

# Automatización virtual del sistema de control del chiller para brumizador de botellas.

## Virtual Automation Control System for the Chiller Mist sprayer bottles.

Hernán Valencia Sánchez\* (1).  
TecNM/ITTG.  
[hernan.vs@tuxtla.tecnm.mx](mailto:hernan.vs@tuxtla.tecnm.mx).

Roberto Carlos García Gómez (2). TecNM/ITTG. [roberto.gg@tuxtla.tecnm.mx](mailto:roberto.gg@tuxtla.tecnm.mx).

Fernando Alfonso May Arrijoja (3). TecNM/ITTG. [fernando.ma@tuxtla.tecnm.mx](mailto:fernando.ma@tuxtla.tecnm.mx).

Julio Cesar Llaven Gordillo (4). TecNM/ITTG. [julio.lg@tuxtla.tecnm.mx](mailto:julio.lg@tuxtla.tecnm.mx).

José Manuel Rasgado Bezares (5). TecNM/ITTG. [jose.rb@tuxtla.tecnm.mx](mailto:jose.rb@tuxtla.tecnm.mx).

---

\*corresponding author.

**Artículo recibido en septiembre 17, 2020; aceptado en noviembre 09, 2020.**

### Resumen.

Automatización Virtual utiliza una herramienta de programación gráfica, altamente productiva para la construcción de sistema de adquisición de datos, instrumentación y control. Este software nos da la capacidad de crear una interfaz de usuario que nos proporciona la interactividad con el sistema. La automatización del sistema de control del chiller para brumizador de botellas, haciendo uso de un circuito electrónico que proporcione el nivel del tanque de recuperación ya que la pérdida por ciclo de trabajo podría provocar un paro de emergencia de la bomba hidráulica. Este proyecto se montará en un circuito en la bomba con interruptor On-Off de señal analógica; se colocarán flotadores en distintos niveles del contenedor de agua, los cuales transmitirán la señal analógica para transformarla en señal digital en una tarjeta de Adquisición y procesamiento de datos, mostrando al operador la información de nivel de agua para el contenedor y Permitiendo que cuando el nivel este bajo permita la entrada de agua suavizada en el sistema.

**Palabras claves:** Virtual, Automatización, Circuito.

### Abstract.

Virtual Automation using a highly productive graphic programming tool for the construction of a data acquisition, instrumentation and control system. This software gives us the ability to create a user interface that provides interactivity with the system. The automation of the chiller control system for Bottle Mist Makers, making use of an electronic circuit that provides the recovery tank level since the loss per duty cycle could cause an emergency stop of the hydraulic pump. This project will be mounted on a circuit in the pump with an analog signal On-Off switch; Floats will be placed at different levels of the water container, which will transmit the analog signal to transform it into a digital signal on an Acquisition and data processing card, showing the operator the water level information for the container and allowing when the level This low will allow softened water to enter the system.

**Keywords:** Virtual, Automation, Circuit.

## 1. Introducción.

El objetivo de controlar este sistema permite mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma; así como mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos de riesgo e incrementando la seguridad. Otro beneficio es realizar las operaciones de monitoreo del sistema de forma automática para tomar determinaciones de acuerdo a sus condiciones de operación.

Al modificar la estructura o rediseñar maquinaria industrial nos permite implementar soluciones a problemas de demanda de producto o tan solo problemas diarios de la planta, donde se busca mejor la producción a un bajo costo y de forma segura.

Para Instrumentar este proceso debemos conocer los elementos que realizaran la operación y tenga que tomar una determinación de acuerdo a los parámetros de funcionamiento óptimo del proceso en la etapa de sensado se debe conocer los parámetros mínimos requeridos para en funcionamiento del sistema, en la etapa de control de acuerdo a la información proporcionada por el sensor, se determina la referencia que es una señal que se establece bajo ciertos parámetros deseados, es un punto de consigna para el valor de la señal de la variable (SETPOINT).

Con este valor de referencia el actuador abrirá el paso del agua suavizada cuando este en el parámetro mínimo del proceso.

## 2. Métodos.

### Etapa de Sensado.

Un sensor es un elemento en un sistema de medición que detecta la magnitud de un parámetro físico y lo transforma por una señal que puede procesar el sistema. El elemento activo de un sensor se le conoce como transductor. Los sistemas de monitorización y control requieren sensores para medir cantidades físicas tales como posición, distancia, fuerza, deformación y aceleración.

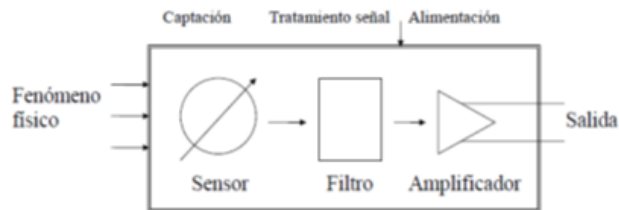


Figura 1. Estructura de un transductor.

Los sensores siempre involucran la aplicación de una ley o principio físico o químico que relaciona la cantidad de interés con algún evento medible. Para este caso en específico se utilizó la ecuación de Bernoulli (Conservación de la energía). Cuando se analiza el flujo en conductos existen tres formas de energía que siempre hay que tomar en consideración las cuales son Energía potencial, Energía cinética y Energía de flujo.

Energía Potencial es debido a su elevación, la energía potencial del elemento con respecto de algún nivel de referencia.

$$PE = wz \text{ ----- Ecuación 1}$$

en donde *w* es el peso del fluido y *z* la elevación

Energía Cinética es debido a su velocidad, la energía cinética del elemento es

$$KE = \frac{wv^2}{2g} \text{ ----- Ecuación 2}$$

en donde

*w* es el peso del fluido

*v* es la velocidad del fluido

Energía de Flujo se le conoce como energía de presión o trabajo de flujo este representa la cantidad de trabajo necesario para mover el elemento de fluido a través de una cierta sección en contra de la presión *p*.

$$FE = \frac{wp}{\gamma} \text{ ----- Ecuación 3}$$

en donde

*p* es la presión en una cierta sección

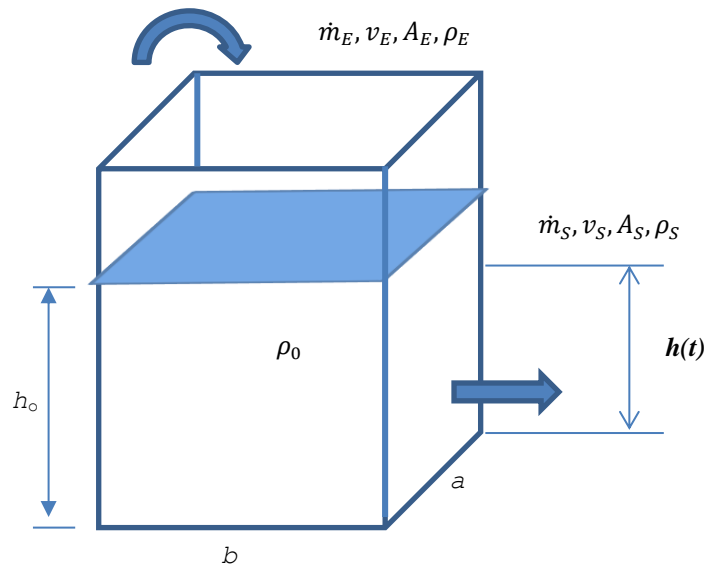
*γ* el peso específico del fluido

La cantidad de energía de estas tres formas que posee el elemento de fluido será la suma de todas ellas.

$$E = PE + KE + FE \text{ ----- Ecuación 4}$$

Para poder determinar cuál es la distancia que se deben instalar los sensores se debe tener en cuenta una altura constante que nos permitirá mantener el flujo de agua que alimente a la bomba hidráulica.

