



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**AUTOMATIZACIÓN DE LLENADO DEL TANQUE DE AGUA EN PLANTA  
DE CERVEZA, CHSA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21221098 MANUEL FERNANDO LÓPEZ FLORES**

**ASESOR: ING. DARWIN REYES HERNANDEZ**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA**

**NOVIEMBRE, 2018**

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO**

Le dedico este logro a mi madre, sé que desde el cielo ella está feliz y orgullosa de verme cumplir esta meta.

Agradezco:

A Dios mi señor por darme la sabiduría necesaria para lograr mis objetivos profesionales.

A mis padres, Martha Flores y Manuel López, por haberme enseñado lo que es la humildad, el respeto y la responsabilidad que hoy me ha hecho quien soy como persona y profesional.

A mi hermana, Martha, por darme siempre su apoyo y ánimos para salir a delante con mis responsabilidades.

A los catedráticos de Unitec SPS, quienes me han formado como profesional y me han compartido sus conocimientos, en especial al ingeniero Darwin Reyes mi asesor de proyecto quien me han ayudado con la tesis.

Al personal de Cervecería Hondureña S.A, quienes me han brindado sus conocimientos, apoyo y me han dado consejos para aplicarlos en el campo laboral.

A todos, les agradezco de corazón por su apoyo.

## Tabla de contenidos

Índice de tablas .....	VII
Glosario.....	VIII
I. Introducción.....	1
II. Planteamiento del problema.....	2
2.1 Antecedentes .....	2
2.2 Definición del problema.....	3
2.3 Preguntas de investigación.....	3
2.4 Objetivos.....	4
2.4.1 Objetivo General.....	4
2.4.2 Objetivos específicos.....	4
2.5 Justificación .....	4
III. Marco teórico.....	5
3.1 Definición sistema .....	5
3.1.1 Sistemas de control en lazo cerrado.....	5
3.1.2 Retroalimentación .....	6
3.1.3 Ventaja del sistema de control en lazo cerrado .....	7
3.1.4 Sistemas de control análogos.....	7
3.1.5 Sistemas de control digital .....	8
3.2 Automatización .....	8
3.2.1 Componentes de un sistema automático.....	8
Según (F. Ebel, 2008), para configurar procesos automáticos modernos se necesitan tres componentes: .....	8
3.2.2 Consecuencias de la automatización para el ser humano, .....	9
Según (F. Ebel, 2008), una de las razones principales para el uso de sistemas automatizados fue y sigue siendo la necesidad de producir a costos cada vez menores para ser competitivos. La técnica de la automatización contribuye a ese fin de varias maneras:.....	9
3.2.3 Niveles de la automatización industrial .....	9
3.2.4 Sensores .....	10

3.2.5 Actuadores .....	10
3.2.6 Controlador lógico programable (PLC).....	10
3.3 Señal .....	11
3.3.1 Señales analógicas .....	11
3.3.2 Señales digitales.....	12
3.4 Transductores .....	12
3.4.1 Clasificación de transductores.....	13
3.4.2 Tipos de transductores de presión .....	14
3.4.3 Transductores de presión en base al efecto piezorresistivo.....	14
3.5 Motores asíncronos.....	15
3.5.1 Motores asíncronos trifásicos.....	16
3.5.2 Conexión de la máquina según su placa de características.....	18
3.6 El agua .....	19
3.6.1 Características del agua .....	20
3.6.2 Medición de nivel de tanques.....	20
3.6.3 Bombas hidráulicas.....	20
IV. Metodología.....	21
4.1 Variables de investigación .....	21
4.1.1 Variables dependientes.....	21
4.1.2 Variables independientes .....	22
4.2 Enfoque y Métodos .....	22
4.2.1 Diseño de la investigación .....	22
4.3 Técnicas e instrumentos aplicados.....	23
4.3.1 Técnicas aplicadas.....	23
4.3.2 Instrumentos aplicados.....	24
4.4 Materiales .....	24
4.5 Cronograma de actividades .....	25
.....	25
V. Análisis y Resultados .....	26
5.1 Instrumentación.....	26
5.2 Instalación del transmisor de presión .....	27

5.3 Formato para la toma de datos .....	28
5.3.1 Vista de variables de investigación.....	28
5.3.2 Vista de datos.....	29
5.4 Tabulación de Datos .....	29
5.5 Resultados.....	36
5.6 Presupuesto del proyecto .....	37
5.7 Aportaciones .....	38
VI. Conclusiones .....	39
VII. Recomendaciones.....	40
7.1 Para la universidad.....	40
7.2 Para la empresa.....	40
VIII. Anexos.....	41
Referencias Bibliográficas.....	51

### **Índice de ilustraciones**

Ilustración 1. Aumento de la demanda de cerveza en Honduras.....	2
Ilustración 2. Disposición básica de un proceso controlado automáticamente .....	6
Ilustración 3. Tipos de realimentación.....	7
Ilustración 4. Muestra la estructura típica de un sistema automatizado. ....	8
Ilustración 5. Modelo de automatización de cinco niveles propuesto por la NBS .....	10
Ilustración 6. Representación gráfica de una señal .....	11
Ilustración 7. Gráfica de una onda de señal análoga.....	11
Ilustración 8. Gráfica de una onda de señal digital .....	12
Ilustración 9. Sistema de control de flujo.....	13
Ilustración 10. Evolución de las señales de transmisión.....	14
Ilustración 11. Transductor de presión tipo piezoeléctrico.....	15
Ilustración 12. Estátor de un motor asíncrono.....	17
Ilustración 13. Rotor en jaula de ardilla. ....	17
Ilustración 14. Rotor devanado o con anillos. ....	17
Ilustración 15. Placa característica de un motor .....	19
Ilustración 16. Cronograma de actividades diarias.....	25
Ilustración 17. Transductor de presión de membrana metálica ifm PN2224.....	27
Ilustración 18. Instalación del transductor de presión ifm PN2224 .....	28
Ilustración 19. Gráfica de horas diarias trabajadas.....	31

Ilustración 20. Gráfica de consumo energético en kwh.....	32
Ilustración 21. Gráfica de ahorro energético diario en kwh.....	33
Ilustración 22. Gráfica del ahorro en lempiras al día.....	34
Ilustración 23. Gráfica del error en medición de presión en psi.....	35
Ilustración 24 – Instalación del nuevo variador.....	42
Ilustración 25. Panel eléctrico bombas booster (Después).....	43
Ilustración 26. Bomba booster # 1.....	44
Ilustración 27. Instalación del transductor de presión.....	44
Ilustración 28. Tanque elevado de agua (planta de cerveza).....	45
Ilustración 29. PLC MicroLogix 1200 (Antes).....	46
Ilustración 30. PLC MircroLogix 1200 (Después).....	46
Ilustración 31. Panel eléctrico bombas booster (Vista exterior).....	47
Ilustración 32. Tablero de mando en bombas booster.....	48
Ilustración 33. Diagrama eléctrico de conexiones PLC MicroLogix 1200.....	48
Ilustración 34. Diagrama eléctrico de sensor NH3.....	49
Ilustración 35. Diagrama eléctrico bombas de bunker.....	49
Ilustración 36. Diagrama topológico sistema de bombas booster.....	50

### **Índice de tablas**

Tabla 1 – Definición de variables de investigación.....	28
Tabla 2– Formato para la toma de datos.....	29
Tabla 3 – Datos estadísticos de variables de investigación.....	29
Tabla 4 – Horas diarias trabajadas.....	30
Tabla 5 – Consumo energético en Kwh.....	32
Tabla 6 – Ahorro energético diario en kwh.....	33
Tabla 7 – Ahorro en lempiras al día.....	34
Tabla 8 – Error en medición de presión en psi.....	35
Tabla 9 – Presupuesto del proyecto.....	37

## Glosario

**Cerveza:** es una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo, que se fabrica con granos de cebada germinados u otros cereales cuyo almidón se fermenta en agua con levadura y se aromatiza a menudo con lúpulo, entre otras plantas.

**Control PID:** es un mecanismo de control por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial.

**Control automático:** es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla.

**Diagrama eléctrico:** Un diagrama electrónico, también conocido como un esquema eléctrico o esquemático es una representación pictórica de un circuito eléctrico.

**Enzimas:** Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas, siempre que sean termodinámicamente posibles.

**Kilowatt hora (Kwh):** es una unidad de energía expresada en forma de unidades de potencia  $\times$  tiempo.

**Lúpulo:** Planta herbácea trepadora de tallo áspero, largo y nudoso, hojas perennes y acorazonadas, formadas por hasta siete lóbulos, flores pequeñas, parecido a una piña.

**Levadura:** Hongo unicelular que produce enzimas capaces de provocar la fermentación alcohólica de los hidratos de carbono.

**PLC:** Controlador Lógico Programable, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos.

**Transmisor de presión Piezoresistivo:** sensores resistivos se basa en la medida de la variación de la resistencia inducida por la deformación en función de la presión.

## I. Introducción

La norma DIN 19223 define un autómata como un sistema artificial que se comporta de determinadas maneras relacionando comandos de entrada con estados del sistema, con el fin de obtener las salidas necesarias para solucionar tareas. (Ebel, 2008, p.15)

La cerveza es una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo, que se fabrica con granos de cebada germinados u otros cereales cuyo almidón se fermenta en agua con levadura y se aromatiza a menudo con lúpulo. La elaboración de cerveza se divide en dos procesos principales: el primero corresponde a la conversión del almidón de un cereal en azúcares fermentables por acción de las enzimas que se encuentran en la malta y la posterior fermentación alcohólica de los mismos por la acción de la levadura.

Desde comienzos del año 2018, la planta de cerveza de la Cervecería Hondureña S.A ha presentado problemas en el diseño y programación del sistema de llenado automático del tanque elevado de agua, el cual es de suma importancia ya que este es el que abastece de agua a toda la planta y sin su correcto funcionamiento no sería posible la producción de cerveza, los problemas que presenta son: mala ubicación del transmisor de presión, mala programación y esto produce pérdidas de agua y energía eléctrica. Debido a este mal funcionamiento se realizará un nuevo proyecto de automatización de llenado para este tanque, implementando un diseño y programación más eficiente para el sistema de llenado y así usar de una manera más eficiente las bombas llenadoras de agua.

Además de las razones anteriores, la instalación eléctrica de control de este sistema no cuenta con la debida identificación de entradas y salidas de las señales de control que están conectadas en el PLC haciendo así demasiado difícil dar mantenimiento y solucionar problemas en dicha instalación, por este motivo se realizará el etiquetado de todas las señales involucradas en este sistemas y se dibujará el diagrama eléctrico para facilitar la intervención en este panel.



## II. Planteamiento del problema

### 2.1 Antecedentes

La cervecera hondureña cuenta con varias marcas de cervezas, entre ellas: Port Royal, Salva Vida, Imperial, Barena y se comercializa también Miller Lite y Miller Genuine Draft. En el año 2013 las ventas totales ascendieron a 5.1 millones de hectolitros en refrescos y 1.1 millones de hectolitros en cerveza. En relación con el anterior reporte, estas cifras significan un crecimiento que oscila entre un 6% y un 13.4% y evidencian la preferencia de los consumidores nacionales por las marcas de Cervecería Hondureña. (Cerveceria Hondureña S.A, 2013, p.20)

En la gráficas presentadas en la ilustración 1, podemos notar el aumento en la demanda de cerveza y al estar está constituida en un 90% de agua, se aumenta también el consumo de agua en la planta de producción haciendo así que esta sea la materia prima más vital.



**Ilustración 1.** Aumento de la demanda de cerveza en Honduras

Fuente: (Cervecería Hondureña S.A, 2013)

## **2.2 Definición del problema**

En la planta de cerveza es recurrente el mal funcionamiento del sistema de llenado del tanque de agua, esto debido al mal diseño y programación de un sistema ya existente, dicho sistema ocasiona que el tanque se rebalse y produzca pérdidas de agua y energía eléctrica.

El problema consiste en la mala ubicación de un sensor de presión, por lo que se están realizando medidas de presión erróneas, esto produce malos cálculos en el control PID siendo así este un sistema deficiente.

## **2.3 Preguntas de investigación**

- ¿Cuál es la causa del mal funcionamiento del sistema de control de llenado en el tanque de agua?
- ¿Cuál es la ubicación correcta del sensor de presión?
- ¿Cómo se puede mejorar el control de llenado del tanque de agua?

