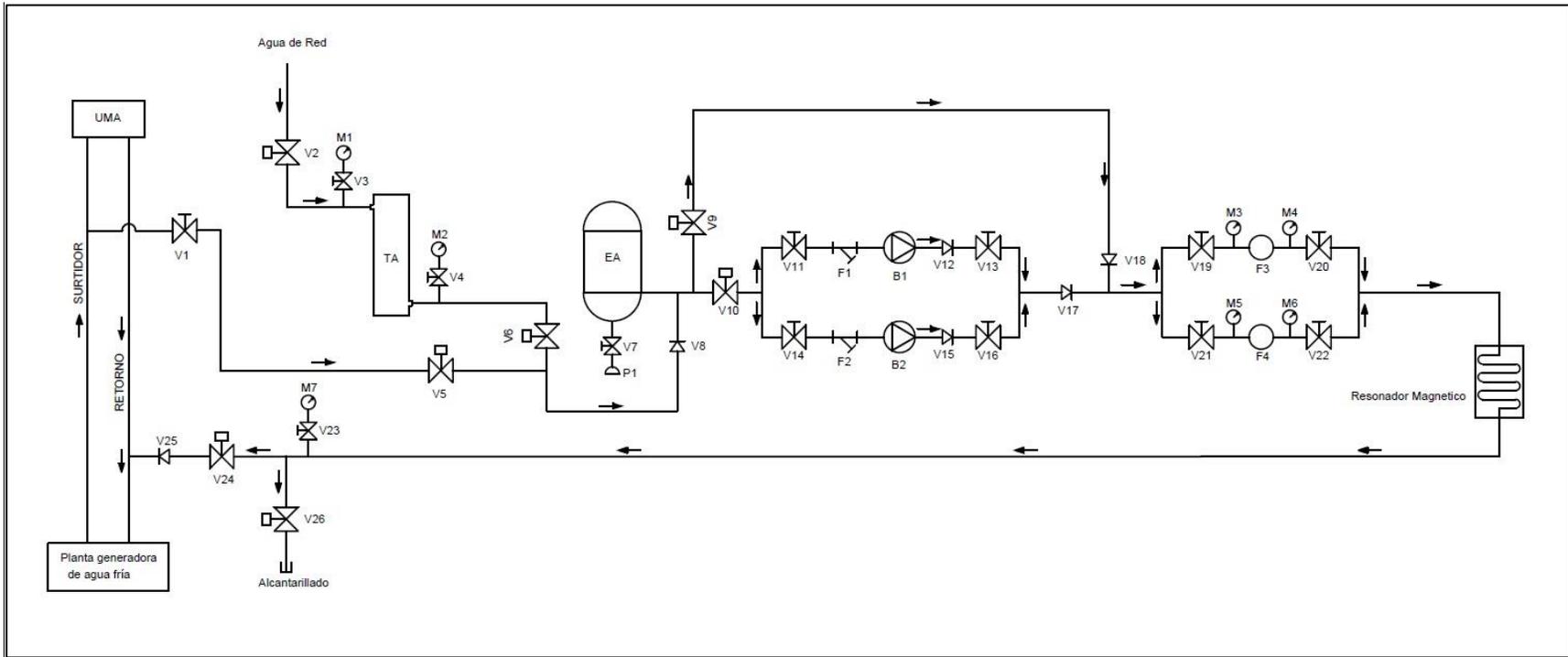


Fig. 4.2: Diseño para la conexión entre la planta generadora de agua helada y el resonador magnético.

SIMBOLOGÍA	
ABREVIACIÓN	DESCRIPCIÓN
V1	VÁLVULA BOLA PASO
V2	VÁLVULA BOLA PASO
V3	VÁLVULA BOLA PASO
V4	VÁLVULA BOLA PASO
V5	VÁLVULA SOLENOIDE NC
V6	VÁLVULA SOLENOIDE NA
V7	VÁLVULA BOLA PASO
V8	VÁLVULA RETENCIÓN
V9	VÁLVULA SOLENOIDE NA
V10	VÁLVULA SOLENOIDE NC
V11	VÁLVULA BOLA PASO
V12	VÁLVULA RETENCIÓN
V13	VÁLVULA BOLA PASO
V14	VÁLVULA BOLA PASO
V15	VÁLVULA RETENCIÓN
V16	VÁLVULA BOLA PASO
V17	VÁLVULA RETENCIÓN
V18	VÁLVULA RETENCIÓN
V19	VÁLVULA BOLA PASO
V20	VÁLVULA BOLA PASO
V21	VÁLVULA BOLA PASO
V22	VÁLVULA BOLA PASO
V23	VÁLVULA BOLA PASO
V24	VÁLVULA SOLENOIDE NC
V25	VÁLVULA RETENCIÓN
V26	VÁLVULA SOLENOIDE NA
M1	MANÓMETRO
M2	MANÓMETRO
M3	MANÓMETRO
M4	MANÓMETRO
M5	MANÓMETRO
M6	MANÓMETRO
M7	MANÓMETRO
B1	BOMBA CENTRIFUGA
B2	BOMBA CENTRIFUGA
F1	FILTRO Y
F2	FILTRO Y
F3	FILTRO CARCASA
F4	FILTRO CARCASA
EA	ESTANQUE ACUMULADOR
TA	TRATAMIENTO AGUA
P1	PURGA