Consideremos el siguiente recipiente:



**Figura 2.** Tanque recuperador.

Donde:

$\dot{m}_E$  = flujo másico de entrada,  $v_E$  = velocidad de entrada,  $A_E$  = área de entrada y  $\rho_E$  = densidad de entrada.  
 $\dot{m}_S$  = flujo másico de salida,  $v_S$  = velocidad de salida,  $A_S$  = área de salida y  $\rho_S$  = densidad de salida.  
 $\rho_0$  = densidad inicial del fluido dentro del recipiente,  $h_0$  = altura inicial en el recipiente.

Aplicando la ecuación de conservación de la masa y considerando el volumen de fluido como el volumen de control (VC), una entrada y una salida:

$$\frac{d}{dt} \iiint_{VC} \rho dV + \iint_{SC} \rho \vec{v} \cdot \vec{dA} = 0 \text{ --- Ecuación 5}$$

Considerando la densidad constante pues los cambios de presión y temperatura durante el proceso son despreciables:

$$\rho_0 = \rho_E = \rho_S$$

Entonces tenemos:

$$\rho_0 \frac{d}{dt} (abh) + \rho_S A_S v_S - \rho_E A_E v_E = 0 \text{ --- Ecuación 6}$$

$$ab \frac{dh}{dt} = A_E v_E - A_S v_S$$

$$\int_{h_0}^h dh = \frac{A_E v_E - A_S v_S}{ab} \int_0^t dt$$

$$h - h_0 = \frac{A_E v_E - A_S v_S}{ab} t$$

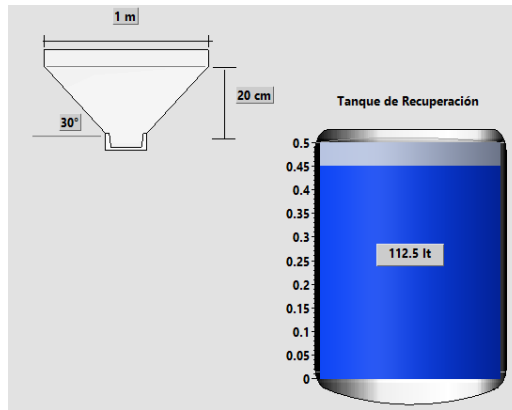
Entonces, podemos establecer el tiempo en el cual el nivel  $h$  alcanzará posiciones media y mínima usando:

$$t = \frac{(h - h_0)(ab)}{A_E v_E - A_S v_S} \text{ --- Ecuación 7}$$

Donde se deben conocer el nivel inicial  $h_0$ , las dimensiones  $a$  y  $b$  de la sección de la base del recipiente, así como las áreas y velocidades tanto de entrada como de salida.

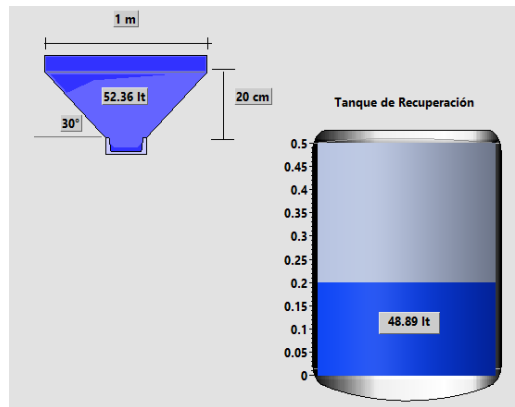
### **Análisis del ciclo de trabajo del brumizado.**

Inicio día 1, Jornada de trabajo 8 hrs el proceso se inicia en las condiciones del cono recuperador que se encuentra vacío y el tanque de Recuperación su nivel inicial es de  $h_0 = 0.45 \text{ m}$ .



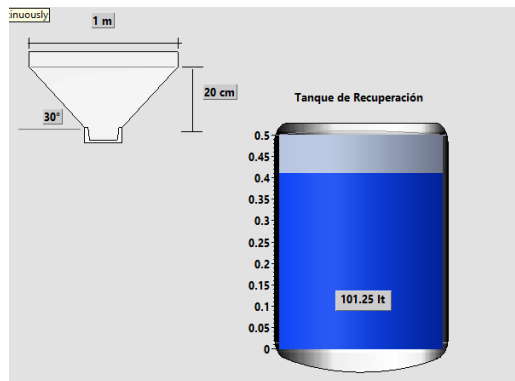
**Figura 3.** Condiciones iniciales del proceso.

Al término de la jornada de trabajo los aspersores lanzan el agua a presión y una cantidad de esa agua se pierden en la atmosfera y no se recupera al 100%, la cantidad que se pierde en la atmosfera es de un 10% el cual equivale 11.25 lt. Las condiciones al término de la jornada se muestran en la Fig.4 en donde el cono recuperador se encuentra lleno.



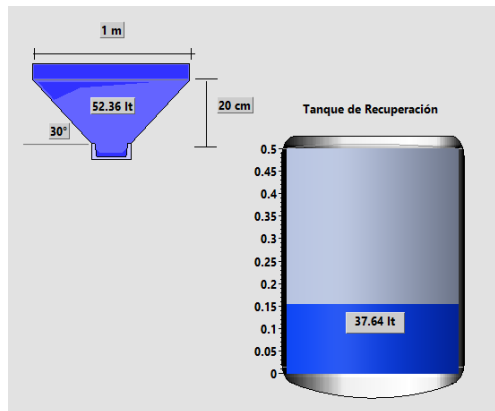
**Figura 4.** Condiciones Finales del proceso.

Inicio del día 2 Las condiciones de trabajo son las mostradas en la figura número 5.



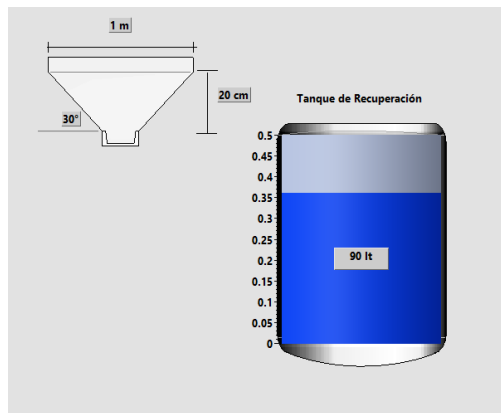
**Figura 5.** Condiciones iniciales del día 2 del proceso

Condiciones al término de la Jornada Laboral en la figura 6.