## **2.4 Objetivos**

Según Coulter (2010) "los objetivos son los resultados o propósitos deseados. Estos guían las decisiones de la administración y forman los criterios contra los cuales se miden los resultados."

### **2.4.1 Objetivo General**

Desarrollar la automatización de llenado del tanque de agua en la planta de cerveza en CHSA para evitar la pérdida de agua y energía eléctrica.

### **2.4.2 Objetivos específicos**

- Identificar cuál es la causa del mal funcionamiento del sistema de control en el tanque elevado de agua.
- Determinar cuál es el lugar correcto para colocar el sensor de presión en el tanque de agua.
- Establecer una programación eficiente para el control de llenado en el tanque de agua.

## **2.5 Justificación**

"La cerveza es una mezcla compleja de azúcares, proteínas, alcoholes y gran variedad de otros compuestos orgánicos. Pero el componente principal y fundamental de la cerveza es el agua que constituye el 90% de su composición" (Triplénlace, 2014, párr. 1).

En la cervecería hondureña S.A se producen varias marcas de cerveza la cuales en su mayor parte están constituidas por agua, lo que hace al suministro de agua de la planta de producción de cerveza la materia prima más importante para la elaboración de este producto. Debido a esto se debe contar con un sistema de control eficiente que permita asegurar el correcto abastecimiento de agua hacia las líneas de producción.

### **III. Marco teórico**

Para la automatización del auto llenado del tanque elevado de agua de la planta de cerveza en CHSA, se necesitan una serie de elementos que funcionen en conjunto para lograr el objetivo requerido.

Para validar los procesos del proyecto, se presenta a través de una fundamentación teórica la definición de cada uno de los elementos fundamentales que integran el actual sistema, los cuales son: la importancia del agua en la producción de cerveza, el transmisor de presión como dispositivo de medición y el PLC como unidad de procesamiento de datos para llevar el control del proceso.

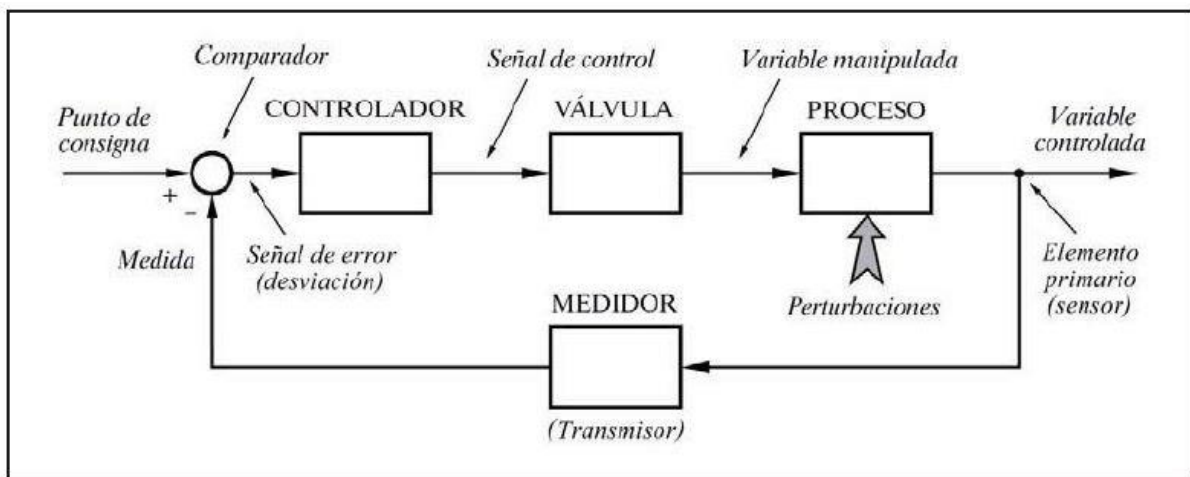
#### **3.1 Definición sistema**

Es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado. Un sistema no está necesariamente limitado a los sistemas físicos. El concepto de sistema se puede aplicar a fenómenos abstractos y dinámicos, como los que se encuentran en la economía. Por lo tanto, la palabra sistema debe interpretarse en un sentido amplio que comprenda sistemas físicos, biológicos, económicos y similares. (Ogata, 2010, p.3)

##### **3.1.1 Sistemas de control en lazo cerrado**

Los sistemas de control retroalimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema. (p.7)

A continuación se muestra en la ilustración 2, un ejemplo en diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado.



**Ilustración 2.** Disposición básica de un proceso controlado automáticamente

Fuente: (Cusidó, 2014)

### 3.1.2 Retroalimentación

El concepto de realimentación se ha tratado de forma implícita en los apartados anteriores, no obstante, una posible definición explícita del concepto de **realimentación** sería: "Relación prescrita entre la salida y la entrada de referencia en la que éstas se comparan y se usa su diferencia como medio de control del proceso controlado."

Se puede hablar de dos tipos de realimentaciones básicas:

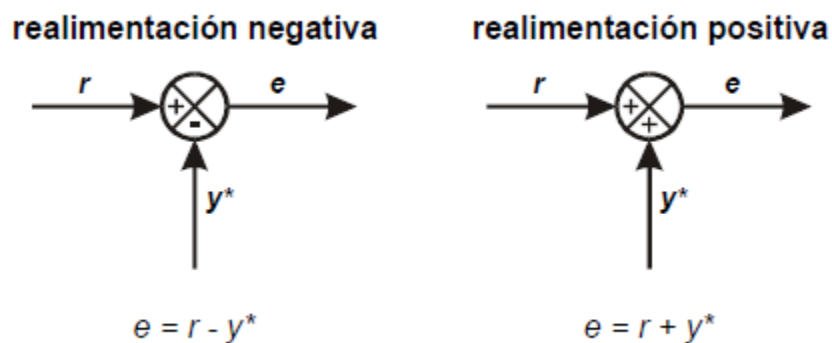
- **Realimentación negativa.** Cuando la señal que es realimentada se utiliza para reducir la diferencia entre el valor de referencia y el valor actual de la variable controlada. En una realimentación negativa:  $Señal\ de\ error = valor\ de\ referencia - señal\ de\ realimentación$

• *Realimentación positiva*. Ocurre cuando la señal realimentada incrementa la diferencia entre el valor de referencia y los valores actuales, por tanto:

$$\text{Señal de error} = \text{valor de referencia} + \text{señal de realimentación}$$

En los sistemas de control, la señal de realimentación se combina con el valor de referencia en el *detector de error* o *comparador*. (Márquez, 2012, p.23)

En la ilustración 3, se puede apreciar los dos tipos de realimentación en un sistema de lazo cerrado.



**Ilustración 3.** Tipos de realimentación

Fuente: (Márquez, 2012)

### 3.1.3 Ventaja del sistema de control en lazo cerrado

Una ventaja del sistema de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema. (p.8)

### 3.1.4 Sistemas de control análogos

En los sistemas análogos todas las señales son funciones continuas de tiempo y es el tamaño de la señal la que es una medida de la variable. (Bolton, 2013, p.16)

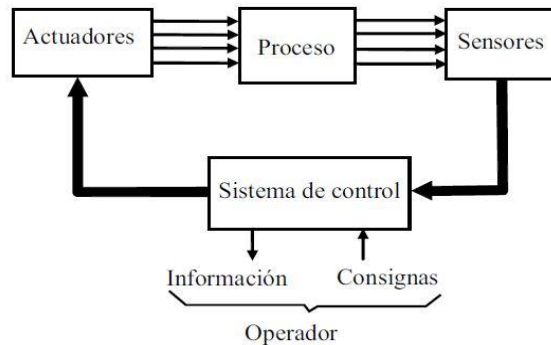
### 3.1.5 Sistemas de control digital

Los sistemas digitales pueden considerarse como una secuencia de señales de encendido/apagado, el valor de la variable que se representa por la secuencia de pulsos de encendido/apagado. (p.16)

## 3.2 Automatización

Se define un sistema (máquina o proceso) automatizado como aquel capaz de reaccionar de forma automática (sin la intervención del operario) ante los cambios que se producen en el mismo, realizando las acciones adecuadas para cumplir la función para la que ha sido diseñado. (Roberto Sanchis, 2010, p.6)

En la ilustración 4, se muestran los elementos principales de un sistema automatizado.



**Ilustración 4.** Muestra la estructura típica de un sistema automatizado.

Fuente: (Roberto Sanchis, 2010)

### 3.2.1 Componentes de un sistema automático

Según (F. Ebel, 2008), para configurar procesos automáticos modernos se necesitan tres componentes:

- Sensores para captar los estados del sistema
- Actuadores para emitir los comandos de control

- Unidades de control para la ejecución del programa y para tomar decisiones. (p.15)

### **3.2.2 Consecuencias de la automatización para el ser humano,**

Según (F. Ebel, 2008), una de las razones principales para el uso de sistemas automatizados fue y sigue siendo la necesidad de producir a costos cada vez menores para ser competitivos. La técnica de la automatización contribuye a ese fin de varias maneras:

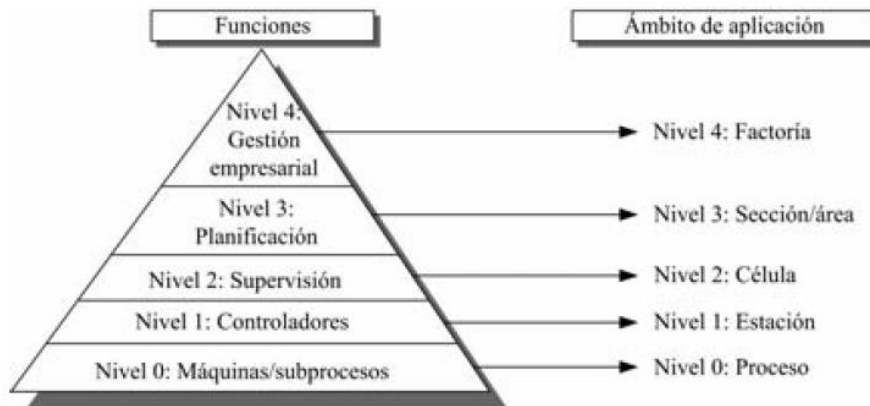
- En las secciones de fabricación automatizada se necesitan menos operarios.
- Se puede fabricar las 24 horas del día, interrumpiendo los procesos únicamente para realizar trabajos de mantenimiento.
- En términos generales, las máquinas cometen menos errores que los humanos, por lo que los productos tienen un alto y constante nivel de calidad.
- Los tiempos de los procesos son menores. Es posible entregar a los clientes más productos en menos tiempo. (p.17)

### **3.2.3 Niveles de la automatización industrial**

Dentro de la estructura de una empresa, independientemente de su naturaleza, los procesos a automatizar son múltiples y variados; sin embargo, el National Bureau of Standards (NBS), con el objetivo de aclarar conceptos, ha definido el modelo de automatización integral de una empresa identificando los diferentes niveles que se pueden encontrar, a fin de estructurar e integrar sus fases de producción, diseño y gestión. (José Medina, 2010, p.13)

A continuación se muestran los cinco niveles de la automatización industrial en la ilustración 5:





**Ilustración 5.** Modelo de automatización de cinco niveles propuesto por la NBS

Fuente: (José Medina, 2010)

### 3.2.4 Sensores

Los sensores o transductores son dispositivos que transforman una cantidad física de entrada en otra de salida equivalente. Nos concentraremos especialmente en los sensores eléctricos, es decir aquellos cuya salida es una señal eléctrica de tensión o corriente. Esta salida puede ser digital, en los casos donde funcionan como elementos de detección, o analógica, cuando se trata de una medición. (Daneri, 2008, p.47)

### 3.2.5 Actuadores

Los actuadores son los elementos que permiten traducir las señales eléctricas de salida del sistema de control en actuaciones físicas sobre el proceso. Fundamentalmente Pueden ser neumáticos, hidráulicos o eléctricos. (Roberto Sanchis, 2010, p.14)

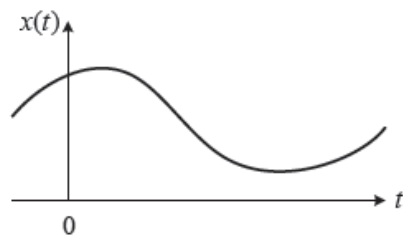
### 3.2.6 Controlador lógico programable (PLC)

El controlador lógico programable (PLC), es un controlador basado en un microprocesador que utiliza memoria programable para almacenar instrucciones y para implementar funciones como secuencia, conteo de tiempo y aritmética lógicas para controlar eventos y que puedan reprogramarse con facilidad para distintas tareas. (Bolton, 2013, p.21)

### 3.3 Señal

Se define una señal como una función de una o más variables que representan una Cantidad física; típicamente contiene información acerca del comportamiento natural de los fenómenos; por ejemplo, las señales eléctricas, acústicas, de video, biológicas, entre otras. Para el caso de una dimensión, la señal se representa mediante la forma  $x(t)$ , siendo  $t$  la variable independiente y  $x$  la variable dependiente. (Portillo, 2017, p.1-p.2)

A continuación se muestra en la ilustración 6, un ejemplo de la representación gráfica de una señal.