Tabla 4.3: Elementos del diseño.

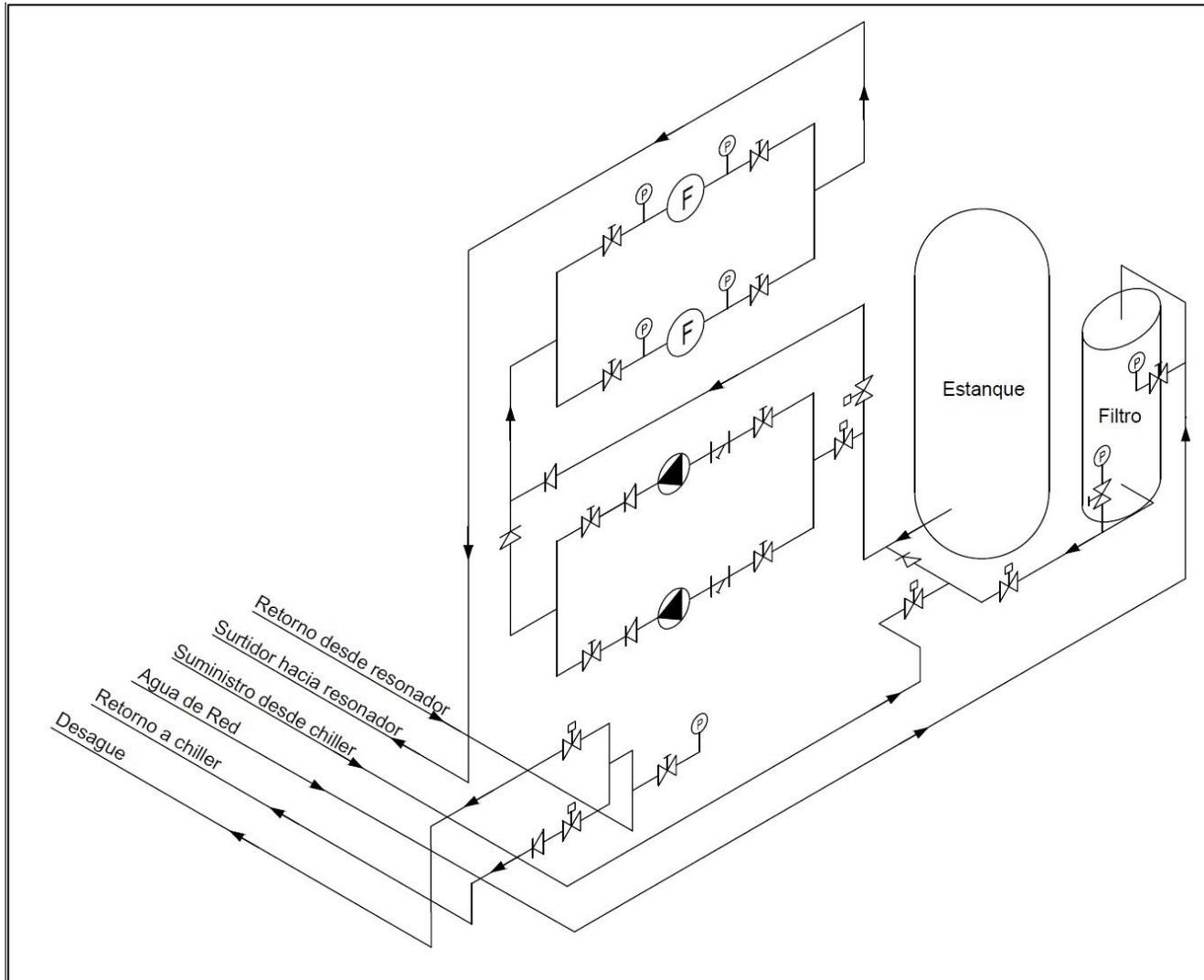


Fig.4.3: Vista isométrica del diseño, la tubería utilizada es tipo L, diámetro ¾ in.