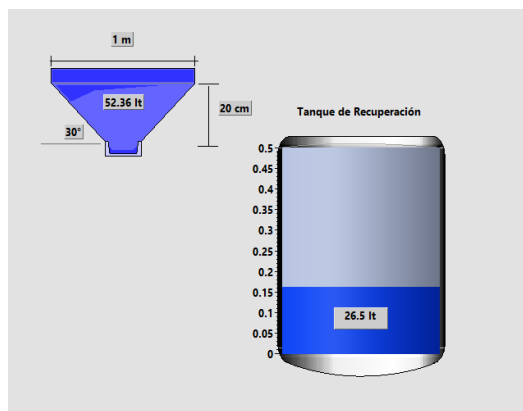
**Figura 6.** Condiciones finales del día 2 del proceso

Inicio día 3 las condiciones son las mostradas en la figura 7.



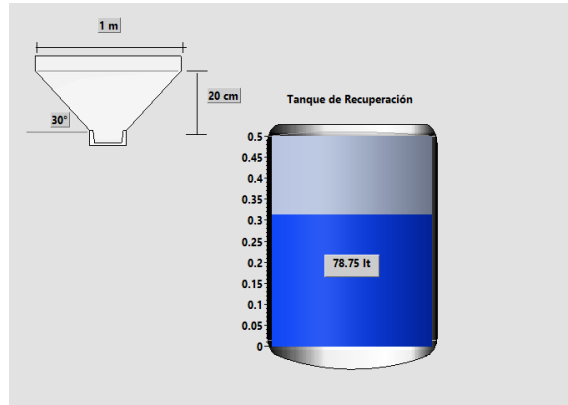
**Figura 7.** Condiciones iniciales del día 3 del proceso.

Condiciones al término de la jornada 3 mostrada en la figura 8.



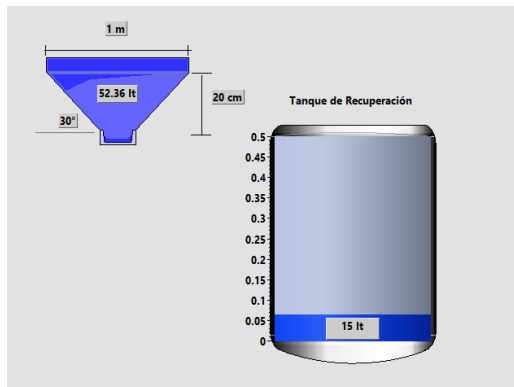
**Figura 8.** Condiciones Finales del día 3 del proceso.

Inicio día 4 las condiciones son las mostradas en la figura 9.



**Figura 9.** Condiciones Iniciales del día 4 del proceso.

Condiciones al término de la jornada 4 mostrada en la figura 10.



**Figura 10.** Condiciones Finales del día 4 del proceso.

De acuerdo al análisis de operación del equipo se tiene la tabla siguiente:

**Tabla 1.** Operación del Equipo.

Día de Operación	Nivel Inicial en m	Nivel Final en m	Volumen inicial en lt	Volumen Final en lt
1	0.45	0.2	112.5	48.89
2	0.405	0.151	101.25	37.64
3	0.36	0.106	90	26.39
4	0.31	0.060	78.75	15.14

Al iniciar el día 4 el sensor del nivel medio se activará para indicar que el nivel del tanque debe complementarse con agua suavizada y permitir al equipo funcionar por tres días antes de repetir la operación con agua suavizada y permitir al equipo funcionar por tres días antes de repetir la operación.

De los valores Nivel inicial y nivel final, considerando la jornada de 8 hrs, tenemos:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{0.2 - 0.45}{8} \approx \frac{0.151 - 0.405}{8} \approx \frac{0.106 - 0.36}{8} \approx -0.03125$$

Por lo anterior, entonces:

$$\frac{dh}{dt} \approx -0.03125 \frac{m}{h} \text{ --- Ecuación 8}$$

Reescribiendo la ecuación número 7 en función de los caudales se tiene lo siguiente:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_E - Q_S}{ab} \text{ --- Ecuación 9}$$

En donde  $a$  y  $b = 0.5 \text{ m}$  que son los lados del tanque recuperador y  $\left(\frac{dh}{dt}\right) = -8.777 \times 10^{-6} \text{ m/s}$

Entonces se tiene sustituyendo los valores en la ecuación 9.

$$Q_E - Q_S = ab \frac{dh}{dt} = (0.5\text{m})(0.5\text{m})(-8.777 \times 10^{-6} \text{ m/s})$$

$$Q_E - Q_S = -2.194 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t = \frac{(h - h_0)(ab)}{Q_E - Q_S}$$

$$t = (h - h_0)(-113924.0506)$$

$$t = -113924.0506(h - h_0) \text{ --- Ecuación 10}$$

**Tabla 2.** Tiempo de operación del Proceso.

Día de Operación	h en metros	h <sub>0</sub> en metros	t en segundos	t en horas
1	0.1	0.45	39873.42	11.0759
2	0.1	0.405	34746.84	9.6519
3	01	0.36	29620.25	8.2278
4	0.1	0.31	23924.655	6.6457

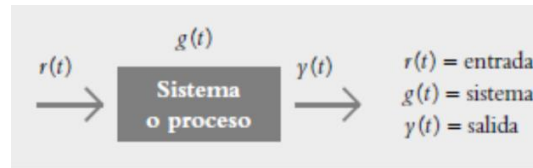
La altura mínima para que el proceso termine su jornada de trabajo es la de 0.31 metros si se llegase a operar debajo de esta altura existe un nivel bajo para proteger a la bomba que es 0.1 m.

### Controlador.

Un sistema de control automático es una interconexión de elementos que forman una configuración denominada sistema, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlar se por sí mismo.



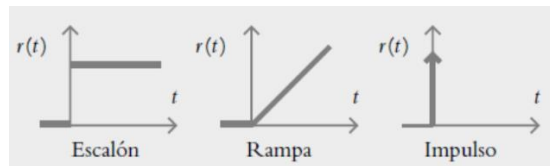
Un sistema o componente del sistema susceptible de ser controlado, al cual se le aplica una señal  $r(t)$  a manera de entrada para obtener una respuesta o salida  $y(t)$ , puede representarse mediante bloques.



**Figura 11.** Diagrama de Bloques.

El vínculo entrada-salida es una relación de causa y efecto con el sistema, por lo que el proceso por controlar (también denominado planta) relaciona la salida con la entrada.

Las entradas típicas aplicadas a los sistemas de control son: escalón, rampa e impulso.



**Figura 12.** Tipos de Señales.

La entrada escalón indica un comportamiento o una referencia constantes introducidos al sistema, mientras que la entrada rampa supone una referencia con variación continua en el tiempo, y la entrada impulso se caracteriza por ser una señal de prueba con magnitud muy grande y duración muy corta. La función respuesta impulso o función de transferencia es la representación matemática del sistema (Corona, 2016).