**Ilustración 6.** Representación gráfica de una señal

Fuente: (Portillo, 2017)

#### 3.3.1 Señales analógicas

Una señal analógica es una magnitud física variable en el tiempo, que, dentro de un mismo rango, puede tomar valores infinitos de amplitud. (Cantón, 2012, p.13)

En la ilustración 7, se muestra la representación gráfica de una señal análoga común.



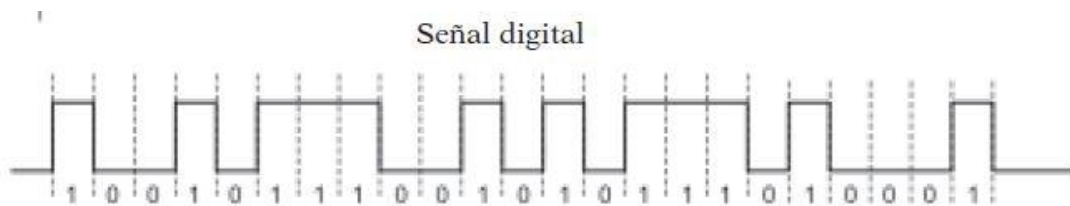
**Ilustración 7.** Gráfica de una onda de señal analógica

Fuente: (Oliva, 2013)

### 3.3.2 Señales digitales

Una señal digital es una magnitud física variable en el tiempo que, dentro de un mismo rango, puede tomar un conjunto finito de valores de amplitud. En el espectro de frecuencia de una señal digital, no se revelan directamente las características de la señal, ni muchos de los problemas que puede presentar. (Cantón, 2012, p.14)

En la ilustración 8, se muestra la representación gráfica de una señal digital común.



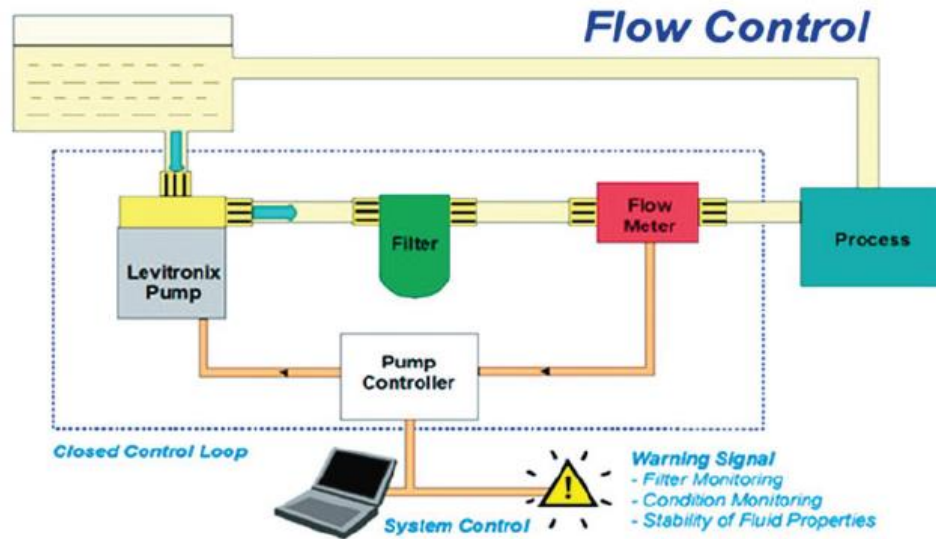
**Ilustración 8.** Gráfica de una onda de señal digital

Fuente: (Oliva, 2013)

### 3.4 Transductores

Corresponden al conjunto sensor-interfaz. Un sensor convierte las magnitudes físicas de la planta por controlar (velocidad, aceleración, concentración, pH, etc.) en magnitudes eléctricas (las señales típicas de salida de los sensores son voltaje: 0-5 V, 0-10 V; corriente: 4-20 mA; señal de aire: 0-15 psi). Lo anterior equivale a inferir que la salida del sensor, en lugar de representar una medida de 0 °C por ejemplo, representa una señal eléctrica de 4 mA y, en lugar de representar 100 °C, entrega como señal de salida 20 mA, y entregará valores intermedios de corriente para otros valores de temperatura. La interfaz adapta las señales del sensor a las entradas del sistema de control. (Muñoz Hernández, 2014) (Muñoz Hernández, 2014, p.21)

En la ilustración 9, se muestra un sistema de control mediante un transductor de flujo (Flujometro):



**Ilustración 9.** Sistema de control de flujo

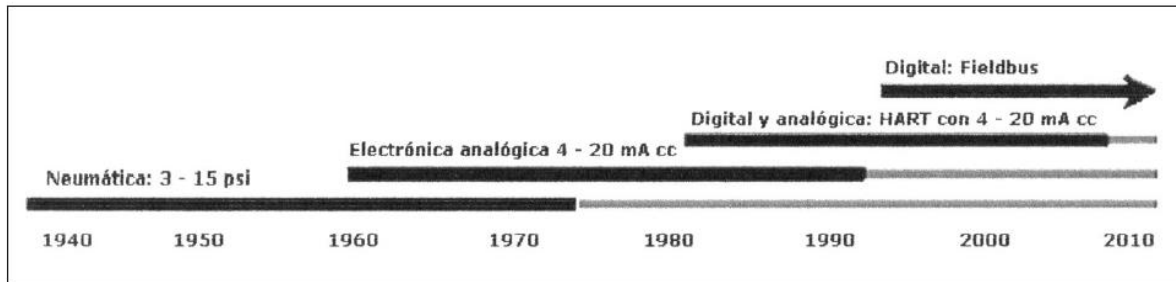
Fuente: (Muñoz Hernández, 2014)

### 3.4.1 Clasificación de transductores

Los transmisores captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática, electrónica o digital.

- **La señal neumática** es de 3 a 15 psi (libras por pulgada cuadrada) (equivalente a 0,206–1,033 bar o 0,21–1,05 kg/cm<sup>2</sup>) adoptada en Estados Unidos y los países de habla inglesa, o 0,2-1 bar empleada en los países que utilizan el sistema métrico decimal.
- **La señal electrónica** normalizada es de 4 a 20 mA de corriente continua, si bien se utilizan de 1 a 5 mA c.c., de 10 a 50 mA c.c. y de 0 a 20 mA c.c.
- **La señal digital** consiste en una serie de impulsos en forma de bits. Cada bit consiste en dos signos, el 0 y el 1, (código binario) y representa el paso (1) o no (0) de una señal a través de un conductor. Si la señal digital que maneja el microprocesador del transmisor es de 32 bits entonces puede enviar 32 señales binarias (0 y 1) simultáneamente. (Sole, 2005, p.61)

En la ilustración 10, se muestra la línea del tiempo de las señales de transmisión de datos.



**Ilustración 10.** Evolución de las señales de transmisión

Fuente: (Sole, 2005)

### 3.4.2 Tipos de transductores de presión

En los siguientes apartados se describen diferentes técnicas para la medida de presión.

- Manómetros de columna de líquido
- Detectores de presión de tipo mecánico
- Detectores de presión de tipo eléctrico
  1. Detectores piezoresistivos
  2. Detectores de capacitancia diferencial
- Transmisores de presión de equilibrio de fuerzas
- Transmisores de presión diferencial

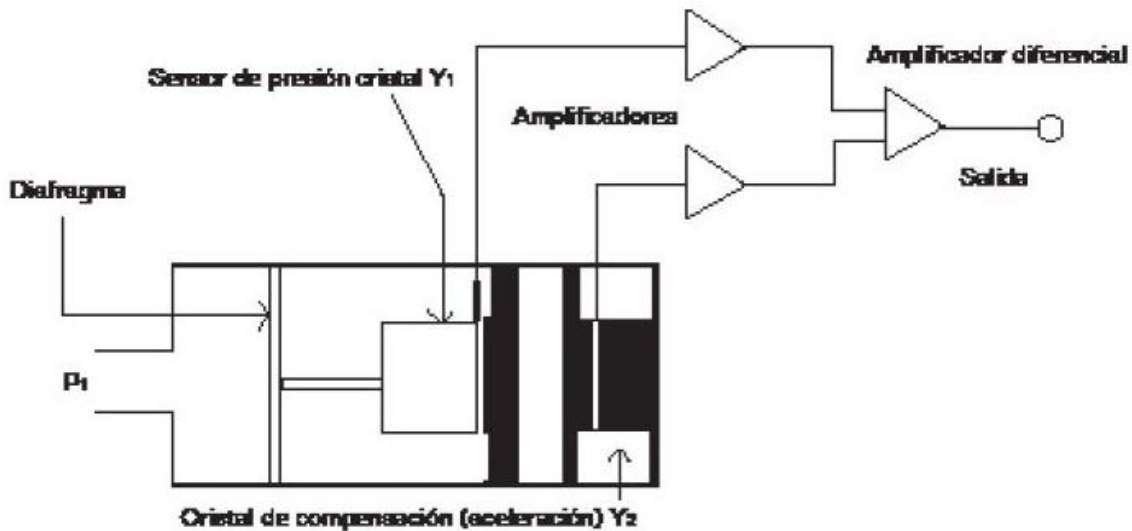
(Gutiérrez, 2014) (Gutiérrez, 2014, p.14-p.26)

### 3.4.3 Transductores de presión en base al efecto piezorresistivo

Otra aplicación del efecto piezorresistivo es la medida de presiones muy elevadas (del orden de 1400 MPa) mediante galgas de manganina (aleación de aproximadamente 84% Cu, 12% Mn y 4% Ni). Aprovechan el cambio de resistencia que se observa en ciertos materiales conductores cuando la presión actúa directamente sobre ellos. Este material se usa en forma de hilo o de lámina. La manganina tiene un coeficiente de temperatura muy

Bajo y presenta una sensibilidad a la presión de  $2.1$  a  $2.8 \mu\Omega/\Omega/\text{kPa}$ , de modo que el cambio de resistencia da información sobre la presión a que está sometido el material. (Mercedes Granda, 2015, p.378)

En la ilustración 11, se muestra el esquema electrónico de un transductor piezoeléctrico.



**Ilustración 11.** Transductor de presión tipo piezoeléctrico

Fuente: (Gustavo Villalobos, 2006)

### 3.5 Motores asíncronos

El descubrimiento original fue publicado en 1888 por el profesor Galileo Ferraris en Italia y por Nikola Tesla en los Estados Unidos. Ambos diseños de motores asíncronos se basaban en la producción de campos magnéticos giratorios con sistemas bifásicos, es decir, utilizando dos bobinas a  $90^\circ$  alimentadas con corrientes en cuadratura. Desgraciadamente, el motor bifásico de Ferraris tenía un circuito magnético abierto y un rotor en forma de disco de cobre, por lo que desarrollaba una potencia muy baja y no tenía interés comercial. Sin embargo, Tesla, que dio a conocer su motor dos meses más tarde que Ferraris, utilizó devanados concentrados tanto en el estátor como en el rotor, logrando con ello un motor más práctico, y de ahí que se considere a Tesla el inventor de este tipo de máquinas.

Las patentes de Tesla fueron adquiridas por G. Westinghouse, quien construyó en sus fábricas motores bifásicos que puso en el mercado alrededor de 1890. En este mismo año el ingeniero de la AEG Dolivo Dobrowolsky inventó el motor asíncrono trifásico, empleando un rotor en forma de jaula de ardilla y utilizando un devanado distribuido en el estátor. En el año 1891 Dobrowolsky presentó en la Exposición de Electricidad de Frankfurt un motor asíncrono con rotor devanado que disponía de un reóstato de arranque a base de resistencias líquidas. (Mora, 2008, p.287)

### **3.5.1 Motores asíncronos trifásicos**

Los motores trifásicos usualmente son más utilizados en la industria, ya que en el sistema trifásico se genera un campo magnético rotatorio en tres fases, además de que el sentido de la rotación del campo en un motor trifásico puede cambiarse invirtiendo dos puntas cualesquiera del estator, lo cual desplaza las fases, de manera que el campo magnético gira en dirección opuesta.