Para el esquema isométrico (*figura 4.3*) en condiciones normales de operación el agua entra a través de la línea “suministro desde chiller”, ingresando al sistema impulsado por una bomba, pasa a través de los filtros y se dirige hacia el resonador por la línea “surtidor hacia resonador”, esta retorna por la línea “retorno desde resonador” y posteriormente se deriva a la línea retorno a chiller.

En condiciones especiales, ya sea falta de suministro eléctrico o necesidad operacional, el agua ingresa al circuito por la línea “agua de red”, ingresa al filtro para eliminar los sólidos en suspensión, no ingresa a la bomba sino que la rodea, posteriormente ingresa a los filtros y se dirige al resonador por la línea “surtidor hacia resonador” y vuelve por la línea “retorno desde resonador” y finalmente se deriva a la línea de desagüe.

#### 4.4 Selección de las bombas para el resonador.

Para el diseño mostrado en el punto anterior, se debe cumplir los requisitos de caudal y temperatura mencionados en la *tabla 4.1 (página 42)*, para ello se inicia escogiendo las bombas, cuya curva característica y curva de pérdida del sistema, satisfacen las condiciones. Para calcular la curva de pérdida del sistema, se utiliza las siguientes ecuaciones.

$$H_{Total} = h_{CET} + h_{CDT}$$

$H_{Total}$ : Representa la caída de presión total.

$h_{CET}$ : Representa la columna estática total.

$h_{CDT}$ : Representa la columna dinámica total.

$$h_{CDT} = \left( \sum K + f \cdot \frac{L}{D} \right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$K$  = coeficiente de pérdida o resistencia.

$L$  = largo de la tubería.

$D$  = *Diámetro interior de la tubería.*

$V$  = *Velocidad de agua.*

$g$  = *Gravedad.*

$f$  = *Factor de fricción.*

$$f_{\text{para flujo laminar}} = \frac{64}{Re}$$

$$f_{\text{para flujo turbulento}} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} \cong -1,8 \cdot \text{Log} \left[ \frac{6,9}{Re} + \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} \right)^{1,11} \right]$$

$\varepsilon$  = *Rugosidad del material de la tubería (Cobre).*

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

$\rho$  = *Densidad del agua.*

$\mu$  = *Viscosidad Dinámica.*

$Re \leq 2\,300$	flujo laminar
$2\,300 \leq Re \leq 4\,000$	flujo transicional
$Re \geq 4\,000$	flujo turbulento

Fig. 4.4: Clasificación del Fluido.

Datos:

$$L = 40 \text{ [m]}$$

$$D = 19,939 \text{ [mm]}$$

$$g = 9,80665 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$\varepsilon = 0,0015 \text{ [mm]} \text{ (Cobre).}$$

$$\rho = 999,8 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$\mu = 0,0014342 \left[ \frac{kg}{m \cdot s} \right]$$

$$K = 8,5 \text{ [-]}$$

A continuación se procede al cálculo para un caudal de 8 [l/min]:

$$V = \frac{\text{Caudal} \left[ \frac{m^3}{s} \right]}{\text{Area} [m^2]} = 0,43 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = 7423[-]$$

Como  $Re$  es mayor a 4000, se aplica la fórmula de flujo turbulento, de la cual se obtiene:

$$f = 0,03365 [-]$$

$$h_{CDT} = \left( \sum K + f \cdot \frac{L}{D} \right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 1,11 [m]$$

Para un circuito cerrado la columna estática corresponde a la diferencia de presión existente entre el surtidor y el retorno la que es  $h_{CET} = 11 [m]$ , por lo tanto:

$$H_{Total} = h_{CET} + h_{CDT} = 12,11 [m]$$

Este procedimiento de cálculo se utilizó para distintos caudales con el objetivo de construir la curva de pérdidas del sistema y visualizar el punto de operación de la bomba.

