



## ÍNDICE

### 8 - Refrigeración de Motor y Freno.

8.1 Objetivo. _____	Pág. 3
8.2 Introducción. _____	Pág. 3
8.3 Fluido de trabajo y forma de almacenamiento. _____	Pág. 7
8.4 Transferencia de calor. _____	Pág. 9
8.5 Aeroenfriador. _____	Pág. 12
8.6 Refrigeración del motor. _____	Pág. 17
8.7 Cálculo térmico de agua de refrigeración. _____	Pág. 22
8.8 Cálculo pérdida de carga del sistema. _____	Pág. 26
8.9 Selección de bomba. _____	Pág. 35

# 8 - REFRIGERACIÓN

# DE MOTOR Y FRENO

## **8.1 OBJETIVO.**

Diseñar y verificar un sistema de extracción de energía del fluido de refrigeración de las dos principales fuentes generadoras de energía: el motor a ensayar y el freno dinamométrico.

## **8.2 INTRODUCCIÓN**

El accionamiento de las bobinas del freno de corrientes parásitas para generar un par de frenado en el disco acoplado al eje del equipo, genera grandes cantidades de calor que deben ser disipadas para evitar el deterioro del equipo.

Lo mismo sucede con el motor: la combustión cede parte de su energía al bloque aumentando considerablemente su temperatura y esta debe ser reducida intercambiando calor con un refrigerante.

CIRCUITO PRIMARIO: tiene como objetivo refrigerar el freno de corrientes parásitas.

CIRCUITO SECUNDARIO: tiene como objetivo mantener la temperatura del líquido refrigerante del motor.

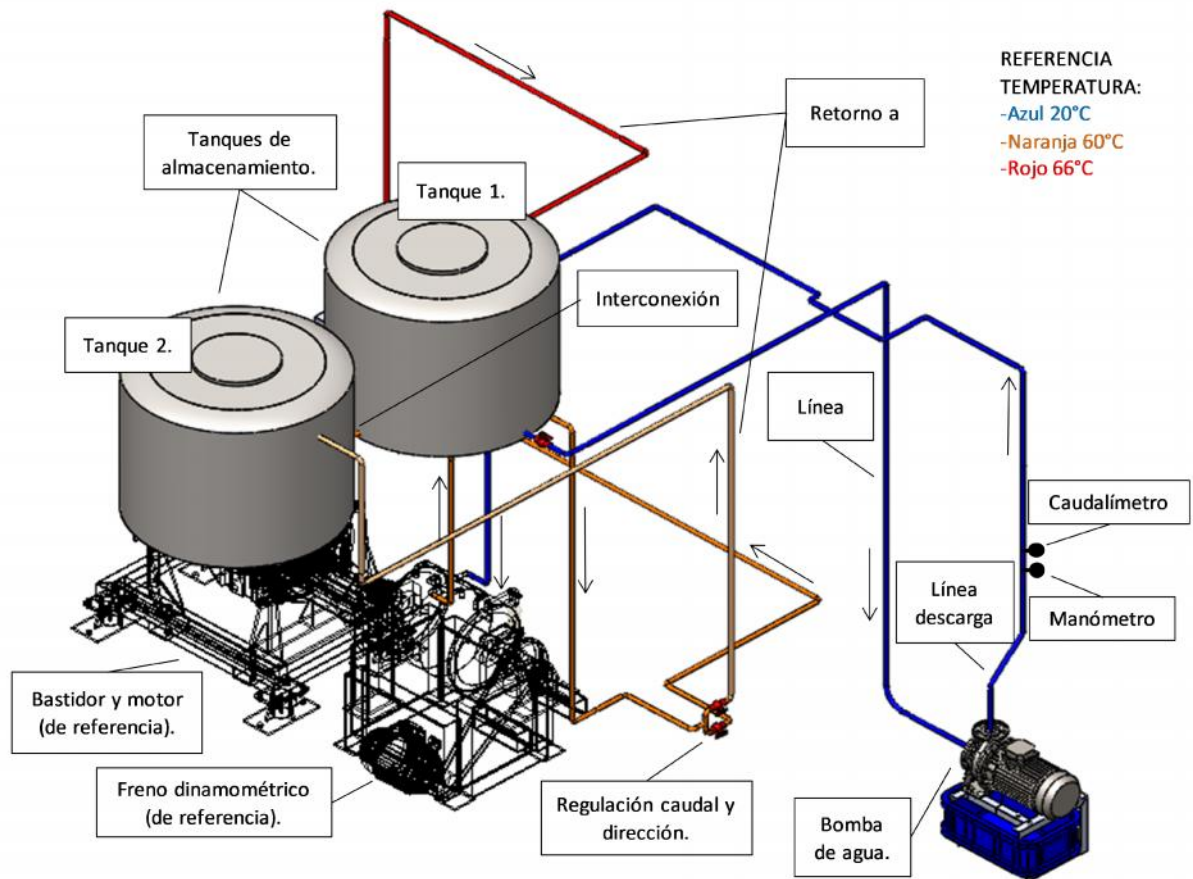
Para mantener la temperatura adecuada en ambas fuentes emisoras, se diseñó un sistema de refrigeración que está compuesto por los siguientes componentes:

- Un conjunto de cañerías que transporte el fluido del sistema.
- Dos tanques de almacenamiento.
- Una bomba que aporte energía para el movimiento del fluido
- Válvulas para poder regular el funcionamiento del sistema.
- Un intercambiador de placas para refrigerar el motor ensayado.
- Caudalímetros, manómetros y sensores de temperatura para verificar los parámetros de funcionamiento.

