



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LAS MATRICES DE LAS SOPLADORAS DE PLÁSTICO Y MODELACIÓN DE UNA MATRIZ EN CFD; CON LA FINALIDAD DE MEJORAR LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD, EN LA EMPRESA INPLASTICO

Autores:

Bryan Leonardo Robayo Paladines

Pablo Esteban Rodríguez García

Tutor:

Ing. Wilson Sánchez

INTRODUCCIÓN

- El presente proyecto consiste en el desarrollo e implementación de un sistema centralizado y autónomo de enfriamiento, mismo que permitió la reducción del consumo energético, la disminución de la temperatura ambiente al interior de la planta de producción, y el acceso a un registro de las horas de trabajo de las máquinas sopladoras utilizadas en la producción de envases de HDPE.
- El diseño de la matriz de soplado utilizada para el análisis térmico se lo realizó utilizando un software CAD, para su posterior modelación de la transferencia de calor en un software CAE, de esta manera se comprobó que el sistema de enfriamiento cumple con los parámetros necesarios para la producción de envases de HDPE mediante el método de extrusión – soplado.
- El diseño de la red hidráulica del sistema de enfriamiento, se lo realizó considerando parámetros de presión, caudal y temperatura, para la posterior selección de equipos y accesorios. El diseño del sistema eléctrico y de control, se lo realizó en función a las necesidades operativas de la planta de producción. El funcionamiento en manera general se basa a partir de: La carga total térmica requerida por la planta de producción que es registrada por el PLC, para la posterior selección de los chillers en función de su capacidad de enfriamiento.

OBJETIVOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Realizar un análisis previo del sistema de enfriamiento

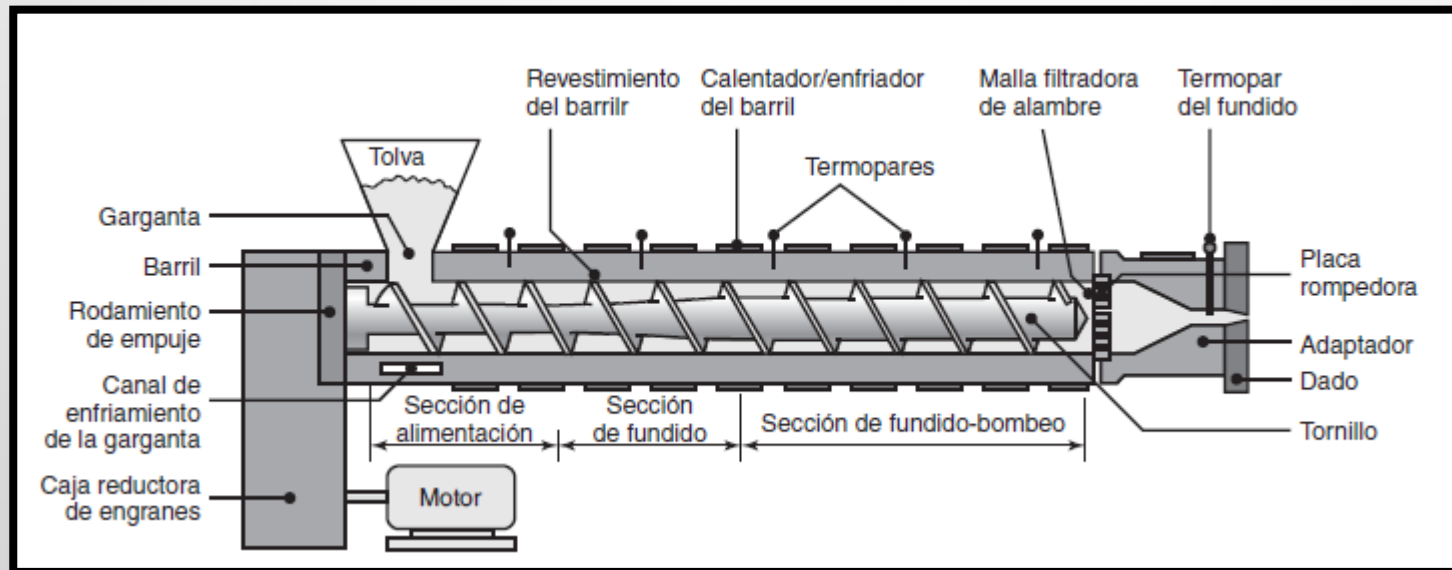
Diseñar el nuevo sistema automático de enfriamiento.

Diseñar el algoritmo de control para automatizar el sistema de enfriamiento y el registro de tiempos de producción de las sopladoras de plástico.