Utilizando lo mencionado se desprende el *gráfico 4.1* en el que se observa la curva de la bomba de 0,5 hp y curva de pérdidas, obteniéndose un punto de operación que sobrepasa el caudal permitido por el resonador, para lograr el caudal admisible, se utiliza un variador de frecuencia, para ello se utiliza los siguiente parámetros adimensionales:

$$\pi_1 = \frac{Q}{nD^3}$$

$$\pi_2 = \frac{gH}{n^2D^2}$$

Para el parámetro  $\pi_1$ , el diámetro es el mismo y para  $\pi_2$  el diámetro y la gravedad son iguales, por lo cual sus expresiones quedan como se muestra a continuación:

$$\pi_1 = \frac{Q}{n}$$

$$\pi_2 = \frac{H}{n^2}$$

$$\frac{Q_m}{n_m} = \frac{Q_p}{n_p} \rightarrow Q_p = \frac{Q_m}{n_m} \cdot n_p$$

$$\frac{H_m}{n_m^2} = \frac{H_p}{n_p^2} \rightarrow H_p = \frac{H_m}{n_m^2} \cdot n_p^2$$

Se realiza al cálculo numérico para una condición altura - caudal de la bomba seleccionada, con las otra coordenadas se realiza el mismo procedimiento.

$$Q_p = \frac{Q_m}{n_m} \cdot n_p = \frac{1,5 \text{ m}^3}{2900 \text{ rpm}} \cdot 1800 \text{ rpm} = 0,93 \text{ m}^3$$

$$H_p = \frac{H_m}{n_m^2} \cdot n_p^2 = \frac{19,5 \text{ [m]}}{(2900 \text{ rpm})^2} \cdot (1800 \text{ rpm})^2 = 7,9 \text{ [m]}$$

Con el variador de frecuencia se disminuye las revoluciones de 2900 a 1800 [rpm] desplazando la curva característica de la bomba hacia abajo, logrando un punto de operación que satisface las condiciones exigidas por le resonador magnético.