Básicamente, el problema de control consiste en seleccionar y ajustar un conjunto específico de elementos tal que, al interconectarse, el sistema resultante deberá comportarse de una manera específica.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz (HMI-Human Machine Interface), son pantallas de gran valor visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso.

Los controladores On/Off, también llamado Todo o Nada, usa un algoritmo simple para solamente revisa si la variable de proceso está por encima o por debajo de un Setpoint determinado. En términos prácticos, la variable manipulada o la señal de control del controlador cambia entre “totalmente ON” o totalmente OFF, sin estados intermedios. Este tipo de accionamiento provoca un control muy impreciso de la variable de proceso, pero es útil para procesos cuya variabilidad no es alta.

En procesos en los que no se requiere un control muy preciso, el control On/Off, puede ser el adecuado. En este tipo de control, el elemento final de control se mueve rápidamente entre una de dos posiciones fijas a la otra, para un valor único de la variable controlada.

Un controlador On/Off opera sobre la variable manipulada solo cuando la altura cruza a la especificada que se desea SP. La salida tiene solo dos estados, completamente activado (On) y completamente desactivado (Off). Un estado es usado cuando la altura está en cualquier lugar sobre el valor deseado y el otro estado es usado cuando la altura está en cualquier punto debajo de la altura deseada SP.

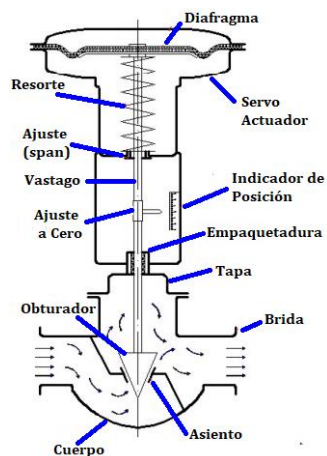
Para este proyecto usamos el control On/Off, ya que no controlamos de forma específica y proporcional o especial ninguna variable del sistema, por ejemplo, temperatura de agua, mililitros de entrada o salida del contenedor, densidad o impurezas en el agua, etc (Crespo, 2017).

### Elementos Finales de Control.

Los elementos finales de control son mecanismos que modifican el valor de una variable que ha sido manipulada como respuesta a una señal de salida desde un dispositivo de control automático; es decir, se encarga de manipular alguna característica del proceso según lo ordenado por el controlador. Según el tipo de proceso, hay dispositivos que reciben señales de control del tipo discretas, tipo batch o continuas.

Los elementos finales de control pueden ser una válvula de control, variadores de frecuencia y motores eléctricos, una servoválvula, un relé, elementos calefactores de carácter eléctrico o un amortiguador.

Ya que industrialmente lo más común es que la variable manipulada por estos dispositivos sea un caudal, el elemento de control de más amplia difusión es la válvula.



**Figura 13.** Elementos de una válvula de control.

### Etapas de Integración.

**Controles de Nivel:** Los controladores de nivel son dispositivos cuya finalidad es la de obtener la garantía de mantener el nivel del líquido o fluido en un rango de variación establecido de acuerdo al análisis realizado en el nivel del líquido en el Tanque recuperador se buscó en el mercado un controlador de acuerdo a nuestras necesidades requeridas para controlar que no se quede sin líquido el tanque recuperador (Lajara, 2018).

Selección de sensor industrial.

Sensor que opere con este mecanismo EN-3, electro nivel de vaciado o llenado. Para control de nivel de agua y protección de bombas por bajo nivel de succión.

Descripción.

Controla la bomba para que automáticamente mantenga un depósito lleno o vacío. Protege bombas contra bajo nivel de succión. Controla bombas monofásicas y trifásicas de cualquier capacidad y para todo tipo de arrancadores.

El FaseAlert-3 es un equipo muy confiable, fabricado con tecnología de punto, tiene leds que indican claramente el funcionamiento y las fallas. El modelo F3D tiene una pantalla LCD con iluminación que indica: Los 3 voltajes de línea, las fallas y los ajustes e indicaciones de operación, además tiene memoria permanente de la última falla y registro de los voltajes máximos y mínimos, esto le permitirá saber el historial de fallas y variaciones de voltaje que ocurren en el tiempo en que usted no está presente. Adicionalmente tiene una conexión para el registrador de voltajes DL-100 que almacena los voltajes y fallas de alimentación trifásica en una memoria. Estos datos se alimentan a una computadora por medio de un USB para tener una fácil visualización grafica de la información.

En el FaseAlert-3 se pueden ajustar tanto los retardos de operación, el alto y bajo voltaje, así como el desbalance de voltaje.

**Operación:**

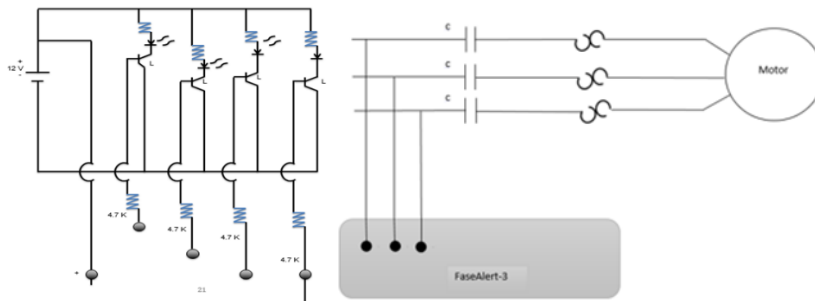
El FaseAlert-3 protege desconectando la bobina de contacto y apagando el motor cuando detecta una falla en los voltajes, esto lo hace mediante un contacto interno que se abre o cierra de acuerdo a las condiciones del voltaje.

Tiene programado un retardo para no desconectar el motor por fallas de corta duración que no le afectan. Cuando regresan los voltajes normales, puede tener un retardo al reconectar (ajustable), esto es necesario en algunos equipos como compresores de refrigeración.

Los electroneveles son controladores que detectan el nivel del líquido, midiendo la corriente eléctrica que pasa a través de el por medio de electrodos.



**Figura.14.** Electronevel.



**Figura 15.** Ejemplos de Conexión del Electronevel.

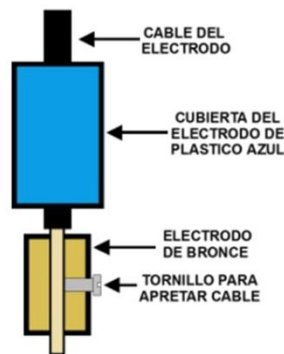
Electrodos.

Preparación de cables para electrodos.

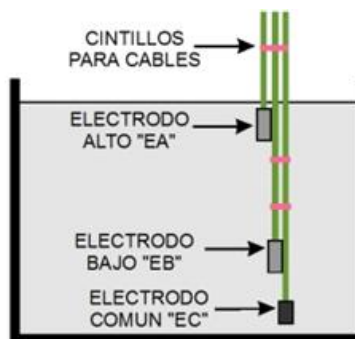
- Para alambrear los electrodos se puede usar cable desde calibre 12 al 16.
- Use cables de 3 diferentes colores para evitar errores de conexión.
- Utilice un color para cada electrodo.