### CIRCUITO PRINCIPAL

### REFRIGERACIÓN DE FRENO DINAMOMÉTRICO. 7000 L/H

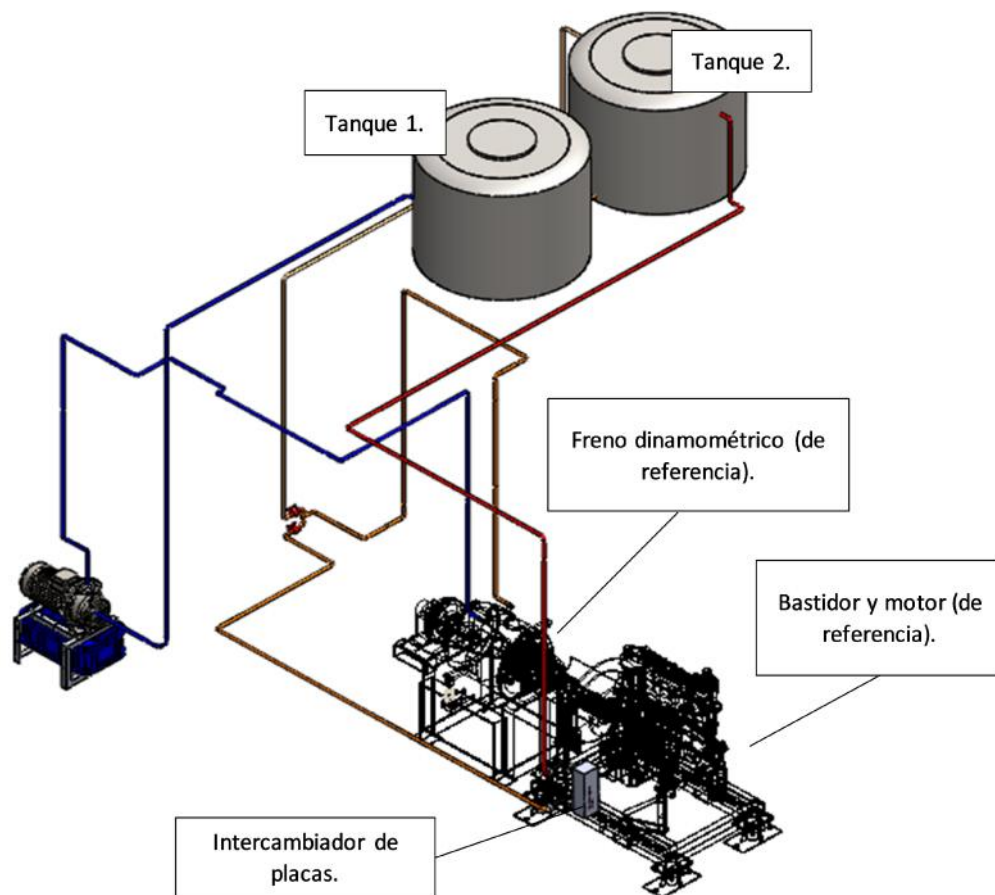
#### VISTA 1



**CIRCUITO PRINCIPAL**

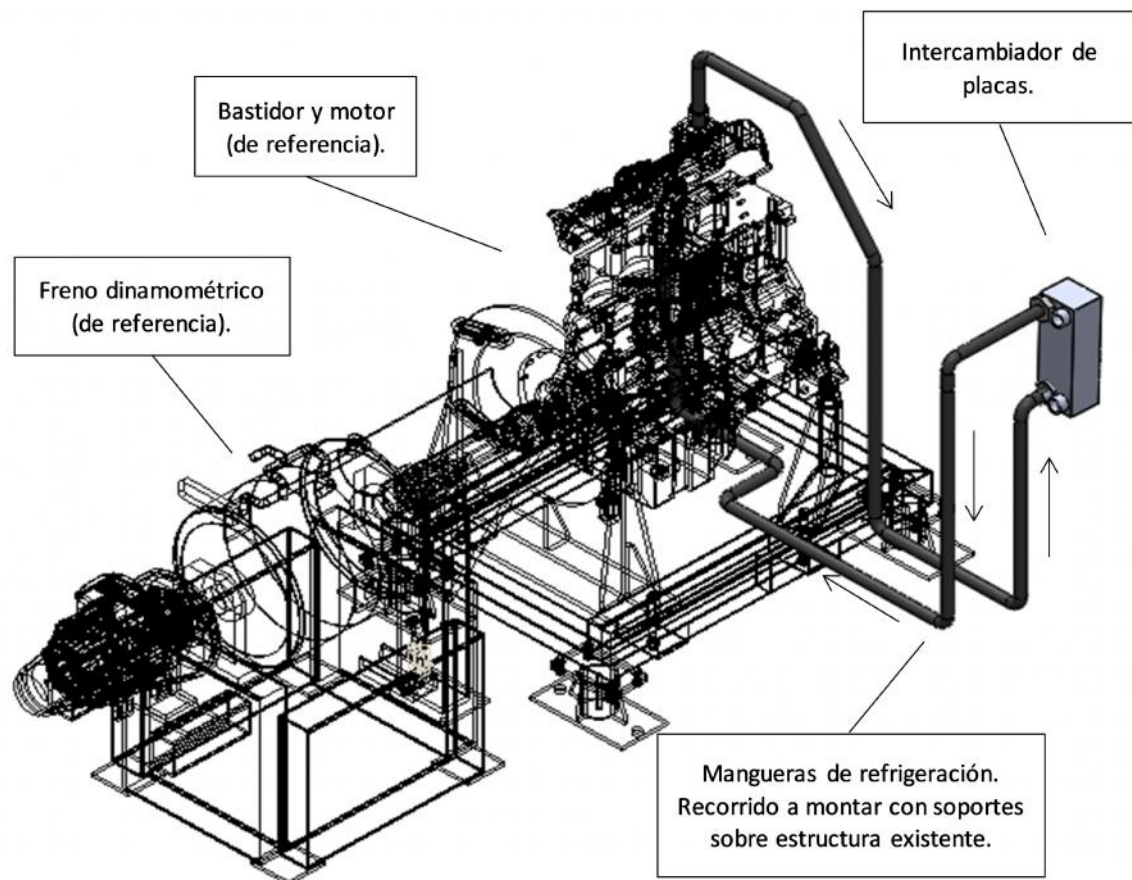
**REFRIGERACIÓN DE FRENO DINAMOMÉTRICO. 7000 L/H**

**VISTA 2**



### CIRCUITO SECUNDARIO

### REFRIGERACIÓN DE MOTOR. 5000 L/H



### **8.3 FLUIDO DE TRABAJO Y FORMA DE ALMACENAMIENTO**

El sistema de refrigeración debe proporcionar agua de calidad, temperatura y presión adecuadas para permitir que pase un volumen suficiente a través del equipo para que tenga una capacidad de enfriamiento adecuada. La presión y el flujo de agua deben ser lo suficientemente constantes para permitir mantener el control de la temperatura de los fluidos.

El agua es el medio de enfriamiento líquido ideal. Su calor específico es más alto que el de cualquier otro líquido, aproximadamente el doble que el de los hidrocarburos líquidos. Es de baja viscosidad, ampliamente disponible y, siempre que no contenga cantidades suficientes de sales disueltas que lo hacen agresivo para algunos metales, es relativamente no corrosiva.

Los fluidos definidos para este sistema son los siguientes:

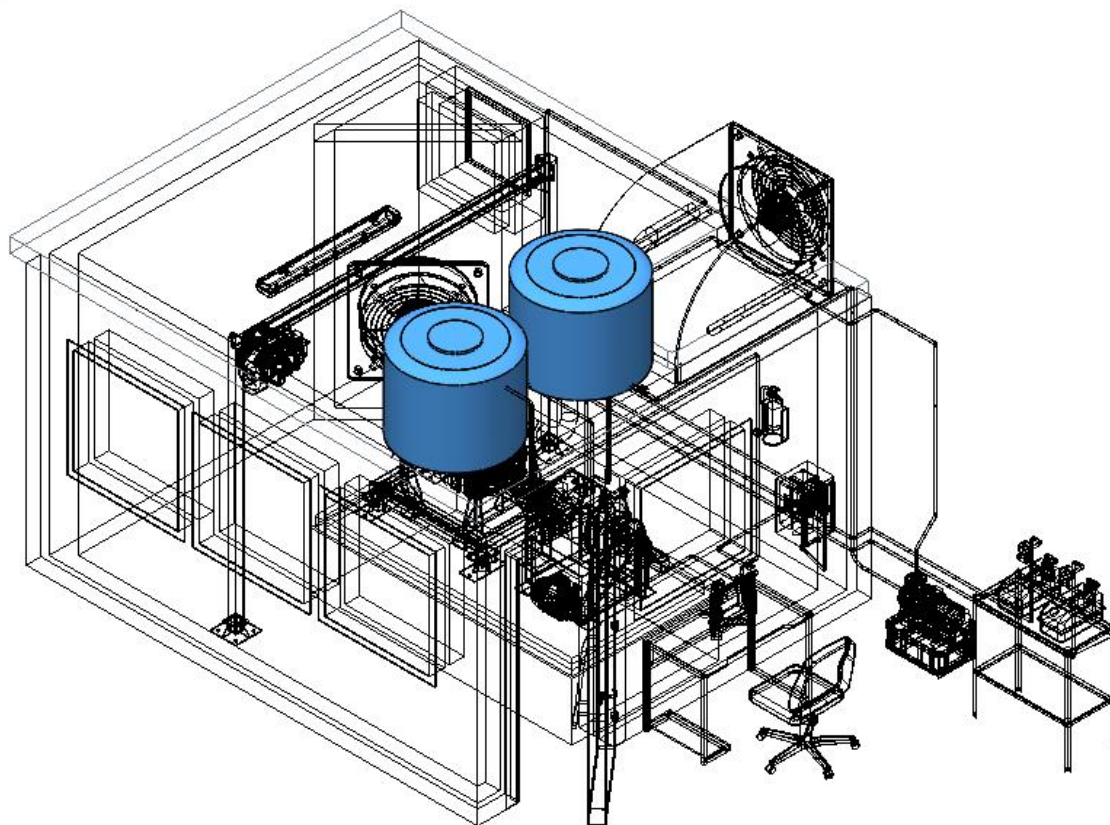
Circuito primario: Agua destilada. Calor específico  $C_e = 1 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$

Circuito secundario: Agua destilada con etilenglicol (líquido refrigerante) al 30%. Calor específico  $C_e = 0,89 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$

La selección de agua destilada es con el objetivo de evitar incrustaciones no deseadas en los diferentes equipos, lo que reduce con el tiempo la capacidad de transferir energía. Para realizar el llenado inicial del sistema se recomienda contratar el servicio de una empresa que provea este material incluyendo su dosificación.



### Almacenamiento



El almacenamiento para este sistema se logra a través de tanques de agua ubicados sobre el techo de la sala. Son necesarios dos tanques de 500 L. para contar con una cantidad de fluido tal que permita refrigerar el sistema y dar tiempo para la ejecución del ensayo.





En principio se optó por tanques plásticos de cuatro capas, pero considerando la temperatura de trabajo a la que puede llegar el fluido, la selección final fue de depósitos de acero inoxidable AISI304.

Modelo seleccionado:

Marca: Affinity

Modelo: 2051 (500L x 2)

El almacenamiento del fluido del circuito secundario se da directamente en el interior del motor a ensayar.

## **8.4 TRANSFERENCIA DE CALOR**

### **Circuito principal (refrigeración freno dinamométrico):**

Caudal del circuito: 7000 L/h

Temperatura a la entrada del freno: 20°C

Temperatura a la salida del freno: 60°C

Temperatura luego del intercambiador de placas: 66°C

### **Circuito secundario (refrigeración motor):**

Caudal del motor: 5000 L/h

Temperatura a la entrada del motor: 80°C

Temperatura a la salida del motor: 70°C

**Potencia aportada por el freno:**

Fluido: Agua destilada.

$$Q = m * Ce * (Ts - Te)$$

$$Q = 7.000 \text{ [kg/h]} * 1 \text{ [kcal/kg}^\circ\text{C]} * (60 \text{ [}^\circ\text{C]} - 20 \text{ [}^\circ\text{C]}) = 280.000 \text{ [kcal/h]}$$

$$Q = 280.000 \text{ [kcal/h]} * 0.001162 \text{ [kW}^\circ\text{h/kcal]} = \mathbf{325,36 \text{ kW}}$$