Realizar el modelado en CFD de la matriz de soplado

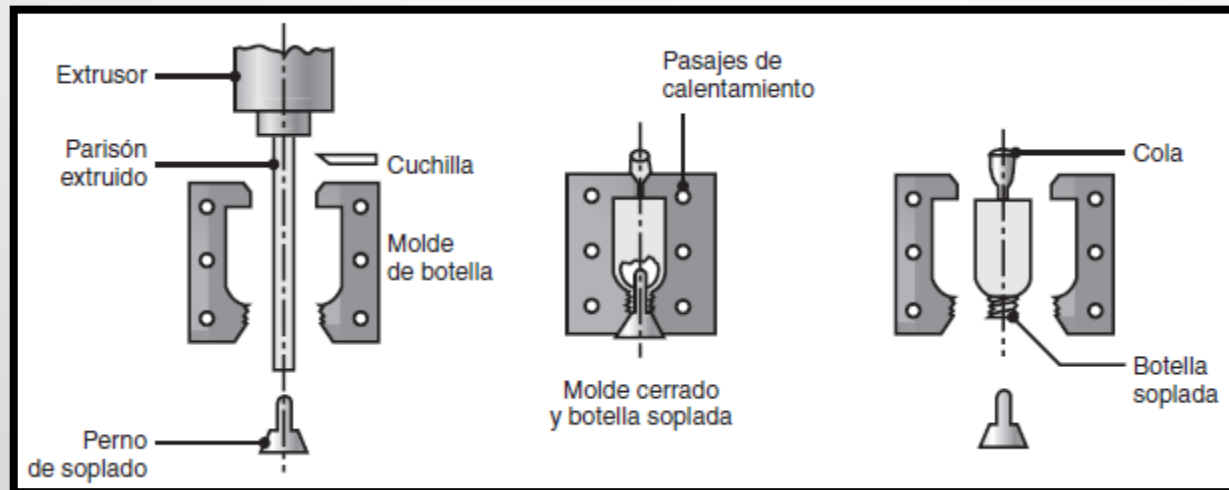
PRODUCCIÓN DE ENVASES MEDIANTE EL PROCESO EXTRUSIÓN- SOPLADO

COMPONENTES DE MÁQUINA EXTRUSORA



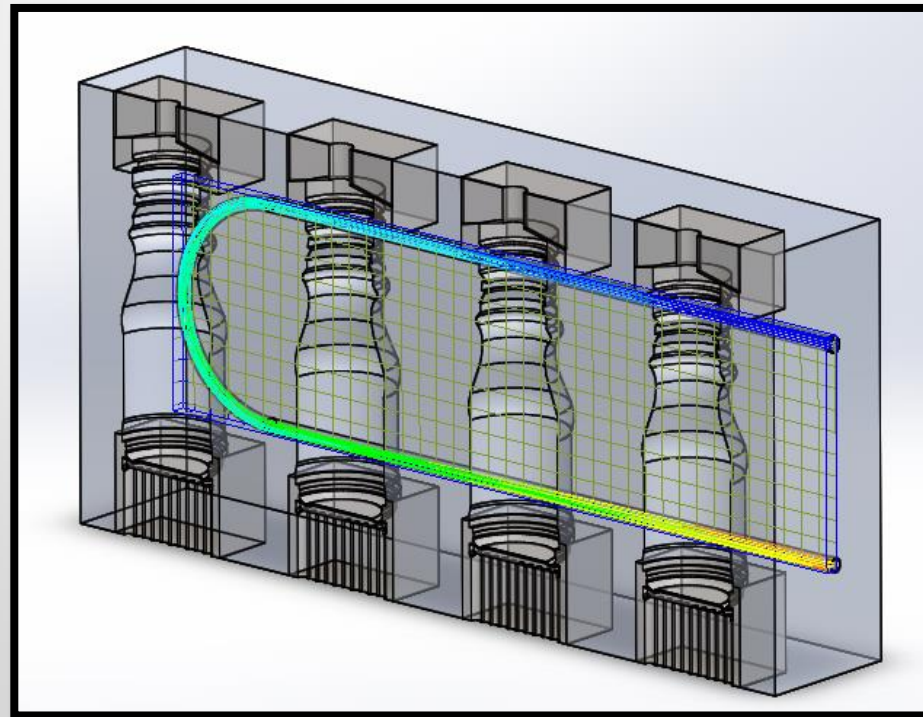
PRODUCCIÓN DE ENVASES MEDIANTE EL PROCESO EXTRUSIÓN- SOPLADO

SOPLADO DE ENVASES



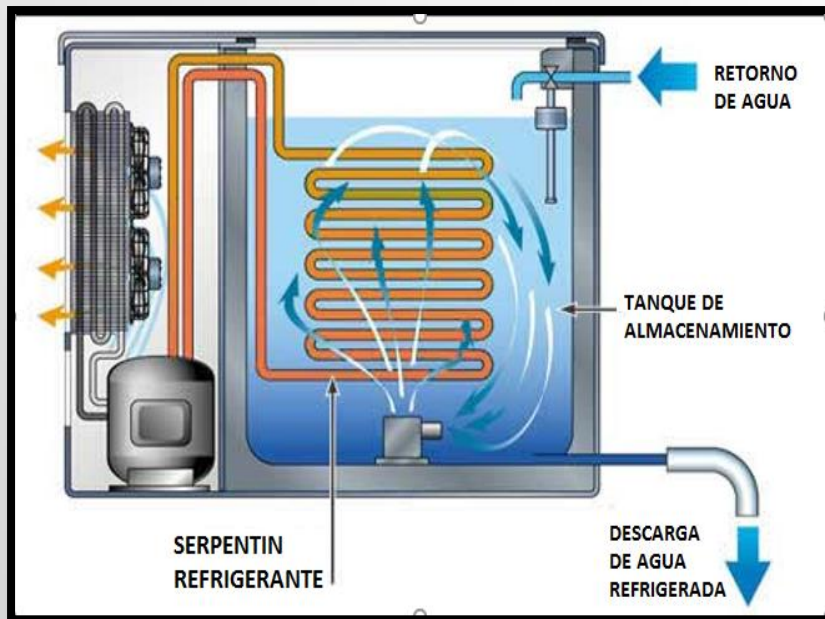
PRODUCCIÓN DE ENVASES MEDIANTE EL PROCESO EXTRUSIÓN- SOPLADO

ENFRIAMIENTO DEL MOLDE



CHILLERS INDUSTRIALES

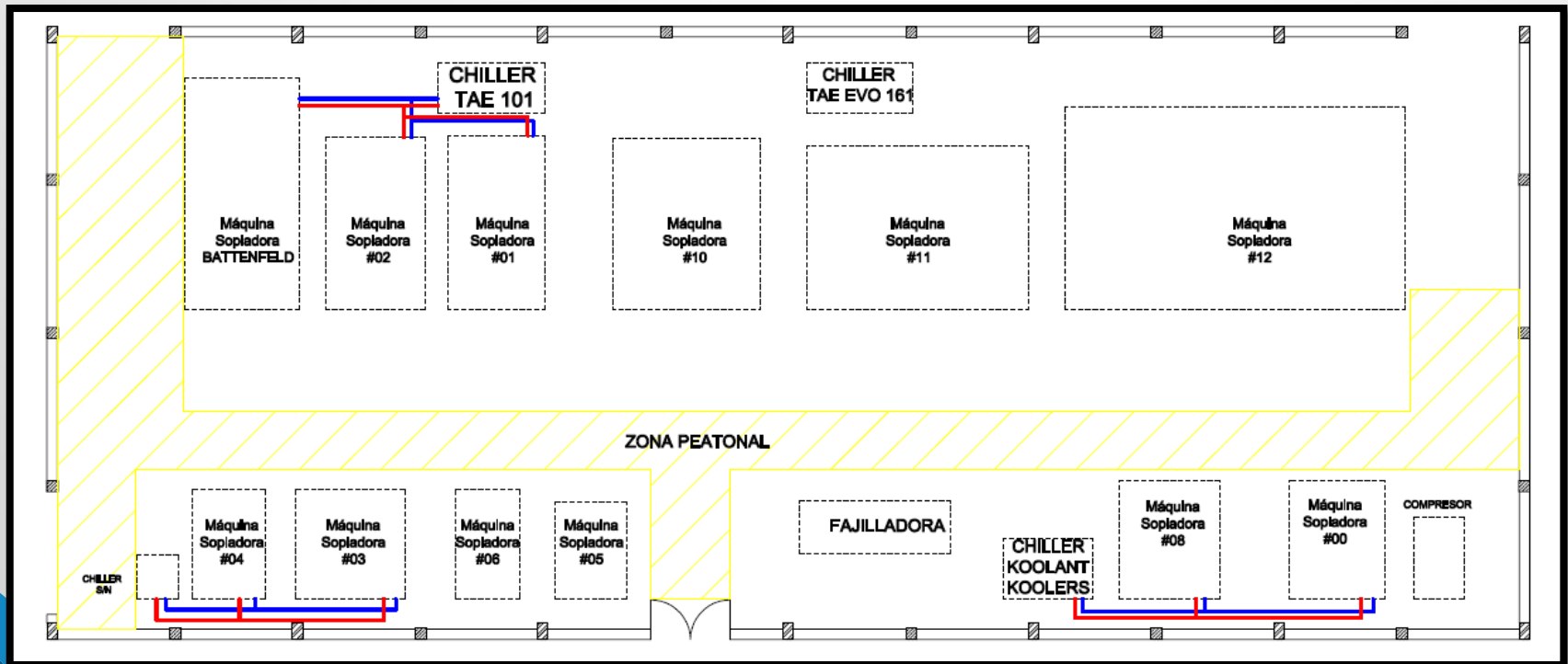
FUNCIONAMIENTO



PROCESO	RANGO
Moldes	7 a 14 °C
Enfriadores de Aceite	23 a 35 °C
Compresores de aire	23 a 35 °C
Post-enfriadores	20 a 30 °C
Termorreguladores	7 a 15 °C
Aire para formadoras	7 a 10 °C

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

DISTRIBUCIÓN ORIGINAL



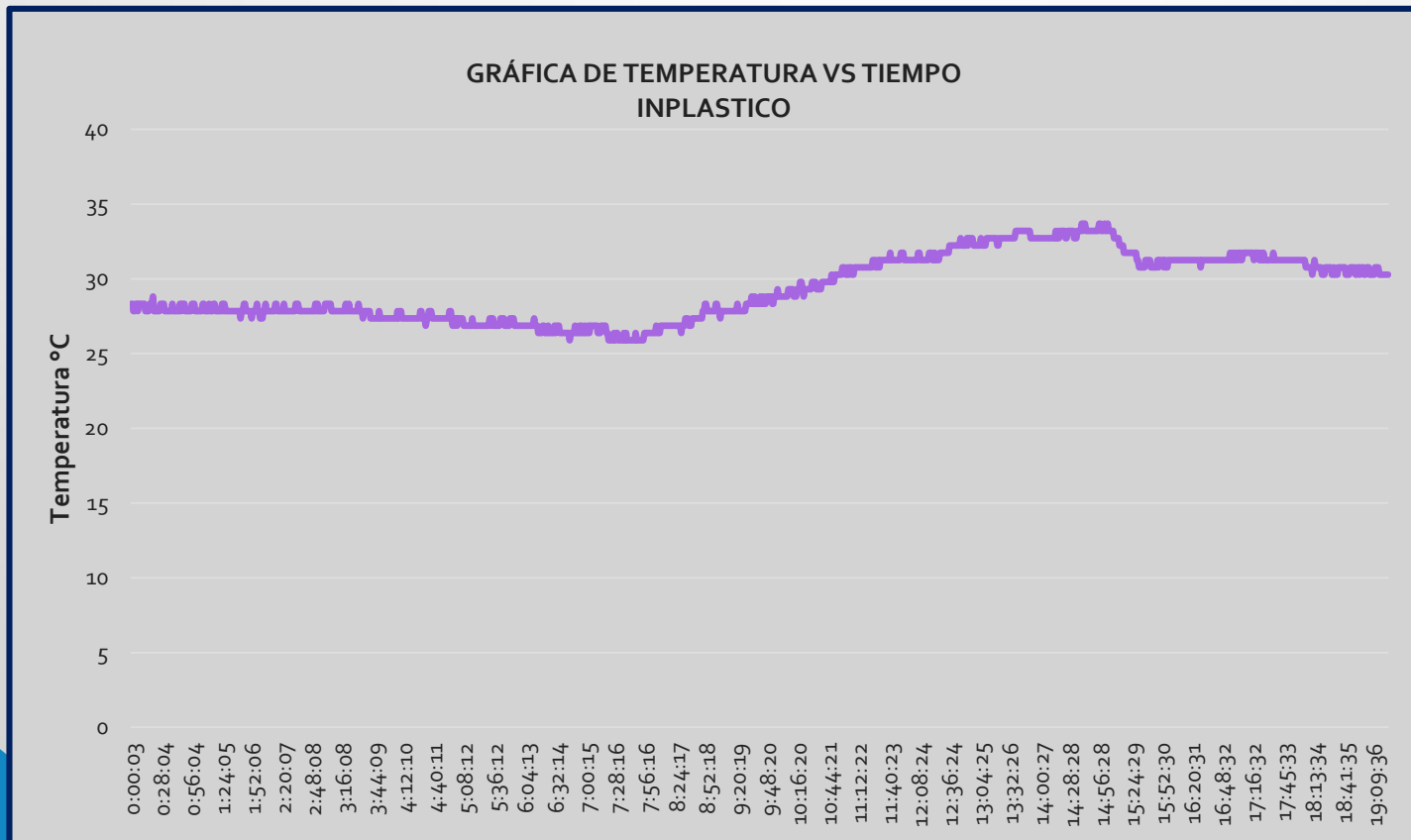
ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CHILLERS

MARCA	MODELO	CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO		CAPACIDAD DEL TANQUE [L]	CORRIENTE [A]	VOLTAJE [V]	FRECUENCIA [Hz]	POTENCIA [KW]
		[T.R.]	[KW]					
HENN	TAE EVO 201	17,5	61,5	255	45	400	60	26
HENN	TAE EVO 161	13,7	48	255	37	400	60	21
M.T.A.	TAE 101	9,8	34,4	255	24	400	60	14
KOOLANT KOOLERS	HCV 7500	7,5	26,4	100	19,7	440	60	8,9

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

TEMPERATURA AMBIENTE AL INTERIOR DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN



ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CÁLCULO PÉRDIDA DE CALOR EN TUBERÍAS

Material	Policlururo de vinilo (PVC)
Temperatura exterior de la tubería	41 °F
Temperatura Interior de la tubería	86 °F
Radio exterior	24,13 mm
Radio interior	19,05 mm
Conductividad térmica (k)	0,0924 $\left[\frac{BTU}{ft \cdot h \cdot ^\circ F} \right]$

$$\dot{Q} = \frac{2 * \pi * k * (T_i - T_o)}{2,3 \log \left(\frac{r_o}{r_i} \right)} \left[\frac{BTU}{h * ft \text{ lineal}} \right]$$

$$\dot{Q} = \frac{2 * \pi * 0,0924 \left[\frac{BTU}{ft * h * ^\circ F} \right] * (41 ^\circ F - 86 ^\circ F)}{2,3 \log \left(\frac{24,13}{19,05} \right)}$$

$$\dot{Q} = -110,64 \left[\frac{BTU}{h * ft \text{ lineal}} \right]$$

$$\dot{Q} = -8,385 * 10^{-3} \left[\frac{TR}{m \text{ lineal}} \right]$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CÁLCULO PÉRDIDA DE CALOR ENTUBERÍAS

Para determinar el calor total que se pierde en las tuberías de distribución, se toma en cuenta la longitud total de tubería instalada.

$$\dot{Q} = - 8,385 * 10^{-3} \left[\frac{TR}{m \text{ lineal}} \right] * 108,67 [m \text{ lineal}]$$

$$\dot{Q} = -0.911[TR]$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CÁLCULO CARGA TÉRMICA EN MOLDES

La demanda de extracción de calor de los moldes de cada máquina depende del tipo de envase que se produce. Cada uno de estos moldes, tienen distintas configuraciones para su manufactura, tales como:

- Tiempo de producción
- Peso neto
- Peso bruto
- Tiempo de soplado
- Presión de aire
- Temperatura de trabajo.
- Ciclo de proceso
- Envases por ciclo

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CÁLCULO CARGA TÉRMICA EN MOLDES

DATO	MÁQUINA #01	MÁQUINA #02
Chiller asociado	HENN	HENN
Número de cabezas	2	1
Tipo de molde	Cuadrado 1000	Galón cuadrado 3780cc
Peso bruto	70 [gr]	144 [gr]
Temperatura del párison	170 [°C]	175 [°C]
Temperatura del envase soplado	67 [°C]	75 [°C]
Tiempo de producción	12 [s]	14 [s]
Tiempo de contacto molde – envase	9 [s]	11 [s]

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CÁLCULO CARGA TÉRMICA EN MOLDES

Máquina #01

$$\dot{Q}_1 = \frac{70,5 \text{ [gr]}}{9 \text{ [s]}} * 2,3 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right] * (170 - 67) \text{ [K]}$$

$$\dot{Q}_1 = 6680,58 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{Q}_1 = 6331,97 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right]$$

- El ciclo de trabajo es de 12 segundos y el tiempo de contacto entre el molde y el envase extruido es de 9 segundos
- La máquina #01 cuenta con dos cabezales, lo que duplica el valor de la transferencia de calor

$$\dot{Q}_1 = 6331,97 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right] * \frac{9}{12} * 2$$

$$\dot{Q}_1 = 9497,95 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right]$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CÁLCULO CARGA TÉRMICA EN MOLDES

Máquina #02

$$\dot{Q}_2 = \frac{144 \text{ [gr]}}{11 \text{ [s]}} * 2,3 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right] * (175 - 75) \text{ [K]}$$

$$\dot{Q}_2 = 10839,27 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{Q}_2 = 10273,64 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right]$$

Al igual que en la máquina #01, se debe considerar que el ciclo de trabajo es de 14 segundos y el tiempo de contacto entre el molde y el envase extruido es de 11 segundos.

$$\dot{Q}_2 = 10273,64 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right] * \frac{11}{14}$$

$$\dot{Q}_2 = 8072,15 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right]$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CÁLCULO CARGA TÉRMICA EN MOLDES

Para determinar la cantidad de calor que fue extraído por el chiller HENN, de los moldes de las máquinas #01 y #02, se relacionó la tasa de transferencia de calor, y el tiempo que duro este proceso, como se muestra en la ecuación; considerando que durante el proceso no existieron interrupciones tales como cambio de moldes, parada de emergencia, ni detención de las máquinas.

$$Q_T = (\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2) * \Delta t$$

$$Q_T = \left(9497,95 \left[\frac{BTU}{h} \right] + 8072,15 \left[\frac{BTU}{h} \right] \right) * 13 [h]$$

$$Q_T = 228411,33 [BTU]$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CÁLCULO CARGA TÉRMICA EN MOLDES

Para relacionar la cantidad de calor extraído con la cantidad de materia, se tomó el informe emitido por los operarios, en el cual se detalla los kilogramos de HDPE utilizados en el turno nocturno.