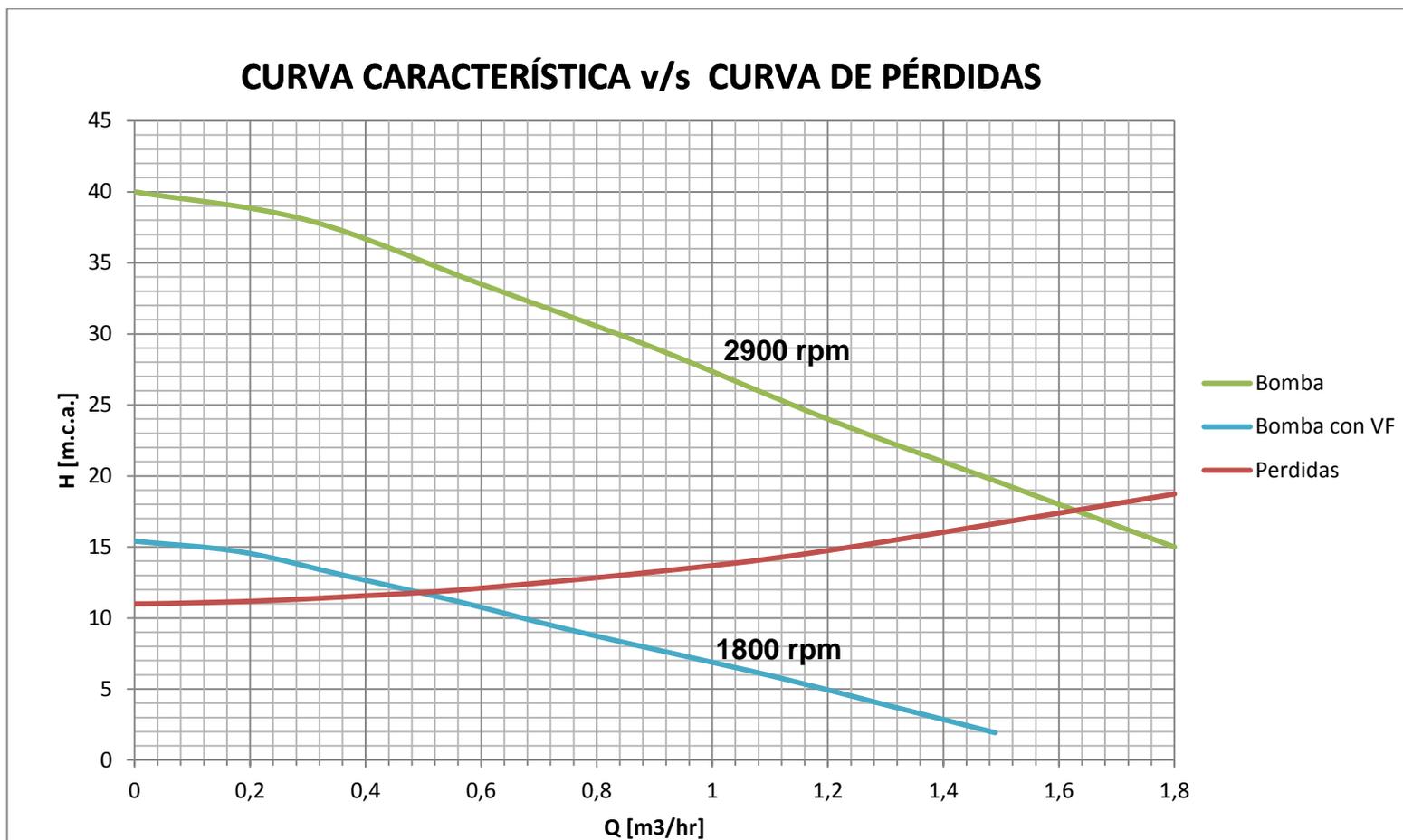


Gráfico 4.1: Curva de pérdidas, curva característica de la bomba y bomba a 1800 rpm.

El punto de operación que tiene la bomba a 2900 [rpm] con la curva de pérdidas es 23,7 m.c.a. con un caudal de 1,2 [m<sup>3</sup>/h], el que sobrepasa los caudales permitidos por el resonador.

En la curva de la bomba controlada con variador de frecuencia a una velocidad de 1800 [rpm] con la curva de pérdidas, encontramos un punto de operación de 13 m.c.a. y un caudal 0,46 [m<sup>3</sup>/h] el que se encuentra dentro del rango permitido.

## 5 COSTOS.

### 5.1 Costos directos e indirectos del proyecto.

Lo primero a considerar corresponde al costo de la inversión inicial involucrada para la instalación hidráulica, en ella se considera los costos relacionados con equipos que participan en la instalación, los gastos relacionados con el montaje, la ingeniería y la construcción.

A continuación en la *tabla 5.1* se detalla en un resumen de los costos directos que son necesarios para la instalación.

Ítem	Cantidad	Costo	Valor total
Válvula de paso 3/4"	14	\$ 20.647	\$ 289.061
Válvula de retención 3/4"	5	\$ 11.827	\$ 59.136
Válvula solenoide NA	3	\$ 35.880	\$ 107.640
Válvula solenoide NC	3	\$ 35.880	\$ 107.640
Manómetro	7	\$ 9.890	\$ 69.230
Bomba centrifuga	2	\$ 91.856	\$ 183.713
Variador de frecuencia	2	\$ 224.064	\$ 448.128
Filtro Y	2	\$ 16.044	\$ 32.088
Filtro carcasa	2	\$ 27.490	\$ 54.980
Estanque acumulador	1	\$ 411.427	\$ 411.427
Filtro zeolita	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Tubería de cobre 3/4" X 6 m tipo L	6	\$ 28.395	\$ 170.370
Aislación 3/4" X 2 m	18	\$ 9.856	\$ 177.408
Unión americana 3/4"	19	\$ 6.190	\$ 117.610
Terminal 3/4"	50	\$ 780	\$ 39.000
Tee 3/4" bronce	17	\$ 1.690	\$ 28.730
Codo 3/4" bronce	34	\$ 1.090	\$ 37.060
Instalaciones eléctricas	1	\$ 70.000	\$ 70.000
Obras civiles	1	\$ 160.000	\$ 160.000
Estante metálico	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Cierre metálico	1	\$ 240.000	\$ 240.000
Mano de obra	48	\$ 3.000	\$ 144.000
Costos Directos totales + IVA (en pesos)			\$ 3.207.221

Tabla 5.1: Costos directos (todos los valores incluyen IVA).

Dentro del proyecto también se tiene costos indirectos como los son, en este caso, los costos de ingeniería y los imprevistos, este ítem de imprevistos siempre se tiene en cuenta en caso de falla de un material, agregar materiales en el transcurso de la instalación, etc. Los costos de ingeniería son el 5% de los costos directos totales y los imprevistos con la mantención se consideran el 3% de los costos totales directos. Luego de todos estos cálculos, se obtiene el costo de inversión inicial del proyecto, este se calcula como la suma de los costos directos e indirectos involucrados. Todo esto se desglosa en la *tabla 5.2*.