**Potencia aportada por el motor:**

Fluido: Agua destilada con etilenglicol al 30%

$$Q = m * Ce * (Ts - Te)$$

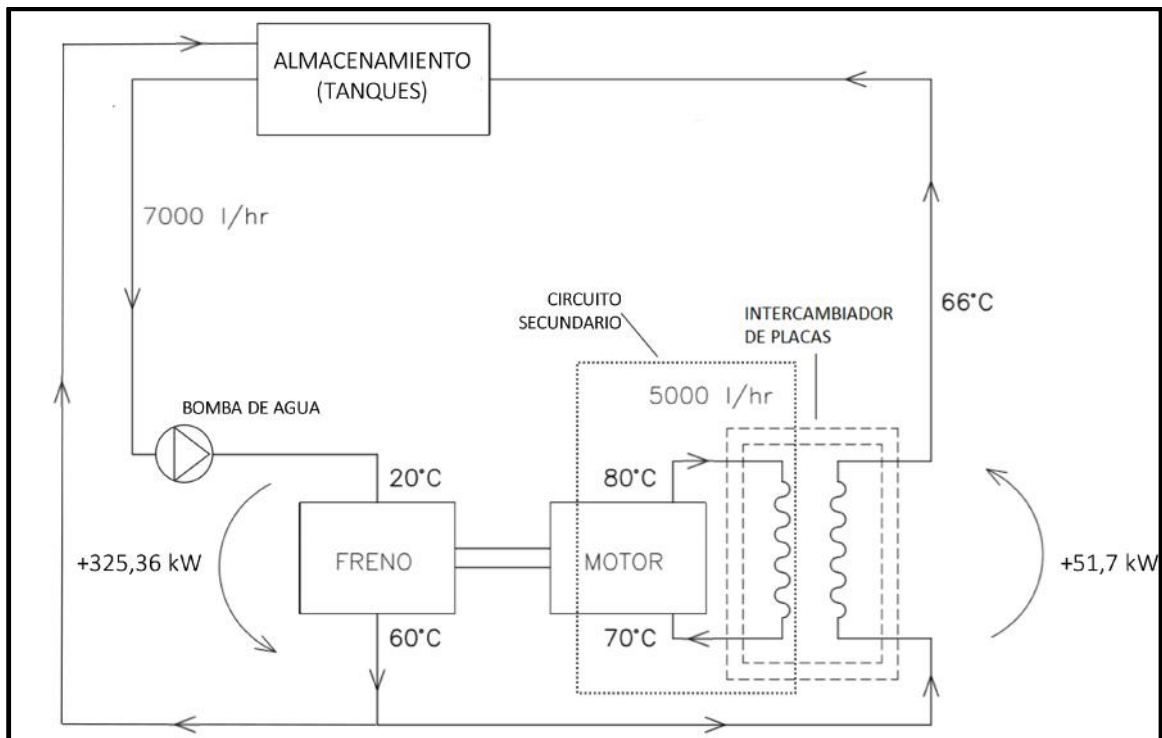
$$Q = 5.000 \text{ [kg/h]} * 0,89 \text{ [kcal/kg}^\circ\text{C]} * (80 \text{ [}^\circ\text{C]} - 70 \text{ [}^\circ\text{C]}) = 44.500 \text{ [kcal/h]}$$

$$Q = 44.500 \text{ [kcal/h]} * 0.001162 \text{ [kW}^\circ\text{h/kcal]} = \mathbf{51,70 \text{ kW}}$$

**Potencia total a disipar:**

$$Q = 325,36 \text{ [kW]} + 51,70 \text{ [kW]} = \mathbf{377 \text{ kW}}$$

**Esquema de la instalación:**



## **8.5 AEROENFRIADOR**

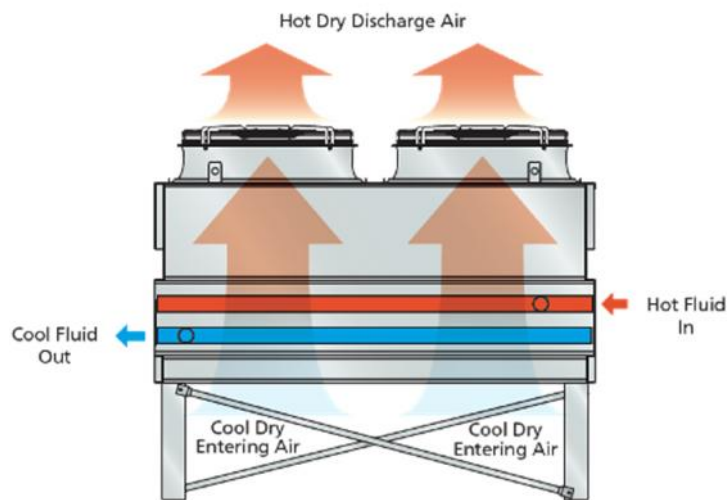
Para poder realizar ensayos de manera constante es necesario eliminar los 377 kW que el fluido adquiere durante el proceso. Para esto se optó en primer instancia por un aerofriador instalado en el techo de la sala de ensayo. Este tipo de tecnología tiene grandes ventajas respecto a otros tipos de equipos.

Los tres tipos de equipos que se evaluaron fueron:

- Enfriador.
- Aerofriador. (SELECCIONADO)
- Torre de enfriamiento.

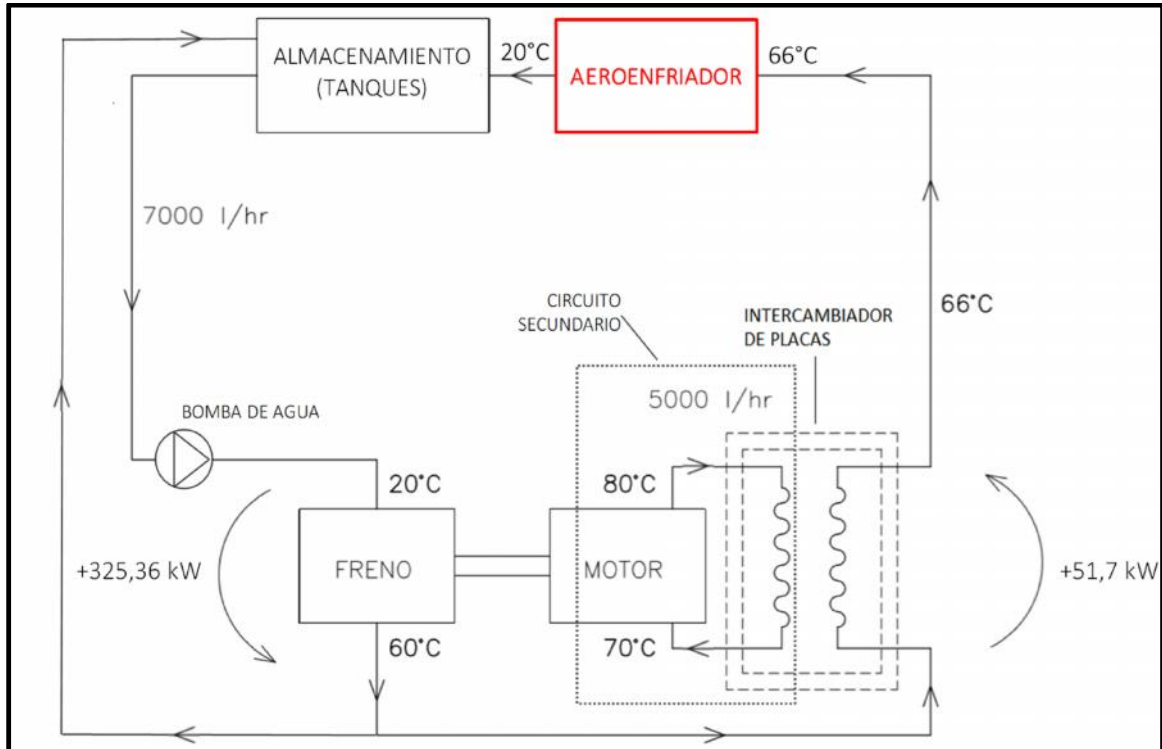
Torre vs. Enfriador vs. Aerofriador			
Propiedad	Enfriador	Aerofr.	Torre
Circuito cerrado	si	si	no
Barros, algas, sarro	no	no	si
Mantenimiento	Normal	MUY Bajo	MUY Alto
Temp. constante	si	no	no
Temp. mín verano	-10°C	+38°C	+35°C
Apto moldes	si	no	no
Apto hidráulica	si	si	si
% precio	100	60	20
% mantenimiento	30	10	100
Consumo agua	0	0	MUY Alto

Los aerofriadores son equipos enfriadores de agua al igual que las torres de enfriamiento. Son intercambiadores agua/aire que operan en un circuito cerrado sin consumir agua y con un mínimo mantenimiento.



El agua de proceso que entra al aerorefrigerador cede calor al ambiente al pasar por un intercambiador de calor agua/aire y un/os ventilador/es que generan una corriente de aire que pasa a través de dicho intercambiador. En el caso de que la temperatura del aire (caso de verano) sea muy alta, el aerorefrigerador por acción de su controlador de temperatura abrirá una válvula solenoide permitiendo el pasaje de agua a presión para efectuar un spray de agua sobre el aire de entrada al aerorefrigerador bajando su temperatura y consecuentemente consiguiendo una menor temperatura en el agua de salida del agua al proceso.