DETALLE	MÁQUINA #01	MÁQUINA #02
Código del envase	1000 LT	3875 QB
Color del envase	Transparente	Transparente
Marca del material	Braskem	Braskem
Cantidad total de material utilizado	234 Kg	171,5 Kg

$$\frac{BTU}{Kg} = \frac{228411,33 [BTU] * 1,1}{234[Kg] + 171,5 [Kg]}$$

$$\frac{BTU}{Kg} = \frac{251252,46 [BTU]}{405,5 [Kg]}$$

$$\frac{BTU}{Kg} = 619,61 \left[\frac{BTU}{Kg} \right]$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CARGA TÉRMICA MÁQUINAS SOPLADORAS

NÚMERO DE MÁQUINA INICIAL	NÚMERO DE MÁQUINA MODIFICADA	POTENCIA MÁQUINA [kW]	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (Kg/h)	CARGA TÉRMICA [T.R.]
1	9	16,6	51,2	2,64
2	8	19,9	46,2	2,39
3	12	14,43	11,34	0,59
4	13	14,43	17,6	0,91
5	5	16	24,6	1,27
6	11	10	12,6	0,65
7	10	8	6,3	0,33
8	7	17,73	33,15	1,71
0	6	16,36	36,6	1,89
10	3	20	75	3,87
11	2	20	75	3,87
9	4	16	50	2,58
12	1	20	75	3,87

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CARGA TÉRMICA DE DISEÑO

La carga térmica considerada para el diseño consta de la suma total de

- Carga por pérdidas de calor en tuberías.
- Carga térmica de las sopladoras.
- Carga térmica futura.

La carga térmica de expansión es aquella considerada para cubrir las necesidades de refrigeración de la planta con proyección a futuro. Se considera el 50% de la carga térmica actual, como reserva para su uso a futuro.

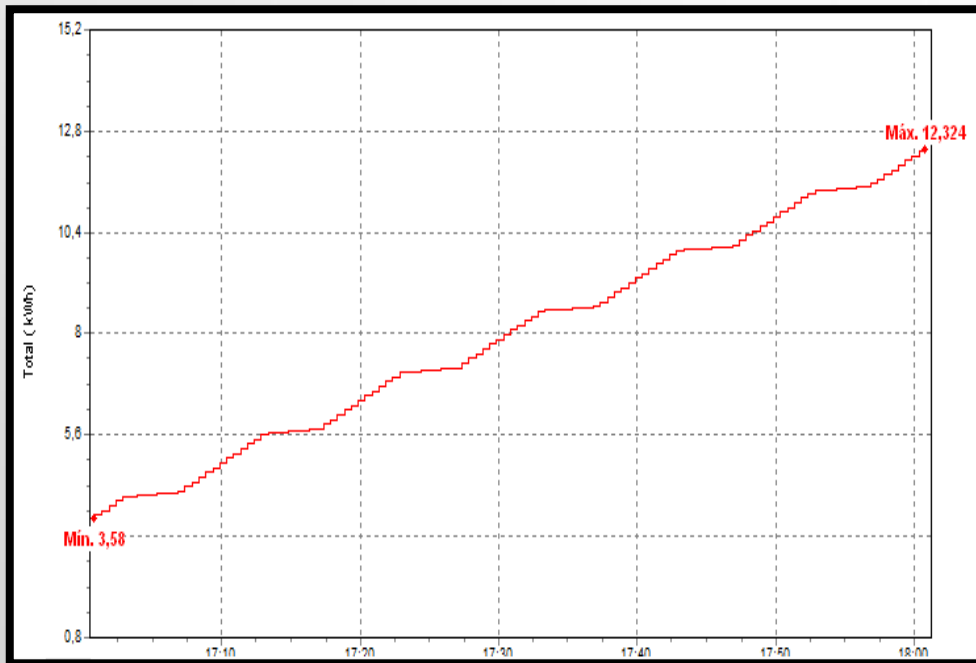
$$C.T_{Total} = C.T_{tuberia} + C.T_{instalada} + C.T_{proyectada} \text{ [TR]}$$

$$C.T_{Total} = (0.911 + 13,25 + (13,25) * 0,5) \text{ [TR]}$$

$$C.T_{Total} = 20.72 \text{ [TR]}$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

ANÁLISIS CONSUMO ENERGÉTICO PREVIO



Consumo energético en una hora del chiller HENN

$$E_{HENNdat} = E_{18H00} - E_{17H00} [kWh]$$

$$E_{HENNdat} = 12,324 - 3,58 [kWh]$$

$$E_{HENNdat} = 8,74 [kWh]$$

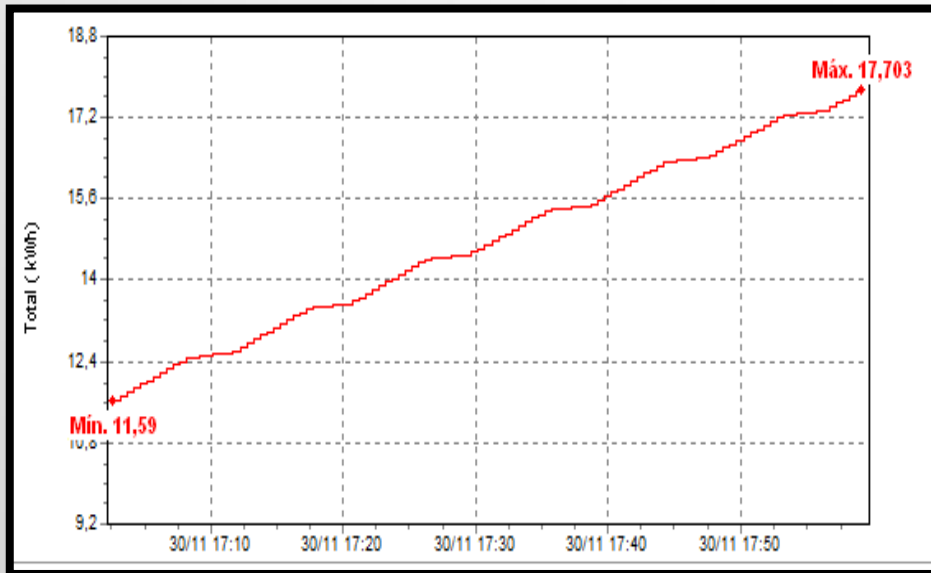
$$E_{HENNmes} = E_{HENNcal} * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{HENNmes} = 8,713[kWh] * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{HENNmes} = 6272.78 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

ANÁLISIS CONSUMO ENERGÉTICO PREVIO



Consumo energético en una hora del chiller KOOLANT

$$E_{KOLdat} = E_{18H00} - E_{17H00} [kWh]$$

$$E_{KOLdat} = 17,703 - 11,59 [kWh]$$

$$E_{KOLdat} = 6,113 [kWh]$$

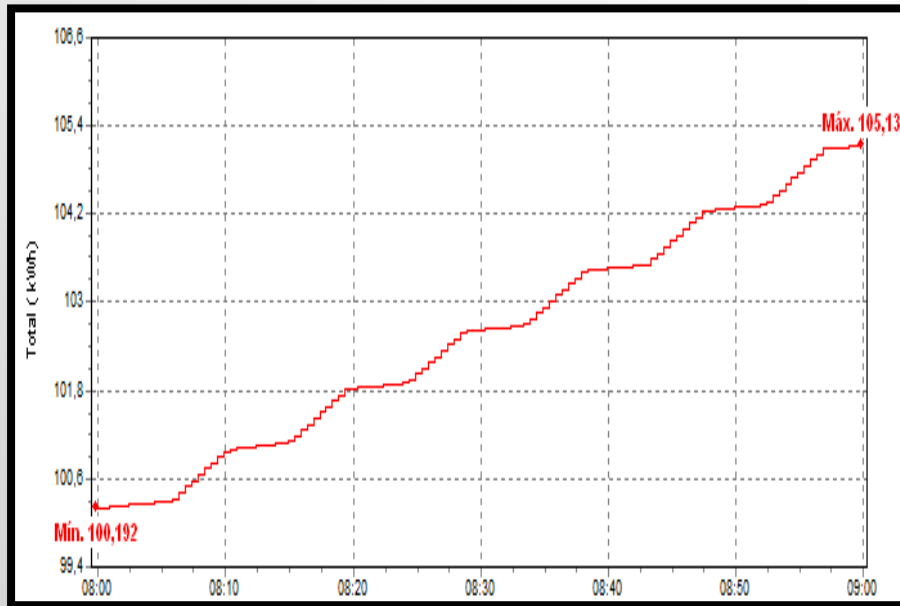
$$E_{KOLmes} = E_{KOLcal} * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{KOLmes} = 6,065 * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{KOLmes} = 4366,08 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

ANÁLISIS CONSUMO ENERGÉTICO PREVIO



Energía consumida en una hora por el chiller número 03

$$E_{dat_{03}} = E_{09H00} - E_{08H00}$$

$$E_{dat_{03}} = 105,13 - 100,192 [kWh]$$

$$E_{dat_{03}} = 4,938 [kWh]$$

$$E_{03mes} = E_{03cal} * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{03mes} = 5,959 [kWh] * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{03mes} = 4290,48 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

ANÁLISIS CONSUMO ENERGÉTICO PREVIO

El consumo de energía mensual correspondiente a la carga del sistema actual de enfriamiento de las matrices de producción, y los costos asociados a este proceso, dependen de los equipos destinados para cumplir este cometido. A continuación, se realiza la proyección de consumo energético mensual.

$$E_{SE_{mes}} = E_{HENN_{mes}} + E_{KOL_{mes}} + E_{03_{mes}}$$

$$E_{SE_{mes}} = 6272,78 \left[\frac{kWh}{mes} \right] + 4366,08 \left[\frac{kWh}{mes} \right] + 4290,48 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

$$E_{SE_{mes}} = 14929,34 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

ANÁLISIS PREVIO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

ANÁLISIS CONSUMO ENERGÉTICO PREVIO

Horario	Costo [USD]	Porcentaje de horas al día
08:00 – 18:00	0,093	41,666 %
18:00 – 22:00	0,107	16,666 %
22:00 – 08:00	0,075	41,666 %

$$COSTO_{SE_{mes}} = COSTO_{SE_{08:00-18:00}} + COSTO_{SE_{18:00-22:00}} + COSTO_{SE_{22:00-08:00}}$$

$$COSTO_{SE_{mes}} = 578,27 \left[\frac{USD}{mes} \right] + 266,22 \left[\frac{USD}{mes} \right] + 466,53 \left[\frac{USD}{mes} \right]$$

$$COSTO_{SE_{mes}} = 1311,02 \left[\frac{USD}{mes} \right]$$

DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

CONDICIONES DE DISEÑO

VARIABLE	VALOR
Fluido	Agua
Temperatura	5°C – 15°C
Presión de trabajo	4 bar
Caudal de trabajo	10 m ³ /h

DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

SELECCIÓN DE TUBERIA Y BOMBA

Tamaño nom. de tubería (pulg)	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Flujo de área	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pies)	(mm)	(pies ²)	(m ²)
1/8	0.405	10.3	0.095	2.41	0.215	0.017 92	5.5	0.000 253	2.350 × 10 ⁻⁵
1/4	0.540	13.7	0.119	3.02	0.302	0.025 17	7.7	0.000 497	4.617 × 10 ⁻⁵
3/8	0.675	17.1	0.126	3.20	0.423	0.035 25	10.7	0.000 976	9.067 × 10 ⁻⁵
1/2	0.840	21.3	0.147	3.73	0.546	0.045 50	13.9	0.001 625	1.510 × 10 ⁻⁴
3/4	1.050	26.7	0.154	3.91	0.742	0.061 83	18.8	0.003 00	2.787 × 10 ⁻⁴
1	1.315	33.4	0.179	4.55	0.957	0.079 75	24.3	0.004 99	4.636 × 10 ⁻⁴
1 1/4	1.660	42.2	0.191	4.85	1.278	0.106 5	32.5	0.008 91	8.278 × 10 ⁻⁴
1 1/2	1.900	48.3	0.200	5.08	1.500	0.125 0	38.1	0.012 27	1.140 × 10 ⁻³
2	2.375	60.3	0.218	5.54	1.939	0.161 6	49.3	0.020 51	1.905 × 10 ⁻³

