

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO
HIDRONEUMÁTICO PARA UN EDIFICIO, CONTROLADO POR UN
PLC CON MONITOREO DE VARIABLES.**

KLEBER GIOVANNI NAVAS TIPAN

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2011

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el siguiente proyecto de grado titulado “Diseño e implementación de un sistema de bombeo hidroneumático para un edificio, controlado por un PLC con monitoreo de variables” fue realizado en su totalidad por el Sr. Kleber Giovanni Navas Tipan como requerimiento parcial a la obtención del título de INGENIERÍA ELECTRÓNICA, bajo la dirección de:

ING. PAUL AYALA
DIRECTOR

ING. RODOLFO GORDILLO
CODIRECTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con gran amor y entusiasmo a mi Padre aquel hombre que con su fuerza y fortaleza siempre me dio ese apoyo incondicional para seguir luchando, siempre te he dicho padre mío tú eres para mí todo en la vida.

Gracias por ser mi amigo, mi confidente y sobre todo por ser el brazo en quien apoyarme cuando estoy mal.

Gracias PAPA.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento es para mí Dios, aquel ser que me dio la vida para llegar a ver este triunfo convertido en realidad, a mis padres que fueron un apoyo en mi vida en esos momentos duros, felices, tristes y sobre todo aquellas personas que de una o de otra manera me supieron ayudar en todos estos años de estudio superior.

A mis profesores que me dieron sus conocimientos invaluable para un día cercano seamos unos grandes profesionales para el servicio de mi país.

PRÓLOGO

El objetivo de este proyecto es realizar un sistema de bombeo hidroneumático para una edificación en la ciudad de Sangolqui, se incorporara tecnología MicroLogix de Allen Bradley para garantizar el control de presión y nivel de la edificación.

En consecuencia, la descripción y funcionamiento permitirá mejorar los ciclos de bombeo, control de presión, control de nivel en el llenado de líquido a la cisterna, lograr una mayor flexibilidad en la edificación, con lo cual se sincronizara el flujo de datos y la información del sistema, de esta manera serán representados de manera más rápida a través de una red de datos EtherNet/IP.

El proceso de bombeo empieza cuando el líquido de la red hidráulica del cantón Rumiñahui llena la cisterna hasta un nivel medio, garantizando el líquido en la cisterna, el sistema se encuentra en la capacidad de accionar la bomba para llenar el tanque presurizado, mientras el tanque no haya llegado a garantizar la presión establecida en el sistema la bomba no se desactivara, la presión de abastecimiento es 50PSI como su límite máximo y hay que tener en cuenta su límite mínimo de 20PSI, obteniendo un rango de funcionamiento de 30PSI.

El sensor de presión es indispensable en el sistema, atreves del PLC Micrologix 1100 se realiza la obtención de datos, se debe tener en cuenta que el sensor es analógico con señal de 4 a 20 mA, el mismo que determina el control de encendido y paro de la bomba.

El control de llenado de la cisterna posee tres boyas de nivel, las mismas que cumplen una lógica con histéresis, se garantizara que el PLC tenga la capacidad de interpretar si la cisterna se encuentra vaciando o caso contrario si se encuentra llenando.

El control del sistema de purificación mediante filtros de ozono posee una particularidad la cual es que el filtro no puede esperar ser accionado mediante una señal de un sensor, debido que la proliferación de bacterias, hongos y microorganismos es constante en función del tiempo, los filtros de ozono trabajan continuamente cumpliendo ciclos de 30 minutos, es indiferente el nivel de la cisterna debido que la purificación está dada tanto para el líquido concentrado como para el líquido que se encuentra ingresando a la cisterna.

Con todo el sistema instalado se obtendrá muchos beneficios tanto para el edificio en si como para el consumo humano, debido que todas las tuberías de abastecimiento serán limpiadas de corrosión y bacterias almacenadas por el tiempo en codos, tubería recta y en los elementos finales como las llaves, la ozonificación garantizará la limpieza de todos los equipos antes mencionados; para el ser humano las ventajas son innumerables pero en si la mayor ventaja es poder ingerir un líquido puro y saludable para el organismo; el agua ozonificada servirá para garantizar la limpieza de equipo médico, los cuales son usados en el segundo piso donde se encuentra CEMOPLAF.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I.....	9
1.1 ANTECEDENTES	9
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	10
1.3 ALCANCE DEL PROYECTO	12
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 General	13
1.4.2 Específicos.....	13
CAPÍTULO II.....	14
2.1 INTRODUCCIÓN.....	14
2.2 SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMÁTICO.....	15
2.2.1 Fundamentos de Bombeo Hidroneumático en Edificios.....	15
2.2.2 Componentes del Sistema de Bombeo Hidroneumático.....	16
2.2.3 Dispositivos Inicidores y controladores del sistema de Bombeo Hidroneumático.	19
2.2.4 Definición de Cableado Estructurado en Edificios.....	20
2.2.5 Componentes del Tablero de Control.....	22
2.2.6 Panel de Control de Alarmas y monitoreo de Variables.....	24
CAPÍTULO III.....	28
3.1 INTRODUCCIÓN.....	28
3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMÁTICO.....	28
3.2.1 DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE BOMBEO.....	28
3.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS	33
3.2.3 TIPOS DE FLUJOS.....	36
3.2.4 FRICCIÓN EN TUBERÍAS.....	37
3.2.5 VALOR DE LA VELOCIDAD DEL AGUA	39
3.2.6 PERDIDAS DE PRESIÓN EN VÁLVULAS Y CONEXIONES	39
3.2.7 PRESIONES RESIDUALES.....	42
3.2.8 CARGA O ALTURA DINÁMICA TOTAL DE BOMBEO (A.D.T.).....	42
3.2.9 CICLOS DE BOMBEO.....	47
3.2.10 VERIFICACIÓN DE ARRANQUES DE LA BOMBA	48
3.2.11 PRESIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO	50
3.2.12 DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS Y MOTORES.....	52
3.2.13 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE A PRESIÓN.....	53
3.2.14 CÁLCULO DEL COMPRESOR	55
3.3 DISEÑO	59
3.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	77
3.4.1 SISTEMA DE CONTROL	77
3.4.2 CONTROL A IMPLEMENTARSE EN EL SISTEMA DE BOMBEO.....	79
3.5 DISEÑO DE HMI.....	91
3.5.1 DISEÑO DE INTERFACES DE USUARIO (HMI).....	91
3.5.2 HMI DEL SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMÁTICO	101
CAPÍTULO IV.....	102
4.1 VERIFICACIÓN DE SENSORES.....	102
4.2 PROGRAMACIÓN DE PLC	114
4.2.1 DATOS DE PLC	114
4.2.2 CONFIGURACIÓN GENERAL.....	116
4.2.3 EXPANSIONES ANALÓGICAS	120
4.2.4 RED DE INTEGRACIÓN MEDIANTE ETHERNET/IP.....	123

4.2.5	SISTEMA DE COMUNICACIÓN INSTALADO.....	125
4.3	ELABORACIÓN DEL HMI.....	127
4.3.1	Descripción del proceso.....	127
4.3.2	Diagrama del Proceso.....	128
4.3.3	Asignación de Tags.....	129
4.3.4	Diseño de pantallas.....	131
4.4	ENLACES OPERATIVOS.....	142
4.4.1	PLC con Sensores.....	142
4.4.2	PLC con Arranque Bomba.....	148
4.4.3	PLC con sistema de purificación de agua mediante filtros de ozono.....	151
4.4.4	EXPLICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	163
4.5	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMÁTICO.....	169
CAPÍTULO V.....		173
5.1	LISTA DE MATERIALES.....	173
5.2	MANUAL DE USUARIO.....	175
5.3	MODO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA.....	176
5.3.1	Modo de Uso Bootp - DHCP Server.....	176
5.3.2	Modo de Uso RSLinx Classic.....	178
5.3.3	Modo de Uso RSLogix 500.....	182
5.3.4	Modo de Uso Factory Talk View Studio.....	187
5.4	CÁLCULO Y ANÁLISIS DE COSTOS.....	192
5.5	PRESUPUESTO GENERAL.....	193
CAPÍTULO VI.....		195
6.1	CONCLUSIONES.....	195
6.2	RECOMENDACIONES.....	197
ANEXO 1.....		203
ANEXO 2.....		205
ANEXO 3.....		206
ANEXO 4.....		218
ANEXO 5.....		221
ANEXO 6.....		224
ANEXO 7.....		237
ANEXO 8.....		238
ANEXO 9.....		240

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es realizar un sistema de bombeo hidroneumático para una edificación en la ciudad de Sangolqui, se incorporara tecnología MicroLogix de Allen Bradley para garantizar el control de presión y nivel de la edificación.

En consecuencia, la descripción y funcionamiento permitirá mejorar los ciclos de bombeo, control de presión, control de nivel en el llenado de líquido a la cisterna, lograr una mayor flexibilidad en la edificación, con lo cual se sincronizara el flujo de datos y la información del sistema, de esta manera serán representados de manera más rápida a través de una red de datos EtherNet/IP.

El proceso de bombeo empieza cuando el líquido de la red hidráulica del cantón Rumiñahui llena la cisterna hasta un nivel medio, garantizando el líquido en la cisterna, el sistema se encuentra en la capacidad de accionar la bomba para llenar el tanque presurizado, mientras el tanque no haya llegado a garantizar la presión establecida en el sistema la bomba no se desactivara, la presión de abastecimiento es 50PSI como su límite máximo y hay que tener en cuenta su límite mínimo de 20PSI.

La edificación poseerá un sistema de purificación de agua mediante filtros de ozono los cuales con todo el sistema instalado traerán muchos beneficios tanto para el edificio en si como para el consumo del ser humano.

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

El agua (del latín *aqua*) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. En su uso más común, con agua se refiere a la sustancia en su estado líquido. El agua cubre el 71% de la superficie terrestre.

El acceso al agua potable se ha incrementado sustancialmente durante las últimas décadas. Sin embargo estudios de la FAO¹, estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes del 2030.

Después de analizar todos los factores anteriormente mencionados se determinó que el consumo de agua es sumamente importante para el ser humano, con lo cual será de total importancia centrarse en la investigación del sitio en el cual se desea implementar el sistema de bombeo hidroneumático el mismo que está ubicado en la ciudad de Sangolquí cantón Rumiñahui.

Cantón Rumiñahui Cabecera Cantonal: Sangolquí Superficie: 134 km². Ubicación: Sur de la Provincia de Pichincha Altitud: 2.550 metros m.s.n.m. Población: 74.397 habitantes.

¹ FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., FAO, <http://www.fao.org/kids/es/fao.html>, 23 de Octubre del 2010.

Con los datos geográficos del cantón se puede analizar y verificar el problema que se posee en la distribución del líquido vital por la red, debido que el cantón se encuentra a 1839 msnm, la distribución de agua desde las diferentes redes del cantón se encuentran con el problema de abastecimiento a las edificaciones ubicadas en el centro de la ciudad, por lo tanto el suministro es deficiente para edificaciones mayores a dos pisos de construcción.

1.2 Justificación e importancia

De acuerdo a la investigación realizada se recopiló la información necesaria para determinar las características de la red hidráulica del Cantón Rumiñahui, específicamente la información obtenida fue referenciada a las Calles Venezuela y Olmedo ya que en ellas se encuentra localizada la edificación antes mencionada, por lo cual se verificó que la red de distribución se encuentra sumamente saturada teniendo un promedio de 15 edificaciones por cuadra, las mismas que poseen mínimo 2 pisos de construcción y todas presentan el mismo problema de abastecimiento, las autoridades del Cantón Rumiñahui mencionaron que éste es uno de los principales problemas y con mucha razón de quejas que presenta la ciudadanía, no solo de las calles mencionadas sino de los propietarios de muchos inmuebles en el cantón.

El corresponsal y jefe del área de Recursos Hídricos y Potables del Ilustre Municipio del Cantón de Rumiñahui supo aclarar que debido a las condiciones geográficas del cantón, las redes de abastecimiento no cumplen en algunas zonas con las normas establecidas en ISO y AWWA (*American Water Works Association*), que recomiendan que la presión adecuada sea de 40 a 70 m en una zona Urbana y 10 a 40 m en las zonas rurales.

Con lo cual se presenta la necesidad de asegurar una presión media de 4.9 bares en todos los puntos de las salidas de la edificación considerando los límites inferior y superior establecidos. Lo cual conlleva la implementación de un sistema de control que asegure estos niveles de presión.

La demanda de H₂O en hogares y negocios se encuentra con una gran expectativa, ingerir un líquido puro y adecuado para el consumo de los seres humanos, por lo tanto

es de gran importancia analizar y dar una solución adecuada al problema de distribución y contaminación de la red hidráulica en el cantón Rumiñahui.

En la ciudad existen edificaciones con infraestructuras grandes, sobrepasando los cuatro pisos de construcción, con lo cual, se ve la importancia de desarrollar un sistema de distribución que abastezca los pisos superiores de las edificaciones con una presión y caudal adecuado, se podría decir que realmente en el sistema de distribución actual del cantón sería algo imposible.

Existen muchos sistemas de control hidráulicos para una edificación, pero se debe tener muy en cuenta el análisis, el dimensionamiento y sobre todo el diseño de todos los componentes para obtener un correcto funcionamiento.

Entre los diferentes sistemas de abastecimiento y distribución de agua en edificios e instalaciones, los Equipos Hidroneumáticos han demostrado ser una opción eficiente y versátil, con grandes ventajas frente a otros sistemas; este sistema evita construir tanques elevados, colocando un sistema de tanques parcialmente llenos con aire a presión.

Esto hace que la red hidráulica mantenga una presión adecuada bajo normativas, mejorando el funcionamiento de lavadoras, filtros, regaderas, llenado rápido de depósitos en excusado, operaciones de fluxómetros, riego por aspersion, entre otros; demostrando así la importancia de estos sistemas en diferentes áreas de aplicación. Así mismo evita la acumulación de sarro en tuberías por flujo a bajas velocidades.

Con el sistema de distribución adecuado en la edificación, es de vital importancia abastecer a la instalación con un líquido puro y sobre todo acorde para el consumo de las personas, de acuerdo a los sistemas de purificación de agua existentes; el que cubre todas las necesidades a las instalaciones del edificio es el sistema de purificación mediante filtros de ozono, debido a que en la instalación del segundo piso se encuentra brindando servicios CEMOPLAF, (entidad médica como sus siglas lo indican es el Centro Médico de Orientación y Planificación Familiar – CEMOPLAF), el mismo que exige que el suministro de agua sea puro o casi puro debido a que sus equipos son cuidadosamente limpiados con el agua que la instalación proveerá.

1.3 Alcance del proyecto

Se debe tener muy en cuenta el alcance del proyecto y sobre todo todas las reglamentaciones necesarias a las cuales se van a llegar.