**Esquema de la instalación con el aroenfriador:**





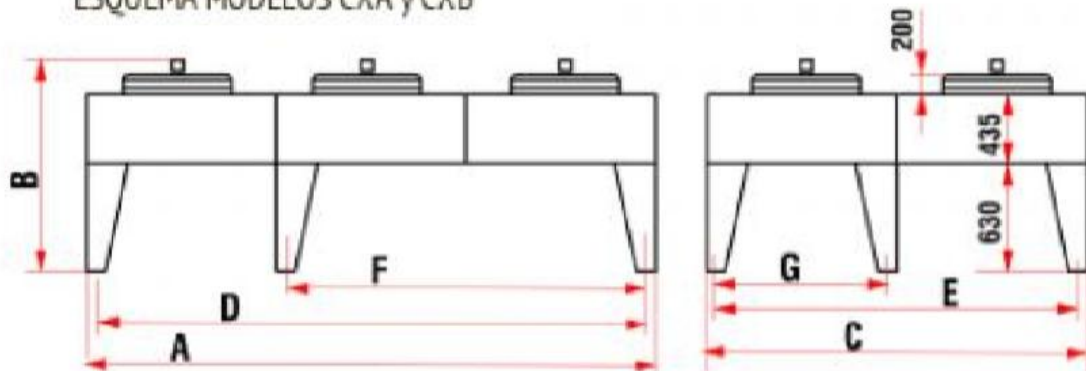
**Modelo seleccionado:**

Marca: Todochiller

Modelo: CXA-3661

Alfaire CXA																								
Modelo	Capacidades (siempre 3x380 V/50Hz)						Características						Dimensiones [mm]											
	Conexión triángulo @ 890 rpm			Conexión estrella @ 690 rpm			Ventiladores d=910mm																	
	DT= 11°K	Aire	Ruido	DT= 11°K	Aire	Ruido	#	@890 rpm		@690 rpm		Sup	Vcl	Conexiones		A	B	C	D	E	F	G	[kg]	
[kcal/h]	[kW]	[m³/h]	dbA	[kcal/h]	[kW]	[m³/h]	dB-A /5m	Unit	Total	Unit	Total	[m²]	[dm³]	IN	OUT									
CXA-440	44,118	51	29,000	61	37,066	43	21,000	55	1	2,480	1,570	143	18			1,390			1,270					157
CXA-613	61,404	71	28,000	61	55,470	65	20,000	55	1	2,480	1,570	214	28			1,390			1,270					184
CXA-880	88,150	103	58,000	63	74,046	86	42,000	57	2	4,960	3,140	286	36			2,730			2,610					297
CXA-1054	105,608	123	56,000	63	87,634	102	40,000	57	2	4,960	3,140	347	44			2,216			2,100					290
CXA-1227	122,722	143	56,000	63	101,910	119	40,000	57	2	4,960	3,140	429	54	1x2"BSP	1x2"BSP	2,730			2,610	1,030				349
CXA-1318	132,182	154	87,000	65	110,854	129	63,000	59	3	7,440	4,710	438	54			4,070		1,265	3,945					436
CXA-1550	158,326	184	84,000	65	135,450	158	60,000	59	3	7,440	4,710	525	65			3,295			3,175					448
CXA-1840	184,040	214	84,000	65	152,908	178	60,000	59	3	7,440	4,710	644	80			4,070			3,945					514
CXA-2454	245,444	285	112,000	67	203,734	237	80,000	61	4	9,920	6,280	858	107			2,730			2,610					672
CXA-3681	368,166	428	168,000	70	332,476	387	120,000	64	6	14,880	9,420	1,288	159						3,945			2,610		996

ESQUEMA MODELOS CXA y CXB





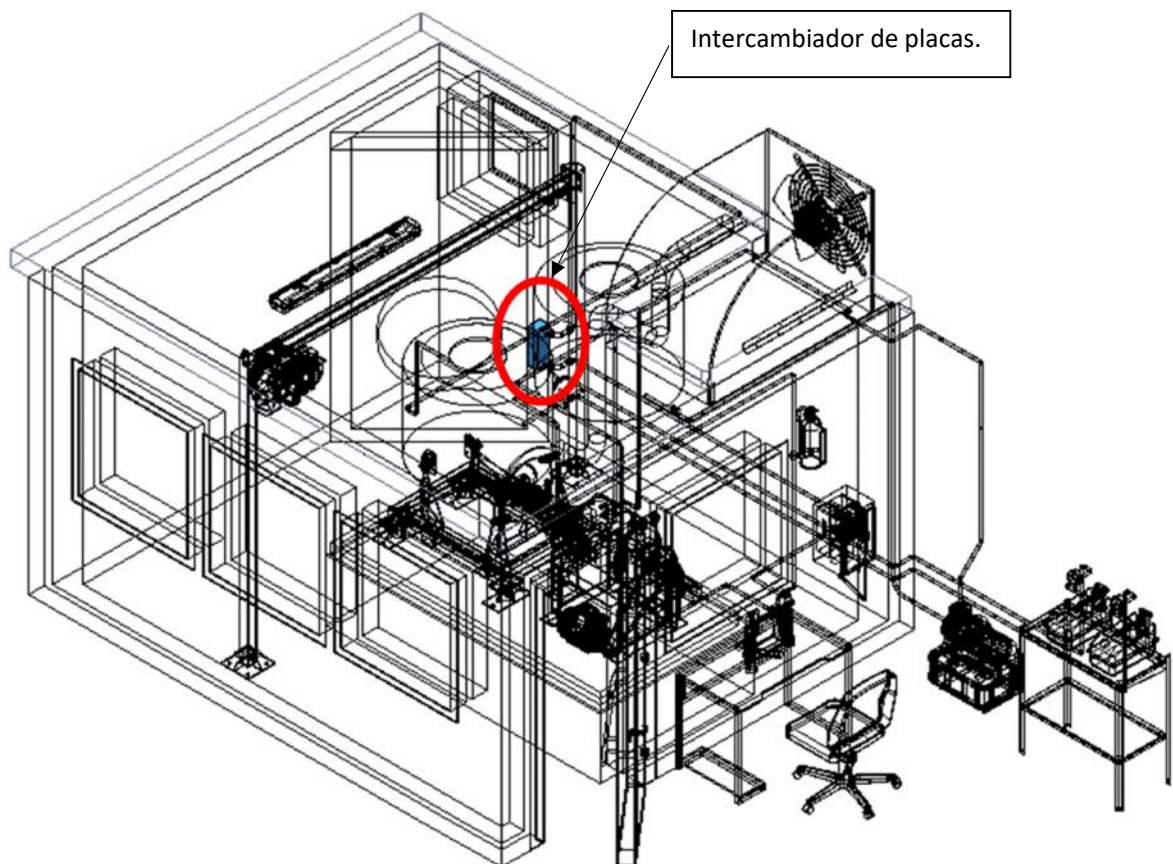


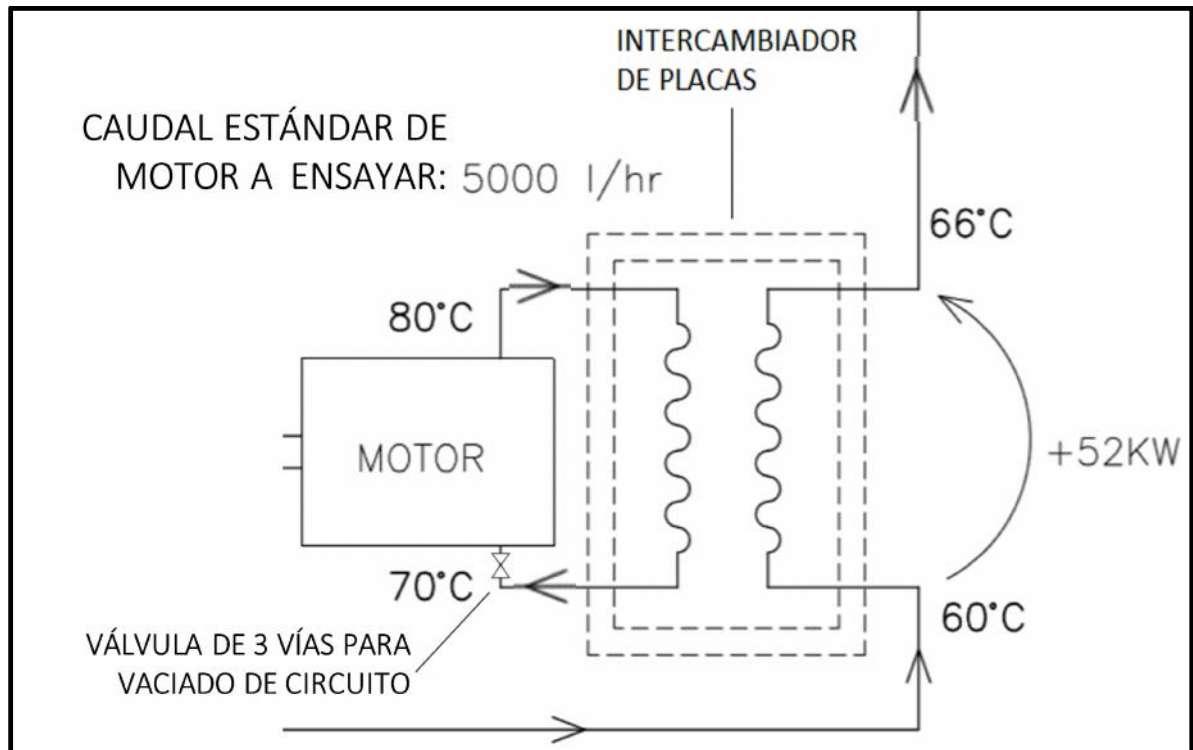
### **Conclusión**

El aerofriador es un equipo que permitiría extraer la totalidad del calor aportado a los fluidos de trabajo. Si es parte de la instalación, permite poder realizar ensayos como si de un proceso continuo se tratara.