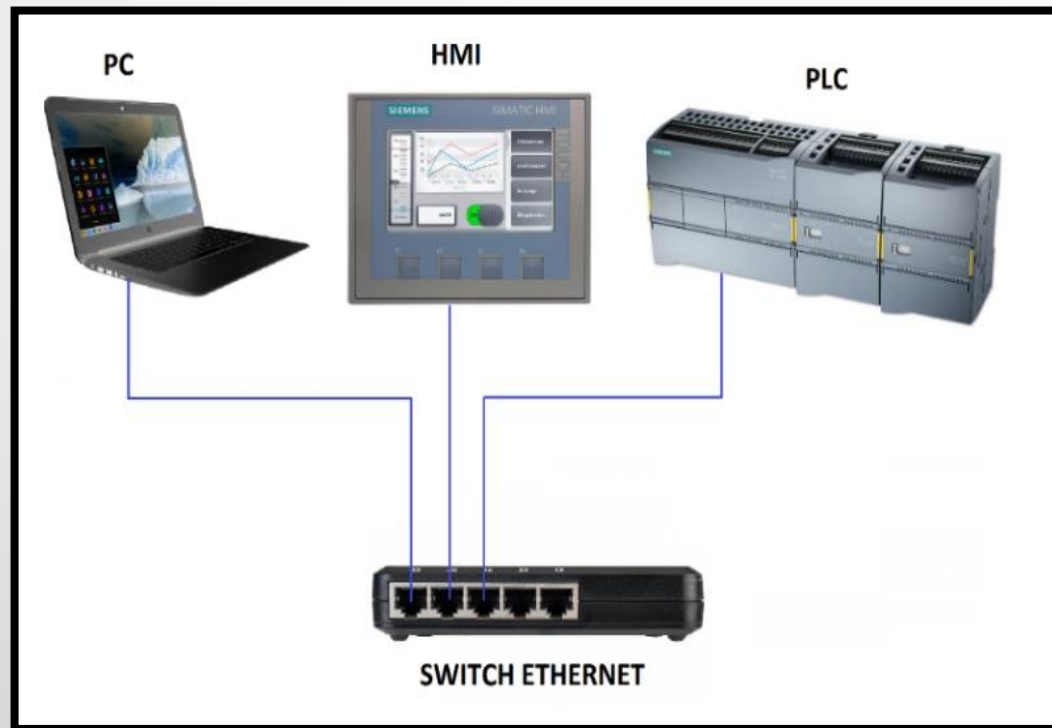
$$Pot_B = \frac{h_A * \gamma * Q_d}{0.88}$$

$$Pot_B = \frac{237,57 [m] * 9,81 \left[\frac{KN}{m^3} \right] * 10 [m^3/h]}{0.88} * \frac{1 [h]}{3600 [s]}$$

$$Pot_B = 7,36 [KW] \approx 10 HP$$

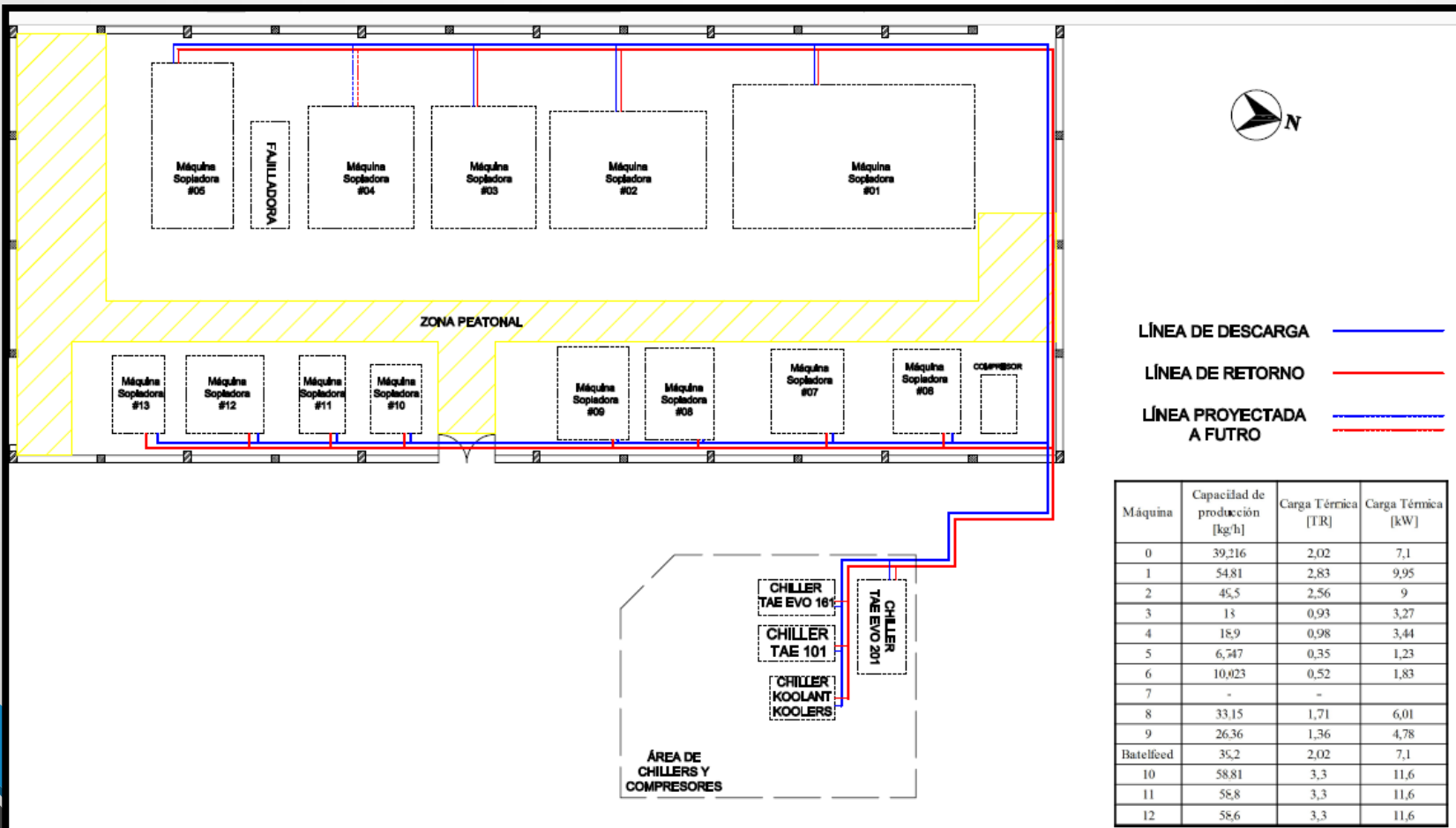
DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

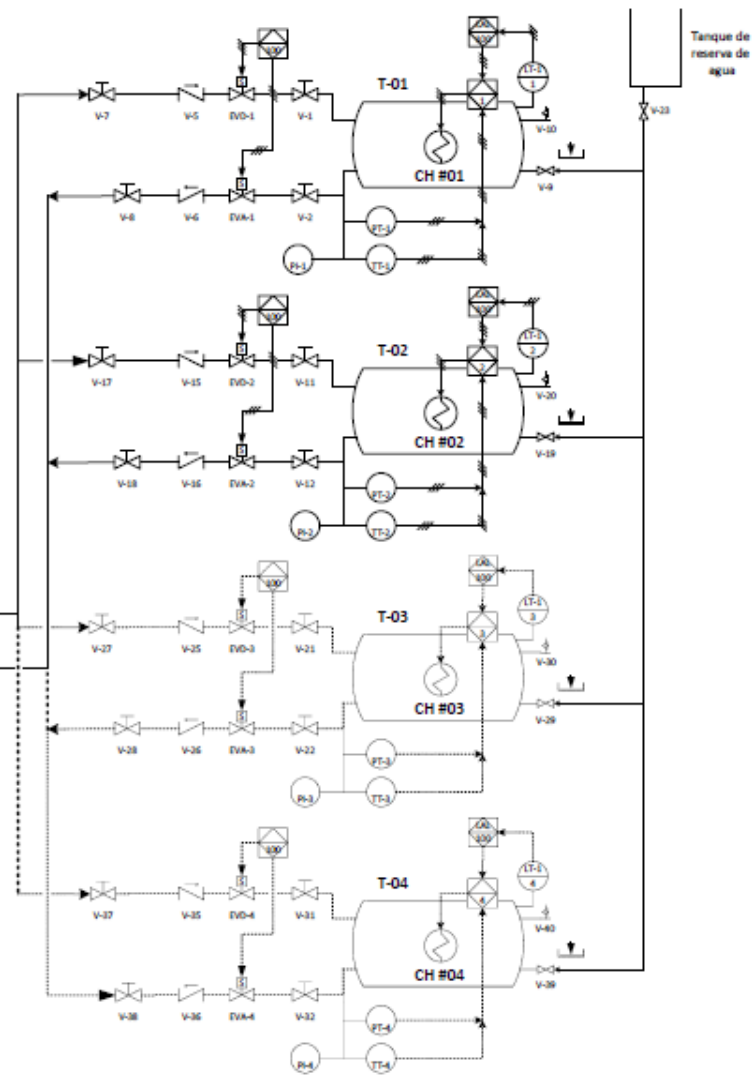
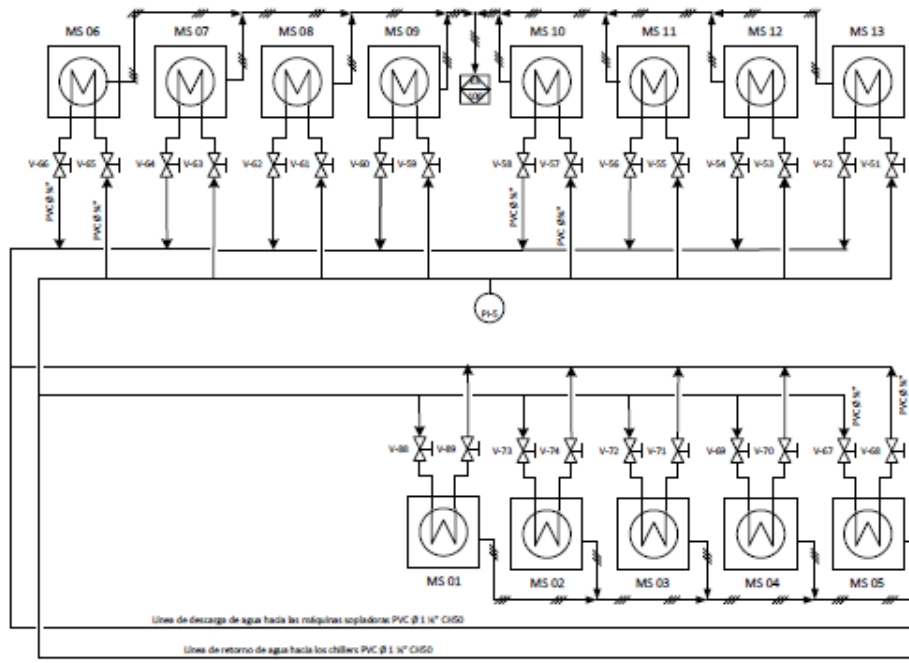
DISEÑO PROPUESTO



DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

DISEÑO PROPUESTO





SÍMBOLO DESCRIPCIÓN

- Equipos proyectados (no instalados)
- Intercambiador de calor (molde)
- Intercambiador de calor (chiller)
- Controlador Lógico Programable
- Válvula de paso manual
- Válvula solenoide
- Válvula anti-retorno
- Válvula para purga de aire
- Carga/Descarga de agua
- Indicador/Transmisor montado localmente
- Bomba Centrífuga
- Máquina sopladora
- Chiller enfriado por aire