#### **Tipos y características**

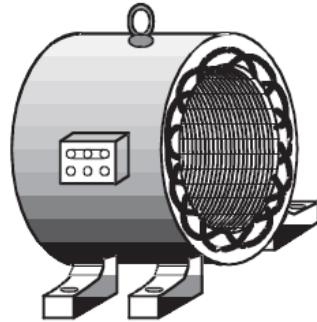
Los motores trifásicos se usan para accionar máquinas-herramientas, bombas, elevadores, ventiladores, sopladores y muchas otras máquinas. Básicamente están contruidos de tres partes esenciales: Estator, rotor y tapas. El estator consiste de un marco o carcasa y un núcleo laminado de acero al silicio, así como un devanado formado por bobinas individuales colocadas en sus ranuras. Básicamente son de dos tipos:

- De jaula de ardilla.
- De rotor devanado

El de jaula de ardilla es el más usado y recibe este nombre debido a que parece una jaula de ardilla de aluminio fundido. Ambos tipos de rotores contienen un núcleo laminado en contacto sobre el eje. El motor tiene tapas en ambos lados, sobre las cuales se encuentran montados los baleros sobre los que rueda el rotor. Estas tapas se fijan a la carcasa en

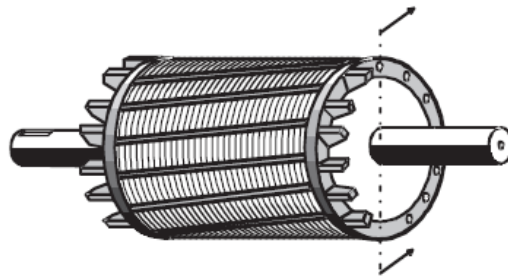
Ambos extremos por medio de tornillos de sujeción. Los baleros o chumaceras pueden ser de rodillos o de deslizamiento. (Dueñas, 2007, p.36)

En las ilustraciones 12, 13 y 14, se muestran las partes principales de un motor de corriente alterna.



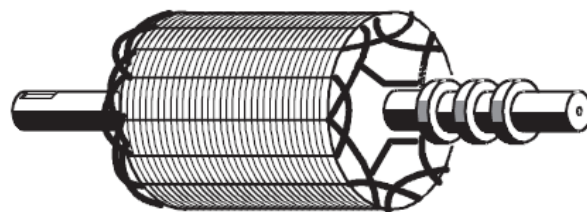
**Ilustración 12.** Estátor de un motor asíncrono.

Fuente: (Mora, 2008)



**Ilustración 13.** Rotor en jaula de ardilla.

Fuente: (Mora, 2008)



**Ilustración 14.** Rotor devanado o con anillos.

Fuente: (Mora, 2008)



### 3.5.2 Conexión de la máquina según su placa de características

Tal y como se ha visto, la placa de características ofrece una descripción pormenorizada de la máquina. Uno de los puntos principales que trata es la conexión de la misma:

- Conexión a corriente continua o corriente alterna: en la placa de características puede observarse si la máquina es de corriente continua o alterna, es decir, si su conexión debe hacerse a una red de corriente continua o de corriente alterna. Esta característica se encuentra en el símbolo normalizado de una u otra corriente, siendo el símbolo de corriente alterna  $\sim$  y el símbolo de corriente continua  $=$ .
- Frecuencia de la red de conexión: también se indica la frecuencia de la red eléctrica a la que se debe conectar la máquina. Así, hay máquinas que se deben conectar a una red de 50 o 60 Hz.
- Tensión de la red eléctrica: otra característica fundamental a la hora de analizar la máquina es la tensión o voltaje a la que se puede o se debe conectar la máquina. Los voltajes más frecuentes de conexión son 220 V en las redes domésticas y 380V en las redes industriales.
- Conexión trifásica o monofásica: es importante descubrir en la placa el tipo de máquina, ya que se podrá tener una máquina monofásica o trifásica. En la conexión monofásica, la tipología de conexión es única, es decir, bornes eléctricos positivos y negativos. En la conexión trifásica, la conexión varía, siendo en estrella o triángulo las más frecuentes. La conexión trifásica se indica en la placa con un número 3 y la tipología dentro de la trifásica con el símbolo de estrella o triángulo, dependiendo del caso. (Pérez, 2012, p.64)



**Ilustración 15.** Placa característica de un motor

Fuente: (Pérez, 2012)

Como es posible observar en la ilustración 15, en la placa característica de un motor se indica su tipo de conexión según:

1. CC o Ca (1): Corriente alterna ~.
2. Tensión (2): 380/220 V.
3. Frecuencia (3): frecuencia de 50 Hz.
4. Conexión monofásica o trifásica en estrella o triángulo (4)
5. Conexión trifásica (3): Puede hacerse en estrella o triángulo a diferentes voltajes.

### 3.6 El agua

Agua (del latín aqua); femenino. Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales. (Guerrero, 2012, p.12)

### **3.6.1 Características del agua**

El agua es la sustancia más extraordinaria. Casi todas sus propiedades parecen encontrarse al revés: es un líquido a temperatura ambiente cuando debería ser un gas; su forma sólida (hielo) flota sobre su forma líquida; lejos de parecerse a un líquido normal en el que sus moléculas se mueven con mucha independencia, en el agua existe un cierto orden colectivo, es decir, las moléculas se “pegan” unas a otras y ello le confiere valores extremadamente altos en su viscosidad, tensión superficial y calores latentes de evaporación y solidificación. (Guerrero, 2012, p.65)

### **3.6.2 Medición de nivel de tanques**

Los instrumentos que se emplean para la medición de nivel de líquidos en tanques abiertos y cerrados se clasifican dentro de varias categorías: visuales, de presión o cabeza hidrostática (columna de agua), de contacto directo como los flotadores, los que utilizan las características eléctricas del fluido y los que emplean la radiación de energía. (Gustavo Villalobos, 2006, p.241)

### **3.6.3 Bombas hidráulicas**

Una bomba hidráulica es una máquina generadora que trabaja con un fluido incompresible en la que se produce una transformación de energía mecánica en hidráulica. (Heras, 2011, p.121)

## **IV. Metodología**

### **El enfoque cuantitativo**

Esta técnica de investigación se caracteriza fundamentalmente por la búsqueda y la acumulación de datos. Las conclusiones que se desprenden del análisis de esos datos se utilizan generalmente para probar hipótesis previamente formuladas; para ello se emplea a los números como fundamento, a través de construcciones estadísticas. Para el enfoque cuantitativo, la manera correcta para conocer es producir un análisis a partir de los datos recolectados, de acuerdo con ciertos criterios lógicos. (Sebastián Ackerman, 2013, p.40)

### **4.1 Variables de investigación**

Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. (Sampieri, 2010, p.93)

Variables independientes. Son anteriores, causal o temporalmente, a otras. Por ello, no se modifican por la puesta en relación con esas otras. Los casos típicos (aunque no los únicos) son el sexo y la edad. (Sebastián Ackerman, 2013, p.66)

Variables dependientes. Son posteriores, causal o temporalmente. Por eso son las que resultan modificadas en la medida en que se producen cambio en la anterior (la variable independiente). (Sebastián Ackerman, 2013, p.66)

#### **4.1.1 Variables dependientes**

Las variables dependientes son el consumo de agua en las líneas de producción, el consumo de energía eléctrica de las bombas de llenado del tanque de agua, el tiempo de llenado del tanque de agua, el error en la medición de presión del tanque de agua y los ciclos correctos del sistema de control.

### **4.1.2 Variables independientes**

Las variables independientes son el ciclo de producción de cerveza, la receta de la cerveza, los ciclos de lavado de botellas, ya que de estas influyen directamente sobre las variables dependientes haciendo que estas fluctúen.

## **4.2 Enfoque y Métodos**

En el transcurso del proyecto investigación, se utilizó rigurosamente el enfoque cuantitativo, para medir las variables dependientes e independientes y así poder realizar un análisis objetivo de la problemática detectada en el sistema de llenado del tanque de agua, además con este enfoque se medirán las variables que son deficientes con el sistema actual y que se pretenden mejorar con la implementación de este proyecto.

En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación (si es que no se tienen hipótesis). (Sampieri, 2010, p.128)

### **4.2.1 Diseño de la investigación**

Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. (Sampieri, 2010, p.130)

Durante la elaboración de este proyecto de investigación se utilizó el diseño experimental ya que este da las herramientas necesarias para poder medir a manera de análisis, las variables dependientes siendo la mejora de estas la que dará solución a la problemática encontrada en las variables independientes donde se encuentra la causa del problema.

La variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene en ella. (Sampieri, 2010, p.131)

### **4.3 Técnicas e instrumentos aplicados**

En esta sección se procede a mostrar las técnicas e instrumentos aplicados en este proyecto de investigación.

#### **4.3.1 Técnicas aplicadas**

Las técnicas que se utilizaron para recopilar datos fueron:

1. Fichas técnicas
2. Manuales
3. Libros
4. Internet
5. Datos obtenidos de transmisor de presión

Se obtuvieron datos importantes de las fichas técnicas de las bombas de aguas y el transmisor de presión. En ficha de las bombas se recopilaron la potencia en kw, el consumo de corriente, las alimentaciones de voltaje con la que trabajan, los consumos dependiendo si está conectado en delta o estrella. Y por parte del transmisor de presión se obtuvieron el volteje de alimentación, tipos de señales de salida y construcción física.

En los manuales, se encontraron las instrucciones para la conexión del PLC y el variador de frecuencia, además de la parametrización del variador de frecuencia y así que se pueda conectar correctamente con el PLC y que el control del sistema sea eficiente. Además estos manuales permitieron la correcta identificación de entradas y salidas, tanto análogas como digitales.

Los libros sirvieron como guía para la programación del PLC, la cual se realizó en el programa RsLogix 500 que pertenece a la familia de Allen Bradley.

El internet, se utilizó como medio para obtención de información relacionada con los sistemas de control de nivel de agua en tanques.

Los datos que se recolectaron de las mediciones realizadas por el transmisor de presión se utilizaron para hacer la comparación entre la presión medida con el diseño anterior y que se implementó. Siendo estos datos de carácter cuantitativos ya que son números que utilizamos para la comparación entre los dos sistemas de llenado.

#### **4.3.2 Instrumentos aplicados**

Se utilizarán instrumentos de observación directa (Registros anecdótico y fotografías) aplicando un formulario progresivo para la recolección de datos referentes al consumo de agua y energía eléctrica.

La observación indirecta ya que como investigador me he valido del conocimiento del hecho o fenómeno observado a través de otra persona (Dany Bautista).

#### **4.4 Materiales**

Los materiales que se utilizaron para realizar el sistema de llenado de tanque de agua fueron:

- 1 PLC MicroLogix 1200
- 2 Variadores de frecuencia Allen Bradley Power Flex 400
- 1 Transductor de presión de membrana metálica ifm PN2224
- 2 selectores de tres posiciones
- 1 Push button verde
- 1 Push button rojo
- 1 botón de emergencia
- 7 luces indicadoras

### 4.5 Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	SEMANAS																																																	
	semana 1				semana 2				semana 3				semana 4				semana 5				semana 6				semana 7				semana 8				semana 9				semana 10													
	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S	L	M	J	V	S
Inducción de seguridad	X																																																	
Recorrido por la planta de cerveza	X	X	X																																															
Asignación de proyecto						X	X	X	X																																									
analisis del proyecto											X	X	X	X	X																																			
Compra de los materiales																X	X	X	X	X																														
Lectura de fichas tecnicas											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																														
Lectura de manuales											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																														
Realización de la programación del PLC																X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																									
Parametrización del variador de frecuencia																X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																									
Descarga del programa al PLC																X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																									
Prueba de funcionalidad del sistema																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
Instalación del transmisor de presión																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
Recopilación de datos																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
analisis de datos																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
Reporte de resultados																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
Finalización del proyecto																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															

**Ilustración 16.** Cronograma de actividades diarias

Fuente: Elaboración propia.



## **V. Análisis y Resultados**

A continuación se presenta el análisis cuantitativo de los datos recolectados en esta investigación los cuales sirvieron la mejora del sistema de control del llenado del tanque de agua en CHSA.