En nuestro desarrollo fue desestimado por el gran costo que implicaría su adquisición y la corta duración de frenado neta que tiene un ensayo típico, pero se deja constancia de que su implementación es posible si se desea realizar pruebas de manera ininterrumpida.

## 8.6 REFRIGERACIÓN DEL MOTOR





Para reducir la temperatura del motor, se hace circular el fluido de refrigeración a través de un intercambiador de placas, donde cederá su energía al fluido del circuito principal.

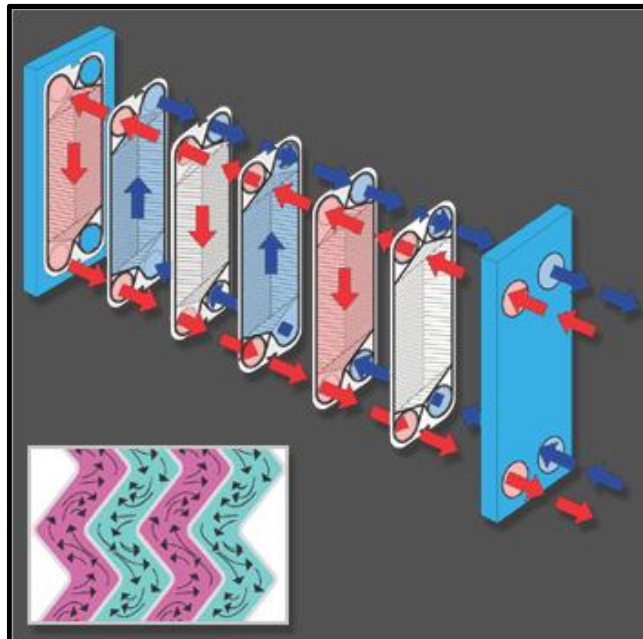
Para poder regular la temperatura del motor, especialmente bloquear el suministro de fluido de circuito primario durante el calentamiento, existen dos válvulas de control que permiten desviar el caudal de vuelta hacia el tanque. Cuando el motor alcanza la temperatura de régimen, se puede ajustar el caudal a enviar hacia el intercambiador de placas, logrando así la temperatura que uno desee para realizar el ensayo.

Para el desmontaje del conjunto de refrigeración del motor, el sistema cuenta con una válvula de 3 vías que permite vaciar el circuito sin derramar fluido, que se encuentra a alta temperatura. Cuando ya no queda más líquido, se puede proceder a retirar las mangueras.

Tanto para el refrigerante del motor como para el agua del circuito principal, existen indicadores de temperatura a la vista del operador para poder detectar excesos de temperatura en el sistema.

### **Intercambiador de placas.**

El total del líquido que pasa a través del intercambiador se divide en partes iguales en función del número de placas que disponga el intercambiador. Cada dos placas se genera un canal de circulación por el que fluye una de esas porciones de líquido. Gracias a este mecanismo, y a la corrugación de las placas, se incrementa notablemente la velocidad de circulación creando un flujo turbulento que reduce el riesgo de incrustaciones al tiempo que optimiza el intercambio de calor, de tal forma que el fluido logrará alcanzar el 100% de su temperatura al final del recorrido de cada placa.



Para nuestro caso, considerando las temperaturas y caudales en juego, se seleccionó el siguiente intercambiador:

Marca: SERG

Modelo: BL26-34R

Características de funcionamiento del modelo seleccionado:

Circuito Primario: fluido del sistema en general.

Fluido: Agua

Temperatura de Entrada: 60°C

Temperatura de Salida: 67.1°C

Caudal: 7.000 litros/hora

Caida de presión: 82 Kpa

Circuito Secundario: fluido del motor.

Fluido: Agua

Temperatura de Entrada: 80°C

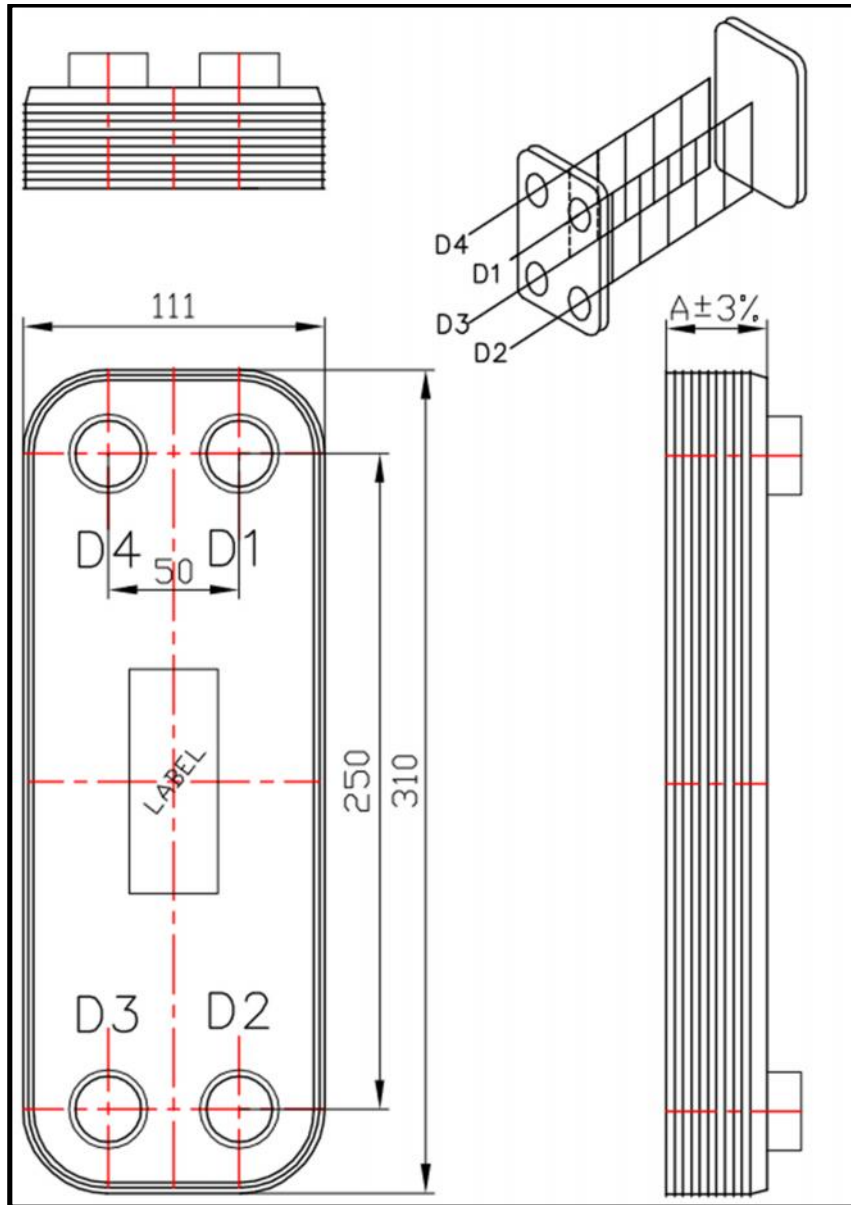
Temperatura de Salida: 70°C

Caudal: 5.000 litros/hora

Caida de presión: 47 Kpa

Capacidad: 56.41 Kw

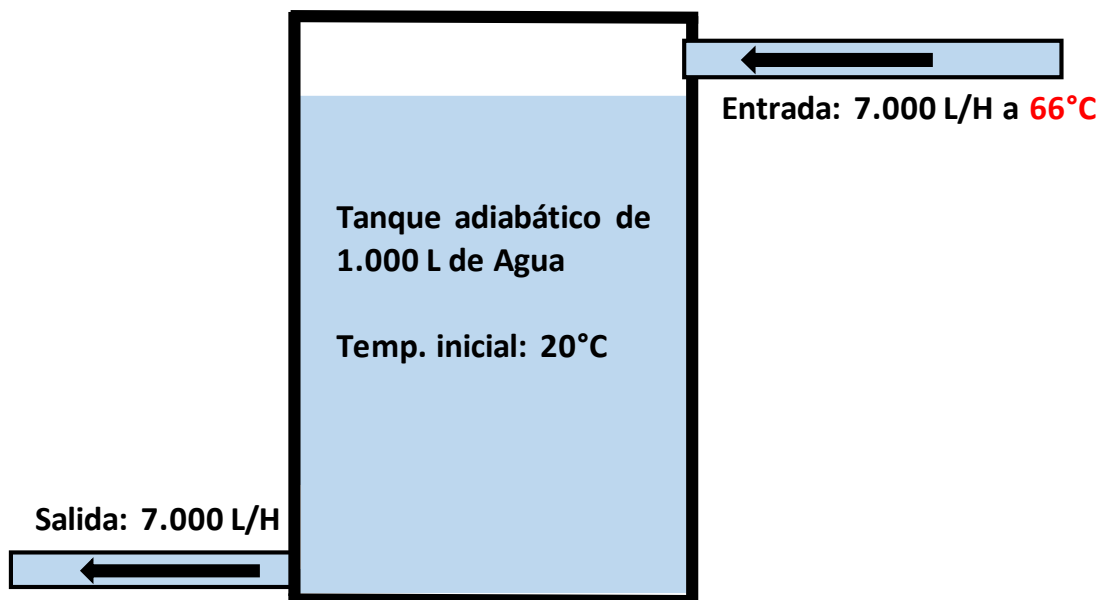
**Plano dimensional del fabricante:**



## 8.7 CÁLCULO TÉRMICO DE AGUA DE REFRIGERACIÓN

Como se explicó anteriormente, el objetivo principal del sistema es refrigerar el freno dinamométrico, que se encuentra a gran temperatura debido a la energía entregada por las bobinas. Luego de pasar por el freno y el intercambiador, el agua retorna al tanque donde lentamente comienza a calentar la masa de agua, que inicialmente se encontraba “fría”.