Como principal alcance se aspira la correcta implementación del sistema de bombeo según el reglamento de Instalaciones Sanitarias la cual obliga a que la capacidad de las bombas sea un 125% del gasto máximo probable a la presión mínima requerida para el sistema, a fin de asegurar abastecer la demanda máxima al mismo tiempo que se llenará el tanque de presión.

Se generará un diseño con estándares internacionales para obtener una salida adecuada en caudal y presión en cualquier punto del edificio. Y sobre todo se realizará un sistema de purificación de agua mediante filtros de ozono controlados electrónicamente que asegure la calidad de agua.

El sistema a instalarse tendrá la capacidad de abastecer dos edificios un principal y otro secundario, los mismos que se encuentra subdivididos y poseen un total de 51 salidas, que deberán tener la misma presión y el mismo caudal.

Se contará con un diseño de control de un sistema de bombeo hidroneumático con sus variables de presión y caudal, el mismo que cumplirá las normas de la AWWA y sobre todo los estándares municipales en los cuales se encuentra la edificación.

Se debe tener muy en cuenta que el sistema tendrá un estudio de dimensionamiento de todos los elementos a utilizar, control de velocidad de la bomba teniendo presente los arranques y armónicos en el sistema, control de nivel en el depósito de almacenamiento, control de presión en cada uno de los pisos y el control de purificación del agua mediante filtros de ozono, todos ellos por intermedio de un PLC.

Se implementará un sistema de visualización mediante un HMI (*Hiuman Machine Interface*) de supervisión y control para todo el sistema, se considerará la disponibilidad de históricos de consumo de H₂O de la edificación.

Con todos los alcances antes mencionados, se debe cumplir normas de cableado estructurado, normas de instalación de tableros de control y normas IP Industriales.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Diseñar e implementar un sistema de bombeo hidroneumático para un edificio, controlado por un PLC con monitoreo de variables.

1.4.2 Específicos

- a. Realizar el estudio preliminar de los Sistemas de Bombeo Hidroneumáticos para edificios residenciales.
- b. Diseñar un sistema de bombeo hidroneumático basado en la normativa AWWA (*American Water Works Association*).
- c. Realizar un cableado estructurado de todo el sistema para poder localizar y determinar de mejor manera todas las variables en el tablero de control.
- d. Programar y configurar el PLC para poder optimizar y monitorear todas las variables de control tanto de presión como de nivel desde un HMI de supervisión.
- e. Realizar las pruebas del sistema implementado, analizar resultados y efectuar el análisis pertinente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Los Sistemas Hidroneumáticos se basan en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando es sometido a presión, funcionando con los siguientes principios: El H₂O es suministrada desde el acueducto público u otra fuente, es retenida en un tanque de almacenamiento; de donde, a través de un sistema de bombas, será impulsada a un recipiente a presión (de dimensiones y características calculadas en función de la red), y posee volumen de agua y aire. [1]

Cuando el agua entra al tanque de presión aumenta el nivel de agua, se comprime el aire y aumenta la presión, cuando se llega a un nivel de agua y presión determinados ($P_{m\acute{a}x.}$), se produce la señal de parada de bomba y el tanque queda en la capacidad de abastecer la red; cuando los niveles de presión bajan, a los mínimos preestablecidos ($P_{m\acute{i}n.}$) se acciona el mando de encendido de la bomba nuevamente.

Como se puede entender la presión varía entre $P_{m\acute{a}x}$ y $P_{m\acute{i}n}$, y las bombas son accionadas o apagadas continuamente según la demanda del edificio.

El diseño del sistema debe considerar un tiempo establecido mínimo entre los arranques de las bombas conforme a sus especificaciones; el sistema debe poseer un nivel de presión ($P_{m\acute{i}n}$) conforme al requerimiento de presión de toda la instalación y un $P_{m\acute{a}x}$, que sea tolerable y proporcione una buena calidad de servicio.

2.2 Sistema de Bombeo Hidroneumático

2.2.1 Fundamentos de Bombeo Hidroneumático en Edificios.

Entre los diferentes sistemas de abastecimiento y distribución de agua en edificios e instalaciones, los Equipos Hidroneumáticos han demostrado ser una opción eficiente y versátil, con grandes ventajas frente a otros sistemas; este sistema evita construir tanques elevados, colocando un sistema de tanques parcialmente llenos con aire a presión. Esto hace que la red hidráulica mantenga una presión excelente, mejorando el funcionamiento de lavadoras, filtros, regaderas, llenado rápido de depósitos en excusado, operaciones de fluxómetros, riego por aspersión, entre otros; demostrando así la importancia de estos sistemas en diferentes áreas de aplicación.

Así mismo evita la acumulación de sarro en tuberías por flujo a bajas velocidades. Este sistema no requiere tanques ni red hidráulica de distribución en las azoteas de los edificios (evitando problemas de humedades por fugas en la red) que dan mal aspecto a las fachadas y quedando este espacio libre para diferentes usos.

Usualmente los encargados de los proyectos consideran un diferencial de presión de 10 mca², lo que puede resultar exagerado, ya que en el peor de los casos la presión varía permanentemente entre 5 y 15 mca.

Este hecho da como resultado que los usuarios noten, que las variaciones en la presión se traducen en fluctuaciones del caudal de agua.

Además, el sistema de calentamiento de agua varía su temperatura en función del caudal. En efecto, el caudal de 15 mca es un 35% superior al que se posee, si la presión es de 5 mca. Una instalación con sistema hidroneumático, calculado según lo anterior, consumirá un 18 % más de agua por el hecho de tener

² m.c.a, Es el símbolo del metro de columna de agua, una unidad de medida de la presión., m.c.a, <http://mca.ugt.org>, 25 de Octubre del 2010

que aumentar la presión sobre el mínimo, este aumento conlleva a una pérdida de energía importante.

Mientras mayor sea el diferencial de presión y menor el tiempo entre arranque de los motores, más pequeña resulta la capacidad del estanque de presión.

Las bombas estarán funcionando entre dos puntos de operación de presión y por consiguiente de caudal, por lo que al no ser un punto único, no podrá estar permanentemente en su punto óptimo de eficiencia.

El reglamento de Instalaciones Sanitarias obliga a que la capacidad de las bombas sea un 125% del gasto máximo probable a la presión mínima requerida para el sistema, a fin de asegurar abastecer la demanda máxima al mismo tiempo que se llena el estanque de presión. [2]

2.2.2 Componentes del Sistema de Bombeo Hidroneumático.

El Sistema Hidroneumático deberá estar construido como se indica en la figura 2.1 y dotado de los componentes establecidos en la tabla 2.1:

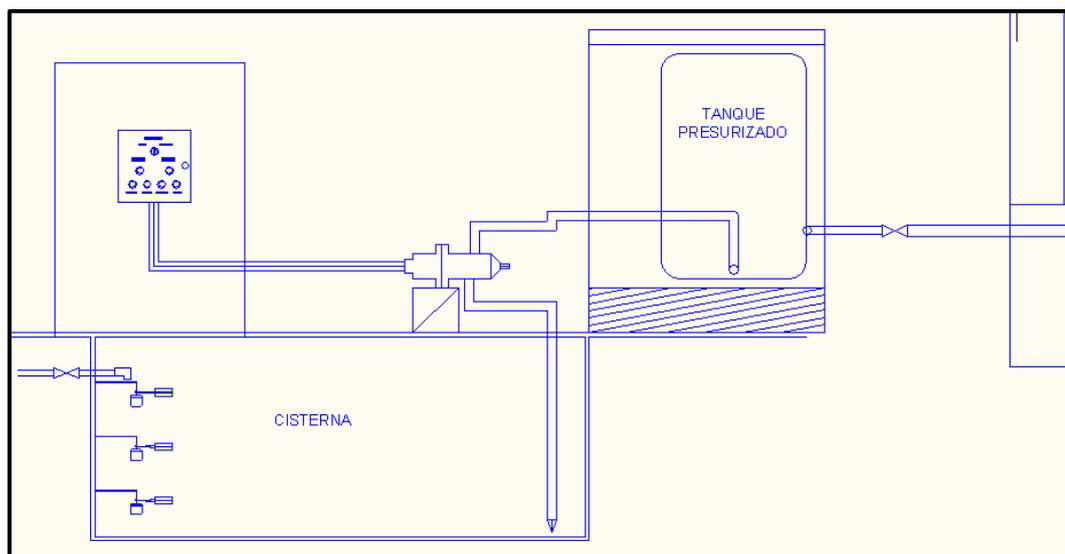
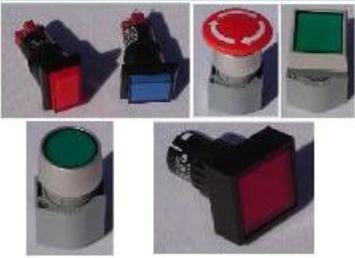


Figura 2. 1 SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMÁTICO

Tabla 2. 1 Descripción Global de Materiales

ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="225 439 552 472">TANQUE DE PRESIÓN</p> 	<p data-bbox="679 439 1353 689">Consta entre otros de un orificio de entrada y otro de salida para el agua (en este se debe mantener un sello de agua para evitar la entrada de aire en la red de distribución) y uno para la inyección de aire en caso de faltar el mismo.</p>
<p data-bbox="379 909 504 943">BOMBA</p> 	<p data-bbox="679 909 1353 1055">Un numero de bombas acorde con las exigencias de la red (una o dos para viviendas unifamiliares y dos o más para edificaciones mayores).</p>
<p data-bbox="233 1249 644 1283">INTERRUPTOR ELÉCTRICO</p> 	<p data-bbox="679 1308 1353 1453">Sirve para detener el funcionamiento del sistema, en caso de faltar el agua en el estanque bajo. (Protección contra marcha en seco).</p>
<p data-bbox="292 1697 584 1731">LLAVES DE PURGA</p> 	<p data-bbox="679 1756 1225 1789">Llaves de purga en las tuberías de drenaje.</p>

<p>VÁLVULA DE RETENCIÓN</p> 	<p>Para cada una de las tuberías de descarga de las bombas al tanque hidroneumático.</p>
<p>LLAVES DE PASO</p> 	<p>Llaves de paso entre la bomba y el equipo hidroneumático; entre este y el sistema de distribución. Unidad de cierre en caso de fugas o fallas en la red de distribución.</p>
<p>MANÓMETRO</p> 	<p>Un manómetro es un aparato de medida que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Existen, básicamente, dos tipos: los de líquidos y los de gases.</p>
<p>INTERRUPTORES DE PRESIÓN</p> 	<p>Interruptores de presión para arranque a presión mínima y parada a presión máxima, arranque aditivo de la bomba.</p>

<p>TABLERO DE POTENCIA</p> 	<p>Tablero de potencia y control de los motores. Su función es realizar la conmutación de potencia con la red o grupo electrógeno a través de contactores o llaves motorizadas de potencia.</p>
<p>ELECTROVÁLVULA</p> 	<p>Electroválvula, elemento necesario para el control de abastecimiento de ingreso o parada de H₂O a la red hidráulica.</p>

2.2.3 Dispositivos Iniciadores y controladores del sistema de Bombeo Hidroneumático.

Dependiendo del modo de control del sistema hidroneumático se posee los siguientes indicadores y por consiguiente los respectivos controladores.

Indicadores

- Sensor de Presión
- Sensor de Nivel
- Sensor de contaminación de agua

Controladores

- Accionamiento y parada de válvula de abastecimiento de líquido

- Accionamiento de filtros de ozono
- Accionamiento de bomba.

2.2.4 Definición de Cableado Estructurado en Edificios.

CABLEADO ESTRUCTURADO

Conceptos a considerar

- **Los edificios son dinámicos**

Durante la existencia de un edificio, las remodelaciones son comunes y deben ser tenidas en cuenta desde el momento del diseño.

- **Los sistemas de telecomunicaciones son dinámicos.**

Durante la existencia de un edificio, las tecnologías y los equipos de telecomunicaciones pueden cambiar drásticamente.

- **Telecomunicaciones es más que “Voz y Datos”**

El concepto de Telecomunicaciones también incorpora otros sistemas tales como control ambiental, seguridad, audio, televisión, alarmas y sonido [3].

CONCEPTOS SOBRE CABLEADO ESTRUCTURADO

- Es el conjunto de elementos pasivos, flexible, genérico e independiente, que sirve para interconectar equipos activos, de diferentes o igual tecnología permitiendo la integración de los diferentes sistemas de control, comunicación y manejo de la información, sean estos de voz, datos, video, así como equipos de conmutación y otros sistemas de administración.

- En un sistema de cableado estructurado, cada estación de trabajo se conecta a un punto central, facilitando la interconexión y la administración del sistema, esta disposición permite la comunicación virtualmente con cualquier dispositivo, en cualquier lugar y en cualquier momento.
- Cableado Estructurado es el cableado de un edificio o una serie de edificios que permite interconectar equipos activos, de diferentes o igual tecnología permitiendo la integración de los diferentes servicios que dependen del tendido de cables como datos, telefonía, control, etc.
- El objetivo fundamental es cubrir las necesidades de los usuarios durante la vida útil del edificio sin necesidad de realizar más tendido de cables. [4]

ORGANISMOS Y NORMAS

- ANSI: *American National Standards Institute.*
- EIA: *Electronics Industry Association.*
- TIA: *Telecommunications Industry Association.*
- ISO: *International Standards Organization.*
- IEEE: *Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica.*

Se puede visualizar en el Anexo 1

COMPONENTES DEL CABLEADO ESTRUCTURADO

- Área de trabajo.
- Cableado horizontal.
- Armario de telecomunicaciones (*racks, closet*).
- Cableado
- Sala de quipos.

- *Backbone de Campus*

DISTANCIAS

Sin importar el medio físico, la distancia horizontal máxima no debe exceder 90 m.

La distancia es medida desde la terminación mecánica del medio en la interconexión horizontal en el cuarto de telecomunicaciones hasta la toma o conector de telecomunicaciones en el área de trabajo.

Se recomiendan las siguientes distancias: Separar 10 m para los cables del área de trabajo y los cables del cuarto de telecomunicaciones (cordones de parcheo, jumper y cables de equipo). [5]

2.2.5 Componentes del Tablero de Control.

TABLERO DE CONTROL

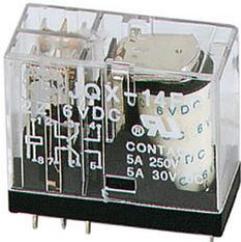
El tablero de control es una herramienta aplicable a cualquier organización cuyo objetivo y utilidad básica es como su nombre lo dice poseer en un solo lugar el control de un sistema definido por entradas y salidas establecidas.

El diagnóstico y monitoreo permanente de determinados indicadores e información ha sido y es la base para mantener un buen control.

En todos los casos el Tablero permite a través del color de las luces y alarmas ser el disparador para la toma de decisiones.