### **5.1 Instrumentación**

La instrumentación elegida para la realización del presente proyecto de automatización, fue seleccionada con el fin de hacer de la manera más sencilla la automatización del control de llenado del tanque agua en CHSA.

La medición del nivel de agua se realizó mediante un transmisor de presión, ya que una determinada presión en PSI tiene un equivalente en metros de columna de agua (mca), con referencia al suelo calculó una altura de 35 mca que equivale a 50 psi, esta medida servirá para llegar hasta la parte media del tanque, ya que el tanque se encuentra a 47 psi o 33 mca del suelo hasta la parte más baja del volumen del tanque.

Para este proyecto se seleccionó el transductor de presión de membrana metálica ifm PN2224, el cual cuenta con dos modos de operación, el primero es el modo de operación digital, el cual nos permite seleccionar un punto de arranque y uno de apagado, mediante una pantalla digital y una interfaz de dos botones para cambiar los valores del setpoint, el segundo modo es analógico en el cual se tiene una resolución de señal con 4- 20 ma y nos permite transducir la señal de presión a una señal eléctrica resistiva y esto en un futuro se podría implementar para crear un HMI(Interfaz Hombre-Máquina).

En la ilustración 17, se muestra un transductor de presión de membrana metálica, el cual cuenta con dos modos de uso: digital y análogo.



**Ilustración 17.** Transductor de presión de membrana metálica ifm PN2224

Fuente: (ifm.com, 2016)

## 5.2 Instalación del transmisor de presión

Debido a que el nuevo lugar donde se colocó el transductor de presión se encontraba muy lejos y se tenía que pasar por lugares transitados, se realizó la instalación de tubería para transportar el cableado de conexión (allflex), esto con el fin de evitar problemas de desconexión y que no se viera afectado el control de llenado del tanque de agua, también se instaló un pequeña caja de conexiones para tener posibilidad de enviar otras señales al mismo PLC de este sistema de control, el cual es un MicroLogix 1200 de la familia de Allen Bradley.

En el nuevo lugar de captación de presión, ya se contaba con una camisa, la cual permitió soldar un niple para poder instalar el transductor de presión. Luego de esto se procedió a conectar los cables al sensor y al PLC para establecer la conexión entre ambos.

En la ilustración 18, se muestra el lugar de instalación del transductor de presión que se encarga de retroalimentar al PLC Allen Bradley Micrologix 1200.



**Ilustración 18.** Instalación del transductor de presión ifm PN2224

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Formato para la toma de datos

#### 5.3.1 Vista de variables de investigación

*Tabla 1 – Definición de variables de investigación*

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	Sistema	Numérico	8	0	Sistema actual o anterior	{1, Sistema Anterior}...	Ninguno	13	Centrado	Nominal	Entrada
2	Horas_trabajadas	Numérico	8	2	Cantidad de horas trabajadas al día	Ninguno	Ninguno	13	Derecha	Escala	Entrada
3	Consumo	Numérico	8	2	Consumo energético diario en Kwh	Ninguno	Ninguno	8	Centrado	Escala	Entrada
4	Ahorro_Energetico	Numérico	8	2	Ahorro energético diario en Kwh	Ninguno	Ninguno	11	Centrado	Escala	Entrada
5	Ahorro_Economico	Numérico	8	2	Ahorro en lempiras al día	Ninguno	Ninguno	12	Derecha	Escala	Entrada
6	Error_presión	Numérico	8	2	Error en medición de presión en Psi	Ninguno	Ninguno	9	Derecha	Escala	Entrada

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.2 Vista de datos

Tabla 2– Formato para la toma de datos

	Sistema	Horas_trabajadas	Consumo	Ahorro_Energeti...	Ahorro_Economico	Error_presión
1	Sistema Anterior	8.00	300.00	.00	.00	15.20
2	Sistema Anterior	8.10	300.00	.00	.00	13.80
3	Sistema Anterior	8.00	300.00	.00	.00	15.00
4	Sistema Anterior	8.00	300.00	.00	.00	15.20
5	Sistema Anterior	8.00	300.00	.00	.00	15.00
6	Sistema Anterior	8.00	300.00	.00	.00	15.00
7	Sistema Anterior	8.00	300.00	.00	.00	15.00
8	Sistema Anterior	8.00	300.00	.00	.00	15.20
9	Sistema actual	5.95	220.00	80.00	200.00	3.00
10	Sistema actual	6.00	220.00	80.00	200.00	2.00
11	Sistema actual	6.00	220.00	80.00	200.00	2.00
12	Sistema actual	6.00	220.00	80.00	200.00	2.50
13	Sistema actual	6.00	220.00	80.00	200.00	2.50
14	Sistema actual	6.00	220.00	80.00	200.00	3.00
15	Sistema actual	5.95	220.00	80.00	200.00	3.00
16	Sistema actual	6.00	220.00	80.00	200.00	2.00

Fuente: Elaboración propia.

### 5.4 Tabulación de Datos

Tabla 3 – Datos estadísticos de variables de investigación

Estadísticos						
		Cantidad de horas trabajadas al día	Consumo energético en Kwh	Ahorro energético diario en Kwh	Ahorro en lempiras al día	Error en medición de presión en Psi
N	Válido	16	16	16	16	16
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		7.0000	260.00	40.0000	100.0000	8.7125
Mediana		7.0000	260.00	40.0000	100.0000	8.4000
Moda		8.00	220 <sup>a</sup>	.00 <sup>a</sup>	.00 <sup>a</sup>	15.00
Desviación estándar		1.04610	41.312	41.31182	103.27956	6.43189
Varianza		1.094	1706.667	1706.667	10666.667	41.369
Rango		2.15	80	80.00	200.00	13.20
Mínimo		5.95	220	.00	.00	2.00
Máximo		8.10	300	80.00	200.00	15.20
Suma		112.00	4160	640.00	1600.00	139.40

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Elaboración propia

Los datos estadísticos en la Tabla 3, muestran como el sistema anterior contrasta con el actual en lo que ahorro de energía eléctrica se refiere.

Para la actual investigación se recolectaron datos del sistema antiguo durante 8 días y así también la misma cantidad de días para el sistema actual.

Cabe resaltar que la variable de investigación más relevante es el ahorro económico diario que se obtuvo de la implementación de este sistema ya que con el anterior sistema había pérdidas diarias. El ahorro económico es de alrededor de 200 lempiras diarios.

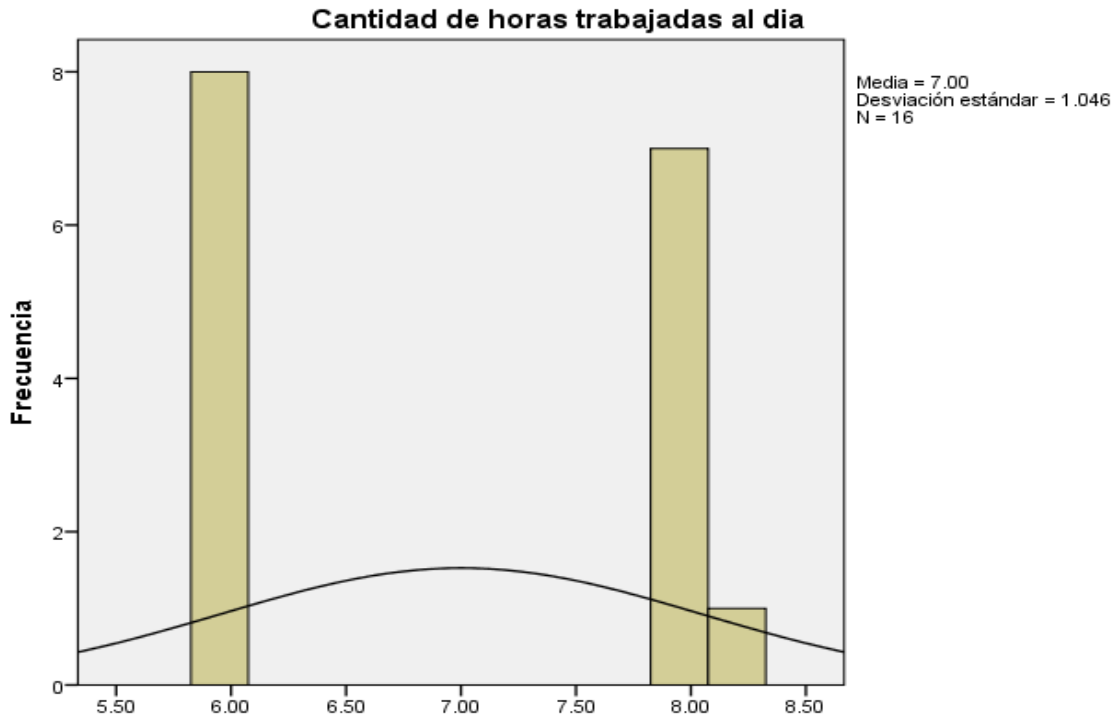
A continuación se realiza la interpretación de los datos obtenidos para cada variable de investigación.

*Tabla 4 – Horas diarias trabajadas*

**Cantidad de horas trabajadas al día**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	5.95	2	12.5	12.5	12.5
	6.00	6	37.5	37.5	50.0
	8.00	7	43.8	43.8	93.8
	8.10	1	6.3	6.3	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 19.** Gráfica de horas diarias trabajadas

Fuente: Elaboración propia

Con la implementación del nuevo sistema de control se disminuyeron las horas de trabajo de un promedio de ocho horas diarias a seis, dándonos así dos horas menos de trabajo siendo esto un 25% menos que en el sistema anterior. Esto es muy importante ya que al trabajar menos, se aumenta la vida útil de los equipos que conforman el sistema y principalmente la vida útil de las bombas de agua.

Tabla 5 – Consumo energético en Kwh

Consumo energético en Kwh					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	220	8	50.0	50.0	50.0
	300	8	50.0	50.0	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia

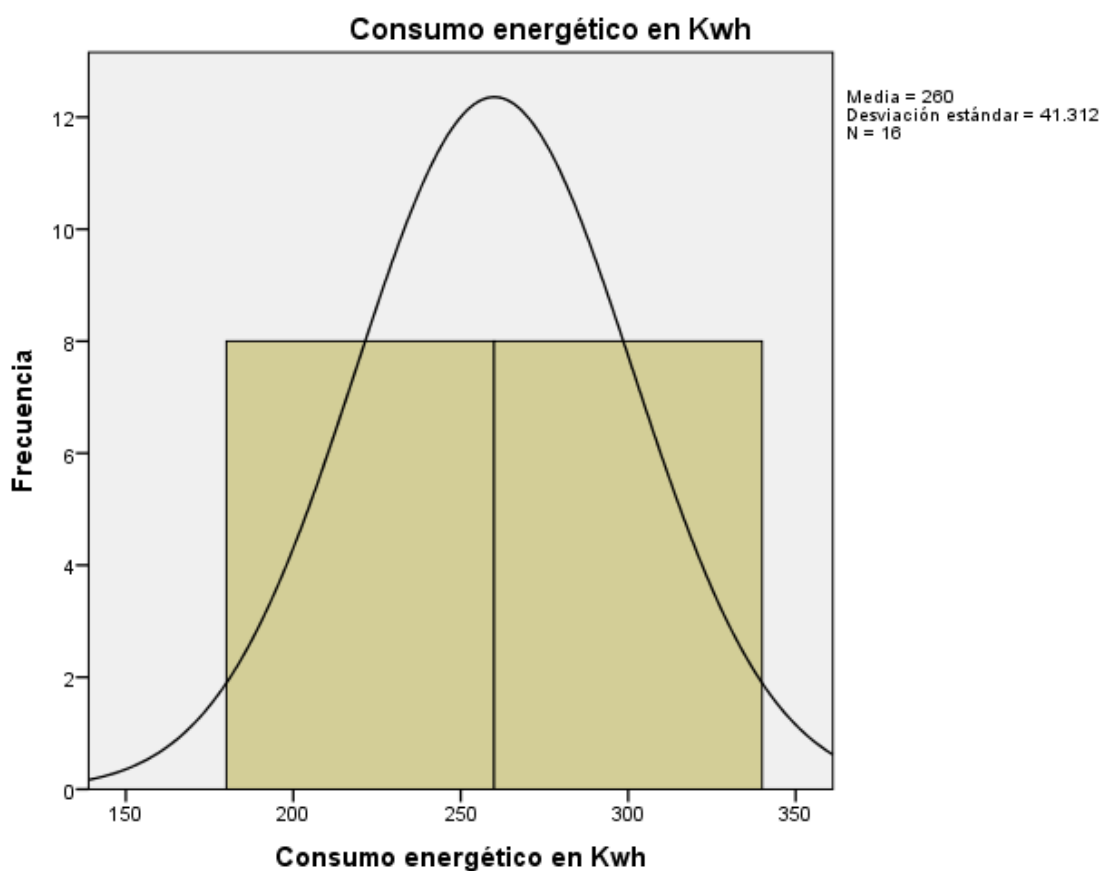


Ilustración 20. Gráfica de consumo energético en kwh

Fuente: Elaboración propia

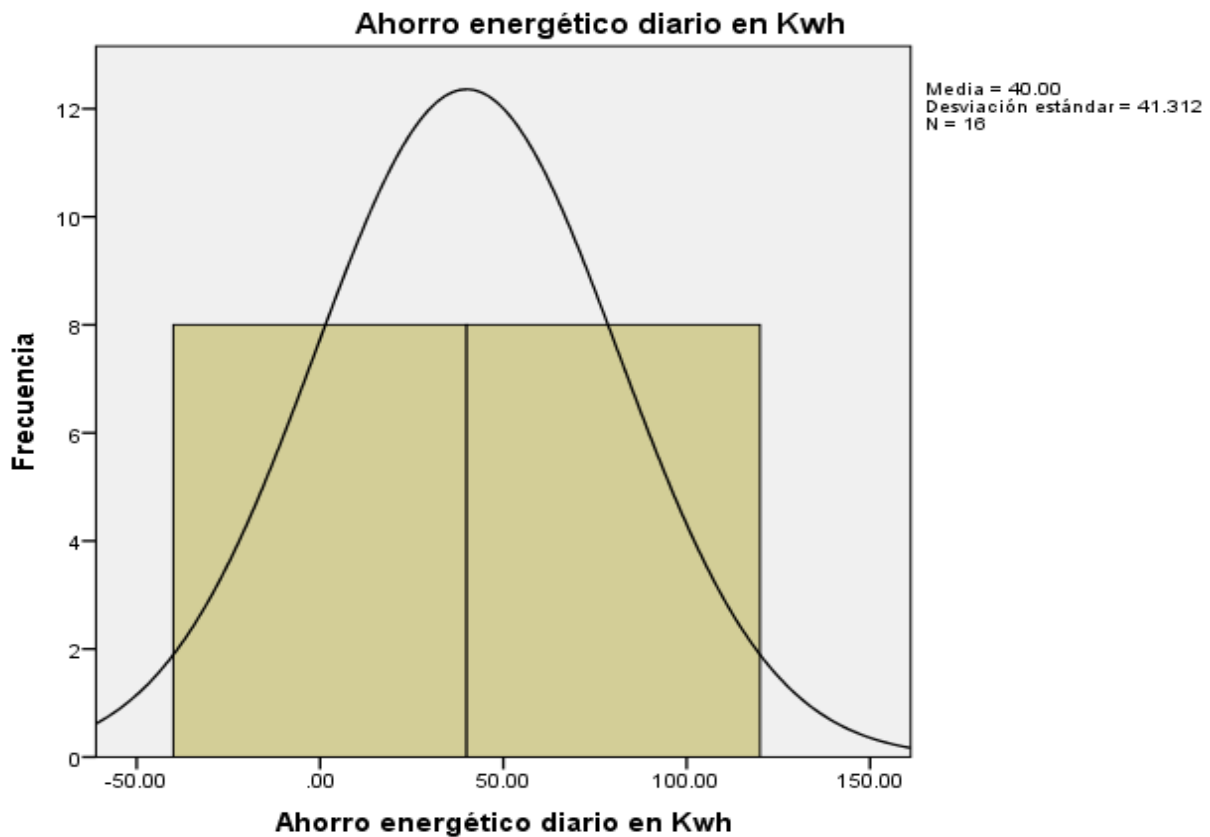
Con respecto al consumo de energía eléctrica, esta se redujo en un 27% respecto al sistema anterior, ya que en promedio con el sistema antiguo el consumo diario de energía

Eléctrica era de 300 Kwh y con el sistema actual en promedio es 220 Kwh al día. Al realizar los cálculos se obtiene que el ahorro en Kwh es de 80Kwh.

*Tabla 6 – Ahorro energético diario en kwh*

Ahorro energético diario en Kwh					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.00	8	50.0	50.0	50.0
	80.00	8	50.0	50.0	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 21.** Gráfica de ahorro energético diario en kwh

Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto que se ve afectado por la disminución de horas de trabajo es el ahorro diario de energía eléctrica.

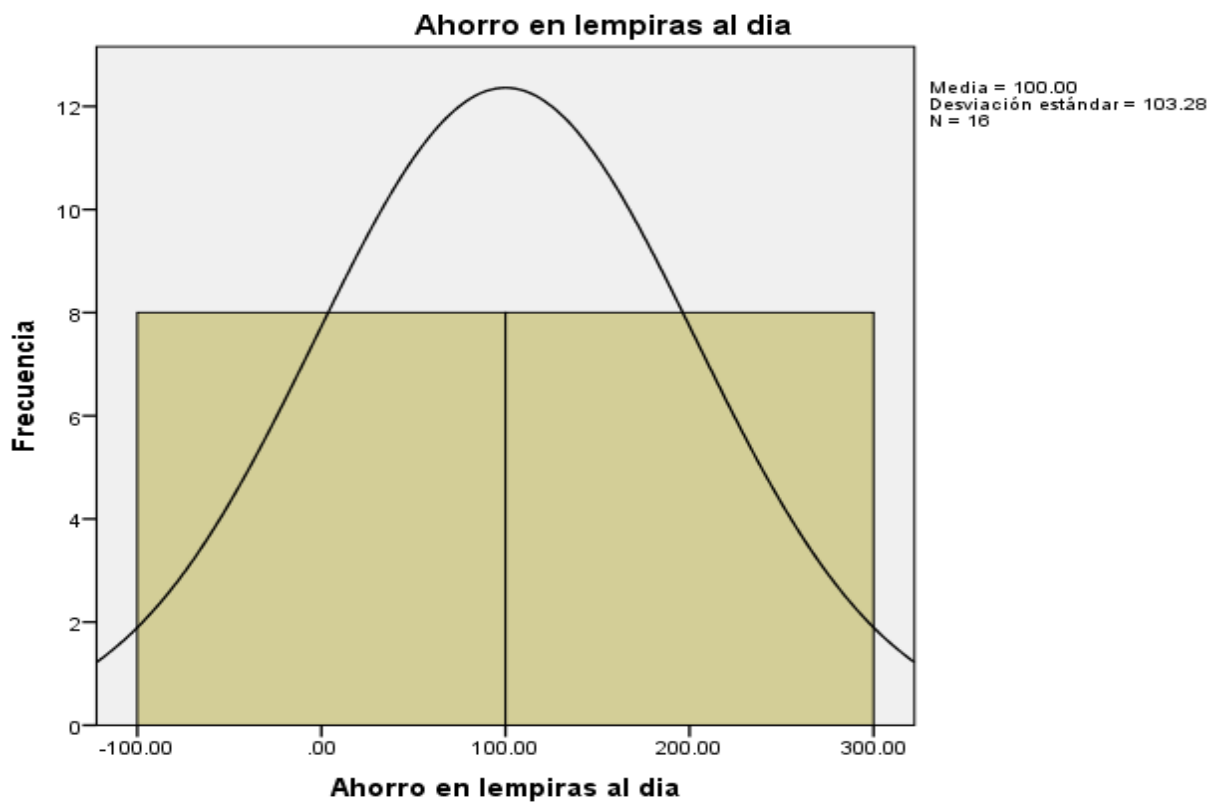


Con el sistema antiguo había un alto consumo de energía eléctrica y por ende no había ahorro, con el sistema actual se logró un ahorro de 80 Kwh diario, amentando la eficiencia en un 27%.

*Tabla 7 – Ahorro en lempiras al día*

Ahorro en lempiras al día					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	.00	8	50.0	50.0	50.0
	200.00	8	50.0	50.0	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 22.** Gráfica del ahorro en lempiras al día

Fuente: Elaboración propia

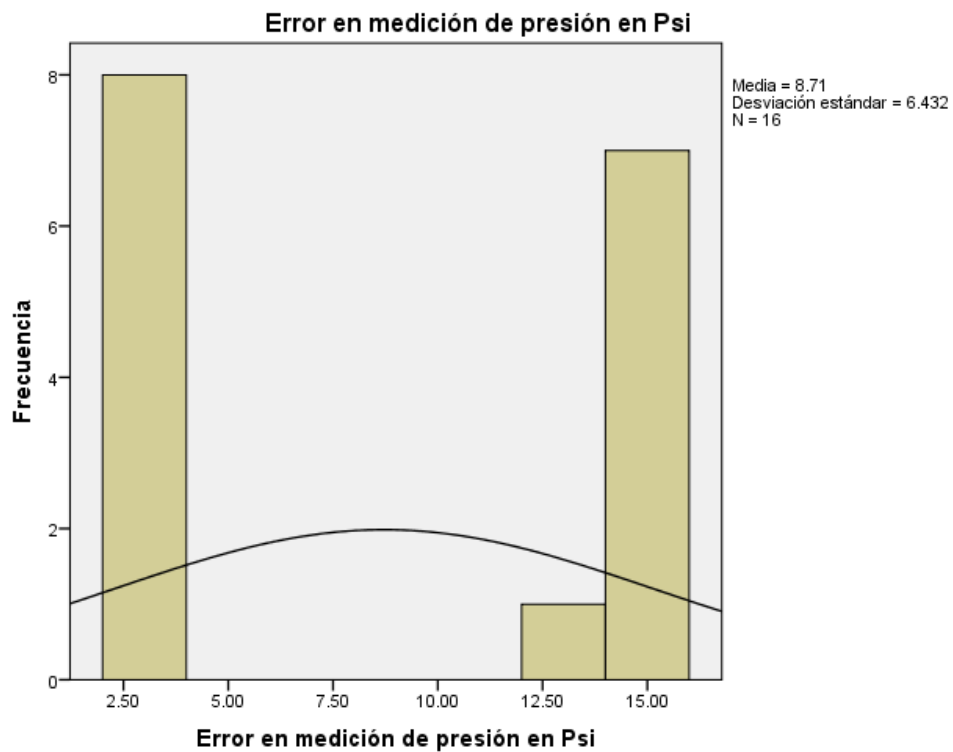
La consecuencia más importante desde el punto de vista económico es el ahorro del dinero. Con el actual al disminuir el consumo de energía eléctrica se logró un ahorro de

80 Kwh, y dicho ahorro en Kwh se puede trasladar a dinero teniendo en cuenta que el precio del Kwh es de 2.5 lempiras por Kwh, al realizar los cálculos esto nos da 200 lempiras diarios de ahorro, y si se hacen los cálculos para el mes tendríamos que hay un ahorro de 6000 mil lempiras, lo que la multiplicarlo por 12 nos da el ahorro anual que es de 72 mil lempiras.

*Tabla 8 – Error en medición de presión en psi*

Error en medición de presión en Psi					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	2.00	3	18.8	18.8	18.8
	2.50	2	12.5	12.5	31.3
	3.00	3	18.8	18.8	50.0
	13.80	1	6.3	6.3	56.3
	15.00	4	25.0	25.0	81.3
	15.20	3	18.8	18.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 23.** Gráfica del error en medición de presión en psi

Fuente: Elaboración propia

Debido al mal diseño del sistema de medición de presión con el control antiguo se producía un falla en la captura de datos, al realizar las pruebas correspondientes se encontró que el error en la medición de presión era en promedio de 15 psi. Con el sistema actual se encontró un error en promedio de 3 psi lo que nos permite controlar de una manera más eficiente el llenado del tanque elevado de agua. La eficiencia que se logro fue del 94%.

### **5.5 Resultados**

Con la implementación de la mejora en el control del llenado del tanque de agua elevado se consiguieron resultados favorables para la economía de la cervecera hondureña S.A, si estos reflejados en el ahorro de energía eléctrica y en la precisión al medir la presión en el tanque de agua.

El ahorro de energía eléctrica debido a la disminución de horas de trabajo diarias es en promedio de 80 kwh al día, lo que en lempiras pagando a 2.5 serian 200 diarios de ahorro, dando al mes un total de 6000 lempiras.