<b>Costos directos</b>	
Costos directos totales	\$ 3.207.221
<b>Costo indirectos</b>	
Costos ingeniería (5% Costos directos totales)	\$ 1.603.610
Imprevistos-mant (3% costos directos totales)	\$ 962.166
Costos indirectos totales	\$ 2.565.777
<b>Costo inversión inicial</b>	
costos directos + costos indirectos	\$ 5.772.998

Tabla 5.2: Costo de inversión.

A continuación se analizará si la instalación es factible o no.

## 5.2 Ingresos y período de recuperación de la inversión.

En el punto anterior se determinó el costo total de la inversión para la instalación del sistema hidráulico. En este punto se determina los ingresos que ofrece este proyecto, teniendo en cuenta que este tipo de instalación no se tiene un ingreso de dinero, como las empresas en general lo obtienen a través de lo que venden. Sin embargo, el ingreso en este caso se puede ver como un ahorro anual de mantención y en suministro eléctrico.

El ahorro viene dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro anual en mantención} = \text{costo de mantención mensual} [\text{\$}] \cdot 12$$

Luego de haber obtenido el ahorro anual se calcula el periodo de recuperación que es simplemente la razón entre la inversión inicial, calculada en el punto anterior, y el ahorro anual, con lo cual se obtiene el número de años para la recuperar la inversión inicial. Esta ecuación se muestra a continuación:

$$\text{Período de recuperación} [\text{años}] = \text{Inversión inicial} [\text{\$}] / \text{Ahorro anual} [\text{\$/año}]$$

Todos los cálculos anteriormente mencionados se resumen en la *tabla 5.3*, que se muestra a continuación.

<b>Ingresos</b>		
Costo de mantención [pesos/año]	[\\$/año]	1.615.680
Ahorro anual	[\\$/año]	1.615.680
<b>Periodo de recuperación</b>		
Inversión inicial	[\\$]	5.772.998
Ahorro anual	[\\$]	1.615.680
Periodo de recuperación	[año]	3,573

Tabla 5.3: Ingresos y recuperación.

Por lo tanto la inversión se recupera en 3,5 años, lo que da un buen indicio para este proyecto.

A continuación se analizará la rentabilidad de este proyecto, paso importante para decidir definitivamente se invierte en el proyecto o no.

### 5.3 Análisis de rentabilidad del proyecto.

Se compara el sistema a instalar con el existente, analizando uniformemente el costo (CAE) de la inversión combinado con el ingreso, que en este caso es el ahorro anual. El resultado puede ser positivo, cero o negativo de beneficio que, respectivamente, clasifica la inversión como gratificante, adecuada o insuficiente. Para esto se tienen los siguientes datos:

Inversión inicial	[\$]	5.772.998
Ahorro anual	[\$]	1.615.680
Vida útil del sistema	[año]	10
Interés	[%]	15

El costo anual equivalente se calcula por la siguiente ecuación:

$$CAE = -Inversión (A/P, i, N) + ahorro anual$$

En donde:

$(A/P, i, N)$ : Factor de recuperación de capital.

$P$ : Valor presente.

$A$ : Cantidad de anualidad.

*i: Interés anual.*

*N: Período.*

$$CAE = -5.772.998 \cdot 0,19925 + 1.615.680$$

$$CAE = 465.410$$

Este resultado indica que el proyecto es factible y se clasifica la inversión como conveniente, por lo tanto no habrá ningún problema en invertir en este proyecto. Ya que si el resultado hubiera dado un valor negativo, indicaría que el proyecto no es rentable por consiguiente no conviene invertir, en cambio si el resultado hubiese sido cero, quiere decir que es adecuado invertir, pero no se gana lo justo y preciso como para recuperar la inversión.

## 6 CONCLUSIONES.

Al realizar esta inversión se aprovecha de mejor manera la gran capacidad que posee la planta generadora de agua fría, planta que tiene la capacidad frigorífica suficiente para disipar la carga térmica generada por el resonador magnético, como quedó en demostrado, el saldo disponible por la planta es de 1107 TonR, mientras que la demanda del resonador es de 1 TonR.

Al finalizar el estudio de la factibilidad técnica - económica del reemplazo del chiller Filtrine por la planta generadora de agua fría en la Clínica Alemana se obtiene la conclusión que es conveniente llevarlo a cabo.