COMPONENTES TABLERO DE CONTROL

Tabla 2. 2 Componentes Tablero de Control

COMPONENTES	
BREAKERS	FUSIBLES
	
LUCES INDICADORAS	CONTACTORES
	
PULSADORES	SELECTORES DE 2 POSICIONES
	
RELÉS	RELÉ TÉRMICO
	



2.2.6 Panel de Control de Alarmas y monitoreo de Variables

MANEJO DE LA INFORMACIÓN

Información del Proceso (Sucesos y Alarmas):

- Es de suma importancia en los sistemas de control mantener un registro de la información ocurrida dentro del proceso.
- En la información guardada debe encontrarse la mayor cantidad posible de información, tal como *fechas, hora, tipo de suceso, duración y descripción*.
- Deben existir los mecanismos suficientes para acceder al registro de alarmas de una manera sencilla y sin ningún obstáculo, ya sea desde botones, o accesos desde los menús. El manejo de las alarmas debe poseer características importantes en la interfaz, tales como:

NOTIFICACIÓN OPORTUNA

- Cuando ocurre una alarma, sin importar cualquier tipo de gravedad, debe ser notificada de manera inmediata al operador.

MECANISMOS DE SOLUCIÓN:

- Una vez que el usuario haya verificado que ocurrió un suceso, la interfaz debe proporcionar mecanismos para que se pueda solucionar el evento, proporcionándole elementos dentro de la interfaz que permitan navegarla sin inconvenientes.

ESTADÍSTICAS:

- La interfaz debe ser capaz de mostrar estadísticas de los sucesos, para que, mediante el análisis de la información, se pueda inferir sobre posibles problemas futuros y como solucionarlos. Esto tiene que estar relacionado intrínsecamente con los históricos generales del sistema.

INFORMACIÓN INTERNA (Variables e Históricos):

Es posible que dentro de un proceso específico, sea necesario conocer como progresa una variable a través del tiempo.

En el caso cuando la interfaz permite analizar datos de diferentes variables al mismo tiempo, se puede encontrar que el potencial de la información recogida aumenta en gran manera, y los beneficios por utilizar la misma se reconocen inmediatamente.

CONSISTENCIA

Relación directa entre los principios de diseño y la implementación final. Esta característica permitirá construir una interfaz robusta y que permita facilitar el proceso de entrenamiento.

Se tendrán en cuenta 2 tipos de consistencia: la consistencia dentro de la interfaz, y consistencia hacia el proceso real.

CONSISTENCIA DENTRO LA INTERFAZ

Este tipo de consistencia permitirá establecer reglas claras del funcionamiento interno de la misma, facilitando el aprendizaje y el entrenamiento.

Se encontrará varios casos en los que se hace clara la consistencia: el color (y sus correspondientes estados), imágenes y el diseño en general.

Color: Es imperativo que al diseñar una interfaz de usuario SCADA, se debe tomar en cuenta que el uso de los colores se convierten pieza fundamental en el aprendizaje.

Imágenes: El sistema, además de presentar imágenes sencillas y entendibles, debe manejar cierta consistencia en las imágenes, es decir, para dispositivos similares, no solo en forma física sino también en funcionamiento, se deberán utilizar imágenes similares.

Diseño: La consistencia en este tópico es básica, es claro que un usuario se debe sentir más confortable si a través de toda la interfaz, si a medida que navega por ella, encuentra patrones y estructuras similares.

CONSISTENCIA CON EL PROCESO:

Un elemento muy importante en el diseño de la interfaz, es tener en cuenta el proceso al cual se acopla, es decir, realizar los procesos de la misma manera, pero de una forma más eficiente.

Esto es un proceso que debe ser analizado específicamente para cada interfaz que se desarrollará, sin embargo, hay algunas pautas que podemos tener en cuenta para obtener esta característica dentro del diseño.

Cuando se obtiene información del proceso real, se debe considerar la naturaleza de la variable.

Por ejemplo, si un valor dentro del proceso, cambia cada segundo, es totalmente innecesario realizar un muestreo sobre la misma variable cada 10ms, es un gasto demasiado grande de recursos del sistema además de ser totalmente un proceso ineficiente.

- Además de tener gráficos agradables dentro de la interfaz, la misma debe reflejar de la mejor manera posible, lo que suceden el proceso.
- Mantener una idea correcta de las ocurrencias dentro del mismo, ayuda a poseer una concepción correcta sobre la abstracción utilizada en la interfaz.
- Mientras sea posible, manejar gráficos dinámicos que se actualicen con el estado actual y real del sistema.
- Mientras más dinamismo haya dentro de la interfaz, más posibilidad de obtener una mayor supervisión y control sobre el proceso. [6]

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO AUTOMÁTICO

3.1 Introducción

Para realizar un correcto diseño se debe tener en cuenta todas las recomendaciones y los criterios a emplearse en este tipo de sistemas. Con lo cual se obtendrá un adecuado cálculo y una correcta toma de medidas para lo que se requiere realizar.

El sistema tendrá la factibilidad de poder ser verificado tanto en dimensionamiento, control de ciclos de bombeo, presión de funcionamiento, encendido y apagado de bomba, protección de motores, protección contra corto circuitos y sobre todo seguridad para la tranquilidad del consumo del líquido vital en todo el edificio para lo cual se debe realizar un correcto calculo y análisis del dimensionamiento del tanque a presión.

3.2 Diseño del Sistema de Bombeo Hidroneumático

3.2.1 DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE BOMBEO

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

Determinar la demanda, es estimar mediante la aplicación de un método óptimo el consumo promedio diario y el consumo máximo probable de agua de una red.

- **IMPORTANCIA DE LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA**

La determinación de la demanda es muy importante debido que a partir de ésta se establece la capacidad o tamaño de todas las partes del sistema de suministro de agua.

El cambio en la demanda es obviamente inconveniente para el diseño del sistema adecuado a las necesidades de la edificación, ésta puede llegar a aumentar desde un mínimo (DEMANDA MÍNIMA) hasta un máximo (DEMANDA MÁXIMA) en un corto tiempo. Motivado a esto se hace necesario la aplicación de métodos de estimación de la demanda, que den resultados acordes con la realidad de consumo del área o instalación.

- **CONSUMO SEGÚN EL PROPÓSITO**

Los diversos propósitos para los cuales el agua es usada se pueden clasificar en domésticos, industriales, comerciales, públicos y contra incendio. El conocimiento de estos es necesario para la efectiva dotación de la edificación.

- **MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONSUMO**

Existen entre muchos otros, tres métodos principales para la determinación del consumo de agua, los cuales se listan a continuación:

- **Método de dotaciones (gaceta oficial 4.044 norma sanitaria)³.**
- **Método del número total de piezas servidas (de peerles).**
- **Método de hunter (número de unidades de gastos). (gaceta oficial 4.004 norma sanitaria).**

³ GACETA OFICIAL 4.044 NORMA SANITARIA, Norma sanitaria para proyecto, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones. GACETA OFICIAL 4.044 NORMA SANITARIA, <http://my.opera.com/montane76/blog/2010/10/25/norma-sanitaria-gaceta-oficial-no-4-044> , 8 de Noviembre del 2010

MÉTODO DE LAS DOTACIONES

Este método puede ser usado en diversos tipos de edificaciones y se basa en la estimación de consumo en veinticuatro (24) horas de la red, DOTACIÓN, el resultado se multiplica por un factor K para estimar el Pico Máximo Probable que ocurrirá en la red.

- ✓ La tabla 1 del Anexo 2 se muestra las dotaciones en litros por día (lpd) correspondientes a las diversas edificaciones.
- ✓ La ecuación 3.1 determina el Caudal Medio de Consumo en litros por segundo (lps) y tomándose en cuenta el factor K, da el Caudal Máximo Probable.

$$Q_d = \frac{DOTACIÓN * K}{86.400} = LPS \quad (\text{Ec. 3. 1})$$

Dónde:

Dotación: Es la cantidad de lpd correspondiente, según la tabla 1 del **Anexo 2**.

K: Es un factor que según proyecciones de variación en la demanda en redes como se muestra en la Tabla 3.1.

Dotación

Tabla 3. 1 Factor K según litros diarios

Menor a 50.000 lpd	K = 10
Entre 50.001 y 100.000 lpd	K = 9
Más de 100.001 lpd	K = 8

MÉTODO DEL NÚMERO TOTAL DE PIEZAS SERVIDAS O MÉTODO DE PEERLES

Este método está basado en registros estadísticos de instalaciones similares, fundados a su vez en estimaciones del consumo aproximado en períodos de consumo máximo.

La tabla 3.6 nos da el factor K de consumo (en GPM * Piezas Servidas) en relación al número total de piezas servidas y del tipo de edificación.

Para usar esta tabla, debe tenerse el número exacto de todas las piezas sanitarias a las cuales servirá el sistema de suministro de agua. Con este número se entra a la tabla y se ubica el rango al que pertenece, el cual indicara según la edificación el valor de K. El resultado de multiplicar ambos valores indicara el caudal de bombeo en GPM, el cual lógicamente al ser dividido entre 60 lo indicara en lps. Matemáticamente lo anterior se expresa según la ecuación 3.2:

$$Q_d = PZ * K = GPM \quad (\text{Ec. 3. 2})$$

MÉTODO DE HUNTER (NUMERO DE UNIDADES DE GASTOS)

La hoja técnica oficial indica el método para el cálculo de la demanda máxima probable, para el cálculo de Picos Máximos en redes de aguas negras y dimensionamiento de las tuberías de la red. Es de hacer notar que su uso se justifica sólo en esos casos y podrá ser usado, en cálculo de Picos probables de aguas blancas, sólo en el caso donde predominen piezas sanitarias de fluxómetro.

Para edificaciones de uso residencial, este método tiende a dar valores del 150% o más de los obtenidos por los dos métodos anteriores.

Según este método, a cada pieza sanitaria se le asigna, de acuerdo con su uso y tipo, un número, el cual es llamado NUMERO DE UNIDADES DE GASTOS. La tabla 3.7 muestra las unidades de gastos asignadas a piezas sanitarias tanto de uso público como privado.

PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN ESTE MÉTODO:

1. Elaborar un diagrama de la tubería de distribución correspondiente al sistema.
2. Por cada tramo especificar el número y tipo de piezas a servir por el mismo.
3. Multiplicar los totales de piezas sanitarias de igual tipo, por su correspondiente número de unidades de gastos, según la tabla 3.7
4. Totalizar todos los productos parciales.
5. Con el número total de unidades de gastos que sirve la red, se buscará la capacidad del sistema (lps) en la tabla 3.9.

MÉTODO DE UNIDADES DE GASTOS (SEGÚN LA FIRMA PACO PUMP Co.)

Tomando en cuenta lo referente al método de Hunter se puede inferir que el método de la Pacific Pump Co. logra dar resultados más acordes a las exigencias reales de la red. [7]

La tabla 3.7 muestra las unidades de gastos asignadas a las piezas sanitarias, con el número total de unidades de gastos que sirve la red de distribución, la capacidad del sistema (Q_d) podrá estimarse por la ecuación 3.3:

$$Q_d = 0.081 * (UG)^{0.672} = (LPS) \quad (\text{Ec. 3. 3})$$

Dónde:

UG: Número total de unidades de gasto. O en su defecto la tabla 3.9

3.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS**GENERALIDADES**

Para poder entrar en el cálculo de cargas de una red de distribución, primero se verá algunas teorías y ecuaciones fundamentales de la hidráulica.

ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

La ecuación de continuidad es una consecuencia del PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA MASA, el cual expresa que:

Para un flujo permanente, la masa de fluido que atraviesa cualquier sección de un conducto por unidad de tiempo (figura 3.1) es constante y se calcula mediante la ecuación 3.4:

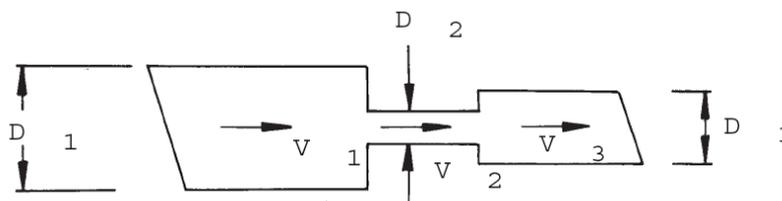


Figura 3. 1 Principio de conservación de la masa

$$W 1 * A 1 * V 1 = W 2 * A 2 * V 2 = W 3 * A 3 * V 3(kg / seg) \quad (\text{Ec. 3. 4})$$

Para fluidos incompresibles se tiene que el peso específico $w_1 = w_2 = w_3$, y por lo tanto, la ecuación se transforma en la ecuación 3.5:

$$A_1 * V_1 = A_2 * V_2 = A_3 * V_3 (m^3 / seg) \quad (\text{Ec. 3. 5})$$

En la ecuación 3.6 se obtendrá el cálculo de caudal para determinar en tuberías circulares:

$$Q = A * V = \pi * D^2 * V \quad (\text{Ec. 3. 6})$$

Dónde:

Q = Caudal (m³/seg)

A = Área de la sección transversal del tubo (m²)

D = Diámetro interno del tubo (m)

V = Velocidad media de la corriente (m/seg).

ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA

TEOREMA DE BERNOULLI

El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la aplicación de la energía al flujo de fluidos en tubería. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario, fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica (Energía Potencial), la altura debida a la presión (Energía de Presión) y la altura debida a la velocidad (Energía Cíntica), como se muestra en la ecuación 3.7:

$$H = Z + \frac{P}{w} + \frac{V^2}{2 * g} \quad (\text{Ec. 3. 7})$$

Dónde:

H = Energía total en un punto

Z = Energía Potencial

$\frac{P}{w}$ = Energía de presión

w = Peso Específico del agua = 1000 kg/m³

$\frac{V^2}{2 * g}$ = Energía Cinética

g = Aceleración de la gravedad = 10 m/seg²

Debido a que existen perdidas y/o incrementos de energía, estos se deben incluir en la ecuación de Bernoulli. Por lo tanto, el balance de energía para dos puntos de fluido (ver figura 3.2) puede escribirse, considerando las pérdidas por rozamiento (h_f) como se observa en la ecuación 3.8:

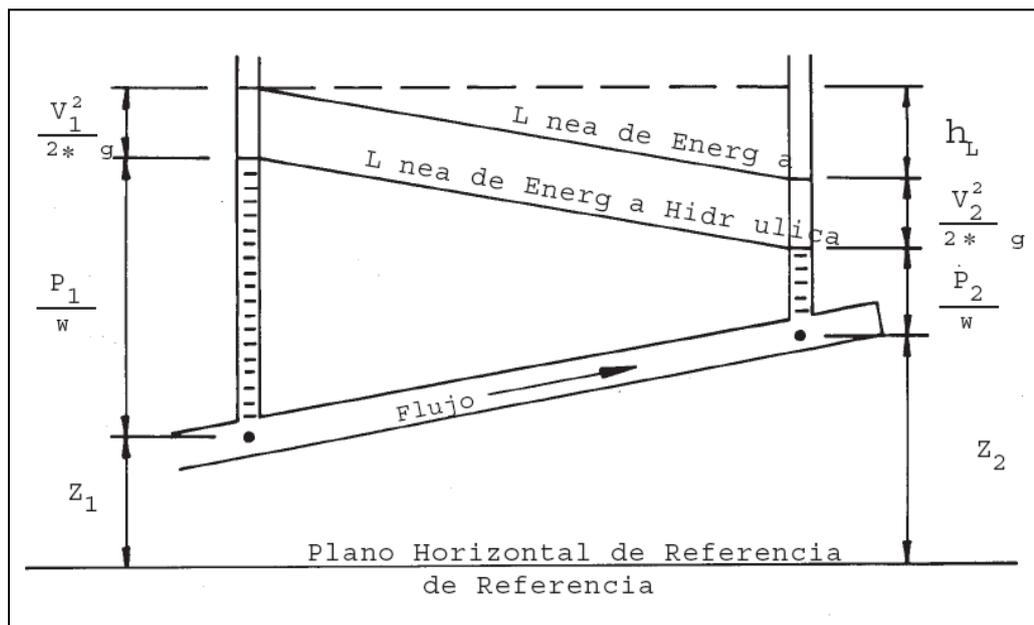


Figura 3. 2 Balance de Energía para dos puntos

$$Z_1 + P_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{Z_2}{2g} + P_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{hf}{2g} \quad (\text{Ec. 3. 8})$$

3.2.3 TIPOS DE FLUJOS

Existen dos tipos de flujos dentro de una tubería: Flujo Laminar: Es aquel en que sus partículas se deslizan unas sobre otras en forma de láminas formando un perfil de velocidades simétrico y en forma de parábola.