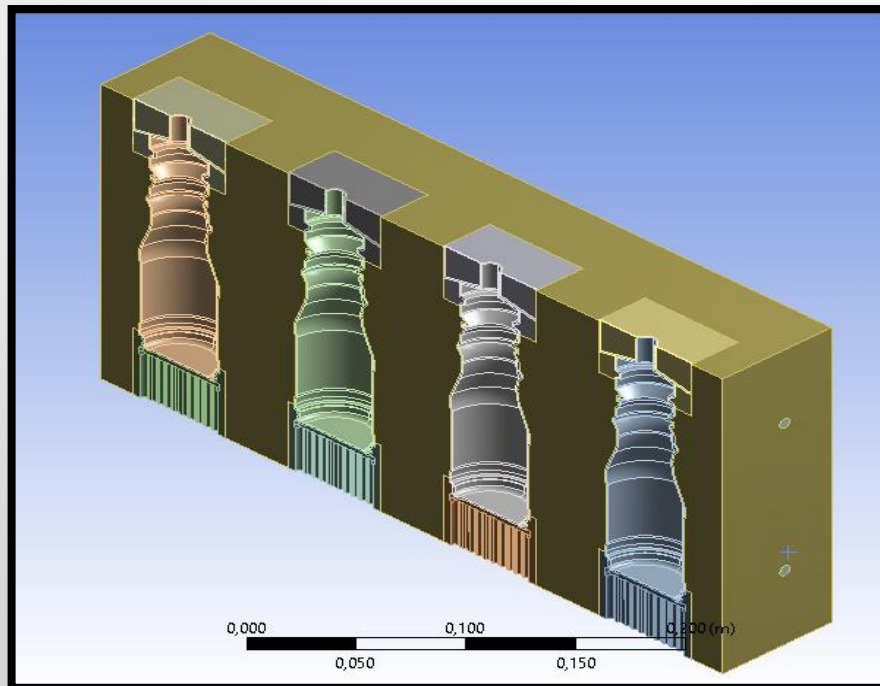
REFERENCIA DESCRIPCIÓN

- TT Transmisor de temperatura
- PT Transmisor de presión
- LT Transmisor de nivel
- PI Indicador de presión
- LAL Alarma de nivel bajo de agua
- KR Registro de tiempo de funcionamiento
- TR Registro de temperatura
- EVD Válvula solenoide tipo diafragma
- EVA Válvula solenoide tipo aguja
- BP Bomba Principal
- T-## Número de tanque de almacenamiento

MODELADO EN CFD DE LA MATRIZ DE SOPLADO EN ANSYS

CONDICIONES INICIALES

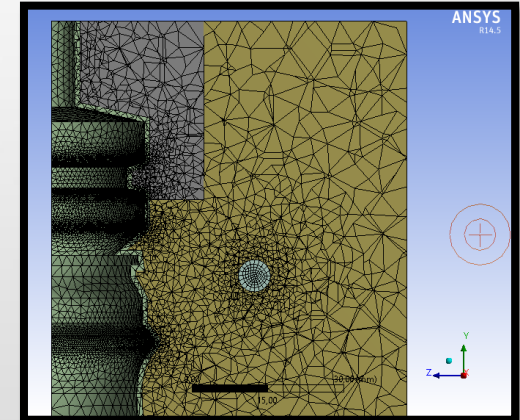
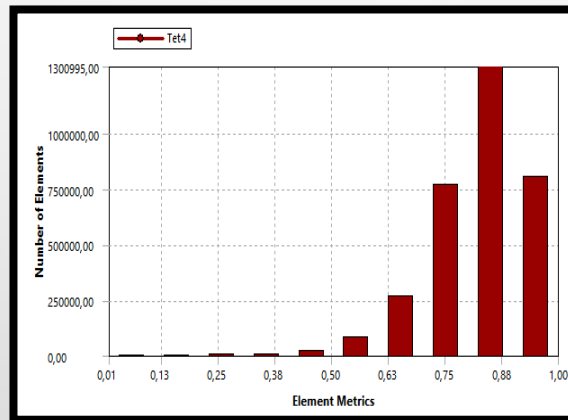
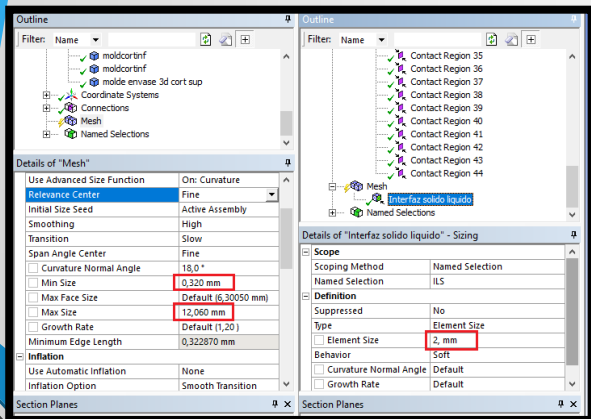
Se simula el paso del fluido (H_2O) que pasa a través de un molde de aluminio a una temperatura promedio de $7^{\circ}C$ y a una velocidad de 7.31 m/s con una presión manométrica de 3 bares; el objetivo es determinar la temperatura del fluido a la salida del molde y cuál es la transferencia de calor que hay entre el molde y el fluido



MODELADO EN CFD DE LA MATRIZ DE SOPLADO EN ANSYS

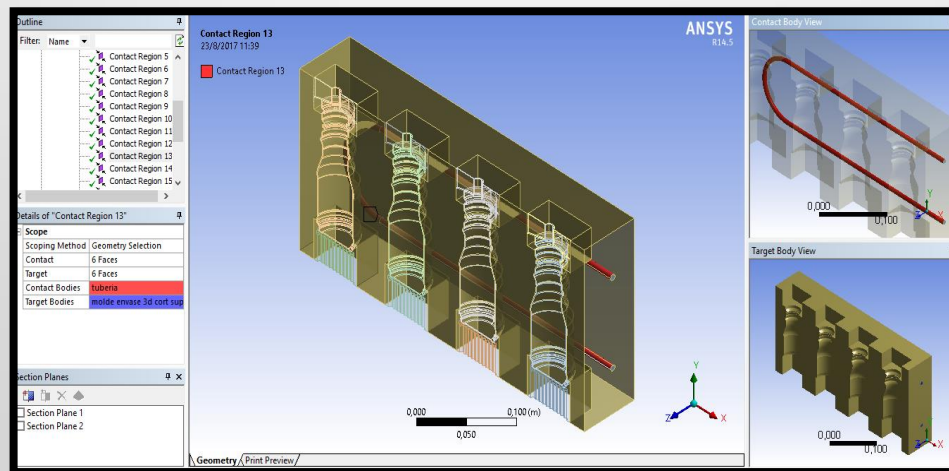
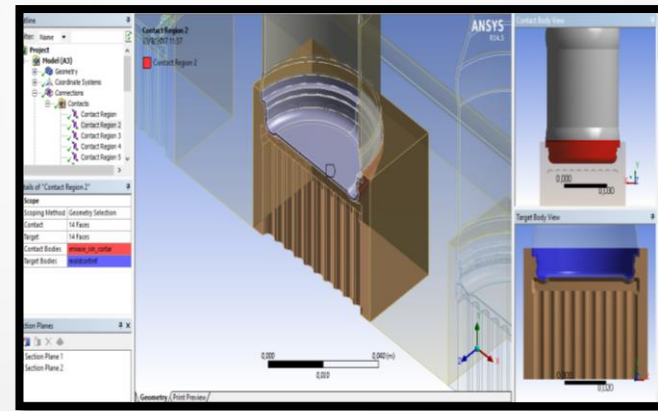
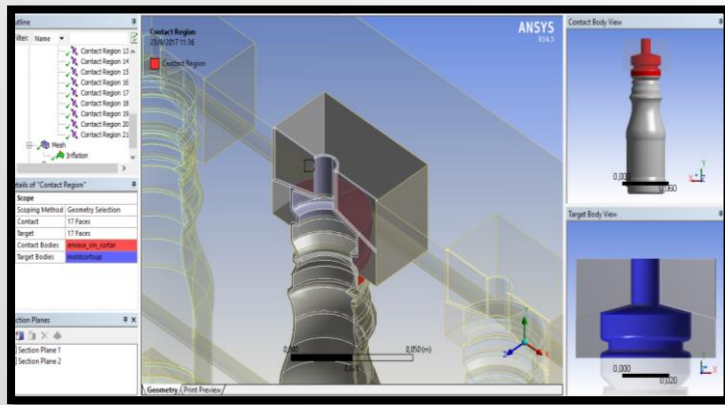
PROCESO DE MALLADO

- Para el mallado del ensamble en general, se modifica los valores de longitudes de los elementos del mallado con un mínimo de 0,32 [mm] y un máximo de 12,06 [mm], cuya relación de aspecto es de 37,68.
- Otro criterio general del mallado para convergencia es la calidad de los elementos de la malla. El valor mínimo debe ser mayor a 0,2 y el promedio mayor a 0,8.



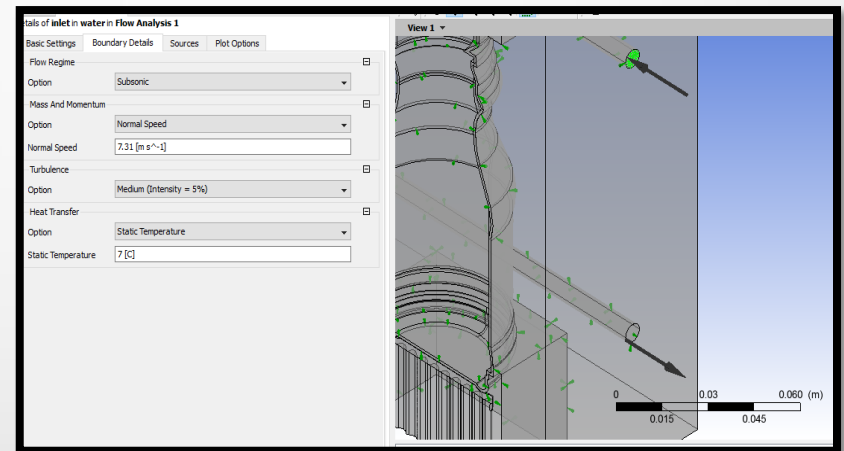
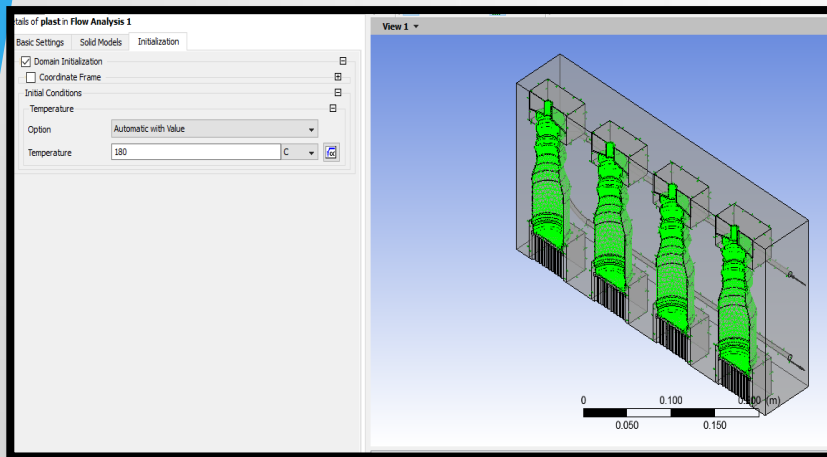
MODELADO EN CFD DE LA MATRIZ DE SOPLADO EN ANSYS