**Preparación de electrodos.**

Pele el extremo del cable 3 cm e inserte la cubierta de plástico en el cable con el fondo abierto hacia abajo. Inserte el electrodo de bronce hasta el tope del forro del cable y apriete el tornillo para asegurar el cable al electrodo. Doble el sobrante del cable pelado para asegurar mejor el electrodo al cable. Baje la cubierta plástica azul, de tal forma que cubra completamente el electrodo y el cable pelado. La cubierta de plástico evitará que el electrodo haga contacto por los lados en paredes de recipientes conductores y sólo permitirá el contacto a través del líquido por la parte de abajo, lo que evitará falsas detecciones de nivel.



**Figura 16.** Electrodos.



**Figura 17.** Contenedor de agua con Electrodos.

**Tabla 3.** Especificaciones Técnicas del modelo EN-3 (Álvarez, 2012).

Voltaje de Alimentación	120/220 VCA,50/60 CPS
Capacidad de los contactos	NA 12 amp,NC 8 amp,1.5 CF a 220 V
Vida útil a plena carga	200000 operaciones
Resistencia del liquido	50K $\Omega$ max
Voltaje de electrodos	18 VCA max
Consumo	3 watts max
Largo del cable de electrodos	300 mts.max (5000mts sobre pedido)
Temperatura de operación	De -10 a + 50 °C
Peso con paquete	390 gr

### Programación del Circuito en la Tarjeta de Adquisición de Datos.

Se montará una pantalla LCD para indicar en qué nivel está el contenedor en el inicio de la jornada de trabajo. Además, tendrá indicadores de Nivel Alto, Nivel Medio y el de emergencia será Nivel Bajo.

Para operar el equipo es necesario que la jornada de trabajo se inicie de acuerdo al análisis previo realizado, esto consiste en que el nivel debe ser medio (al menos) para garantizar que la jornada de trabajo se concluya (Bustamante, 2014).

Placa Electrónica de Electrovaciado y paro de Emergencia.

Placa impresa en CNC y perforada. Para soldar los componentes de la placa de trabajo, observando así el circuito que consta de: 4 bornes, Arduino nano, indicadores luminosos (led), resistencias, 1 relevador.

Los tres bornes que van directamente a los indicadores luminosos, reciben las señales analógicas de los sensores instalados dentro del contenedor de agua helada indicando así con los indicadores luminosos el nivel del contenedor. El borne que esta directo al relevador es la salida que controla la bomba hidráulica actuando el relevador como control on/off, apagando o encendiendo la bomba hidráulica.

El Arduino nano recibe las señales analógicas y las convierte en digitales mandándolas a una pantalla LCD y al relevador, apagando o encendiendo la bomba hidráulica.



**Figura 18.** Placa electrónica con salida analógica y digital.

## Pantalla LCD.

Este componente se encarga de convertir las señales eléctricas de la placa en información visual fácilmente entendible por los seres humanos. Debemos de dominar tanto las conexiones como la programación de la pantalla LCD con Arduino ya que es un componente muy útil en muchos proyectos. La gran ventaja es que gracias a la pantalla LCD, podremos mostrar información de datos como temperatura, humedad, presión o voltaje (sin autor, 2010).



**Figura 19.** Pantalla LCD.

```

FLOTADORES
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <FastIO.h>
#include <I2CIO.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal.h>
int const flotador1=4;
int const flotador2=3;
int const flotador3=2;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE); // set the LCD I2C address
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  pinMode(flotaador1,INPUT);
  pinMode(flotaador2,INPUT);
  pinMode(flotaador3,INPUT);
  //Encender la luz de fondo.
  lcd.backlight();
  digitalWrite(12,0);

```

**Figura 20.** Código Tarjeta de Adquisición de datos.

## Programación Virtual del Proceso de Enfriamiento del Brumizador.

Conociendo el proceso con sus pérdidas y altura mínima para que funcione adecuadamente el sistema en un ciclo de trabajo que equivale a 8 horas.

Los comandos utilizados para la programación virtual nos deben permitir representar el proceso en tiempo real y representarnos en pantalla el proceso de llenado y vaciado del tanque de recuperación, en este caso el usuario interactúa con el proceso ya que al comenzar el proceso debe verificar que el tanque de recuperación debe de estar lleno y él debe accionar el inicio del proceso, como tiene tres indicadores cuando se active cada uno de ellos debe de activarse para que el usuario identifique como se va vaciando el tanque de almacenamiento y cuando llegue a la altura mínima necesaria para que el proceso funcione adecuadamente debe de accionar la válvula que permitirá llenar el tanque de almacenamiento de agua suavizada del tanque de almacenamiento.

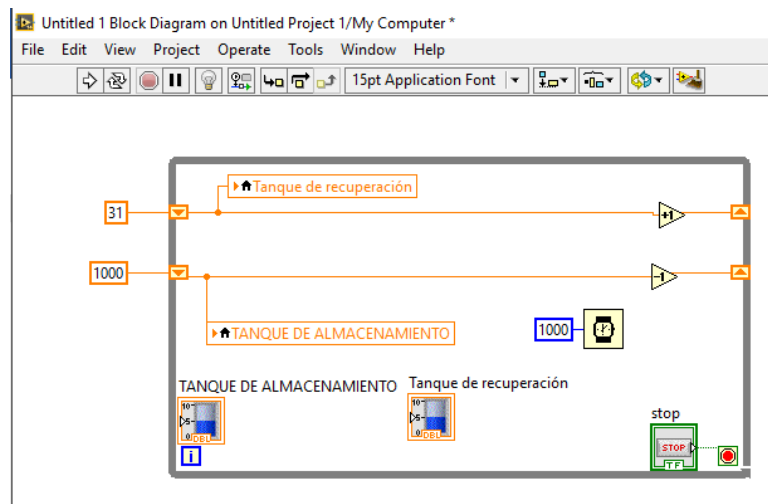
Para la representación virtual utilizamos el software numérico que es interactivo ya que permite al usuario tomar una determinación al inicio del ciclo de trabajo.

En el inicio de la programación en el software utilizado en este caso se deben realizar en dos partes primero se debe diseñar el panel frontal y después el diagrama de bloques (Molina, 2019).

En el panel frontal se diseña los controladores y se personaliza la pantalla para hacerla interactiva y el usuario tenga contacto con ella.

En el diseño del panel frontal se utilizó un toolbox del software utilizado, que es para personalizar los procesos en el cual existen comandos para decorar este panel, en el panel frontal existe una paleta de controles las cuales podemos seleccionar que controladores se requieren para personalizar el proceso. Teniendo el panel frontal con los controladores que se utilizaran en el proceso se procede a programar el diagrama de bloques, en este diagrama se debe conocer los comandos y sus procesos de ejecución.