Flujo Turbulento: Es aquel cuyas partículas se deslizan en forma desordenada.

En ambos casos la velocidad en el perfil de velocidades, varía de una máxima (en la zona central) a una mínima (en la zona de contacto con las paredes del tubo).

Osborne Reynolds: Dedujo que el régimen de flujo en tuberías depende de los cuatro factores siguientes:

- Diámetro de la tubería ($D=m$)
- Densidad del fluido ($\rho = \text{grs/cm}^3$)
- Viscosidad (absoluta (μ) en centispoise o cinemática (ν) en m^2/seg)
- Velocidad del flujo ($V=m/\text{seg}$).

Combinando estos cuatro valores Reynolds obtuvo la ecuación 3.9: [8]

$$\text{Re} = \frac{\rho v_s D}{\mu}$$

O equivalentemente por:

$$\text{Re} = \frac{v_s D}{\mu} \quad (\text{Ec. 3. 9})$$

Dónde:

- ρ :** densidad del fluido
 v_s : velocidad característica del fluido
 D : Diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud característica del sistema.
 μ : viscosidad dinámica del fluido
 ν : viscosidad cinemática del fluido

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

3.2.4 FRICCIÓN EN TUBERÍAS

En esta sección se tratarán las pérdidas de energía que sufre un fluido, en su trayectoria dentro de una tubería debido a la fricción de éste con las paredes de la misma, así como también, las pérdidas causadas por los cambios de dirección, contracciones y expansiones a todo lo largo de una red de distribución.

La pérdida de energía de un fluido dentro de una tubería, se expresa como pérdida de presión o pérdida de carga en el mismo.

CALCULO DE PERDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN EN TUBERÍA RECTA

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha tomado como base la fórmula de Hazen & Williams para tuberías de hierro galvanizadas de uso común. A continuación se presenta la ecuación 3.10 (en ambos sistemas de unidades).

En el sistema métrico tenemos:

$$j\% = 1.6595 * K * Q_{4.8708}^{1.852}$$

Reordenando queda

$$j\% = \left[\frac{131.455 * Q}{C * 2.63} \right]^{1.852} \quad (\text{Ec. 3. 10})$$

Dónde:

$j\%$ = % de pérdidas por fricción (m)

C = Constante de rugosidad (a dimensional)

Q = Caudal pasante (lts/min)

La ecuación 3.10 da resultados bastantes exactos con agua a 60 °F (15.6°C), la cual a esa temperatura tiene una viscosidad cinemática en el orden de 1,1 centistokes⁴ (31.5 SSO).

Dado que la viscosidad del agua varía según la temperatura, pueden existir variaciones mensurables en la aplicación de las fórmulas, que van desde un incremento del 20% en temperaturas cercanas a 100 °C (visc = 0.3 csk).

En temperaturas comprendidas entre 15 °C y 24 °C la fórmula tiene una exactitud por este concepto de ± 5 %.

⁴ CENTISTOKES, Unidad de medición de la viscosidad de los líquidos., CENTISTOKES, <http://www.sizes.com/units/centistokes.htm>, 15 de Noviembre del 2010

El coeficiente de rugosidad "C" varía según el tipo de tubería a utilizar y los valores que se muestran en la tabla 3.8 son los más aceptados comúnmente en cálculo y diseño. [9]

3.2.5 VALOR DE LA VELOCIDAD DEL AGUA

Determinado el valor porcentual de fricción, nos interesa además conocer el valor de la velocidad del agua, esto se determinara despejando "V" de la ecuación 3.11, la cual se obtiene realizando los cambios convenientes, como:

$$V = \frac{Q \left(\frac{m^3}{min} \right)}{4.7124 * \phi'' (cm)} = \frac{m}{seg} \quad (Ec. 3. 11)$$

Ya que este valor debe servir para determinar si la tubería está dentro de un rango lógico de selección y que para que la misma sea siempre recomendable, que el mínimo caudal pasante no alcance valores inferiores a 0,60 m/seg, para evitar la sedimentación, ni que superen, los 3 m/seg, para evitar ruidos en la tubería. [10]

3.2.6 PERDIDAS DE PRESIÓN EN VÁLVULAS Y CONEXIONES

Cuando un fluido se desplaza uniformemente por una tubería recta, larga y de diámetro constante, la configuración del flujo indicada por la distribución de la velocidad sobre el diámetro de la tubería adopta una forma característica. Cualquier obstáculo en la tubería cambia la dirección de la corriente en forma total o parcial, altera la configuración característica de flujo y ocasiona turbulencia, causando una pérdida de energía mayor de la que normalmente se produce en un flujo por una tubería recta.

Ya que las válvulas y accesorios en una línea de tubería alteran la configuración de flujo, producen una pérdida de presión adicional la cual se puede determinar por la ecuación 3.12:

$$hf = \frac{k * V^n}{2 * g} \quad (\text{Ec. 3. 12})$$

Dónde:

hf = Caída de presión (m)

K = Coeficiente de resistencia según el tipo específico de válvula o conexión.

Los diferentes valores del coeficiente de resistencia (K) para los distintos diámetros de válvulas y conexiones se presentan en la tabla 3.9 así como también en las figuras desde la 3.3 hasta la 3.8.

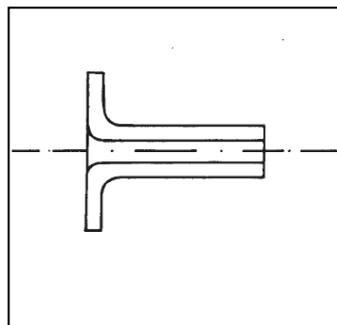


Figura 3. 3 Entrada o Reductor con Unión de Borde Redondeada (k=0.05)

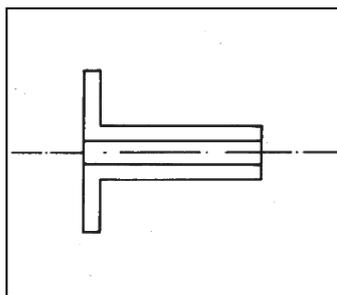


Figura 3. 4 Entradas de Aristas (k=0.5)

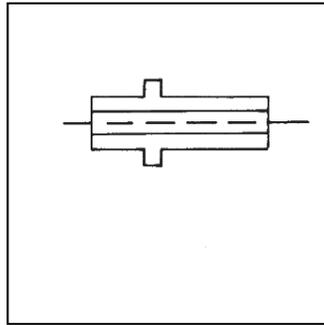


Figura 3. 5 Tubería con Saliente en el Interior del Depósito ($k=1$)

Nota: En la figura 3.5, k disminuye con el aumento del calibre de los tubos y redondeo de los bordes.

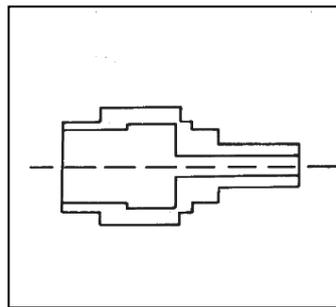


Figura 3. 6 Reducciones e Incrementos

Nota: En la figura 3.6, mediante el uso de Bushing⁵ y acoplamiento reductores, ($k=0.05, 2$) si se usaría para incrementar, la perdida podría llegar hasta un 40% mayor que la causada por aumento repentino.

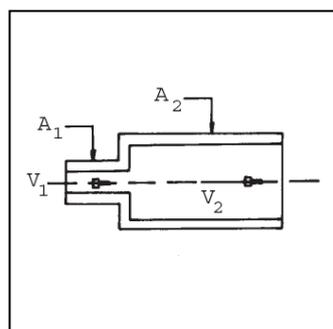


Figura 3. 7 Incremento Repentino ($k=1$)

⁵ **BUSHING**, Pieza cilíndrica de metal que sirve para guarnecer interiormente el lugar donde pasa un eje giratorio., **BUSHING**, <http://www.babylon.com/definicion/Bushing/Spanish>, 15 de Noviembre del 2010.

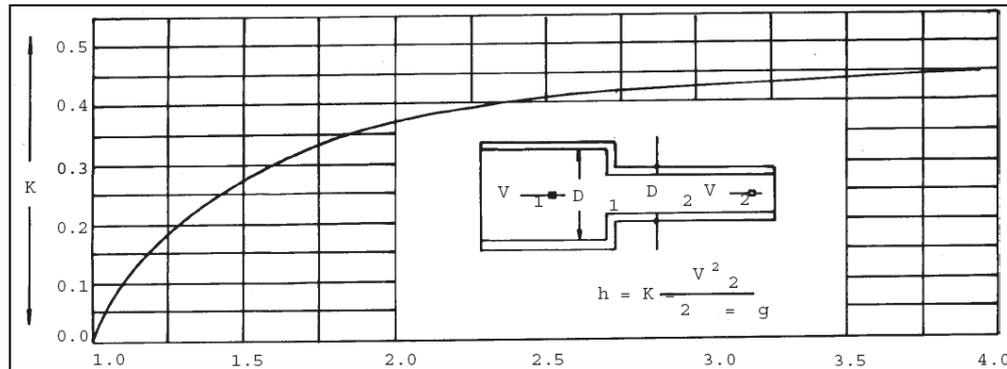


Figura 3. 8 Reducción de Diámetro en Tuberías

3.2.7 PRESIONES RESIDUALES

La presión residual, es aquella presión óptima, la cual debe vencer el sistema de bombeo para poder mandar el agua hasta un punto deseado, el cual es considerado hidráulicamente como el más desfavorable.

3.2.8 CARGA O ALTURA DINÁMICA TOTAL DE BOMBEO (A.D.T.)

La Altura Dinámica Total de bombeo representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una máquina (expresados en metros de columna del mismo) para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma más desfavorable.

La expresión para el cálculo de A.D.T. proviene de la ecuación de BERNOULLI y se expresa en la ecuación 3.13:

$$ADT = h + \sum hf + \frac{V^2}{2 * g} + hr \quad (\text{Ec. 3. 13})$$

Dónde:

h = Altura geométrica entre el nivel inferior y el superior del líquido.

$\sum h_f$ = La sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como en accesorios) que sufre el fluido entre el nivel de succión y el de descarga.

$\frac{V^2}{2 * g}$ = Energía cinética o presión dinámica.

hr = Es la presión residual que debe vencer la bomba cuando el fluido llegue a su destino o punto más desfavorable.

CALCULO DE A.D.T.

La expresión de la ecuación la A.D.T. se ve modificada en función de la configuración de la red y del tipo de succión positiva o negativa (si el nivel del líquido se encuentra por encima o por debajo respectivamente del eje de la bomba) a la cual estará sometida la bomba.

En las figuras 3.9 y 3.10 se muestran ambos casos. En la medida de lo posible es conveniente colocar la bomba con succión positiva, ya que de esta manera se mantiene llena, a la vez que se le disminuye el A.D.T., debido a la presión adicional agregada por la altura del líquido.

Para mayor comprensión en el cálculo del A.D.T. a continuación se presentan tres casos (entre otros conocidos), cada uno con sus respectivos análisis, figura y expresión de la ecuación del A.D.T.

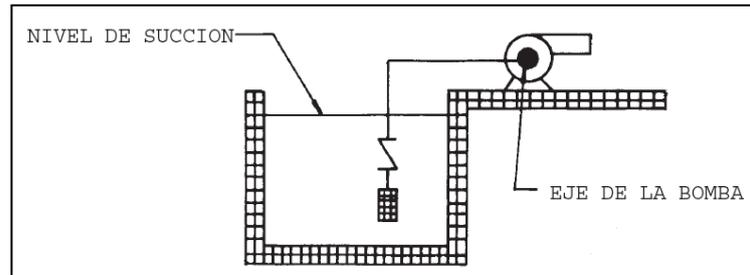


Figura 3. 9 Succión Negativa

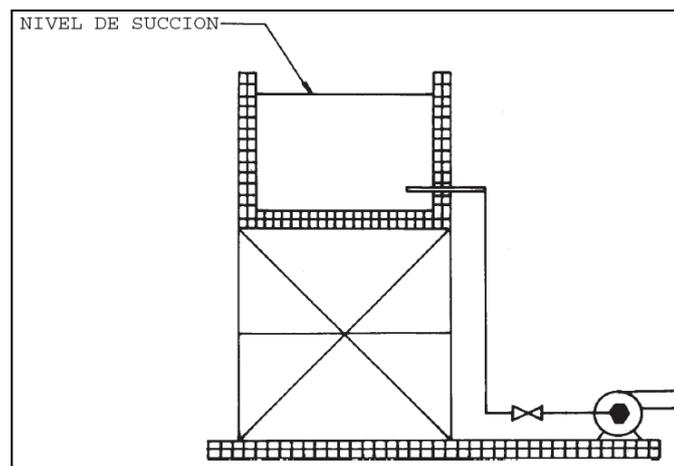


Figura 3. 10 Succión Positiva

CASO 1:

La figura 3.11 representa una succión negativa, donde se indica claramente los tramos de succión y descarga con sus respectivos accesorios.

Se tendrá entonces en la tubería de succión una caída de presión por efecto del roce que denotara h_{fs} , una velocidad V_s , una altura de succión h_s y un diámetro de succión D_s .

En la descarga se tendrá un h_{fd} , una velocidad de descarga V_d , una altura de descarga h_d y un diámetro de descarga D_d al cual se considera como el inmediato superior al de la succión.

Para determinar el primer caso y considerando cada tramo por separado la ecuación para la Altura Dinámica.