En la parte técnica es posible sustituir el chiller Filtrine por una conexión a la línea de la planta generadora de agua fría. Además, es posible utilizar la planta generadora de agua fría para suministrar al resonador, ya que las correcciones en el tratamiento químico están cubiertas por la empresa proveedora del servicio y el respaldo que es agua de ciudad es filtrada, por lo cual no existe impedimento.

En lo económico se evalúa si el proyecto es rentable. Para esto se realizaron cálculos que se incurren al reemplazar el chiller Filtrine. Los resultados obtenidos son adecuados para decidir invertir en el proyecto, ya que, la inversión inicial es posible recuperarla en el corto plazo de 3,5 años, y permite el ahorro de la mantención del equipo Filtrine.

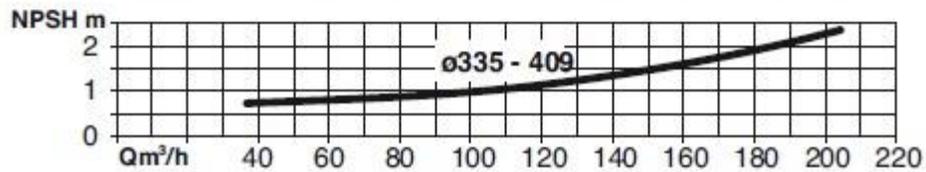
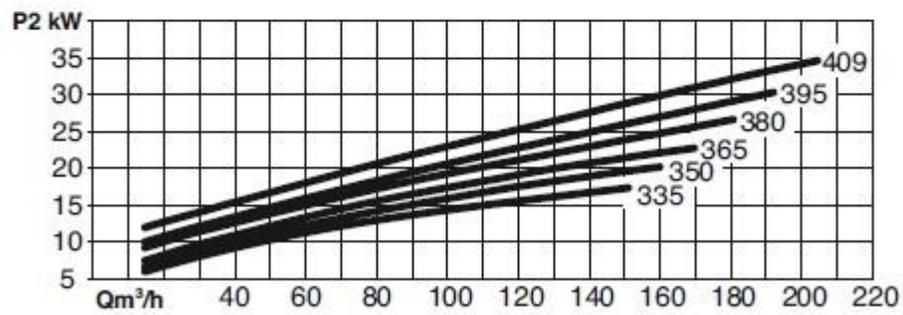
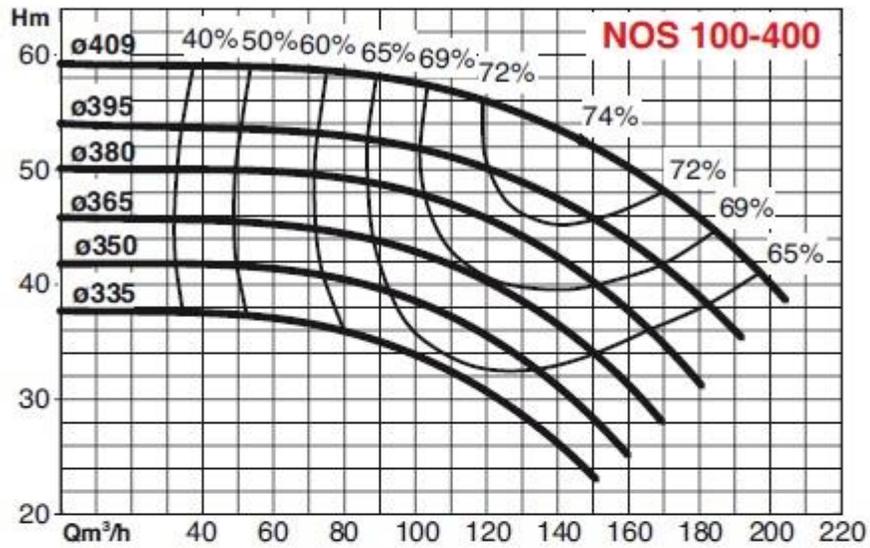
También se debe considerar que el equipo Filtrine puede ser vendido, aminorando la inversión inicial del proyecto

# **Anexos**

# ANEXO 1

(1 de 2)