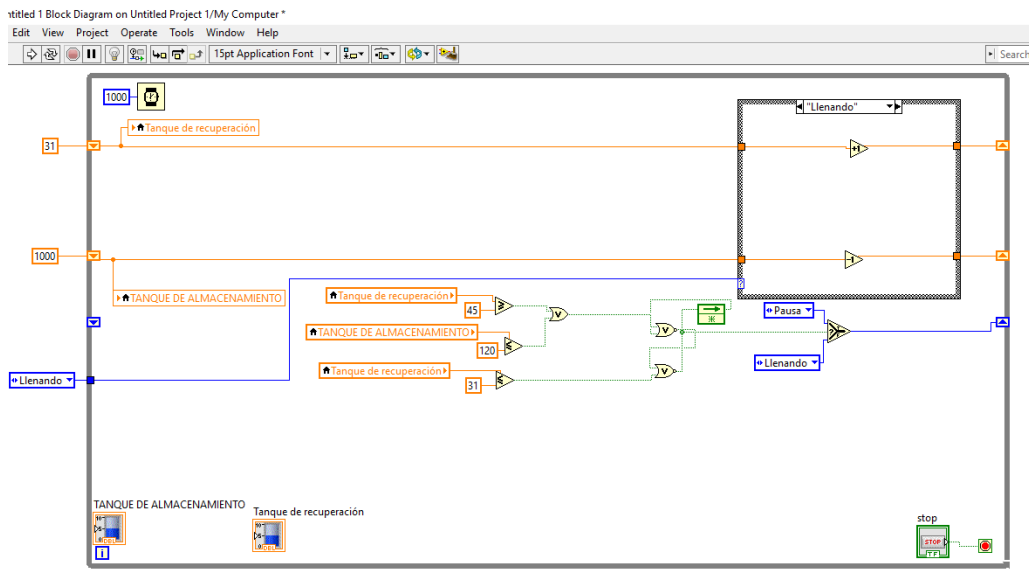
Para que nos permita realizar el proceso adecuadamente en este caso comenzamos lo que es llenando de los tanques y para hacer eso tenemos que seleccionar una estructura While loop, que esta estructura nos permitirá realizar ciclos de llenado y vaciado de los tanques utilizados, en la figura 24 nos muestra el diseño del diagrama de bloques, esto nos indica que el tanque de recuperación comenzara a llenarse al límite mínimo de la altura necesaria 31.6 cm para que opere el proceso y el tanque de almacenamiento comience a vaciarse de una altura de 1000 cm ,es necesario utilizar un tiempo de retardo de las iteraciones como los realiza muy rápido no da tiempo de visualizarlos,Para que un proceso sea continuo en el marco de la estructura de While loop debe agregar Add Shift Register que nso permitirá ir guardando el registro de cada iteración (Lajara, 2018).



**Figura 21.** Diseño del Diagrama del Llenado de los tanques.

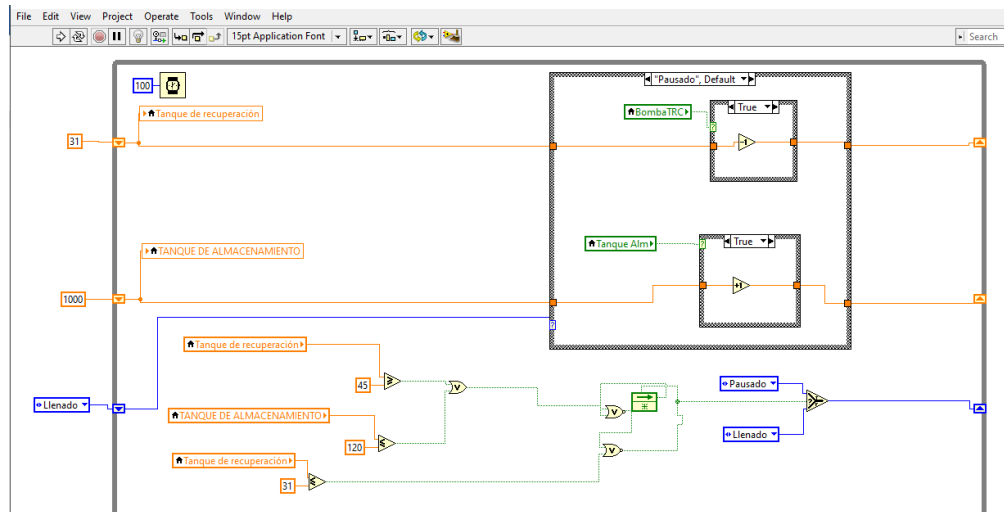
Se debe introducir un comando para seleccionar el momento donde se requiere que se detenga el tanque recuperación cuando esté lleno y de ahí el usuario debe de activar el inicio del proceso.

El diseño de la figura 22 nos permitirá tener una pausa cuando el tanque de recuperación se llene de acuerdo a su altura del tanque h0 en este caso se detendrá cuando tenga una altura igual a 45 cm, se diseña un Flip-Flop para que nos permita tener dos estados los cuales son llenado y pausa, cuando cumpla las condiciones programadas.



**Figura 22.** Diseño del Diagrama para que tenga una pausa.

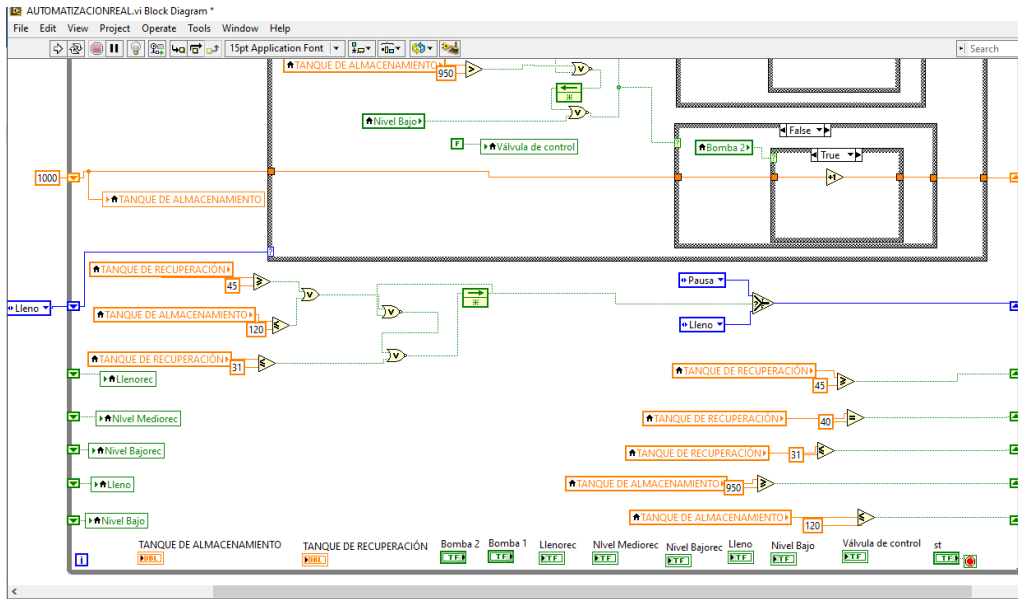
En la figura 23 la pausa del proceso nos debe permitir vaciar el tanque de almacenamiento y para hacerlo seleccionamos la estructura case que nos permita con un decremento y accionando la bomba de inicio del proceso vaciar el tanque de almacenamiento, con el tanque de almacenamiento cuando se vacía lo podemos llenar accionando la Bomba de llenado del tanque (Molina, 2019).