La ecuación 3.14 da como resultado:

$$ADT = (hd + hs) + hfs + hfd + \frac{Vd''}{2g} + hrs + hrd \quad (\text{Ec. 3. 14})$$

En este caso al encontrarse ambos tanques abiertos a la atmósfera las presiones hrs y hrd se anulan.

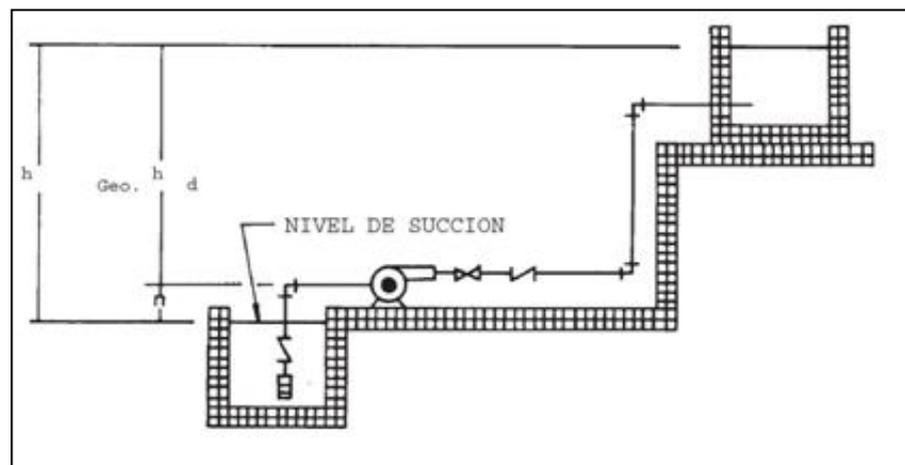


Figura 3. 11 Caso 1

CASO 2:

La figura 3.12 representa dos tanques, uno inferior y otro superior los cuales se encuentran sellados y poseen una presión residual hrs y hrd. En la ecuación de ADT la presión hrd tiene que sumarse mientras que la presión hrs debe restarse por ser energía adicional que va a tener el sistema y que va a ayudar al trabajo de bombeo. La ecuación 3.15 nos da como resultado la ADT:

$$ADT = (hd + hs) + hfs + hfd + \frac{Vd''}{2g} + hrs - hrd \quad (\text{Ec. 3. 15})$$

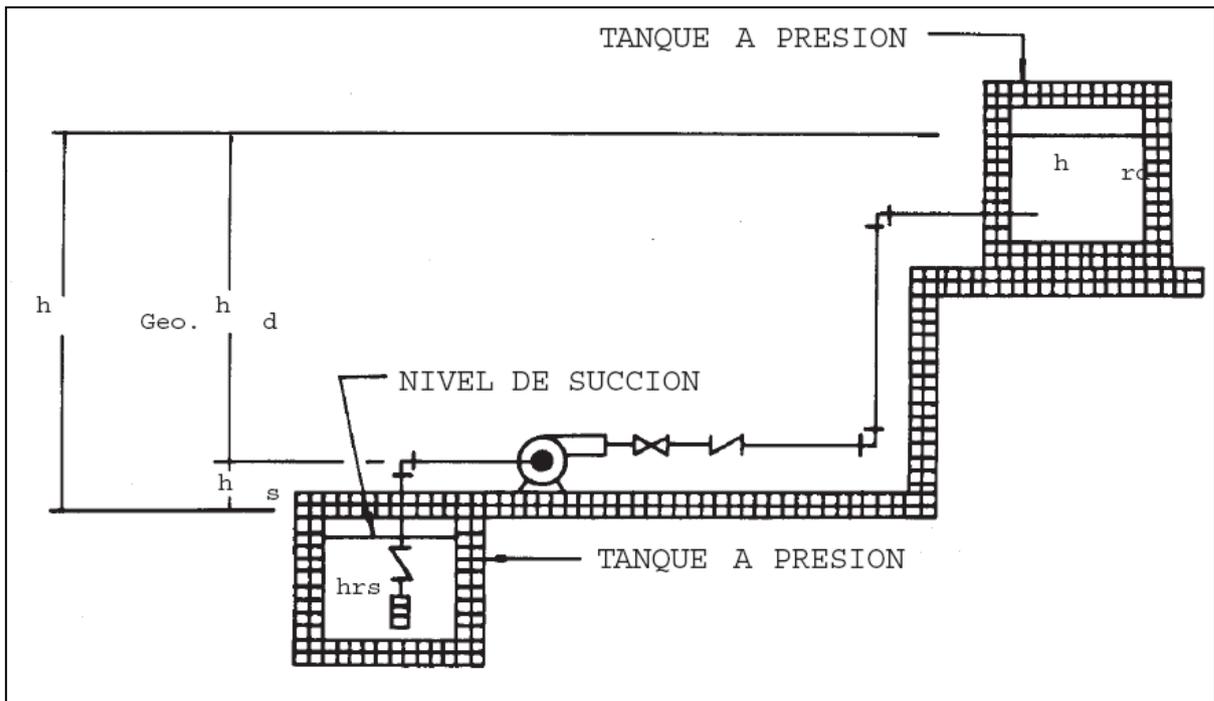


Figura 3. 12 Caso 2

Si solamente se tiene el tanque superior a presión y el inferior abierto a la atmósfera, de la ecuación anterior se elimina h_{rs} , si en cambio es el superior abierto a la atmósfera y el inferior cerrado y presurizado de la ecuación se elimina el término h_{rd} .

CASO 3:

La figura 3.13 representa una succión positiva, la altura geométrica que la bomba debe vencer en este caso es menor, para este caso el ADT se representa en la ecuación 3.16:

$$ADT = (hd - hs) + h_{fs} + h_{fd} + \frac{Vd^n}{2g} \quad (\text{Ec. 3. 16})$$

Al encontrarse ambos tanques abiertos a la atmósfera, las presiones residuales h_{rs} y h_{rd} se eliminan. Si en cambio el tanque de descarga se mantiene con una determinada presión, a la ecuación anterior se le suma el valor de h_{rd} y si además el tanque de succión se mantiene también presurizado, a la misma ecuación se le restará h_{rs} .

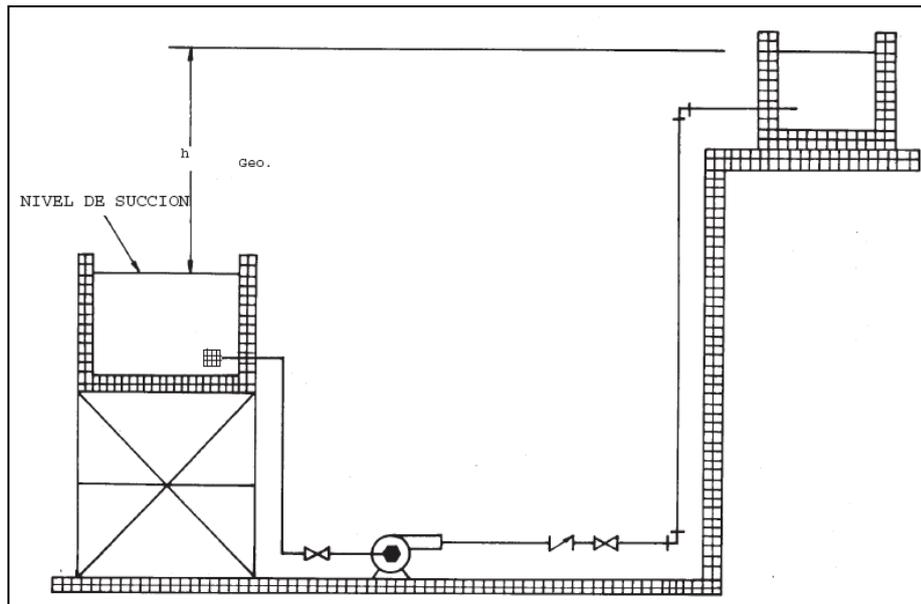


Figura 3. 13 Caso 3

3.2.9 CICLOS DE BOMBEO

Se denomina ciclos de bombeo al número de arranques de una bomba en una hora.

Cuando se dimensiona un tanque se debe considerar la frecuencia del número de arranques del motor en la bomba. Si el tanque es demasiado pequeño, la demanda de distribución normal extraerá el agua útil del tanque rápidamente y los arranques de las bombas serán demasiado frecuentes. Un ciclo muy frecuente causa un desgaste innecesario de la bomba y un consumo excesivo de potencia.

Por convención se usa una frecuencia de 4 a 6 ciclos por hora, el ciclo de cuatro (4) arranques/hora se usa para el confort del usuario y se considera que con más de seis (6) arranques/hora puede "Haber" un sobrecalentamiento del motor, desgaste innecesario de las unidades de bombeo y excesivo consumo de energía eléctrica.

El punto en que ocurre el número máximo de arranques, es cuando el caudal de demanda de la red alcanza el 50% de la capacidad de la bomba. En este punto el tiempo que funcionan las bombas iguala al tiempo en que están detenidas.

Si la demanda es mayor que el 50%, el tiempo de funcionamiento será más largo; cuando la bomba se detenga, la demanda aumentada extraerá el agua útil del tanque más rápidamente, pero la suma de los dos periodos, será más larga. [11]

3.2.10 VERIFICACIÓN DE ARRANQUES DE LA BOMBA

ARRANQUE DE BOMBA CON 110VAC

Tabla 3. 2 Corriente de Arranque a 110VAC

DATOS	CORRIENTE DE ARRANQUE					
	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4	Valor 5	Valor 6
1	36	44	31	17	9	0
2	37	32	28	17	11	0
3	51	28	17	17,6	6	0
4	57	25	19	17	4	0
5	65	23	18	17	8	0
6	44	31	25	17	7	0
Valor Promedio	48,33	30,5	23	17,1	7,5	0

Tabla 3. 3 Tiempo de Arranque

Tiempo (seg)	Corriente (A)
7	0
6,5	7,5

2,6	17,1
2	23
1,6	30,5
1,05	48,33
0	0

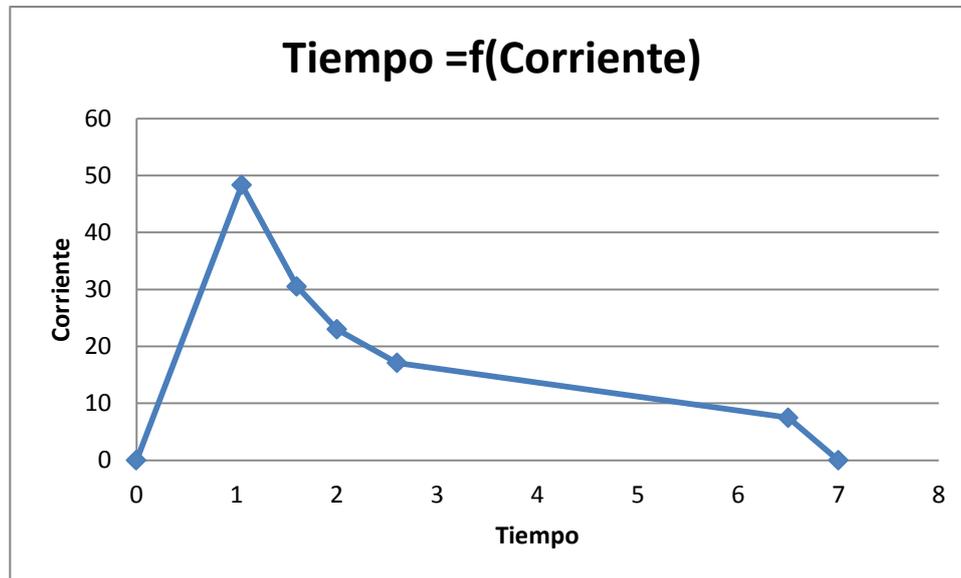


Figura 3. 14 Tiempo en Función de Corriente con 110VAC

ARRANQUE DE BOMBA CON 220VAC

Tabla 3. 4 Corriente de Arranque 220VAC

DATOS	CORRIENTE DE ARRANQUE				
	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4	Valor 6
1	32	11	9,3	8,9	0
2	24	9	8,5	8,7	0
3	27	11	9,1	8,8	0
4	36	10	8,9	8,72	0
5	37	10	8,8	9,1	0
6	27	10,1	8,8	8,87	0
Valor Promedio	30,5	10,18	8,9	8,84	0

Tabla 3. 5 Tiempo de Arranque

Tiempo (seg)	Corriente (A)
7	0
6,5	8,84
2,6	8,9
2	10,18
1,6	30,5
0	0

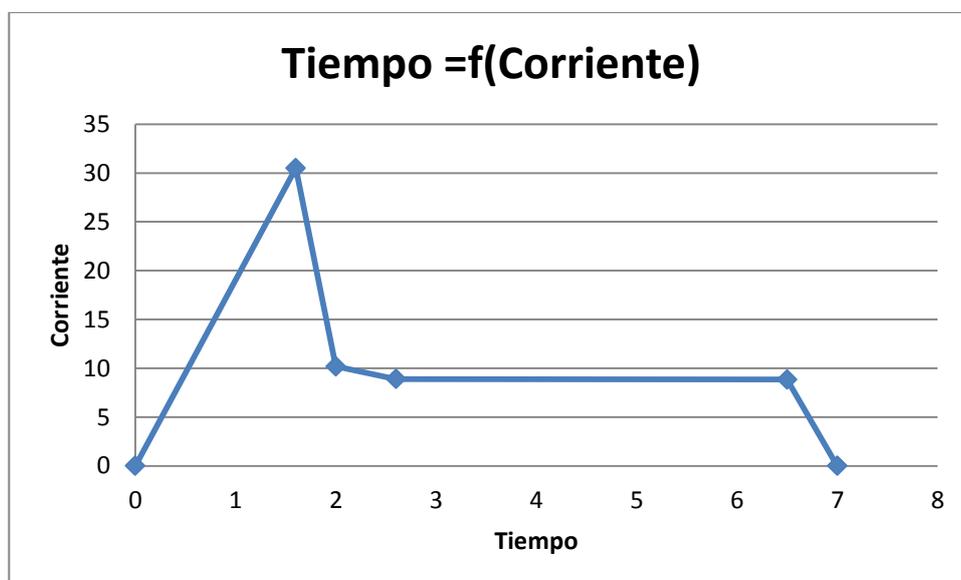


Figura 3. 15 Tiempo en Función de Corriente con 220VAC

3.2.11 PRESIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO

PRESIÓN MÍNIMA

La presión mínima de operación P_{min} del cilindro en el sistema hidroneumático deberá ser tal que garantice en todo momento, la presión requerida (presión residual) en la toma más desfavorable y podrá ser determinada por la ecuación 3.17:

$$P_{\min} = h + \sum hf + \frac{V''}{2 * g} + hr \quad (\text{Ec. 3. 17})$$

Dónde:

h = Altura geométrica entre el nivel inferior y el nivel superior del líquido.

$\sum hf$ = La sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como accesorios) que sufre el fluido desde la descarga del tanque hasta la toma más desfavorable.