CONDICIONES DE BORDE



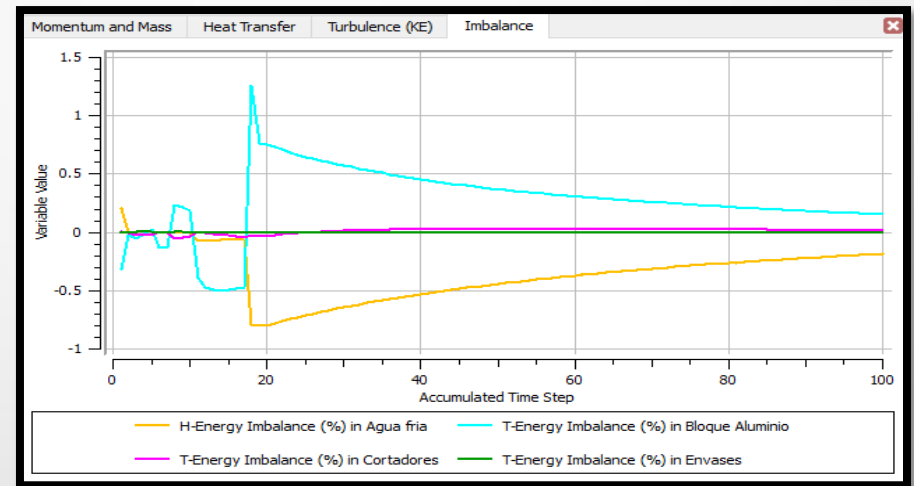
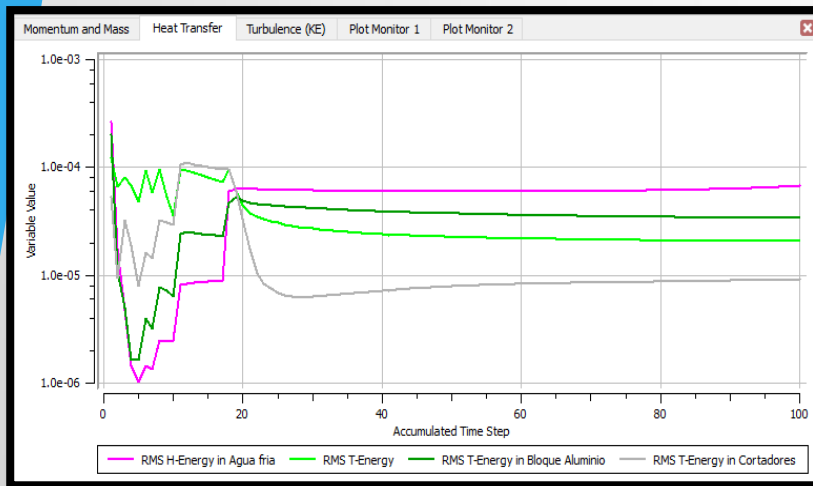
MODELADO EN CFD DE LA MATRIZ DE SOPLADO EN ANSYS

CONDICIONES DE BORDE



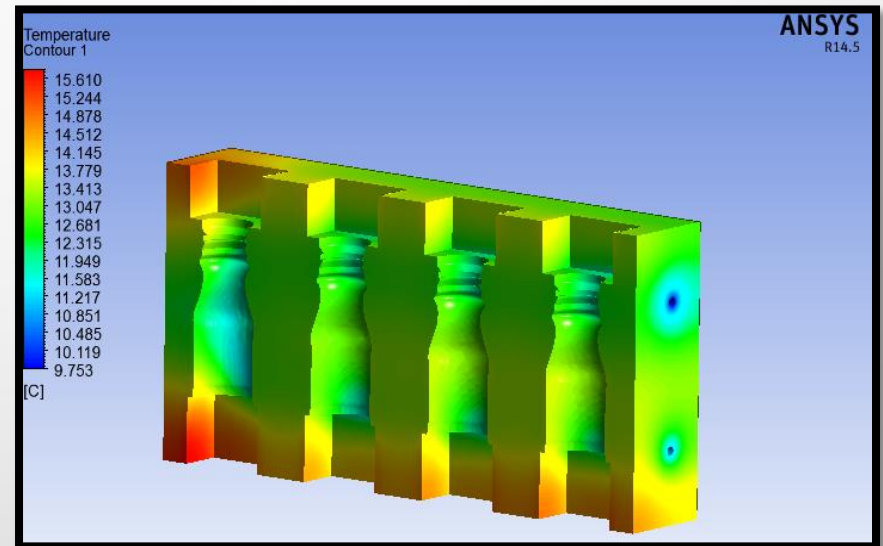
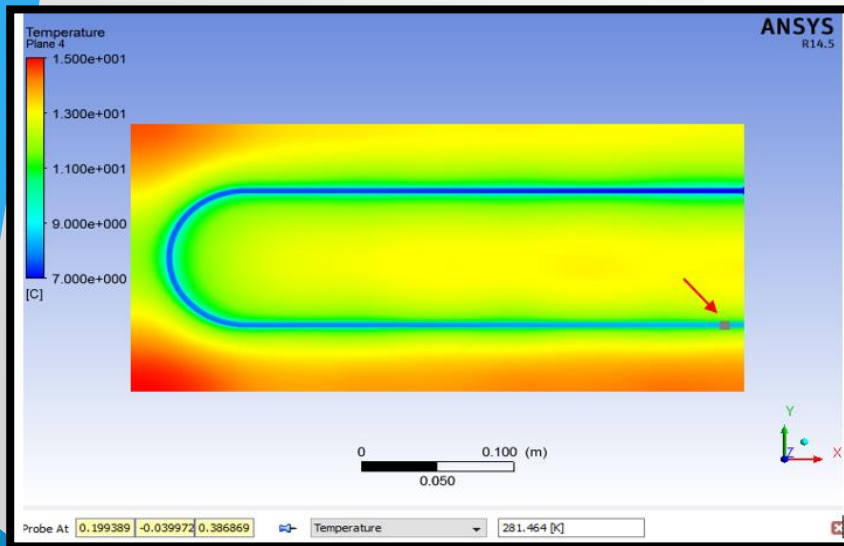
MODELADO EN CFD DE LA MATRIZ DE SOPLADO EN ANSYS

CONVERGENCIA Y RESULTADOS



MODELADO EN CFD DE LA MATRIZ DE SOPLADO EN ANSYS

CONVERGENCIA Y RESULTADOS



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

MATERIALES Y EQUIPOS RED HIDRÁULICA

- TUBERÍA PVC CH80
- VÁLVULAS DE BOLA
- VÁLVULA DE ASIENTO NEUMÁTICA
- ELECTROVÁLVULA DE DIAFRAGMA
- BOMBA CENTRÍFUGA TRIFÁSICA 10HP 240VAC
- CHILLERS DE DISTINTAS POTENCIAS

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

MATERIALES Y EQUIPOS PARA CONTROL

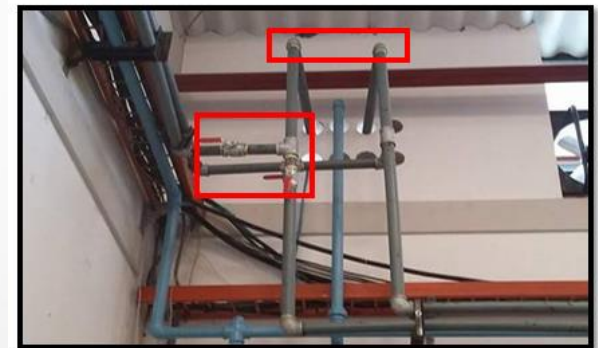
- PLC SIEMENS S7-1200 1212C AC/CD/RLY
- MÓDULOS E/S DIGITAL SM 1223 DC/RLY
- HMI SIEMENS BASIC PANEL KTP 400
- SWITCH ETHERNET
- UPS 250W
- TRANSFORMADOR 3A 120/24 VAC
- RELES
- SELECTORES Y PULSADORES
- INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 30A

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

MONTAJE DE EQUIPOS Y ACCESORIOS



Red de agua fría

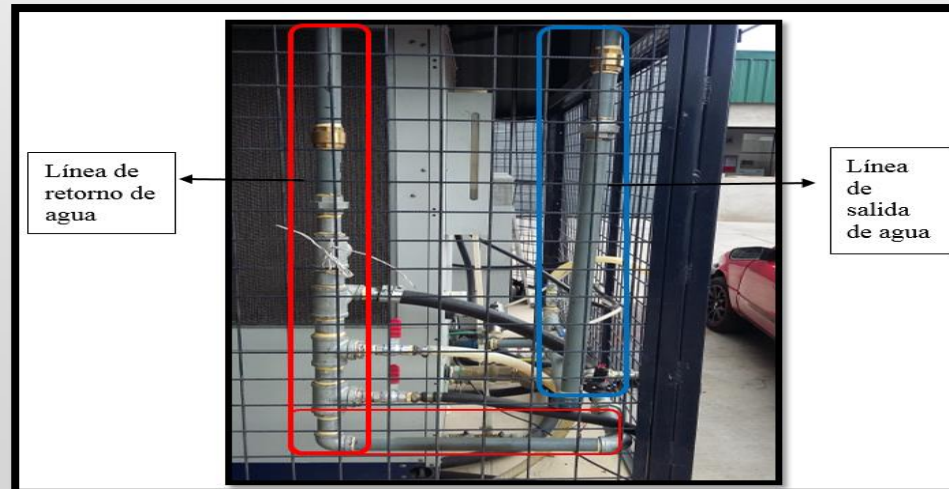
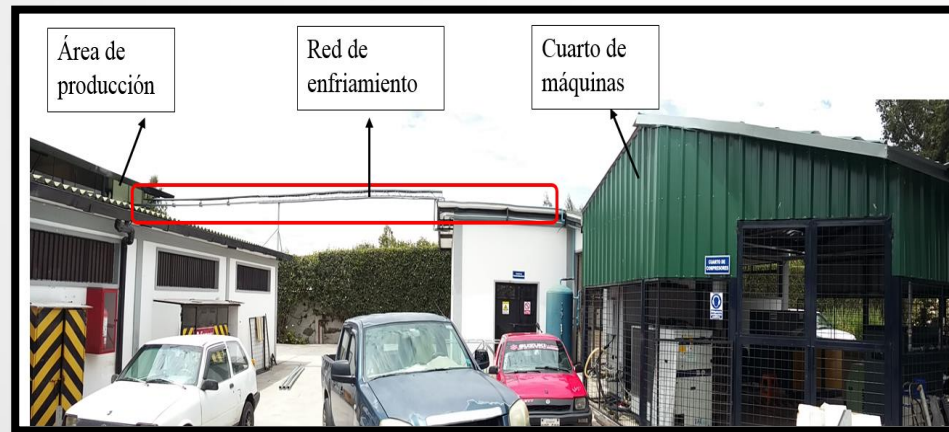


Máquinas sopladoras



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

MONTAJE DE EQUIPOS Y ACCESORIOS



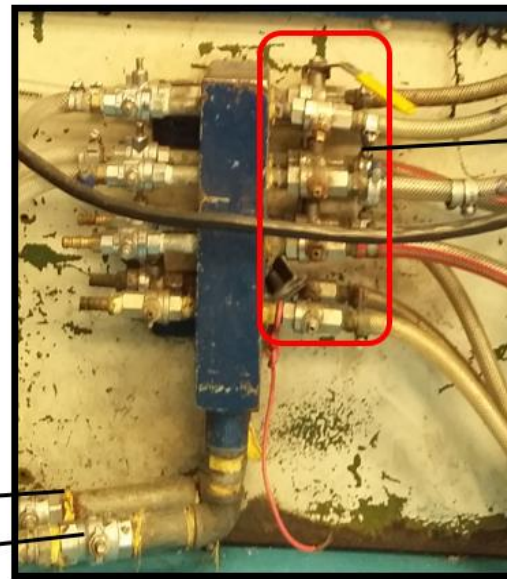
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

MONTAJE DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

Electroválvula de ingreso al chiller.



Válvula neumática a la salida del chiller.