**Figura 23.** Diseño del Diagrama para que en la pausa permita vaciar y llenar los tanques.

En la figura 24 nos muestra el diseño de las alarmas que se visualizaran el panel frontal que el usuario le permitirá saber el nivel de altura  $h_0$  que tenga el tanque de recuperación como tenemos 5 centímetros de tolerancia para el llenado del tanque utilizamos una comparación mayor igual a 45, cuando cumpla la condición debe activar la alarma de llenado, 40 cm nos activara la alarma del nivel medio, y si llega al nivel de 31 active la alarma de nivel bajo y abra la válvula de control para llenar el tanque de recuperación.

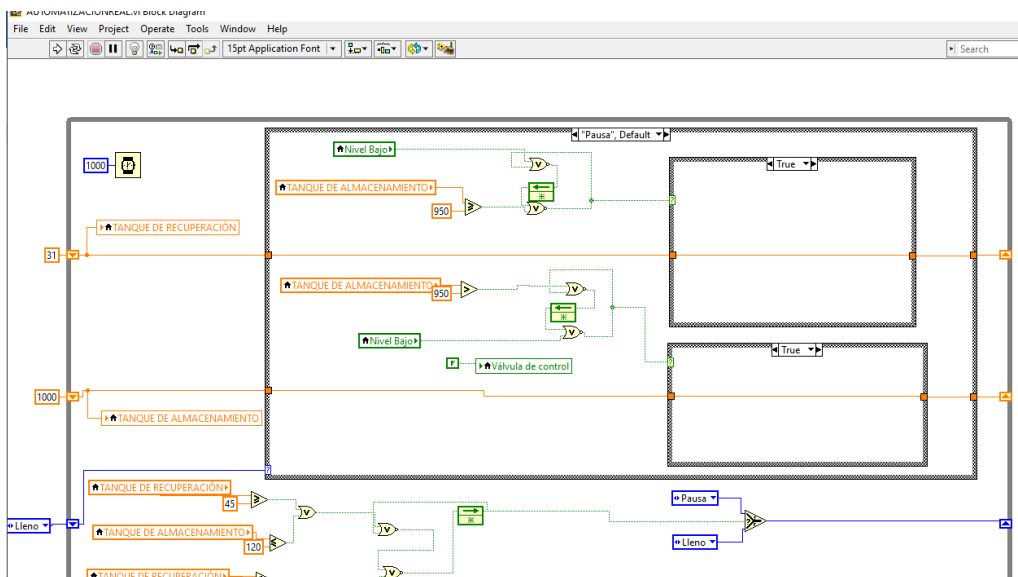




**Figura 24.** Diseño del Diagrama para accionar las alarmas.

La figura 25 del Diseño de detener el proceso cuando cumpla la condición, el segundo Selec case que está dentro del proceso de pausa si es falso realiza el proceso y si es verdadero realiza el flip-flop para que se detenga el proceso cuando cumpla las condiciones del tanque de almacenamiento que nos dice si tanque de almacenamiento es menor e igual a 950 la altura se resetee y nos envíe el nivel bajo.

La válvula de control cuando este en pausa nos indicara cuando se debe llenar el tanque de almacenamiento.



**Figura 25.** Diseño del Diagrama para accionar detener el proceso y no se derrame el agua en los tanques.

La figura 26 la válvula de control cuando se llene el tanque de recuperación activa su alarma de llenado e indica al operador que puede iniciar el proceso de Brumizado accionando la bomba de circulación del agua hacia el equipo de refrigeración.

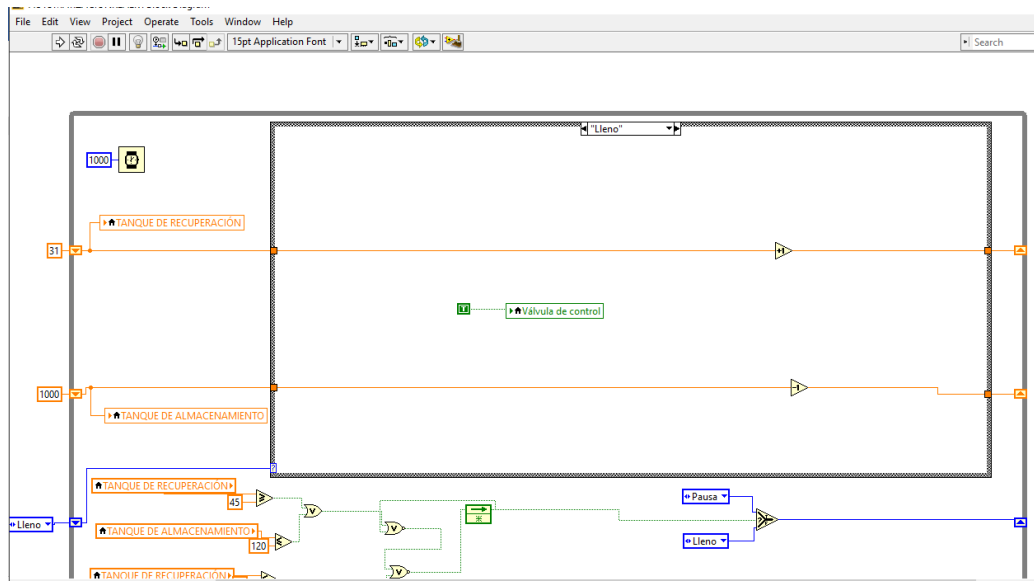


Figura 26. Diseño del diagrama para accionar la válvula de control.

### 3. Resultados.

Circuito de Enfriamiento Brumizador y Conexión de Electronivel de Vaciado, Electrodo y Pantalla LCD.