A continuación se analizará cuanto es el que tiempo transcurre desde el inicio de la refrigeración hasta que la temperatura de entrada al freno se encuentra a un valor demasiado elevada como para seguir operando.





Caudal másico.

$$CAU_{entrada} := 1.9444 \frac{kg}{s} \quad CAU_{salida} := 1.9444 \frac{kg}{s}$$

Volumen total almacenado.

$$Vol := 1000 \text{ L}$$

Densidad y masa de fluido.

$$\delta := 1 \frac{kg}{L} \quad m_{tanque} := Vol \cdot \delta \quad m_{tanque} = (1 \cdot 10^3) \text{ kg}$$

Temperatura inicial antes del freno.

$$T_{in} := 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad T_{in} = 293.15 \text{ K}$$

Temperatura adquirida en el freno.

$$\Delta T_{Sist} := 40 \text{ K}$$

Calor específico fluido.

$$C_{esp} := 4186 \frac{J}{kg \cdot K}$$

Temperaturas

$$T_{final} := T_{in} + \Delta T_{Sist} \quad T_{final} = 333.15 \text{ K}$$

$$\Delta T := T_{final} - T_{in}$$

$$\Delta T = 40 \text{ K}$$

Energía por unidad de tiempo adquirida en el freno.

$$Q := CAU_{entrada} \cdot C_{esp} \cdot \Delta T = (3.256 \cdot 10^5) \text{ W}$$

Delta de temperatura admitido para ingreso al freno.

$$\Delta T_{tanque} := 10 \text{ K} \quad \Delta T_{tanque} \text{ es el delta de temperatura aceptable para realizar el ensayo.}$$

Energía adquirida en el tanque.

$$Et = Q \cdot \Delta t$$

Energía adquirida en el tanque para aumentar  $\Delta T_{tanque}$

$$Et := m_{tanque} \cdot C_{esp} \cdot \Delta T_{tanque}$$

De estas dos formulas se despeja  $\Delta t$  y se obtiene el tiempo.

$$\Delta t := \frac{m_{tanque} \cdot C_{esp} \cdot \Delta T_{tanque}}{Q} = 128.574 \text{ s}$$

$$\Delta t = 2.143 \text{ min}$$

Conclusión: para que el tanque aumente la temperatura  $\Delta T$  se necesitará  $\Delta t$  minutos



### **Conclusión**

Podemos ver que pasarán 2,143 minutos de refrigeración continua hasta que la masa de agua en los tanques tenga una temperatura tal que no sea adecuado continuar con más ensayos.

Considerando que en un ensayo el tiempo neto de frenado es de entre 20 y 30 segundos, el sistema resulta viable. Además, hay un tiempo extra al inicio del proceso, cuando las bobinas aún se encuentran frías y entregan una cantidad mínima de energía al fluido, ya que el cálculo anterior fue realizado considerando el momento donde la transferencia de energía es máxima.

Tiempo de ensayo continuo disponible: 2,143 minutos (aprox. 4 ensayos)

## 8.8 CÁLCULO PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA

Datos establecidos según condición:

$$) \quad Q = 7000 \frac{L}{h} = 116.6 \frac{L}{m} = 7 \frac{m^3}{h} = 1,94 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías (Mecánica de Fluidos, Robert L. Mott, 6° Edición)

Tipo de servicio	Rango recomendado de velocidad	
	pie/s	m/s
Líneas de succión	2–4	0.6–1.2
Líneas de retorno	4–13	1.5–4
Líneas de descarga	7–18	2–5.5

El manual del U.S. Army Corps of Engineers, que lleva por título *Liquid Process Piping*, recomienda en las aplicaciones normales de abastecimiento de líquidos, que la velocidad del flujo esté en el rango de 1.2 m/s a 3.0 m/s (de 4 pies/s a 10 pies/s). Algunas aplicaciones específicas tal vez permitan velocidades mayores.



D (MM)	D (M)	SUP (M2)	CAUDAL (M3/s)	VEL M/S	SUCCIÓN	DESCARGA
25	0,025	0,00049063	0,001944444	3,96		DIÁMETROS RECOMENDADOS
26	0,026	0,00053066	0,001944444	3,66		
27	0,027	0,00057227	0,001944444	3,40		
28	0,028	0,00061544	0,001944444	3,16		
29	0,029	0,00066019	0,001944444	2,95		
30	0,03	0,0007065	0,001944444	2,75		
31	0,031	0,00075439	0,001944444	2,58		
32	0,032	0,00080384	0,001944444	2,42		
33	0,033	0,00085487	0,001944444	2,27		
34	0,034	0,00090746	0,001944444	2,14		
35	0,035	0,00096163	0,001944444	2,02		DIÁMETROS RECOMENDADOS
36	0,036	0,00101736	0,001944444	1,91		
37	0,037	0,00107467	0,001944444	1,81		
38	0,038	0,00113354	0,001944444	1,72		
39	0,039	0,00119399	0,001944444	1,63		
40	0,04	0,001256	0,001944444	1,55		
41	0,041	0,00131959	0,001944444	1,47		
42	0,042	0,00138474	0,001944444	1,40		
43	0,043	0,00145147	0,001944444	1,34		
44	0,044	0,00151976	0,001944444	1,28		
45	0,045	0,00158963	0,001944444	1,22		DIÁMETROS RECOMENDADOS
46	0,046	0,00166106	0,001944444	1,17		
47	0,047	0,00173407	0,001944444	1,12		
48	0,048	0,00180864	0,001944444	1,08		
49	0,049	0,00188479	0,001944444	1,03		
50	0,05	0,0019625	0,001944444	0,99		
51	0,051	0,00204179	0,001944444	0,95		
52	0,052	0,00212264	0,001944444	0,92		

Tubería de succión:  $\varnothing \text{ int.} = 50 \text{ mm}$

Tubería de descarga:  $\varnothing \text{ int.} = 33 \text{ mm}$

Selección cañería:



Presión nominal	Medida (mm)	de (mm)	di (mm.)	e (mm.)	sección (cm <sup>2</sup> )
Acqua System PN25 Agua fría y caliente línea roja	20	20	13.2	3.4	1.37
	25	25	16.6	4.2	2.16
	32	32	21.2	5.4	3.53
	40	40	26.6	6.7	5.56
	50	50	33.2	8.4	8.66
	63	63	42	10.5	13.85
	75	75	50	12.5	19.63
	90	90	60	15	28.27

Tubería de succión:  $\varnothing \text{ int.} = 50 \text{ mm}$ .  $A = 19,62 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Tubería de descarga:  $\varnothing \text{ int.} = 33,2 \text{ mm}$ .  $A = 8,65 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

) Pérdida de carga Intercambiador de placas → 0,82 bar = 82 kPa

$$h_{ip} = (P_2 - P_1) / \gamma = \frac{8}{9,6} \frac{\frac{k}{m^2}}{\frac{k}{m^3}} = 8,46 \text{ m}$$

) Pérdida de carga Freno → 0,82 bar (Dato asumido, de forma conservadora)

$$h_f = (P_2 - P_1) / \gamma = \frac{8}{9,6} \frac{\frac{k}{m^2}}{\frac{k}{m^3}} = 8,46 \text{ m}$$





Acqua System® PN25 - 60°C									
Pérdida de carga por metro de cañería "j" en (m c.a./m), y Velocidad "v" en (m/s) en función del Caudal "Q" en (l/s)									
Q (l/s)	j v	Diámetro Nominal							
		20	25	32	40	50	63	75	90
0.05	j v	0.016 0.37	0.005 0.23	0.002 0.14	0.001 0.09	0.000 0.06	0.000 0.04	0.000 0.03	0.000 0.02
0.10	j v	0.054 0.73	0.018 0.46	0.005 0.28	0.002 0.18	0.001 0.12	0.000 0.07	0.000 0.05	0.000 0.04
0.15	j v	0.113 1.10	0.037 0.69	0.011 0.42	0.004 0.27	0.001 0.17	0.001 0.11	0.000 0.08	0.000 0.05
0.20	j v	0.190 1.46	0.062 0.92	0.019 0.57	0.006 0.36	0.002 0.23	0.001 0.14	0.000 0.10	0.000 0.07
0.30	j v	0.399 2.19	0.131 1.39	0.040 0.85	0.013 0.54	0.005 0.35	0.002 0.22	0.001 0.15	0.000 0.11
0.40	j v	0.680 2.92	0.221 1.85	0.066 1.13	0.022 0.72	0.008 0.46	0.002 0.29	0.001 0.20	0.000 0.14
0.50	j v	1.037 3.65	0.332 2.31	0.101 1.42	0.033 0.90	0.011 0.58	0.004 0.36	0.002 0.25	0.001 0.18
0.60	j v		0.466 2.77	0.139 1.70	0.046 1.08	0.016 0.69	0.005 0.43	0.002 0.31	0.001 0.21
0.70	j v		0.620 3.23	0.185 1.98	0.061 1.26	0.021	0.007 0.51	0.003 0.36	0.001 0.25
0.80	j v			0.239 2.27	0.078 1.44	0.081	0.009 0.58	0.004 0.41	0.001 0.28
0.90	j v			0.294 2.55	0.097 1.62	0.026 0.92	0.011 0.65	0.005 0.46	0.002 0.32
1.00	j v			0.358 2.83	0.118 1.80	0.033 1.04	0.013 0.72	0.006 0.51	0.002 0.35
1.20	j v			0.506 3.40	0.165 2.16	0.040 1.16	0.018 0.87	0.008 0.61	0.003 0.42
1.40	j v				0.219 2.52	0.056 1.39	0.023 1.01	0.010 0.71	0.004 0.50
1.60	j v				0.281 2.88	0.074 1.62	0.030 1.15	0.013 0.81	0.005 0.57
1.80	j v				0.350 3.24	0.095 1.85	0.037 1.30	0.016 0.92	0.007 0.64
2.00	j v					0.117 2.08	0.045 1.44	0.019 1.02	0.008 0.71
2.20	j v					0.143 2.31	0.054 1.59	0.023 1.12	0.009 0.78
2.40	j v					0.169 2.54	0.063 1.73	0.027 1.22	0.011 0.85
2.60	j v					0.199 2.77	0.073 1.88	0.031 1.32	0.013 0.92
2.80	j v					0.232 3.00	0.083 2.02	0.036 1.43	0.015 0.99
3.00	j v					0.266 3.23	0.096 2.17	0.041 1.53	0.016 1.06
3.25	j v						0.111 2.35	0.047 1.66	0.019 1.15
3.50	j v						0.127 2.53	0.053 1.78	0.022 1.24
3.75	j v						0.145 2.71	0.061 1.91	0.025 1.33