$\frac{V''}{2 * g}$ = Energía Cinética o presión dinámica.

hr = Presión residual.

PRESIÓN DIFERENCIAL Y MÁXIMA

El artículo número 205 de la Hoja Técnica Oficial 4.044 Extraordinario, recomienda que la presión diferencial, no sea inferior a 14 metros de columna de agua (20 PSI).

Sin embargo, no fija un límite máximo que se pueda utilizar, por lo que hay que tener en cuenta que al aumentar el diferencial de presión, aumenta la relación de eficiencia del cilindro considerablemente y por lo tanto reduce en tamaño final del mismo; pero aumentar demasiado el diferencial puede ocasionar inconvenientes, pequeños, tales como un mayor espesor de la lámina del tanque, elevando así.

Su costo y obligando a la utilización de bombas de mayor potencia para vencer la presión máxima, o graves, tales como fugas en las piezas sanitarias y acortamiento de su vida útil. La elección de la Presión Máxima se prefiere dejar al criterio del proyectista.

3.2.12 DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS Y MOTORES

La primera consideración al seleccionar el tamaño de las bombas, es el hecho de que deben ser capaces por si solas de abastecer la demanda máxima dentro de los rangos de presiones y caudales, existiendo siempre una bomba adicional para alternancia con la (s) otra (s) y para cubrir entre todas, por lo menos el 140 % de la demanda máxima probable.

NUMERO DE BOMBAS Y CAUDAL DE BOMBEO

Como ya fue mencionado, solo es permitido el uso de una bomba en el caso de viviendas unifamiliares; en cualquier otro tipo de edificaciones deben seleccionarse dos o más unidades de bombeo.

Ya que se debe dejar una unidad de bombeo de reserva para la alternancia y para confrontar caudales de demanda súper-pico, se deberá usar el siguiente criterio:

La suma total de los caudales de las unidades de bombeo utilizados no será nunca menor del 140 % del caudal máximo probable calculado en la red.

POTENCIA REQUERIDA POR LA BOMBA Y EL MOTOR

La potencia de la bomba para un sistema hidroneumático podrá. Calcularse por la ecuación 3.18:

$$HP = \frac{Qb (lps) * H (metros)}{75 * \frac{n(\%)}{100}} \quad (\text{Ec. 3. 18})$$

Dónde:

- HP** = Potencia de la bomba en caballos de fuerza.
Q = Capacidad de la bomba.
ADT = Carga total de la bomba.
n = Eficiencia de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima un 60 %.

Las bombas deben seleccionarse para trabajar contra una carga por lo menos igual a la presión máxima en el tanque hidroneumático.

La potencia del motor eléctrico que accione la bomba debe ser calculada según las mismas consideraciones utilizadas en la ecuación 3.19 para motores trifásicos y en la ecuación 3.20 para motores monofásicos:

$$HP (motor) = 1.3 * HP (bomba) \quad (\text{Ec. 3. 19})$$

$$HP (motor) = 1.5 * HP (bomba) \quad (\text{Ec. 3. 20})$$

3.2.13 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE A PRESIÓN

El dimensionamiento del tanque a presión, se efectúa tomando como parámetros de cálculo el caudal de bombeo (Q_b), los ciclos por hora (U), y las presiones de operación, el procedimiento es resumido en cuatro pasos, cada uno con su respectiva ecuación:

a. - Determinación del tipo de ciclo de bombeo (T_c).

Representa el tiempo transcurrido entre dos arranques consecutivos de las bombas, y se expresa en la ecuación 3.21:

$$T_c = \frac{1 \text{ hora}}{U} \quad (\text{Ec. 3. 21})$$

Dónde:

U = Número de ciclos por hora.

b.- Determinación del volumen útil del tanque (Vu).

Es el volumen utilizable del volumen total del tanque y representa la cantidad de agua a suministrar entre la presión máxima y la presión mínima como se expresa en la ecuación 3.22.

$$V_u = \frac{T_c * Q_{\text{Bombeo}}}{4} \quad (\text{Ec. 3. 22})$$

c. - Cálculo del porcentaje del volumen útil (% Vu)

Representa la relación entre el volumen utilizable y el volumen total del tanque y se podrá calcular a través de la ecuación 3.23:

$$\% V_u = 90 * \frac{(P_{\text{max}} - P_{\text{min}})}{P_{\text{max}}} \quad (\text{Ec. 3. 23})$$

Dónde:

Pmax = Es la presión máxima del sistema

Pmin = Es la presión mínima del sistema

Nota: Tanto la Pmax como la Pmin serán dados como presiones absolutas.

d.- Cálculo del volumen del tanque (Vt).

En la ecuación 3.24 se puede determinar el volumen del tanque a utilizar.

$$V_t = \frac{Vu}{\frac{\% Vu}{100}} \quad (\text{Ec. 3. 24})$$

3.2.14 CÁLCULO DEL COMPRESOR

Teniendo en cuenta la función del compresor que es la de reemplazar el aire que se pierde por absorción del agua y por posibles fugas, su tamaño es generalmente pequeño. Debe vencer una presión superior a la máxima del sistema, y su capacidad no pasa de pocos pies cúbicos de aire por minuto.

En efecto, el agua tiene una capacidad de disolver a 15 °C y a 14,696 psi (10,34m de columna de agua) 21,28 dm de aire por cada metro cúbico (1m) de agua, suponiendo que esta agua no tuviera ninguna materia en solución.

Los datos que suministra la experiencia, son resumidos en diferentes tablas y reglas, por ejemplo según la firma PEERLES PUMP DIVISION⁶, compresores con capacidad de 1 a 2 pies cúbicos por minuto (28.317 cm» a 56.634 cm» por minuto) por cada 1.000 galones (3.785 Lts) de capacidad total del tanque, han sido encontrados satisfactorios para muchas instalaciones.

Los compresores deben estar accionados por interruptores de nivel y de presión, para asegurar el mantenimiento de las proporciones debidas de agua y aire.

En los tanques de capacidad, iguales o mayores a 320 galones., es preferible usar para la recarga del aire un compresor del tipo convencional,

⁶ PEERLES PUMP DIVISION, es una división de Thyssen-Bornemisza Group (TBG), una empresa privada, que proporciona servicio de las bombas de turbina vertical, bombas horizontales de cámara partida., PEERLES PUMP DIVISION, http://www.peerlesspump.com/fire_pumps_privacy.aspx , 17 de Noviembre del 2010

de capacidad y presión adecuada para el sistema, movidos por un motor eléctrico mandado por un sistema de control, el cual normalmente funciona mediante un sistema de combinación entre presión y nivel de agua, de manera que se pueda controlar el trabajo del compresor. [12]

SISTEMAS DE COMPRESIÓN CONSTANTE

GENERALIDADES

Son aquellos sistemas de bombeo en donde se suministra agua a una red de consumo, mediante unidades de bombeo que trabajan directamente contra una red cerrada.

Los sistemas de bombeo a presión constante se clasifican en dos grupos principales, a saber:

- Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad fija.
- Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad variable.

A continuación se explican ambos sistemas.

• SISTEMA DE BOMBEO CONTRA RED CERRADA A VELOCIDAD FIJA

Son aquellos sistemas en donde dos o más bombas trabajan en paralelo a igual velocidad del motor para cubrir demandas de consumo instantáneo de la red servida. Un nombre más apropiado para estos sistemas será el de **SISTEMAS DE BOMBEO CONTINUO A VELOCIDAD FIJA**.

A pesar de lo anteriormente expuesto, estos sistemas se convierten en **SISTEMAS DE PRESIÓN CONSTANTE** con el uso de válvulas reguladoras, que son usadas cuando en la red se requiere en verdad, una presión uniforme. En estos sistemas el funcionamiento aditivo de las

bombas se efectúa mediante los diferentes métodos de registrar la demanda en la red; lo cual sirve además para clasificarlos.

- **SISTEMAS CON SENSOR DE PRESIÓN**

En estos sistemas el funcionamiento aditivo de las unidades de bombeo se acciona por señales recibidas de sensores de presión colocados en la red servida que encienden y apagan las bombas.

- **SISTEMAS CON SENSOR DIFERENCIAL DE PRESIÓN**

Estos tipos de sistemas incorporan una placa de orificio, tubo Venturi, inserto corto o cualquier otro medidor de caudal que acciona un presostato diferencial para lograr un funcionamiento aditivo de las bombas.

- **SISTEMAS CON MEDIDORES DE CAUDAL HIDRODINÁMICOS ($V^2/2 \cdot g$)**

Son sistemas que incorporan rotámetros, tubos pilotos o cualquier otro medidor hidromecánico de velocidad; a este grupo específico pertenece el PACOMONITOR⁷, siendo entre todos los grupos el más sencillo y práctico.

- **SISTEMAS CON MEDIDORES DE CAUDAL ELECTROMAGNÉTICO**

Son sistemas que registran el caudal por medio de la inducción de un campo, producido por la velocidad de la masa de agua pasante, el medidor crea una resistencia que es registrada por un traductor que da las señales de encendido y apagado de las bombas.

⁷ PACOMONITOR, puede definirse como un SISTEMA DE BOMBEO A VELOCIDAD FIJA CONTRA RED CERRADA de dos o más bombas funcionando en paralelo, PACOMONITOR, <http://www.sishica.com/sishica/download/Manual.pdf>, 18 de Noviembre del 2010.

- **SISTEMAS DE BOMBEO CONTRA RED CERRADA A VELOCIDAD VARIABLE**

Son aquellos sistemas en los cuales la unidad de bombeo varía su velocidad de funcionamiento en razón al caudal de demanda de la red, mediante el cambio de velocidad en el impulsor de la bomba que se logra de diferentes formas.

SISTEMAS DE VARIADORES DE VELOCIDAD

- **POR MEDIO DE MOTORES DE INDUCCIÓN**

El motor es el denominado Tipo Escobillas y en él se usa un sensor de presión y/o caudal con un traductor que hace que el voltaje varíe en los secundarios y por ende varíe la velocidad de funcionamiento.

- **VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE RECTIFICADORES DE SILICÓN**

En este caso se usan motores normales en jaula de ardilla y un sensor electrónico de presión y/o caudal, que por intermedio de un traductor hace que el circuito rectificador de S.R.C. (*Silicon Controlled Rectifier*) varíe el ciclo de la onda de C.A. (Corriente Alterna), variando por ende la velocidad de motor.

- **VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE MOTO-VARIADORES MECÁNICOS**

La velocidad de la bomba es regulada por un moto-variador que consta de un motor estándar acoplado a una caja vareadora de velocidad, integrada por un juego de correas en " V " que corre sobre poleas de

diámetro variable, accionándose el conjunto por un mecanismo electromecánico que recibe una señal de un sensor de presión y/o caudal.

- **VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE MOTO-VARIADORES ELÉCTRICOS**

En este tipo de sistemas se usa un variador electromagnético que consta generalmente de un motor de tipo jaula de ardilla, que mueve un electroimán que es excitado por una corriente secundaria de una intensidad proporcional a la presión y/o caudal registrados en la red que arrastra o no, a mayor o menor velocidad el lado accionado, donde generalmente se encuentra la unidad de bombeo. [13]

3.3 Diseño

De acuerdo al análisis desarrollado en el ítem anterior se continuara con el diseño según los parámetros analizados.

DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE BOMBEO

Determinación De La Demanda

- **Método De Las Dotaciones**

Desarrollo la ecuación 3.1 y teniendo en cuenta los parámetros de dotación y el factor K se obtiene.

$$Qd = \frac{DOTACIÓN * K}{86.400} = LPS$$

Dotación: Pico máximo Diario 1.5

K: Menor a 50.000 lpd

$$K = 10$$

$$Qd = \frac{1.5 * 10}{86.400}$$

$$Qd = 0.1736 \text{ LPS}$$

- **Método Del Número Total De Piezas Servidas O Método De Peerles**

Desarrollo la ecuación 3.2 y teniendo en cuenta el factor K de consumo como se puede visualizar en la tabla 3.6. [29]

$$Qd = PZ * K = GPM$$

Tabla 3. 6 Factor k consumo método de piezas

TABLA PEERLESS							
FACTORES EN GPM POR ARTEFACTO – EDIFICIOS PUBLICOS							
1*	NUMERO DE ARTEFACTOS						
	Hasta 30	31-75	76-150	151-300	301-600	601-1000	1000+
<i>A</i>	0.55	0.41	0.33	0.28	0.25	0.24	0.23
<i>B</i>	0.80	0.60	0.48	0.42	0.36	0.35	0.34
<i>C</i>	0.90	0.76	0.63	0.54	0.45	0.40	0.38
<i>D</i>	1.00	0.80	0.65	0.55	0.45	0.35	0.27
<i>E</i>	1.20	0.90	0.75	0.63	0.52	--	--
<i>F</i>	1.20	0.96	0.78	0.66	0.54	0.48	0.46

*1: TIPO DE EDIFICIOS
A De Apartamentos, Hoteles de Apartamentos.
B Hotel Comercial, Club
C Hospital
D De Oficinas
E Escuela
F Mercantil

Resolución

$$Qd = 51 * 0.96 = 48.96 \text{ GPM}$$

$$Qd = \frac{48.96}{60} \text{ LPS}$$

$$Qd = 0.816 \text{ LPS}$$

• **Método De Hunter (Número De Unidades De Gastos)**

De acuerdo al análisis de las tablas 3.7, 3.8 y 3.9 se va desarrollar el diseño del método de Hunter. [30]

Tabla 3. 7 Unidades de Gasto Método de Hunter

CARGA DE DEMANDA DE ARTEFACTOS SANITARIOS			
ARTEFACTO	OCUPACION	TIPO DE CONTROL DEL SUMINISTRO	CARGA, EN UNIDADES DE ARTEFACTOS
Inodoro	Público	Válvula de lavado	10
Inodoro	Público	Tanque de lavado	5
Mingitorio	Público	Válvula de lavado 1"	10
Mingitorio	Público	Válvula de lavado 3/4"	5
Mingitorio	Público	Tanque de lavado	3
Lavabo	Público	Llave	2
Tina	Público	Llave	4
Regadera	Público	Válvula mezcladora	4
Fregadero de servicio	Oficinas, etc.	Llave	3
Fregadero de cocina	Hotel, restaurante	Llave	4
Inodoro	Privado	Válvula de lavado	6
Inodoro	Privado	Tanque de lavado	3
Lavabo	Privado	Llave	1
Tina	Privado	Llave	2
Regadera	Privado	Válvula mezcladora	2
Grupo cuarto de baño	Privado	Válvula de lavado para inodoro	8
Grupo cuarto de baño	Privado	Tanque de lavado para inodoro	6
Regadera separada	Privado	Válvula mezcladora	2
Fregadero de cocina	Privado	Llave	2
Lavaderos (1 a 3)	Privado	Llave	3
Artefacto de combinación	Privado	Llave	3

NOTA: Para los artefactos que no están en la lista, deberían suponerse las cargas, comparando el artefacto a uno que esté en la lista y que use agua en cantidades y gastos similares. Las cargas dadas son para la demanda total. Para los artefactos con abastecimientos de agua caliente y fría, las cargas para las demandas separadas pueden tomarse como los 3/4 de las cargas en la lista.