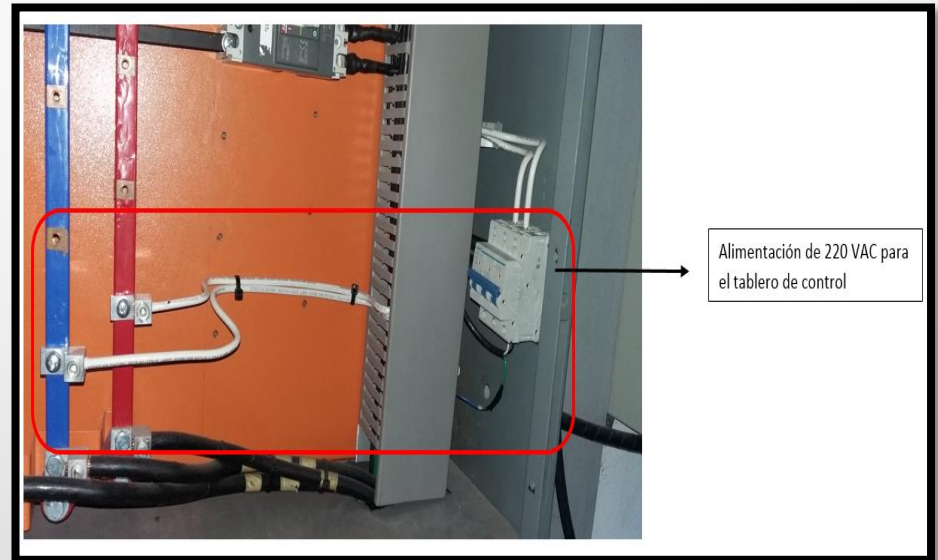
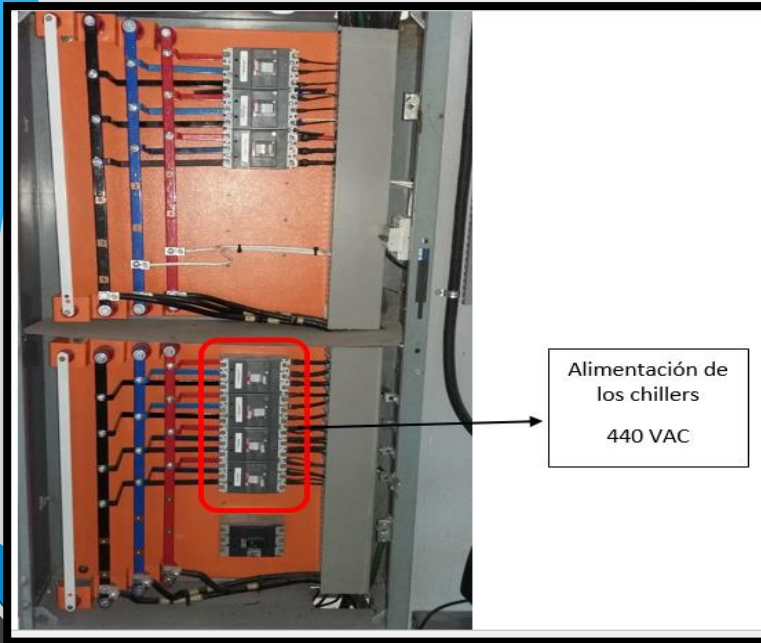
Distribución del agua hacia los moldes

Salida de agua

Entrada de agua

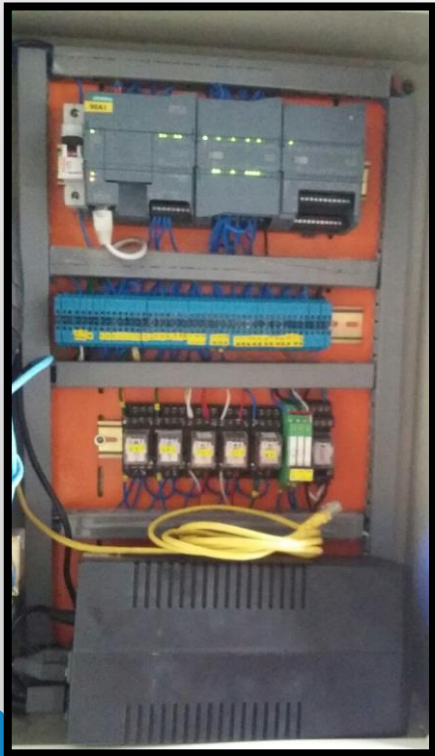
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

MONTAJE DE EQUIPOS Y ACCESORIOS



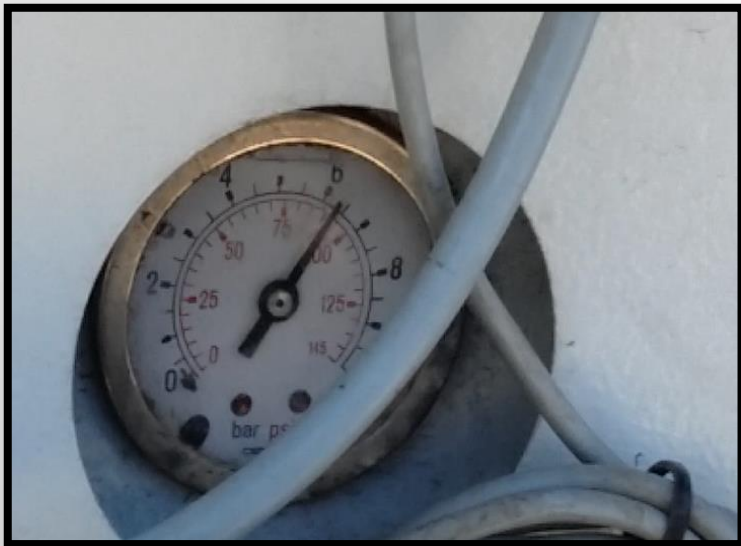
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENFRIAMIENTO

MONTAJE DE EQUIPOS Y ACCESORIOS



PRUEBAS Y RESULTADOS

PRUEBAS HIDRÁULICAS



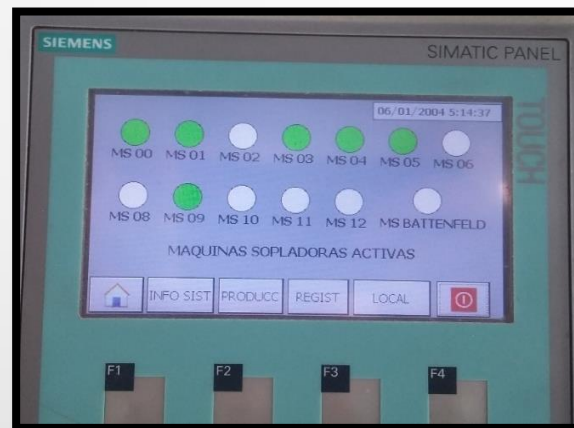
PRUEBAS Y RESULTADOS

PRUEBAS TÉRMICAS



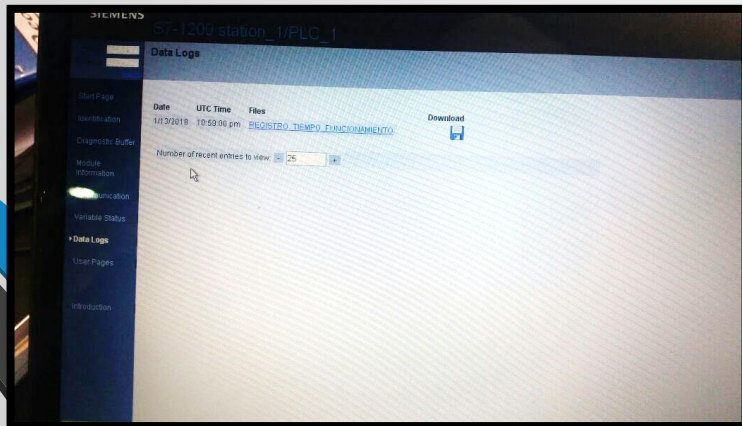
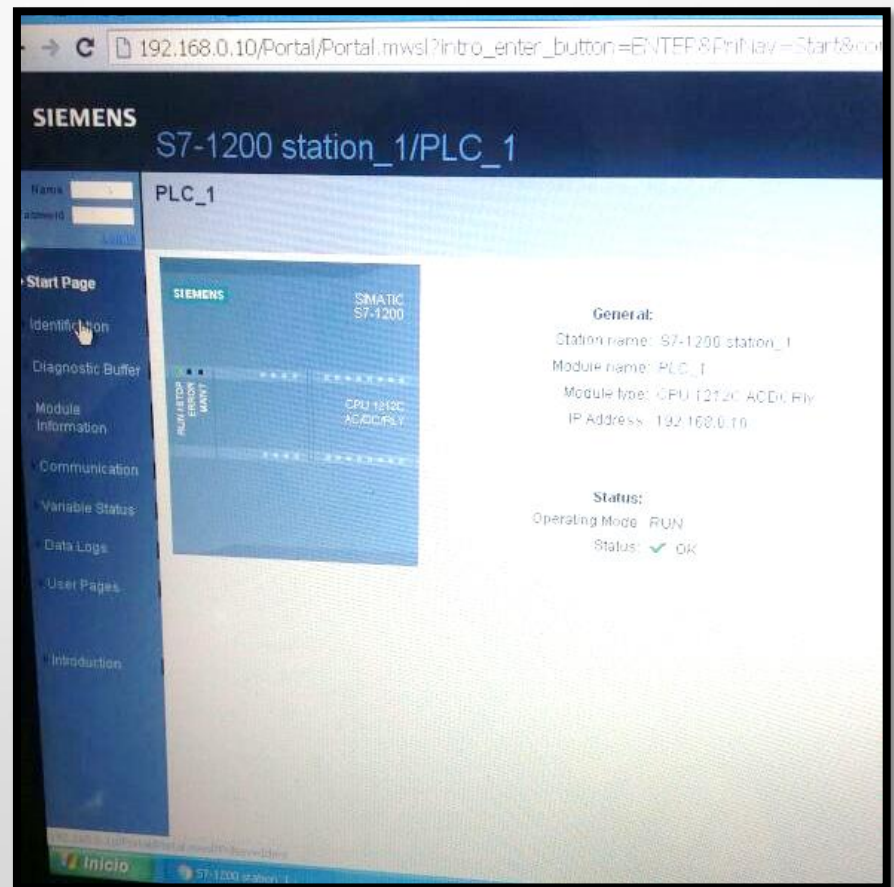
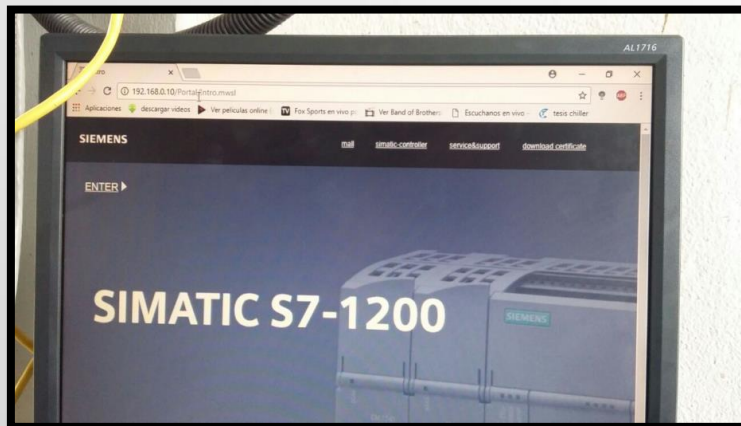
PRUEBAS Y RESULTADOS