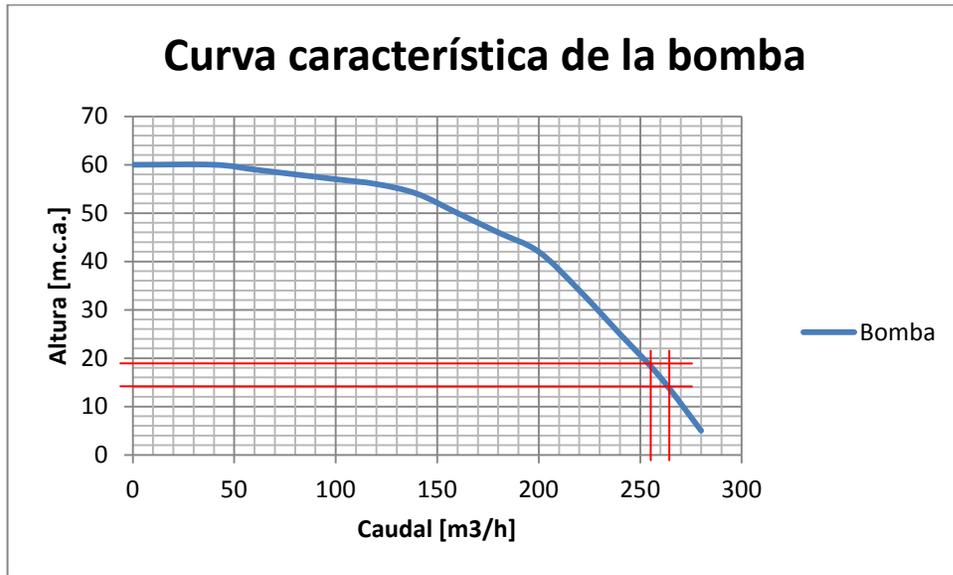
Flow rate range/BEP	Qmin Factor	Qmax Factor
NOS 100-400	0,3	1,2



## ANEXO 1

(2 de 2)

Se prolonga la curva característica de la bomba para ver el caudal, el diámetro del rodete es de 409.



ANEXO 2



aguas industriales ltda  
purificación y tratamiento de aguas

control de terreno enfriamiento

cliente: Clinica Alemana planta: Vilaoma  
 dirección: Av. Vilaoma # 5951 fecha: 19/8/14 hora: \_\_\_\_\_  
 entregado a: Sr. Eladio Huilado cargo: Kontención

análisis agua de enfriamiento

parámetro	expresado en p.p.m.	sistema			valor recomendado	agua cruda	agua make-up
		Chiller	Llave				
pH		8.9		9	8.3-9		
alcalinidad M	CaCO <sub>3</sub>	420		155	-	210	
dureza total	CaCO <sub>3</sub>	140		24	-	< 1	
dureza cálcica	CaCO <sub>3</sub>	-		-	-	-	
cloruros	Cl <sup>-</sup>	-		250	-	45	
silica	SiO <sub>2</sub>	-		-	-	-	
S.T.D Conductiv.		1120	(2990)	680	200-3500	180	
fosfato monómero	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-		-	-	-	
fosfato polímero	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-		-	-	-	
hierro	Fe <sup>2+</sup>	0		0	Máx 2	-	
zinc	Zn <sup>2+</sup>	-		7.6	3-5	-	
cloro libre	Cl <sub>2</sub>	-		-	-	-	
índice ryznar		-		-	-	-	
aspecto		Claro		Claro	Claro	Claro	
control microbiológico	nº colonias	Claro		Bio	Bio	-	
factor de concentración		-		4.8	2-3	-	
Passvan	(250-500)	50		-	-	-	

sistema	producto / purga	diagnóstico nivel			recomendaciones dosis y/o purga		
		bajo	normal	alto	aumentar a	mantener en	disminuir a
Llave	Nitros 260	x			2 horas Accionar bomba		
	Biosol 700		✓				
Chiller	Purca	x			Aumentar purga 60 Litros Passvan		
	Passvan 605	x					
	Ar 400		✓				
Lakewood	Ar 400		✓				
	Estado		✓				
	bombas		✓				
Mullhonic	MTR			1.5 M. 433 L			
	Estado		✓				
	bombas		✓				

observaciones: ppm Tr 1-2 = 1ppm  
ppm Tr 3 =

Sr. Lorenzo Reyes  
recibido por:

Pamela Rojas  
química

## **Bibliografía.**

- Apuntes de Máquinas, Ramiro Mège Thierry.
- Apuntes de Calderas y Plantas Térmicas, Ramón Aldunate Bareyre.
- Apuntes Evaluación Económica, Sergio Soto Silva.
- Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicación, Yunus A. Cengel , John M. Cimbala.