Con el cambio de lugar del transductor para la captura de presión, se obtuvo una mejor precisión al medir, lo que permite tener un mejor control sobre los puntos de consigna que determinan cuando empezar a llenar y cuando dejar de llenar el tanque de agua.

En lo que respecta a la programación del PLC, MicroLogix 1200 de la familia de Allen Bradley, se corrigieron errores de operatividad del sistema de control, además se mejoró la seguridad respecto a los modos manual y automático con los que cuenta el sistema de control.

## 5.6 Presupuesto del proyecto

Tabla 9 – Presupuesto del proyecto

Presupuesto			
Nombre	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
Suministro e instalación de tubería RCM	10	L1,002.00	L10,020.00
Suministro e instalación de tubería PVC ced 40	20	L302.00	L6,040.00
Cable allflex	1	L20,000.00	L20,000.00
Push buttons telemecanique	8	L480.00	L3,840.00
Selector con llave telemecanique	1	L755.00	L755.00
Limpiador dieléctrico Electroclean	5	L140.00	L700.00
Limpiador dieléctrico Lectra clean CRC	2	L150.00	L300.00
Luz piloto telemecanique	8	L390.00	L3,120.00
Fajillas plásticas 30 cm	50	L0.50	L25.00
Fajillas plásticas 10 cm	50	L0.50	L25.00
Transductor de presión de membrana metálica ifm PN2224	1	L9,000.00	L9,000.00
Cinta aislante scotch	1	L180.00	L180.00
		Total	L54,005.00

Fuente: Elaboración propia

## 5.7 Aportaciones

En la estadía en la cervecera hondureña S.A, se realizaron varios aportes que contribuyeron en la mejora de procedimientos y operaciones dentro de esta empresa.

- Se realizó el diagrama eléctrico de un sistema de alarma para amoniacó NH<sub>3</sub>, el cual muestra todas las conexiones y circuitos que conforman este sistema. Además se hizo el armado e instalación del panel de control para dicho sistema con la ayuda del técnico eléctrico.
- Se realizó el diagrama eléctrico del sistema de llenado de bunker, lo cual facilitara el mantenimiento del panel de control.
- Se realizó del diagrama de control del sistema de llenado de bombas booster, el cual muestra las conexiones entre el PLC, variadores de frecuencia y el circuito de mando, lo cual permite una comprensión más rápida del sistema y un mantenimiento más rápido y seguro.
- Se realizó un manual de operación para el sistema de llenado del tanque elevado de agua, también conocido como control booster, el cual muestra los procedimientos de operación en los modos manual y automático, además se facilitó la comprensión del sistema mediante un diagrama eléctrico y un diagrama de topología.

## **VI. Conclusiones**

Las conclusiones de un trabajo son una sección o capítulo final, de reducidas dimensiones, donde el autor trata de sintetizar todo lo hasta allí expuesto de modo tal que resulten destacados los aspectos más importantes del desarrollo anterior. (Sabino, 1994)

- Se realizó un análisis del sistema de control del tanque elevado de agua, y se determinó que la causa del funcionamiento deficiente del sistema era el lugar inapropiado donde estaba instalado el transductor de presión.
- Se estableció que lugar correcto y con menos perturbaciones para instalar el transductor de presión es la salida de agua hacia el tanque de cocimiento, el cual es uno del cliente que requiere agua del tanque elevado.
- Se realizó una programación más resumida, fácil de entender y de modificar, además se solucionaron problemas de operación relacionados con la programación.

## **VII. Recomendaciones**

### **7.1 Para la universidad**

- Impartir talleres de variadores de frecuencia más usados en la industria para reforzar conocimiento del área de automatización.
- Enfocar los sílabos de clase de una forma más práctica y orientada a la industria.
- Realizar proyectos de vinculación en empresas con necesidad de automatización.

### **7.2 Para la empresa**

- Realizar un plan de vida útil de los equipos para evitar paros repentinos.
- Cambiar el enfoque del de mantenimiento de equipos, haciendo énfasis en los manteamientos preventivos, y así evitar solucionar todo mediante mantenimientos correctivos.
- Respetar la vida útil de los equipos y mantener los repuestos en el almacén, para poder realizar los mantenimientos correctivos que requieran cambio de equipo.

## VIII. Anexos



**Ilustración 24.** Panel eléctrico bombas booster (Antes)

Fuente: Elaboración propia





**Ilustración 24** – Instalación del nuevo variador

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 25.** Panel eléctrico bombas booster (Después)

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 26.** Bomba booster # 1

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 27.** Instalación del transductor de presión

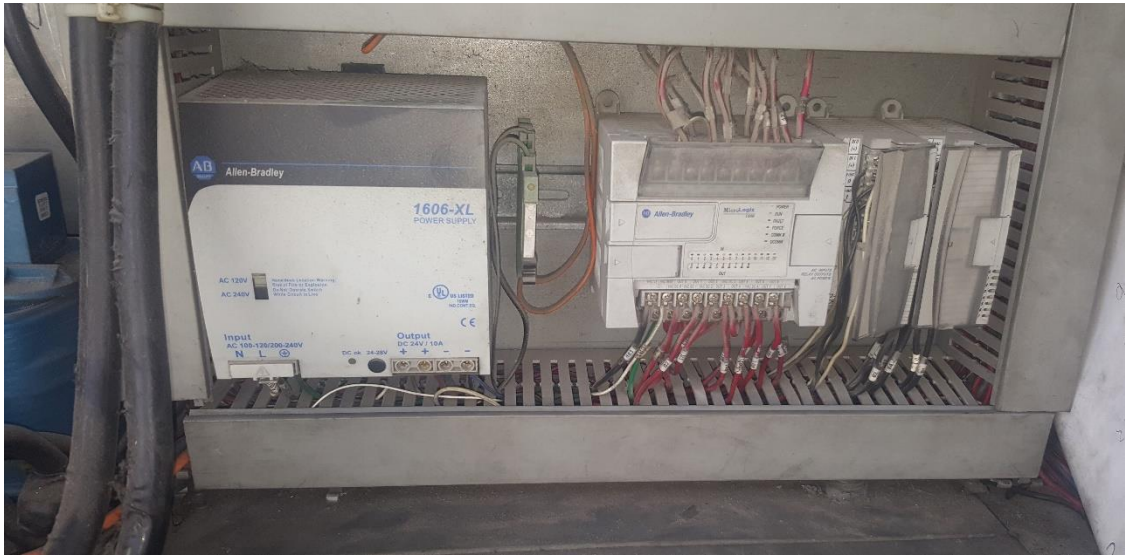
Fuente: Elaboración propia





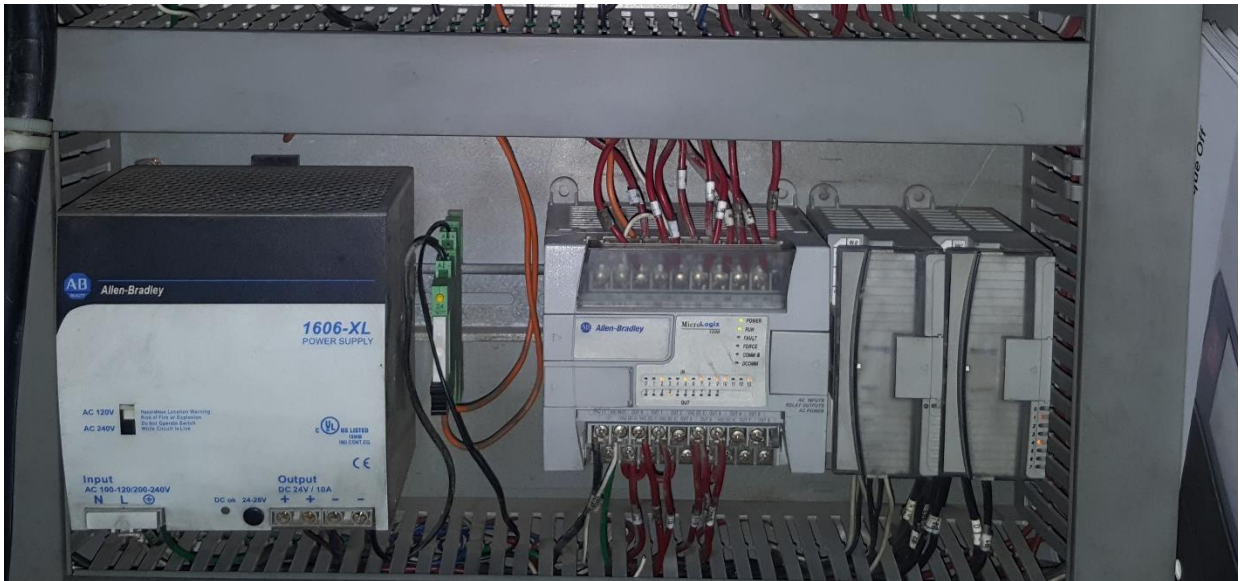
**Ilustración 28.** Tanque elevado de agua (planta de cerveza)

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 29.** PLC MicroLogix 1200 (Antes)

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 30.** PLC MicroLogix 1200 (Después)

Fuente: Elaboración propia



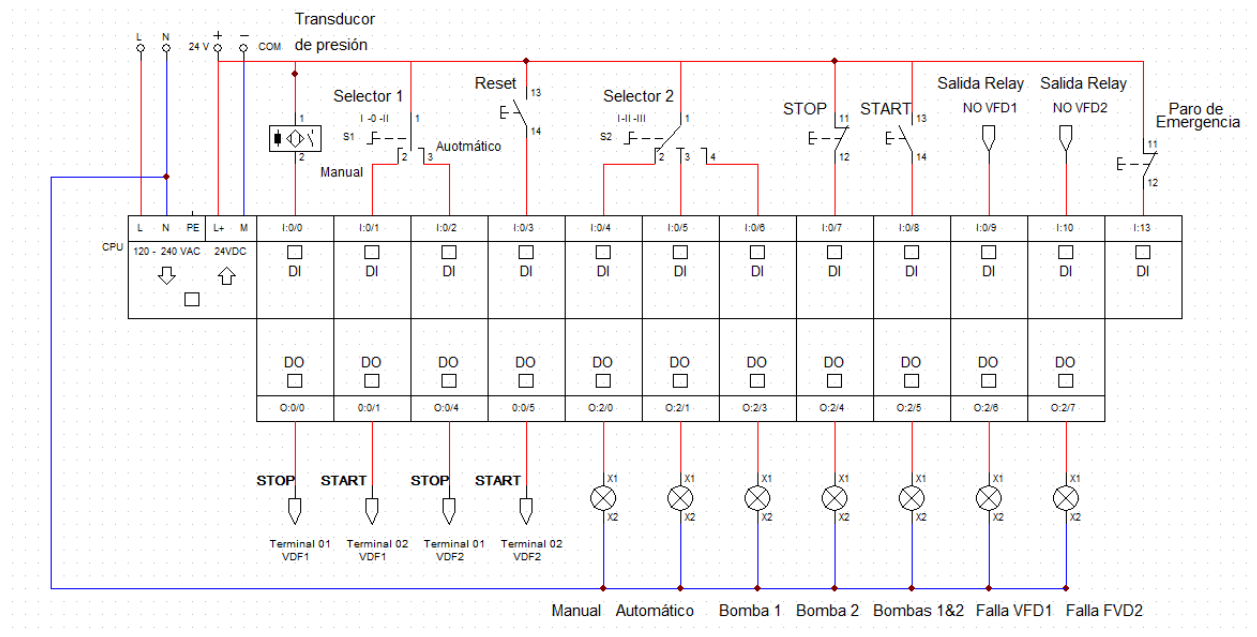
**Ilustración 31.** Panel eléctrico bombas booster (Vista exterior)