Tabla 3. 8 Factor de k consumo

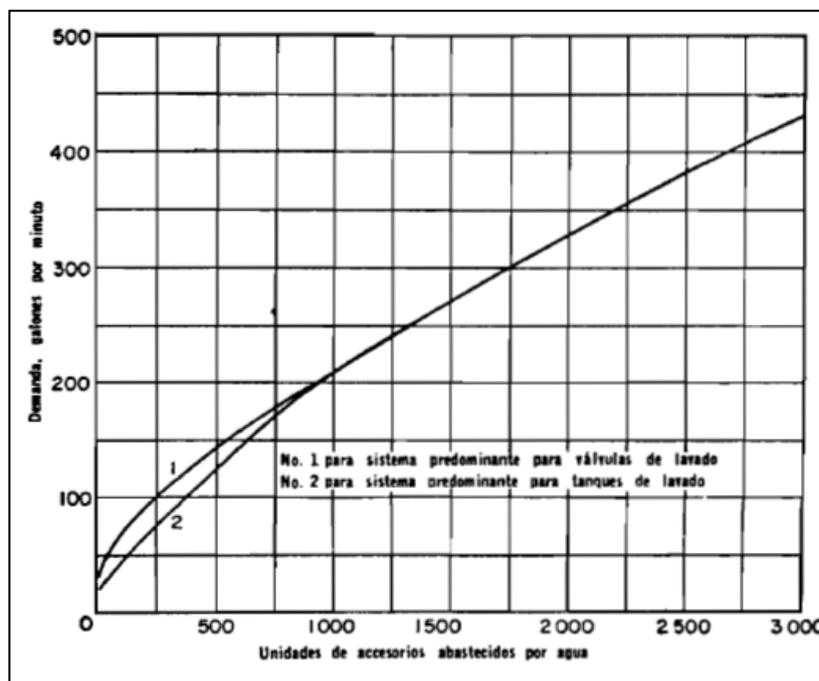


Tabla 3. 9 Unidades de Gasto Según Piezas
GASTOS PROBABLES EN LITROS POR SEGUNDO EN
FUNCIÓN DEL NÚMERO DE UNIDADES GASTO

Número de unidades de gastos	Gasto probable		Número de unidades de gastos	Gasto probable		Número de unidades de gastos	Gasto probable	
	Piezas de tanque	Piezas de válvula		Piezas de tanque	Piezas de válvula		Piezas de tanque	Piezas de válvula
3	0,20	No hay	205	4,23	5,70	1250	15,18	15,18
4	0,25	No hay	210	4,29	5,76	1300	15,50	15,50
5	0,38	1,51	215	4,34	5,80	1350	15,90	15,90
6	0,42	1,56	220	4,39	5,84	1400	16,20	16,20
7	0,45	1,61	225	4,42	5,92	1450	16,60	16,60
8	0,49	1,67	230	4,45	6,00	1500	17,00	17,00
9	0,53	1,72	235	4,50	6,10	1550	17,40	17,40
10	0,57	1,77	240	4,54	6,20	1600	17,70	17,70
12	0,63	1,86	245	4,59	6,31	1650	18,10	18,10
14	0,70	1,95	250	4,64	6,37	1700	18,50	18,50
16	0,76	2,03	255	4,71	6,43	1750	18,90	18,90
18	0,83	2,12	260	4,78	6,48	1800	19,20	19,20
20	0,89	2,21	265	4,86	6,54	1850	19,80	19,80
22	0,96	2,29	270	4,93	6,60	1900	19,90	19,90
24	1,04	2,36	275	5,00	6,66	1950	20,10	20,10
26	1,11	2,44	280	5,07	6,71	2000	20,40	20,40
28	1,19	2,51	265	5,15	6,76	2050	20,80	20,80
30	1,26	2,59	290	5,22	6,83	2100	21,20	21,20
32	1,31	2,65	295	5,29	6,89	2150	21,60	21,60
34	1,36	2,71	300	5,36	6,94	2200	21,90	21,90
36	1,42	2,78	320	5,61	7,13	2250	22,30	22,30
38	1,46	2,84	340	5,86	7,32	2300	22,60	22,60
40	1,52	2,90	360	6,12	7,52	2350	23,00	23,00
42	1,58	2,96	380	6,37	7,71	2400	23,40	23,40
44	1,63	3,03	400	6,62	7,90	2450	23,70	23,70
46	1,69	3,09	420	6,87	8,09	2500	24,00	24,00
48	1,74	3,16	440	7,11	8,28	2550	24,40	24,40
50	1,80	3,22	460	7,36	8,47	2600	25,10	25,10
55	1,94	3,35	480	7,60	8,66	2650	25,10	25,10
60	2,08	3,47	500	7,85	8,85	2700	25,50	25,50
65	2,18	3,57	520	8,08	9,02	2750	25,80	25,80

- **Método De Unidades De Gastos (Según La Firma Paco Pump Co.)**

Desarrollo ecuación 3.3:

$$Qd = 0.081 * (UG) 0.672 = (LPS)$$

La unidad de gasto en el sistema a desarrollar es **3.32** de acuerdo a la tabla 3.9

$$Qd = 0.081 * (3.32) 0.672$$

$$Qd = 0.18 (LPS)$$

DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS

Desarrollo de la ecuación 3.6:

$$Q = A * V = \pi * D^2 * V$$

Cálculo para una pulgada

$$Q = \pi * (2.54)^2 * V$$

$$Q = 20.26 * V$$

TIPOS DE FLUJOS

Ecuación de Reynolds

Desarrollo ecuación 3.9:

$$Re = \frac{v_s D}{\nu}$$

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\text{Re} = \frac{v_s D}{\nu}$$

- Cálculo para ½ pulgada

$$\text{Re} = \frac{v_s 1.27}{\nu}$$

FRICCIÓN EN TUBERÍAS

Cálculo De Perdidas De Carga Por Fricción En Tubería Recta

Desarrollo ecuación 3.10 teniendo en cuenta la tabla 3.10 para determinar el factor k. [31]

$$j\% = 1.6595 * K * Q^{\frac{1.8552}{4.8708}}$$

Reordenando queda:

$$j\% = \left[\frac{131.455 * Q}{C * 2.63} \right]^{1.852}$$

Tabla 3. 10 Factor de Fricción de Hazen- Williams
Factor de Fricción Hazen-Williams, C

Material de la Tubería	Valores de C		
	Rango Alto/Bajo	Valor Promedio	Valor Típico del Diseño
Tubería de Polietileno	160/150	150-155 ^A	150
Tubería de Cemento, hierro o metal cementada en el interior	160/130	148	140
Tubera o tubing de cobre, plomo, estao o vidrio	150/120	140	130
Madera	145/110	120	110
Acero con y sin costura	150/80	130	100
Hierro dúctil o vaciado	150/80	130	100
Concreto	152/85	120	100
Acero Corrugado	-	60	60

^A Determinado con la presencia del labio de fusión interior.

$$j\% = \left[\frac{131.455 * 10.8}{C * 2.63} \right]^{1.852}$$

$$j\% = 1.5987 \bar{}$$

$$j\% = 10.71$$

VALOR DE LA VELOCIDAD DEL AGUA

Desarrollo ecuación 3.11:

$$V = \frac{Q \left(\frac{m^3}{min} \right)}{4.7124 * \phi'' (cm)} = \left(\frac{m}{seg} \right)$$

$$V = \frac{10.8}{4.7124 * 1.27}$$

$$V = 1.80 \left(\frac{m}{seg} \right)$$

PERDIDAS DE PRESIÓN EN VÁLVULAS Y CONEXIONES

De acuerdo al análisis de la tabla 3.11 se va a determinar la pérdida de presión en válvulas y conexiones de la edificación, de acuerdo al desarrollo de la ecuación 3.12. [32]

$$h_f = \frac{k * V^n}{2 * g}$$

Tabla 3. 11 Factor de k para Accesorios

Accesorios	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2.5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.2	13
Válvula de compuerta (abierta $\frac{3}{4}$)	1.15	35
Válvula de compuerta (abierta $\frac{1}{2}$)	5.6	160
Válvula de compuerta (abierta $\frac{1}{4}$)	24.0	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
"T" por la salida lateral	1.80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0.90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0.75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0.60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0.45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0.40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0.35	-

- Válvula esférica (totalmente abierta)

$$h_f = \frac{10 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$h_f = 0.918$$

- Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)

$$hf = \frac{5 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.4591$$

- Válvula de seguridad (totalmente abierta)

$$hf = \frac{2.5 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.229$$

- Válvula de retención (totalmente abierta)

$$hf = \frac{2 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.183$$

- Válvula de compuerta (totalmente abierta)

$$hf = \frac{0.2 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.018$$

- Válvula de compuerta (abierta 3/4)

$$hf = \frac{1.15 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.1056$$

- Válvula de compuerta (abierta 1/2)

$$hf = \frac{5.6 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.514$$

- Válvula de compuerta (abierta 1/4)

$$hf = \frac{24 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 2.20$$

- T por la salida lateral

$$hf = \frac{1.8 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.1653$$

- Codo a 90° de radio cortó (con bridas)

$$hf = \frac{0.90 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.0826$$

- Codo a 90° de radio normal (con bridas)

$$hf = \frac{0.75 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.06887$$

- Codo a 90° de radio grande (con bridas)

$$hf = \frac{0.60 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.0551$$

- Codo a 45° de radio cortó (con bridas)

$$hf = \frac{0.45 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.0413$$

- Codo a 45° de radio normal (con bridas)

$$hf = \frac{0.40 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.03673$$

- Codo a 45° de radio grande (con bridas)

$$hf = \frac{0.35 * 1.80}{2 * 9.8}$$

$$hf = 0.3214$$

CARGA O ALTURA DINÁMICA TOTAL DE BOMBEO

Desarrollo de la ecuación 3.13

$$ADT = h + \sum hf + \frac{V''}{2 * g} + hr$$

DESAROLLO

$$h = 4 * 2.75$$

$$h = 11 \text{ Mts}$$

$$\sum hf = 2.75 + 7$$

$$\sum hf = 9.75 \text{ Mts}$$

$$\frac{V''}{2 * g} = 0.0918$$

$$hr = 7.00 \text{ Mts}$$

$$ADT = 27.841$$

$ADT = 27.841 \text{ (m)}$

CICLOS DE BOMBEO

Presiones De Operación Del Sistema Hidroneumático

Presión Mínima

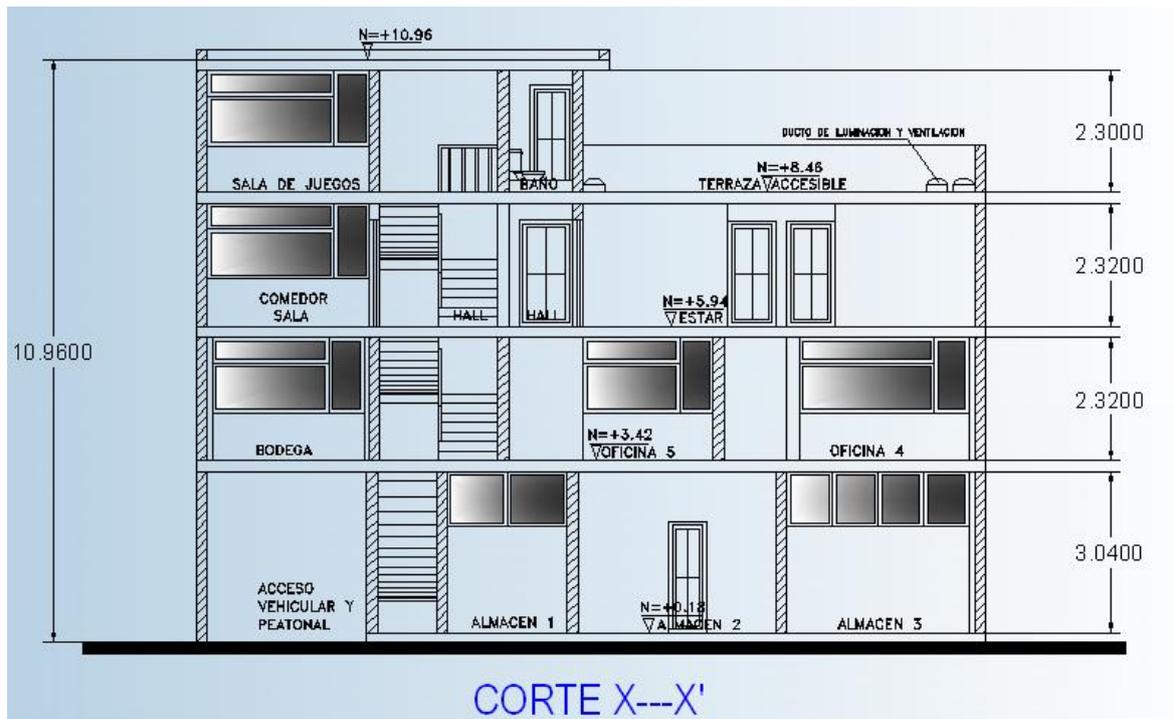


Figura 3. 16 Plano edificio CORTE X—X

Desarrollo de la ecuación 3.17

$$P_{\min} = h + \sum hf + \frac{V''}{2 * g} + hr$$

- Se establece una altura entre placas de 2,75 Mts
- Como pérdidas ($\sum hf$) se estima un 10% de la altura de la edificación más unos 7 Mts de pérdidas en piso.
- Como presión residual se estiman 7 Mts, cuando los W.C. (*wáter closet*) son con tanque y 12 Mts cuando son con Fluxómetro.

$$P_{\min} = h + \sum hf + \frac{V''}{2 * g} + hr$$

$$h = 4 * 2.75 = 11 \text{ Mts}$$

$$\sum hf = 2.75 + 7 = 9.75 \text{ Mts}$$

$$\frac{V''}{2 * g} = 0.0918$$

$$hr = 7.00 \text{ Mts}$$

$$P_{\min} = 11 + 9.75 + 0.0918 + 7$$

$$P_{\min} = 27.841$$

$$P_{\min} = 27.841 \text{ (PSI)}$$

PRESIÓN DIFERENCIAL Y MÁXIMA

El artículo número 205 de la Gaceta Oficial 4.044 Extraordinario, recomienda que la presión diferencial, no sea inferior a 14 metros de columna de agua (20 PSI). Sin embargo, no fija un límite máximo que se pueda utilizar, por lo que hay que tener en cuenta que al aumentar el diferencial de presión, aumenta la relación de eficiencia del cilindro considerablemente y por lo tanto reduce en tamaño final del mismo.

Respecto al aumentar demasiado el diferencial puede ocasionar inconvenientes, pequeños, tales como un mayor espesor de la lámina del tanque, elevando así su costo y obligando a la utilización de bombas de mayor potencia para vencer la presión máxima, o graves, tales como fugas en las piezas sanitarias y acortamiento de su vida útil.