PRUEBAS DE CONTROL



PRUEBAS Y RESULTADOS

PRUEBAS DEL ACCESO A LA BASE DE DATOS



PRUEBAS Y RESULTADOS

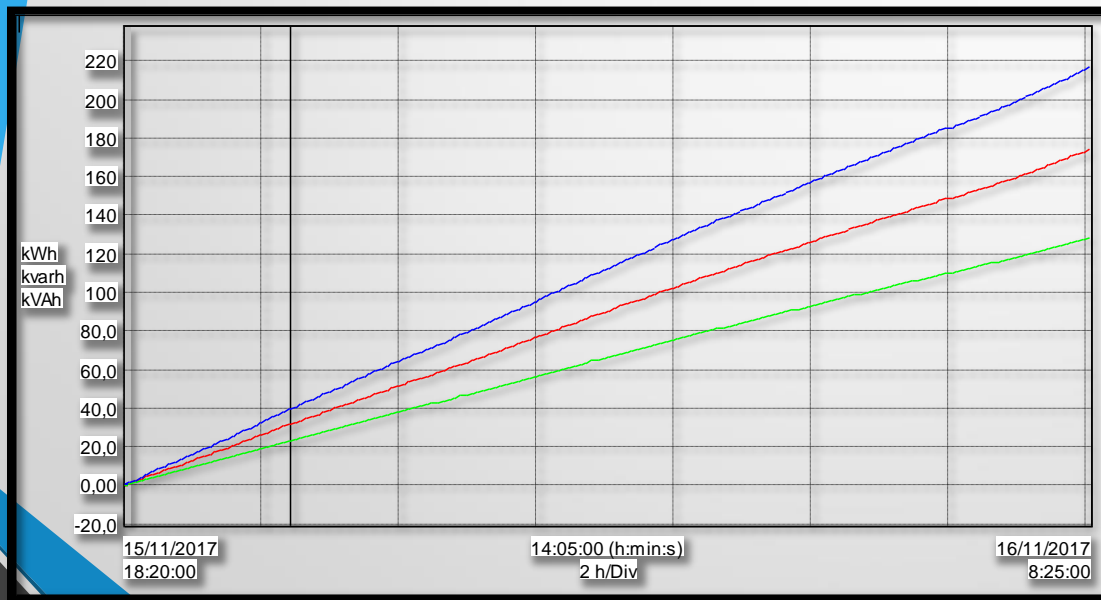
PRUEBAS DEL ACCESO A LA BASE DE DATOS

28	Record	FECHA Y HORA	TMS_01	TMS_02	TMS_03	TMS_04	TMS_05	TMS_06	TMS_07	TMS_08	TMS_09	TMS_10	TMS_11	TMS_12	TMS_13
29	81	2017-12-07 11:21:05	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	4:22:03.902	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	3:41:24.126	4:08:42.785	4:22:03.907	0:00:00.000	3:58:10.999	3:54:25.731
30	80	2017-12-07 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	12:03:34.476	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	7:41:15.716	10:55:58.459	8:58:41.305	0:00:00.000	11:59:35.930	12:18:48.777
31	79	2017-12-07 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	12:03:33.537	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	7:41:15.716	10:55:57.520	8:58:40.366	0:00:00.000	11:59:34.991	12:18:47.838
32	78	2017-12-06 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	6:16:13.985	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	4:44:41.334	7:49:31.678	2:18:13.988	0:00:00.000	10:17:29.383	2:23:02.035
33	77	2017-12-06 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	6:16:13.985	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	4:44:41.334	7:49:31.678	2:18:13.988	0:00:00.000	10:17:29.383	2:23:02.035
34	76	2017-12-06 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	7:00:17.504	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	11:36:23.934	9:35:18.577	9:26:43.400	0:00:00.000	12:29:56.599	0:00:00.000
35	75	2017-12-06 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	7:00:16.569	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	11:36:22.999	9:35:17.642	9:26:42.465	0:00:00.000	12:29:55.664	0:00:00.000
36	74	2017-12-05 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.004	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	8:15:50.011	6:43:50.742	0:00:00.000	0:00:00.000	11:00:00.433	0:00:00.000
37	73	2017-12-05 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.004	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	8:15:49.578	6:43:50.309	0:00:00.000	0:00:00.000	11:00:00.000	0:00:00.000
38	72	2017-12-05 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	10:59:03.403	10:58:26.171	0:00:00.000	0:00:00.000	12:36:20.023	0:00:00.000
39	71	2017-12-05 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	10:59:03.403	10:58:26.171	0:00:00.000	0:00:00.000	12:36:19.085	0:00:00.000
40	70	2017-12-04 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:15:05.817	0:00:00.000	0:00:00.000	0:09:31.201	6:59:44.589	6:57:01.988	0:00:00.000	0:00:00.000	6:42:43.095	0:00:00.000
41	69	2017-12-04 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:15:05.817	0:00:00.000	0:00:00.000	0:09:31.201	6:59:44.156	6:57:01.555	0:00:00.000	0:00:00.000	6:42:42.662	0:00:00.000
42	68	2017-12-04 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	7:00:58.305	0:00:00.000	0:00:00.000	11:19:34.290	10:44:10.971	9:32:47.578	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
43	67	2017-12-04 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	7:00:58.305	0:00:00.000	0:00:00.000	11:19:33.353	10:44:10.034	9:32:47.578	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
44	66	2017-12-03 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	3:14:44.249	0:00:00.000	0:00:00.000	7:35:25.390	4:12:57.204	4:49:01.363	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
45	65	2017-12-03 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	3:14:44.249	0:00:00.000	0:00:00.000	7:35:24.453	4:12:56.267	4:49:01.363	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
46	64	2017-12-03 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	10:53:55.010	0:00:00.000	0:00:00.000	12:59:59.938	12:37:00.248	12:56:02.152	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
47	63	2017-12-03 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	10:53:55.010	0:00:00.000	0:00:00.000	12:59:59.000	12:36:59.310	12:56:01.214	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
48	62	2017-12-02 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	7:45:49.923	0:00:00.000	0:00:00.000	10:52:09.214	5:40:19.074	8:17:33.893	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
49	61	2017-12-02 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	7:45:49.923	0:00:00.000	0:00:00.000	10:52:08.278	5:40:18.138	8:17:32.957	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
50	60	2017-12-02 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	8:02:06.107	0:00:00.000	0:00:00.000	9:27:41.813	9:55:41.849	9:51:57.289	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
51	59	2017-12-02 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	8:02:05.177	0:00:00.000	0:00:00.000	9:27:40.883	9:55:40.919	9:51:56.359	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
52	58	2017-12-01 17:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	1:13:21.262	1:24:43.673	1:22:26.659	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000
53	57	2017-12-01 06:59:00	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	11:45:15.616	12:28:16.302	10:43:32.943	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000	0:00:00.000

PRUEBAS Y RESULTADOS

ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Configuración chiller 01 (TAE EVO 201) encendido



$$E_{01} = 12,45 [kWh]$$

$$E_{01\text{ mes}} = E_{01} * 24[h] * 30[días]$$

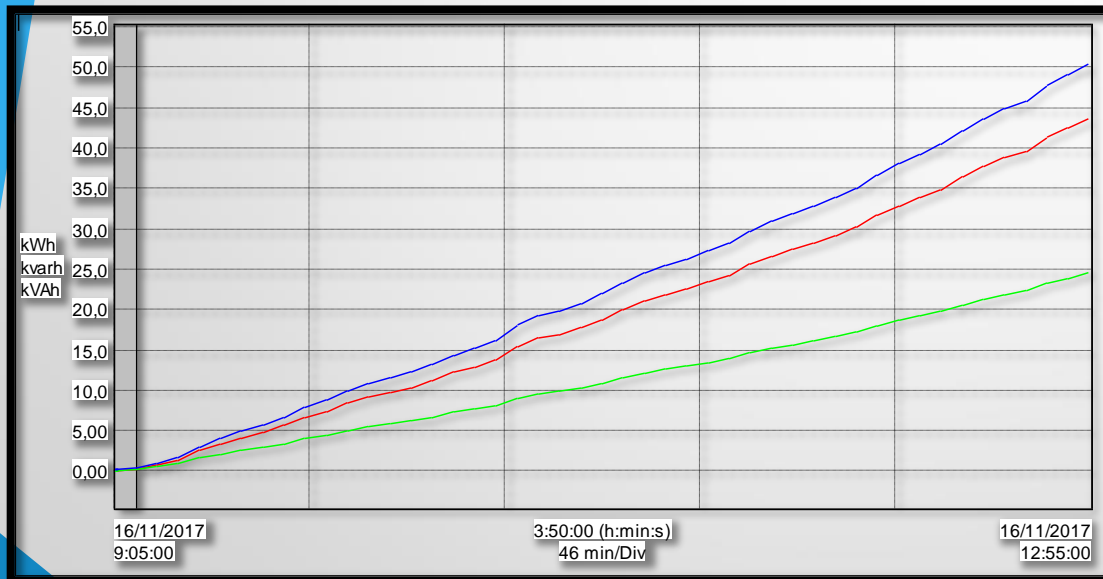
$$E_{01\text{ mes}} = 12,45 * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{01\text{ mes}} = 8964 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

PRUEBAS Y RESULTADOS

ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Configuración chiller o2 (TAE EVO 161) encendido



$$E_{02} = 10,89 [kWh]$$

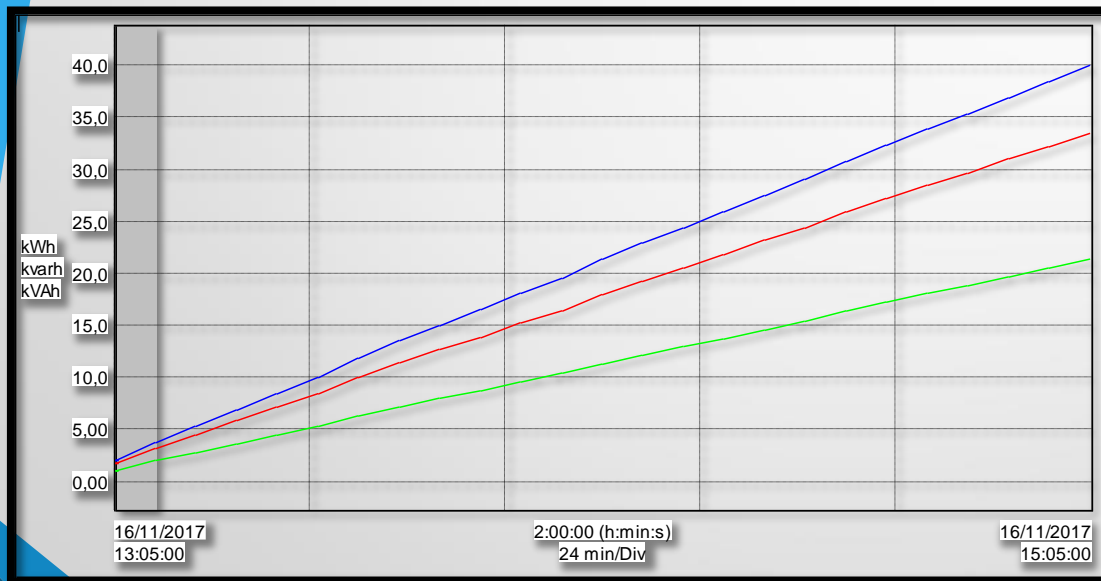
$$E_{02 \text{ mes}} = E_{01} * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{02 \text{ mes}} = 10,89 * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{02 \text{ mes}} = 7846.2 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

PRUEBAS Y RESULTADOS

ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO Configuración chiller 01 y 02 encendidos



$$E_{01 y 02} = 16,775 [kWh]$$

$$E_{01 y 02 mes} = E_{01} * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{01 y 02 mes} = 16,775 * 24[h] * 30[días]$$

$$E_{01 y 02 mes} = 12078 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

PRUEBAS Y RESULTADOS

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para la validación de la hipótesis es necesario comparar los resultados obtenidos en el análisis previo del consumo energético y los resultados obtenidos en el análisis después de haber implementado el nuevo sistema de enfriamiento, para ello se realiza la siguiente operación:

$$Ahorro = \left(1 - \frac{\text{Consumo actual} \left[\frac{kWh}{mes} \right]}{\text{Consumo antes} \left[\frac{kWh}{mes} \right]} \right) \times 100\%$$

$$Ahorro = \left(1 - \frac{12078 \left[\frac{kWh}{mes} \right]}{14929,34 \left[\frac{kWh}{mes} \right]} \right) \times 100\%$$

$$Ahorro = 19,09 \%$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Con la implementación del nuevo sistema automático de enfriamiento de las matrices de las máquinas sopladoras de plástico, se consiguió un ahorro del 19% del consumo energético de los chillers.
- A partir de la ubicación de los chillers en un cuarto centralizado de máquinas, permitió reducir la temperatura ambiente en el área de producción a un promedio de 20°C, y así los trabajadores desarrollen sus actividades en un clima más fresco y adecuado.
- Mediante el registro de tiempo de las máquinas sopladoras de plástico se logró la optimización de los tiempos de producción consiguiendo así una reducción del costo de producción de los envases de plástico.
- Con el nuevo diseño del sistema automático de enfriamiento se logró una ampliación en el área de producción, por lo que se montó dos nuevas máquinas sopladoras llegando así a aumentar la producción de envases de plástico.
- Con la simulación de la transferencia de calor realizada en ANSYS, se concluye que los valores de las variables físicas tanto de presión, temperatura y caudal son las idóneas para el correcto enfriamiento de las matrices de soplado y para el acabado de los envases.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- Se recomienda revisar los niveles de presión de los compresores de los chillers para el buen enfriamiento del agua. El buen enfriamiento del agua ayuda que los envases de plástico tengan un buen acabado, garantizando así la calidad del producto.
- Se recomienda utilizar electroválvulas en las entradas de línea de enfriamiento de las matrices de soplado, con el objetivo de reducir las caídas de presión en la línea principal.
- Cambiar las propiedades físicas del líquido refrigerante y observar los resultados de la transferencia de calor entre el nuevo líquido refrigerante y las paredes de las matrices de soplado en la simulación de ANSYS.

GRACIAS