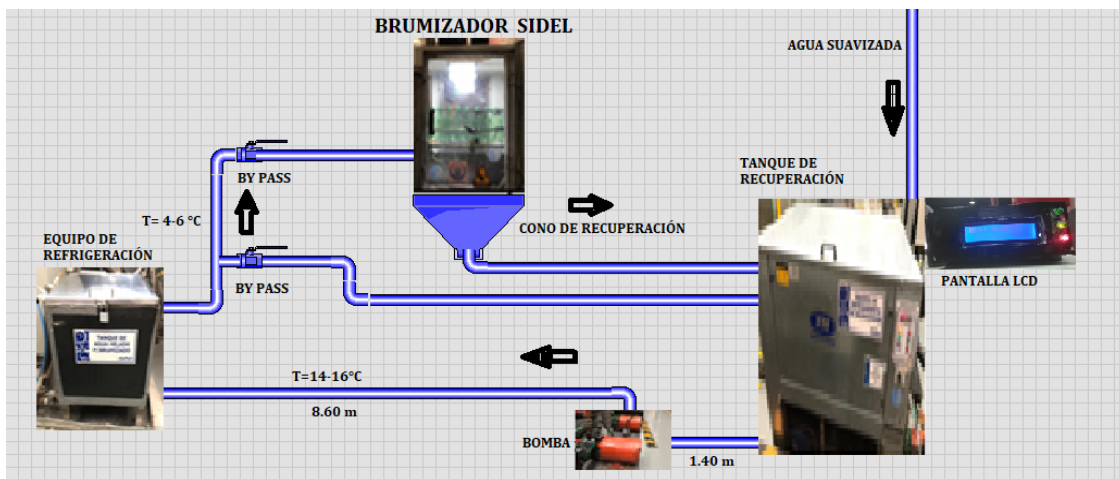
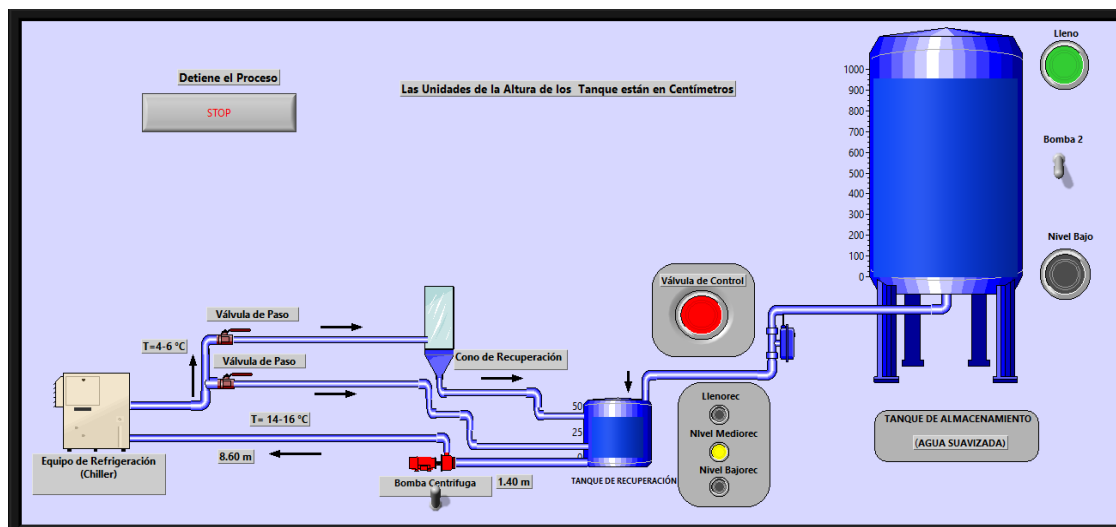


Figura 27. Ciclo de Trabajo del Brumizador esquematizado.



**Figura 28.** Diseño del Proceso.

Se diseñó un sistema que permita proteger y cuidar una bomba hidráulica, que opera en un sistema de enfriamiento de agua helada (chiller). Este sistema de enfriamiento permite Brumizar agua helada en la parte inferior de botellas de plástico soplado, para evitar deformación en la superficie de la botella por motivos de choque térmico, ya que la preforma es calentada a altas temperaturas para poder soplarla, proporcionándole su forma característica y al salir al medio ambiente ser enfriada por el sistema de Brumizado. Elegimos la opción de usar elementos industriales pensando en cubrir tres necesidades principales de uso:

- 1.- trabajar en un ambiente húmedo, ruidoso y con grandes vibraciones.
- 2.- operar por periodos largos y continuos de trabajo.
- 3.- no sufrir cambios, variaciones o mala calibración en los mantenimientos preventivos (semanales, mensuales, trimestrales y anuales).

Utilizamos un control On/Off, ya que no era necesario controlar a detalle la salida de sistema de elementos como: temperatura, cantidad en mililitros, impurezas, etc. Se utilizó, entonces, un relevador industrial programado como vaciado de contenedor. Controlando así la energía suministrada al sistema de enfriamiento (chiller). Cuidando todos los componentes del sistema: compresor, evaporador, ventilador y bomba hidráulica. El relevador industrial responde a tres electrodos instalados en el contenedor de agua helada en distintos niveles de altura; alto, medio, bajo, indicándole al relevador cuando el nivel del tanque es demasiado bajo para apagar el sistema de enfriamiento. Pensando en el operador, se agregaron dos salidas de atención: 1.- una pantalla digital de 12X2 indicador de nivel del contenedor de forma textual. 2.- tres indicadores luminosos de colores preventivos (led), indicando de igual forma los niveles del contenedor. El sistema de visualización y de paro de emergencia en el sistema de Brumizador de botellas responde de acuerdo a la investigación, permitiendo al operario una fácil visualización, teniendo dos alternativas para el operario; indicadores luminosos, salida digital y explícita para un mejor control de seguridad de la bomba hidráulica. La lectura de información diaria del operador se ha vuelto fácil y rápido debido a la ubicación del sistema, permitiendo así realizar otras actividades con el tiempo sobrado.

## Referencias.

Álvarez, R. A. (2012). Automatización industrial. Obtenido de [automatizacionindustrialiue.blogspot.com](http://automatizacionindustrialiue.blogspot.com).

Sin autor. (2010). Electrónica. Obtenido de [nassarelectronics.com](http://nassarelectronics.com).

**Bustamante Herrera, D. G. (2014).** Repositorio Educativo Digital. Obtenido de [hdl.handle.net/10614/7017](https://hdl.handle.net/10614/7017).

**Corona, R. (2016).** Ecochiller inc.

**Crespo, E. (2017).** Cursos Arduino. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2015/03/22/que-es-el-hardware-libre/>.

**Lajara Vizcaíno, José Rafael; Pelegrí Sebastián, José (2018).** LABVIEW - Entorno gráfico de programación 3ª Edición, Alfaomega.

**Molina Arturo; Ponce Pedro. (mayo 2019).** Fundamentos de Labview. Alfaomega.

### Información de los autores.



**Hernán Valencia Sánchez,** Licenciatura en Ingeniería Mecánica y con un Posgrado en Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Reconocimiento al perfil deseable Jefe de Proyectos de Investigación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del TecNM/Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Roberto Carlos García Gómez,** Licenciatura en Ingeniería Mecánica, con tres posgrados: Especialidad en Mecatrónica, Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Doctorado en Procesos de Manufactura. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe de Proyectos de Vinculación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del TecNM/Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Fernando Alfonso May Arrijo** es Licenciado en Ingeniería Mecánica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Maestro en Energías Renovables por la Universidad Politécnica de Chiapas y Doctorante en Ingeniería Aplicada en el Colegio de Formación Educativa Tenam. Profesor de Carrera Enseñanza Superior en el Departamento de Metal-Mecánica del TecNM/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Perfil Deseable desde 2016.



**Julio César Llaven Gordillo**, Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Maestría en Ciencias de la Educación. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Docente del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**José Manuel Rasgado Bezares**, Licenciatura en Ingeniería Mecánica. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del TecNM/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.