Fuente: Elaboración propia



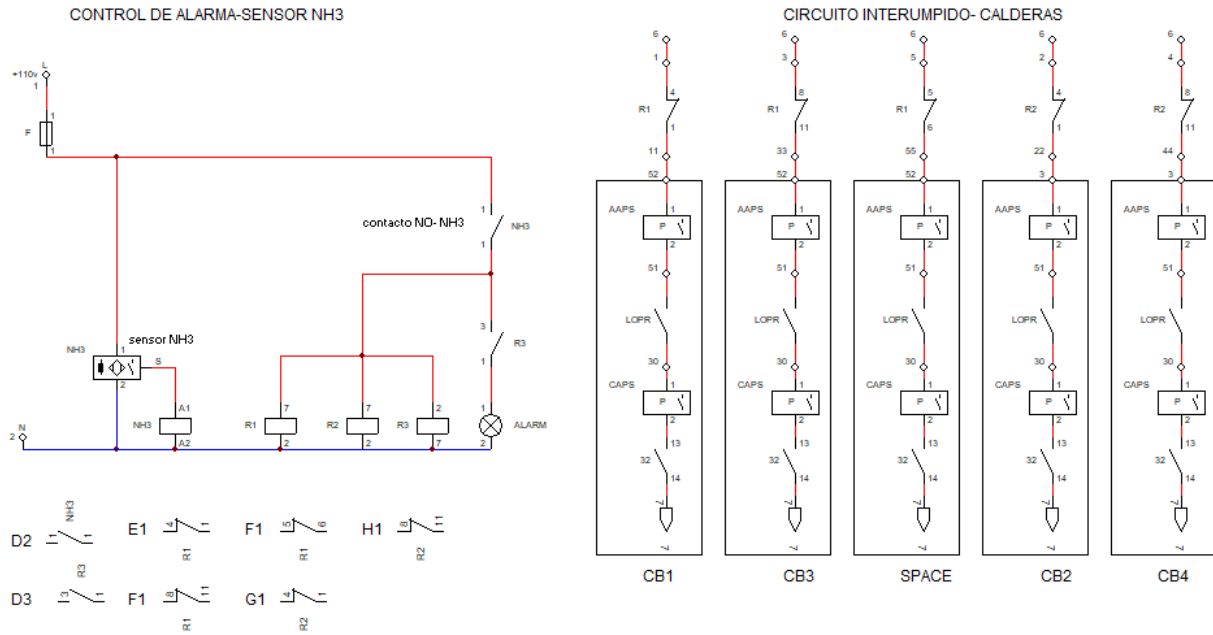
**Ilustración 32.** Tablero de mando en bombas booster

Fuente: Elaboración propia



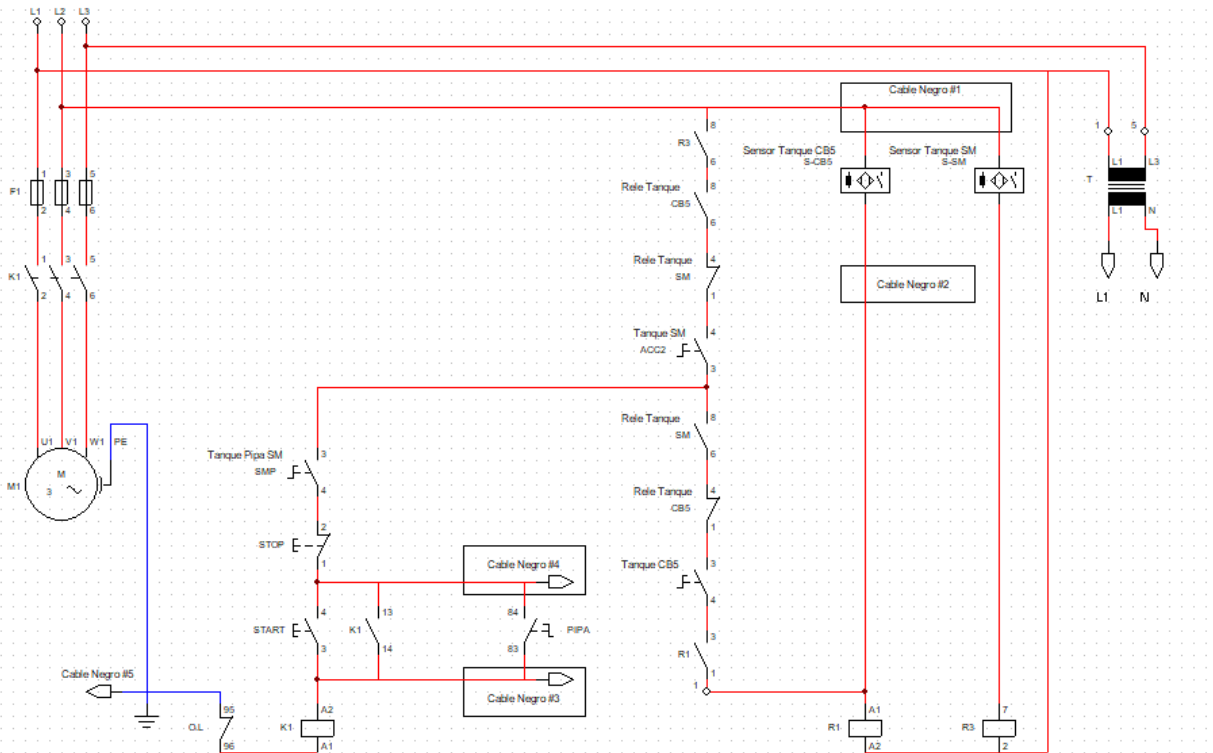
**Ilustración 33.** Diagrama eléctrico de conexiones PLC MicroLogix 1200

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 34.** Diagrama eléctrico de sensor NH3

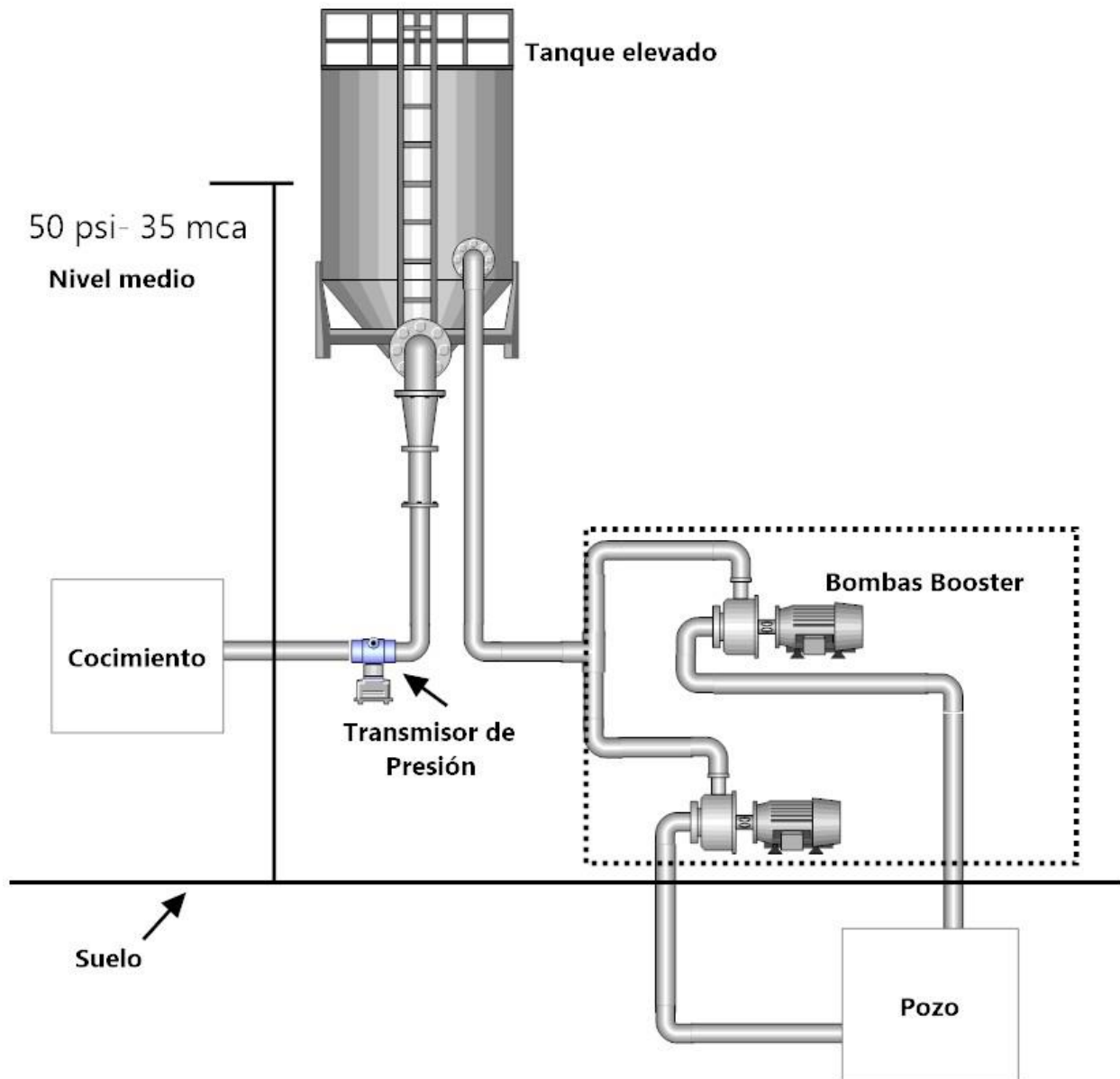
Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 35.** Diagrama eléctrico bombas de bunker

Fuente: Elaboración propia





**Ilustración 36.** Diagrama topológico sistema de bombas booster

Fuente: Elaboración propia

## Referencias Bibliográficas

- Ab-Inbev. (2013). *http://www.ab-inbev.com*. Obtenido de <http://www.ab-inbev.com>: <http://www.ab-inbev.com/content/dam/universaltemplate/ab-inbev/investors/sabmiller/reports/local-sustainable-development-reports/honduras-sustainable-development-report.pdf>
- Bolton, W. (2013). *Mecatrónica*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Cantón, E. J. (2012). *Recepción y distribución de señales de radiodifusión*. Málaga: INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN, S.L.
- Cusidó, A. R. (2014). *Control automático de procesos industriales*. Cedro: Ediciones Díaz de Santos.
- Daneri, P. A. (2008). *PLC. Automatización y control industrial*. Buenos Aires: Editorial Hispano Americana S.A.
- Dueñas, A. M. (2007). *Conceptos básicos de máquinas eléctricas*. El Cid Editor.
- F. Ebel, S. I. (2008). Fundamentos de la técnica de automatización. En S. I. F. Ebel, *Fundamentos de la técnica de automatización* (pág. 15). Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG.
- Guerrero, M. (2012). *El agua*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- Gustavo Villalobos, R. R. (2006). *Medición y control de procesos industriales*. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Gutiérrez, L. G. (2014). *Instrumentación básica de medida y control*. Génova: AENOR.
- Heras, S. d. (2011). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Barcelona: Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC.
- ifm.com. (30 de 12 de 2016). *www.ifm.com*. Obtenido de [www.ifm.com](http://www.ifm.com): <https://www.ifm.com/es/es/product/pn2224>
- José Medina, J. G. (2010). *La automatización en la industria química*. Barcelona: Edicions UPC .
- Márquez, J. A. (2012). *Sistemas de medida y regulación*. España: Cano Pina, S.L.- Ediciones Ceysa.

- Mercedes Granda, E. M. (2015). *Instrumentación electrónica : transductores y acondicionadores de señal*. Santander: Editorial de la Universidad de Cantabria.
- Mora, J. F. (2008). *Máquinas Eléctricas*. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
- Muñoz Hernández, J. A. (2014). *Control automático I*. Ibagué: Editorial Universidad del Tolima.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: Pearson Educación.
- Oliva, N. (2013). *Redes de comunicaciones Industriales*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Pérez, J. G. (2012). *Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas*. Andalucía: INNOVA.
- Portillo, J. P. (2017). *Introducción a las señales de sistemas*. Barranquilla: Editorial Universidad del Norte.
- Roberto Sanchis, J. R. (2010). *Automatización industrial*. Castelló de la Plana: Universitat Jaume I.
- Sabino, C. (1994). COMO HACER UNA TESIS. En C. Sabino, *COMO HACER UNA TESIS* (pág. 240). Buenos Aires: Ed. Panapo.
- Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Sebastián Ackerman, S. C. (2013). *Metodología de la investigación*. Buenos Aires: Ediciones del Aula Taller.
- Sole, A. C. (2005). *Instrumentación Industrial*. España: MARCOMBO S.A.
- Stephen Robbins, M. C. (2010). Administración. En M. C. Stephen Robbins, *Administración* (pág. 146). México: Pearson.
- Triplenlace. (15 de 07 de 2014). *Triplenlace*. Obtenido de Triplenlace: <https://tripenlace.com/2014/07/15/la-importancia-de-la-quimica-del-agua-en-la-elaboracion-de-una-buena-cerveza/>