### Cálculos Pérdida de carga

#### Línea succión

$h_{ls}$ :  $h_1 + h_2 + h_3$

$$- h_1 (\text{codo } 90^\circ) = \left[ f_{ts} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v_s^2}{2g} \right] * 3 = \left[ 0,008 * 30 * \frac{v_s^2}{2g} \right] * 3 = 0,72 \frac{v_s^2}{2g} = 0,18 \text{ m.}$$

$$- h_2 (\text{válv. esférica}) = \left[ f_{ts} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v_s^2}{2g} \right] * 3 = \left[ 0,008 * 8 * \frac{v_s^2}{2g} \right] * 3 = 0,192 \frac{v_s^2}{2g} = 0,05 \text{ m.}$$

$$- h_3 (\text{tubo succión}) = 0,019 * 6,68 \text{ m.} = 0,12 \text{ m.}$$

$$h_{ls} = 0,35 \text{ m}$$



### Línea descarga

$$h_{ld}: h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_{ip} + h_f$$

- $h_1$  (codo 90°) =  $\left[ f_{td} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v_d^2}{2g} \right] \cdot 20 = \left[ 0,012 \cdot 30 \cdot \frac{v_d^2}{2g} \right] \cdot 20 = 7,2 \frac{v_d^2}{2g} = 1,87 \text{ m.}$
- $h_2$  (Tee) =  $\left[ f_{td} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v_d^2}{2g} \right] = 0,012 \cdot 60 \cdot \frac{v_d^2}{2g} = 0,72 \frac{v_d^2}{2g} = 0,18 \text{ m.}$
- $h_3$  (valv. Esférica) =  $\left[ f_{td} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v_d^2}{2g} \right] \cdot 6 = \left[ 0,008 \cdot 45 \cdot \frac{v_d^2}{2g} \right] \cdot 6 = 2,16 \frac{v_d^2}{2g} = 0,56 \text{ m.}$
- $H_4$  (tubo descarga) =  $0,117 \cdot 15,95 \text{ m.} = 1,86 \text{ m.}$
- $h_{ip}$  (intercambiador de placas) =  $8,46 \text{ m}$
- $h_f$  (freno) =  $8,46 \text{ m}$

$$h_{ld} = 21,4 \text{ m.}$$

Perdida de carga total

$$h_t = h_{ls} + h_{ld} = 0,35 + 21,4 \text{ m.} = 21,75 \text{ m.}$$

Usando la ecuación de la energía:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_s^2}{2g} - h_L + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_d^2}{2g}$$

$$h_a = \left( \frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} \right) + (z_2 - z_1) + \left( \frac{v_d^2}{2g} - \frac{v_s^2}{2g} \right) + h_L$$

$$- z_2 - z_1 = 3,25 + 0 = 3,25 \text{ m}$$

$$P_1 = \gamma h_{20} \cdot h_{20} = 3,15 \text{ m} \times 9810 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} = 30901 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$- \frac{P_2 - P_1}{\gamma} = \frac{0 - 3}{9} \frac{\text{N}/\text{m}^2}{\text{N}/\text{m}^3} = -3,18 \text{ m}$$

$$- \left( \frac{v_d^2}{2g} - \frac{v_s^2}{2g} \right) = \frac{2,2^2 - 1^2}{2 \cdot 9,8} \frac{\text{m}^2/\text{s}^2}{\text{m}/\text{s}^2} = 0,21 \text{ m}$$

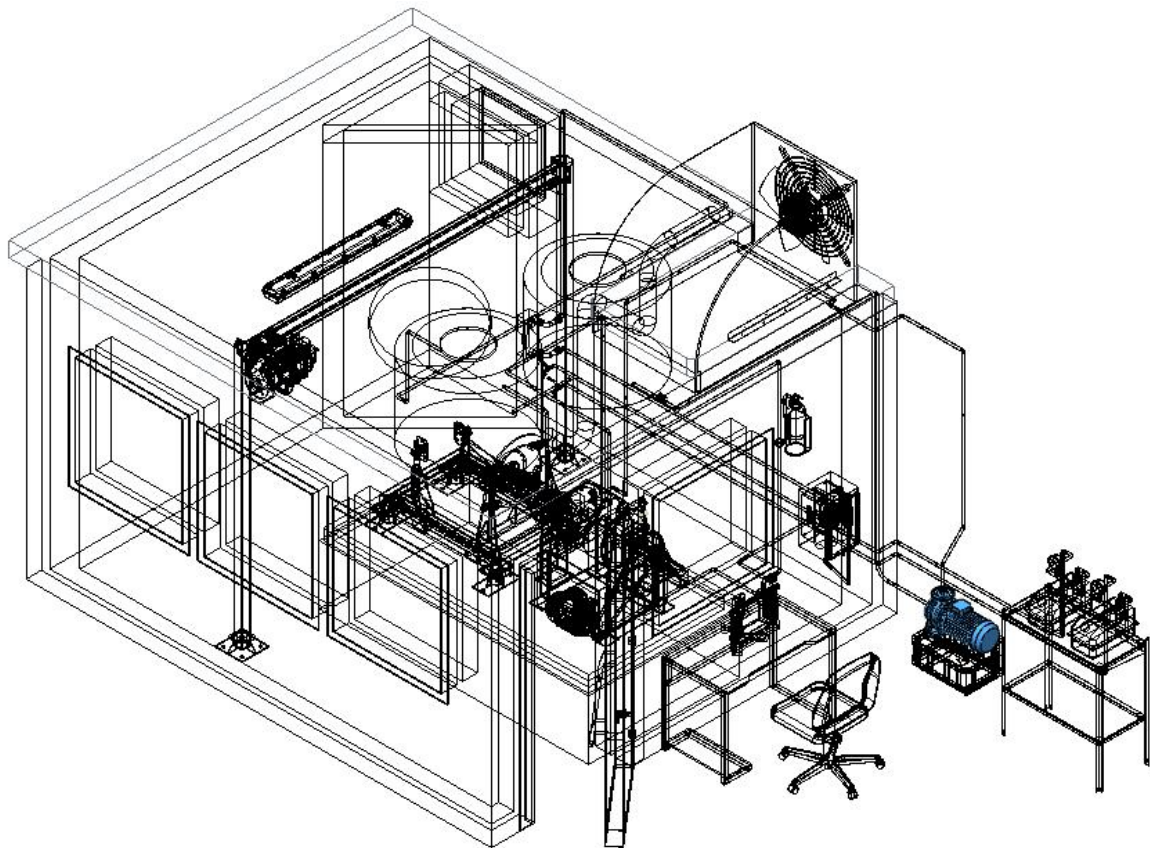
Energía que se necesita que la bomba aporte al sistema:

$$h_a = -3,18 \text{ m} + 3,25 \text{ m} + 0,21 \text{ m} + 21,75 \text{ m} = \mathbf{22,03 \text{ m}}$$

Verificación cañería. Ciclo de vida según presión y temperatura:

<b>Presiones Máximas Admisibles</b>				
Coeficiente de seguridad - 1,5 - unidades en kg/cm <sup>2</sup>				
Temperatura constante	Años de servicio	Acqua System® serie 5	Acqua System® serie 3,2	Acqua System® serie 2,5 y Acqua Lúminum
		Presión nominal		
		PN 12	PN 20	PN 25
20°C	1	15,0	23,8	30,0
	5	14,1	22,3	28,1
	10	13,7	21,7	27,3
	25	13,3	21,1	26,5
	50	12,9	20,4	25,7
	100	12,5	19,8	24,9
30°C	1	12,8	20,2	25,5
	5	12,0	19,0	23,9
	10	11,6	18,3	23,1
	25	11,2	17,7	22,3
	50	10,9	17,3	21,8
	100	10,6	16,9	21,2
40°C	1	10,8	17,1	21,5
	5	10,1	16,0	20,2
	10	9,8	15,6	19,6
	25	9,4	15,0	18,8
	50	9,2	14,5	18,3
	100	8,9	14,1	17,8
50°C	1		14,5	18,3
	5		13,5	17,0
	10		13,1	16,5
	25		12,6	15,9
	50		12,2	15,4
	100		11,8	14,9
60°C	1		12,2	15,4
	5		11,4	14,3
	10		11,0	13,8
	25		10,5	13,3
	50		10,1	12,7
70°C	1		10,3	13,0
	5		9,5	11,9
	10		9,3	11,7
	25		8,0	10,1
	50		6,7	8,5
80°C	1		8,6	10,9
	5		7,6	9,6
	10		6,3	8,0
	25		5,1	6,4
	50			5,1

## 8.9 SELECCIÓN DE BOMBA



**Requisitos**

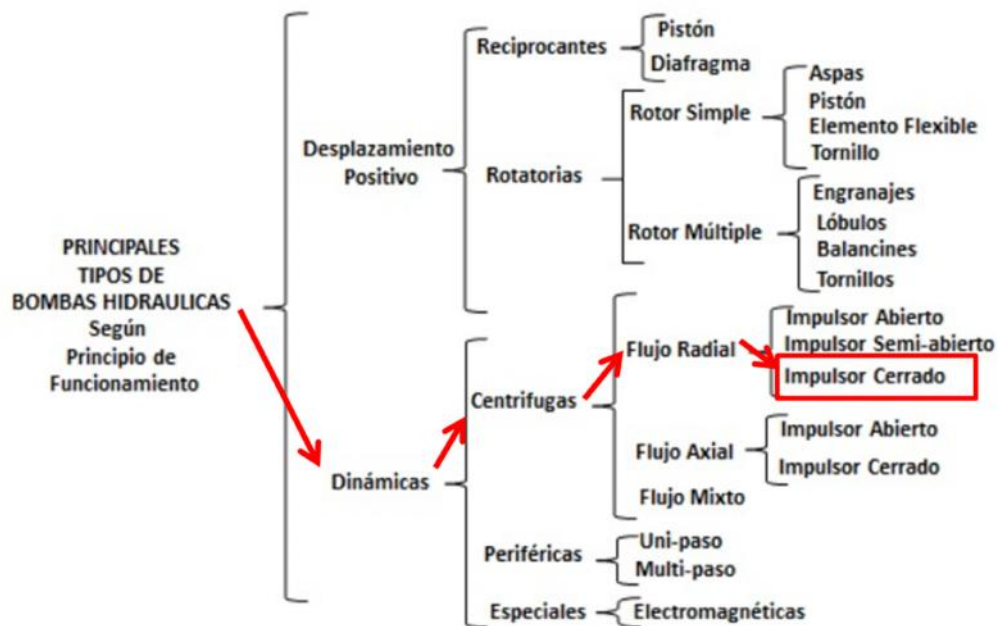
Caudal: 7000 L/h

Presión > 22,03 m

Fluido: Agua destilada (limpia)

Instalada a nivel de piso.

**Tipo de bomba.**



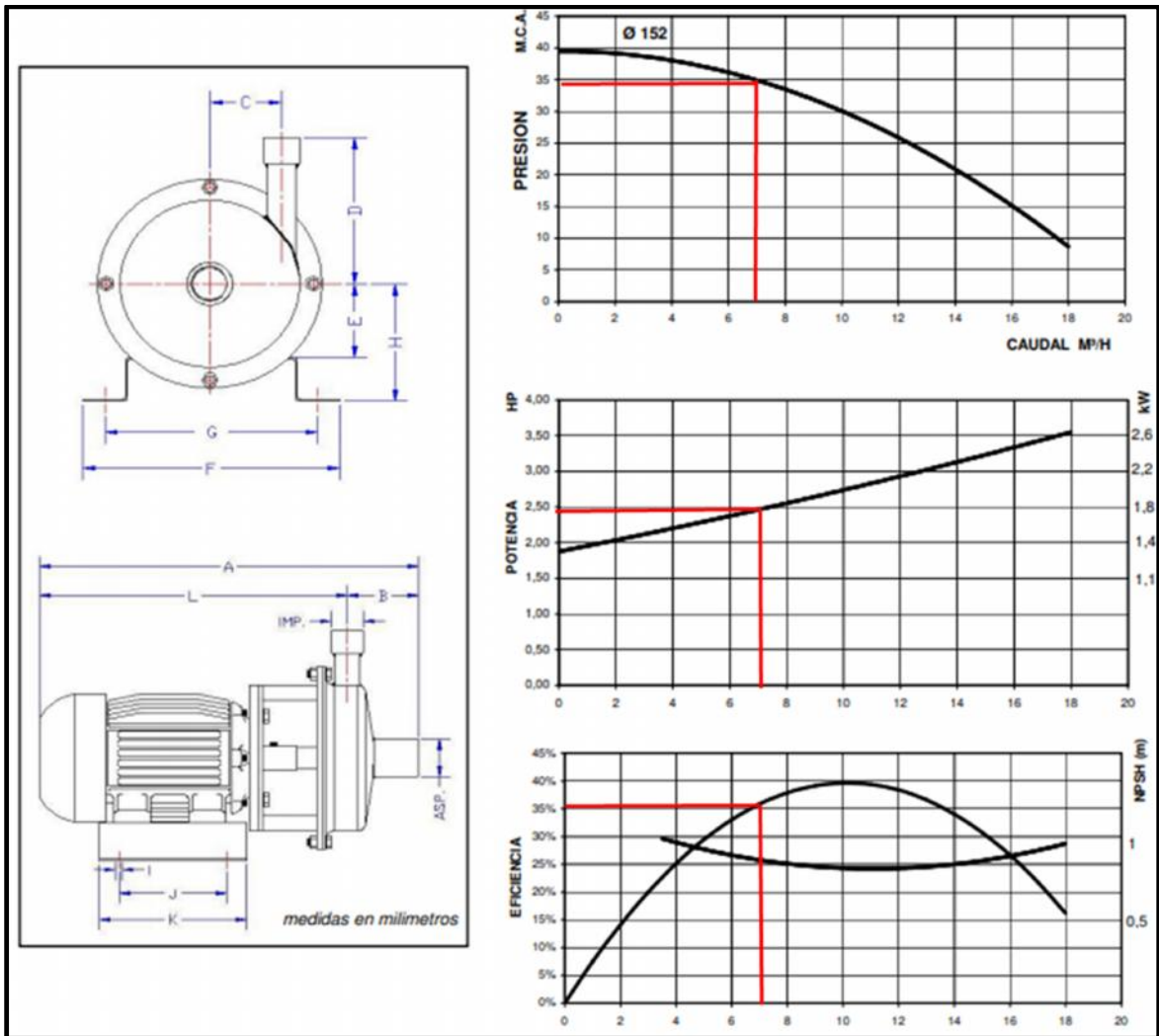


**Modelo seleccionado.**

Marca: DESSOL

Modelo: Q-200/25 3HP 2800 1/min

**Curvas de funcionamiento.**



MODELO	DATOS ELECTRICOS					DATOS HIDRAULICOS			
	CARCAZA	TENSION V	POTENCIA HP   Kw	VELOCIDAD r.p.m.	INTENSIDAD A	CAUDAL m³/Hr.	0	10	18
Q-200	90L	220 / 380	3   2,2	2.800	8,3 / 4,8	PRESION m.c.a.	40	30	8

**Calculo de la carga de succión neta positiva (AMPA o NPSH)**

$$NPSH_A > 1.10 NPSH_R$$

$$NPSH_A > 1.10 \text{ m}$$

**TABLA 13.2.** Presión de vapor y carga de presión de vapor del agua

Temperatura °C	Presión de vapor kPa (abs)	Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )	Carga de presión de vapor (m)
0	0.6105	9.806	0.06226
5	0.8722	9.807	0.08894
10	1.228	9.804	0.1253
<u>20</u>	<u>2.338</u>	<u>9.789</u>	0.2388
30	4.243	9.765	0.4345
40	7.376	9.731	0.7580
50	12.33	9.690	1.272
60	19.92	9.642	2.066
70	31.16	9.589	3.250
80	47.34	9.530	4.967
90	70.10	9.467	7.405
100	101.3	9.399	10.78

$$\text{NPSH}_A = h_{sp} + h_s - h_f - h_{vp}$$

Diferencia de nivel:

I.  $h_s = 3,25 \text{ m.}$

Pérdidas en succión:

II.  $h_f = 0,35 \text{ m.}$

Carga de presión estática absoluta sobre el fluido en el almacenamiento:

III.  $h_{sp} = \frac{p_s}{\gamma} = \frac{1}{9} \frac{\text{N/m}^2}{\text{N/m}^3} = 10,35 \text{ m}$

Carga de presión de vapor del líquido:

IV.  $h_{vp} = \frac{p_v}{\gamma} = \frac{2}{9} \frac{\text{N/m}^2}{\text{N/m}^3} = 0,23 \text{ m}$

$$\text{NPSH}_A = 10,35 \text{ m} + 3,25 \text{ m} - 0,35 \text{ m} - 0,23 \text{ m} = 13,02 \text{ m}$$

$$13,02 \text{ m} > 1,10 \text{ m}$$

**Verifica.**