La elección de la Presión Máxima se prefiere dejar al criterio del proyectista.

ANÁLISIS

Según los cálculos realizados se ha determinado que el valor mínimo de presión es de 27.841 PSI, con lo cual según el análisis y las normas de ordenanzas municipales se ha llegado a una conclusión que el sistema tendrá una presión mínima de 20 PSI y como máxima de acuerdo a lo mencionado de 50 PSI.

PRESIÓN MÍNIMA	20 PSI
PRESIÓN MÁXIMA	50 PSI

DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS Y MOTORES

- **Número De Bombas Y Caudal De Bombeo**

Potencia Requerida Por La Bomba Y El Motor

Desarrollo Ecuación 3.18

$$HP = \frac{Qb (lps) * H (metros)}{75 * \frac{n(\%)}{100}}$$

$$H \text{ metros} = (4 \text{ pisos} * 2.75 \text{ metros})$$

$$H \text{ metros} = 11 \text{ metros}$$

$$HP = \frac{Qb (lps) * 11}{75 * \frac{60 (\%)}{100}}$$

$$HP = \frac{5 * 11}{45}$$

$$HP = 1.22222$$

$$HP = 1.22 \text{ (hp)}$$

- **Potencia Motor Eléctrico**

Por seguridad del sistema, se considera un 30% adicional a la capacidad del motor, por lo que:

$$HP (motor) = 1.3 * HP (bomba)$$

Para motores Trifásicos

$$HP (motor) = 1.3 * 1.22222$$

$$HP (motor) = 1.588899$$

$$HP (motor) = 1.58 \text{ (hp)}$$

$$HP (motor) = 1.3 * HP (bomba)$$

Para motores Monofásicos

$$HP (motor) = 1.3 * 1.588899$$

$$HP (motor) = 2.066$$

$$HP (motor) = 2.066 \text{ (hp)}$$

Con el análisis descrito se ha llegado a la conclusión de realizar la compra de un motor de 2 HP de estándar comercial

DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE A PRESIÓN

a. Determinación del tipo de ciclo de bombeo (T_c).

Representa el tiempo transcurrido entre dos arranques consecutivos de las bombas, y se expresa como sigue:

Desarrollo de la ecuación 3.21

$$T_c = \frac{1\text{hora}}{U}$$

$$T_c = \frac{1\text{hora}}{U}$$

$$T_c = \frac{1\text{hora}}{5}$$

$$T_c = 0.2$$

b. Determinación del volumen útil del tanque (V_u).

Es el volumen utilizable del volumen total del tanque y representa la cantidad de agua a suministrar entre la presión máxima y la presión mínima.

Desarrollo de la ecuación 3.22

$$Vu = \frac{Tc * Q(\text{bombeo})}{4}$$

$$Vu = \frac{0.2 * 5}{4}$$

$$Vu = 0.25$$

c. Cálculo del porcentaje del volumen útil (% Vu)

Representa la relación entre el volumen utilizable y el volumen total del tanque.

Desarrollo de la ecuación 3.23

$$\% Vu = 90 * \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max}}$$

Nota: Tanto la Pmax como la Pmin serán dados como presiones absolutas.

$$\% Vu = 90 * \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max}}$$

$$\% Vu = 90 * \frac{50 - 20}{50}$$

$$\% Vu = 90 * \frac{30}{50}$$

$$\% Vu = 54$$

d. Cálculo del volumen del tanque (Vt).

Desarrollo de la ecuación 3.24

$$V_t = \frac{Vu}{\frac{\% Vu}{100}}$$

$$V_t = \frac{0.25}{\frac{54}{100}}$$

$$V_t = \frac{0,25}{0,54}$$

$$V_t = 0,4629$$

3.3.1 Selección de equipos y materiales

Equipos y materiales

Ver lista en Capitulo 5.1

3.3.2 Planos de diseño

Ver **Anexo 3.**

3.4 Diseño del sistema de control

3.4.1 SISTEMA DE CONTROL

SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO

Los sistemas de control automático se basan en el principio de realimentación llamado *feedback*, y consiste en un elemento primario de medición que mide el valor de una variable, este valor es comparado dentro de un controlador con el valor deseado que ha sido ajustado previamente y que es llamado *set point*.

Un sistema con realimentación típico se muestra en la figura 3.17

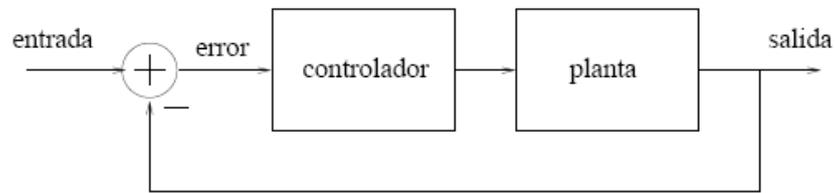


Figura 3. 17 Sistema de control en lazo cerrado

Cualquier diferencia entre el punto de ajuste y el valor de la variable del proceso (error), ocasiona que el controlador envíe una señal al elemento final de control para que el proceso quede en el valor deseado.

CONTROLADOR

El controlador es un elemento del sistema de lazo cerrado que tiene como entrada la señal de error y determina la salida que se entregará al actuador para mejorar el funcionamiento del sistema.

La relación que existe entre la salida y la entrada del controlador se conoce normalmente como acción de control.

La fijación del punto de ajuste (*set point*) en el controlador determina el valor que deberá tener la variable controlada.

PROCESO

Proceso se define como las funciones colectivas realizadas por el equipo en el cual la variable es controlada. El término proceso incluye cualquier factor que afecte la variable controlada sin tomar en cuenta al controlador automático.

CARGA DE PROCESO

Es la cantidad total de agente de control requerido por el proceso en cualquier momento para mantener una condición balanceada.

La carga de proceso está directamente relacionada con la posición del elemento final de control. Cualquier cambio de carga del proceso ocasiona un cambio en la posición del elemento final de control para mantener la variable controlada en el punto de ajuste en el valor deseado.

La magnitud y el rango de los cambios de carga son factores primordiales en la aplicación de controladores automáticos. [14]

3.4.2 CONTROL A IMPLEMENTARSE EN EL SISTEMA DE BOMBEO

CONTROL DE NIVEL

Sistema de control basado en sensores tipo boya los mismos que representan un control ON-OFF.

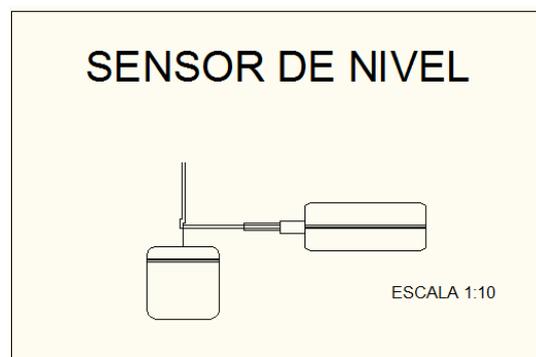


Figura 3. 18 Sensor Anauger

Tabla 3. 12 Datos Técnicos

Tensión	100-250Vac
Corriente máxima	15 ^a
Temperatura máxima de agua	60°C(140 °F)
Distancia Máxima	10 m
Potencia máxima del motor	1800W – 2HP (220V)
Peso del liquido	0.50 kg

Explicación sistema

El sistema de control de nivel se encuentra determinado por tres sensores tipo boya los cuales se accionarán teniendo en cuenta la tabla 3.13.

Tabla 3. 13 Cuadro de Lógica de Control de Boyas

BOYA 1	BOYA 2	BOYA 3	ELECTROVÁLVULA
(Nivel bajo)	(Nivel medio)	(Nivel alto)	(Accionamiento)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	NO VALIDA
0	1	1	1
1	0	0	NO VALIDA
1	0	1	NO VALIDA
1	1	0	NO VALIDA
1	1	1	1

De acuerdo a la tabla 3.13 se encuentra establecida para realizar el control de nivel se verifica correctamente las características de funcionamiento, las cuales garantizan el llenado y vaciado del tanque de reserva.

Alarma de llenado

Se debe tener en cuenta la verificación de una alarma la cual garantice el llenado del tanque, para cuidar el correcto funcionamiento de la bomba, debido que la misma no debe trabajar en vacío.

Con el estudio realizado se ha determinado que la manera más apropiada de coordinar y verificar el llenado de nivel de líquido será verificando por tiempo el llenado como se ilustra en la Figura 3.19.

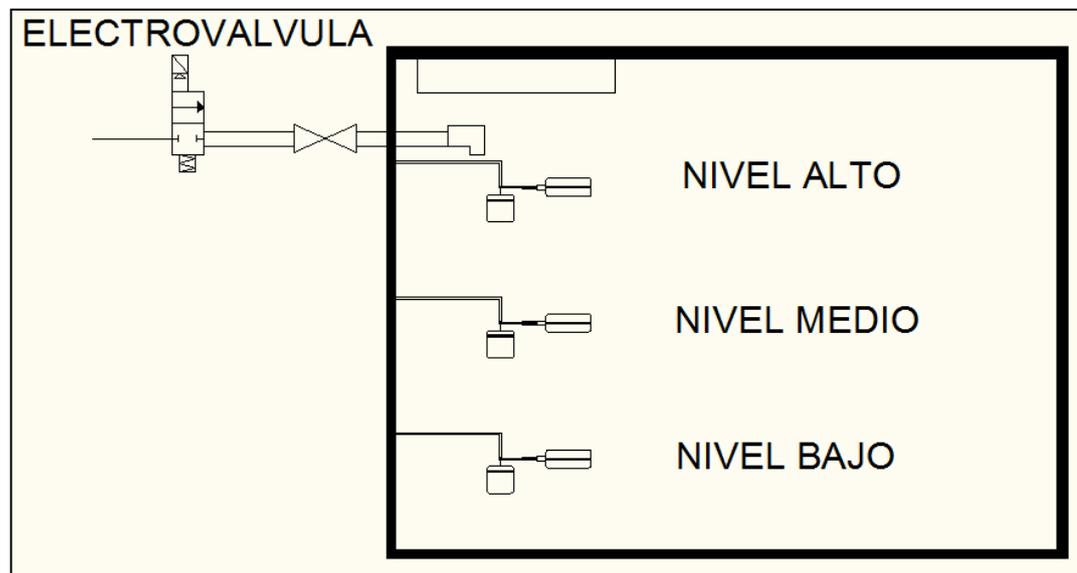


Figura 3. 19 Tanque de Reserva

Dimensiones

Largo	:	2.70 m
Ancho	:	2.30m
Profundidad	:	1.15m

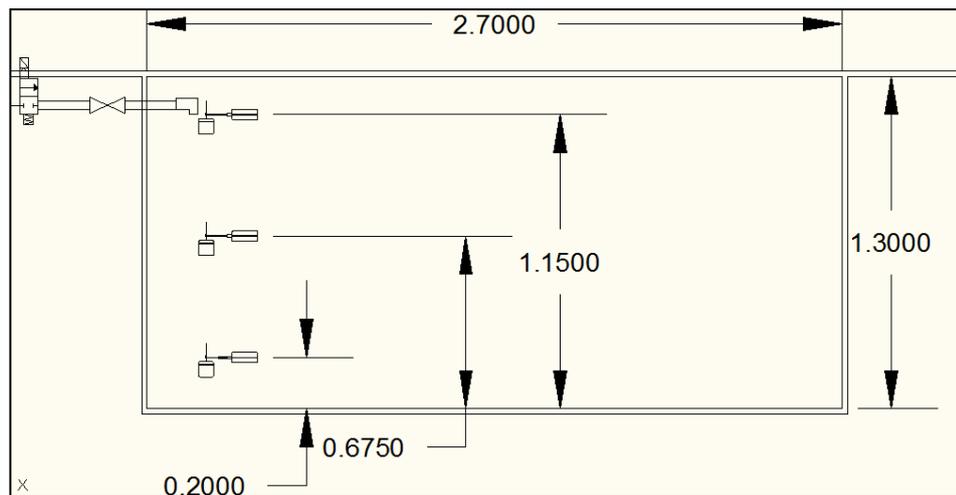


Figura 3. 20 Dimensionamiento de Tanque de Reserva

$$\begin{aligned} \text{Área} & : (2.70 * 2.30 * 1.15) \\ & : \mathbf{7.1415 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Alarma

La alarma sirve para controlar la red de distribución del cantón, debido que en ocasiones puede encontrarse sin abastecer al tanque de reserva del edificio.

$$\text{Área} : 7.1415 \text{ m}^3$$

Según las medidas de instalación de los sensores podemos determinar el volumen de demanda en cada uno de ellos.

Medidas alturas

Nivel bajo a nivel medio	:	0.4750 m
Nivel bajo a nivel alto	:	0.9500 m
Nivel medio a nivel alto	:	0.4750 m

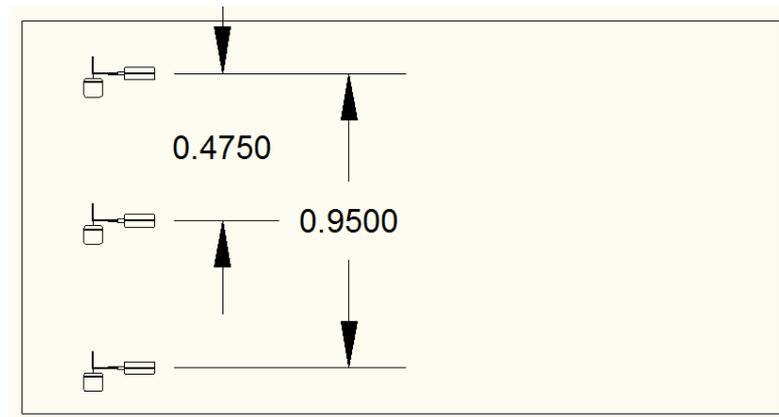


Figura 3. 21 Medidas de Alturas

Volumen de nivel bajo a medio

Largo	:	2.70 m
Ancho	:	2.30m
Altura	:	0.4750m
Área	:	(2.70 * 2.30 * 0.4750)
	:	2.94975 m³

Demanda de consumo del edificio por minuto

$$Qd = 0.14506 \text{ (LPS)}$$

Tiempo de llenado de nivel a nivel

$$1m^3 = 1000 \text{ l}$$

Demanda

$$0.14506 \text{ (LPS)}$$

Cálculo de tiempo

$$\left\langle 0.14506 \text{ (LPS)} \left| \frac{1m^3}{1000 \text{ l}} \right. \right\rangle$$

$$= 0.00014506 \text{ m}^3 \text{ PS}$$

$$0.00014506 \text{ m}^3 \rightarrow 1S$$

$$2.94975 \text{ m}^3 \rightarrow x$$

$$X = \frac{2.94975 \text{ m}^3}{0.00014506 \text{ m}^3 S}$$

$$X = 20334.689094 \text{ s}$$

$$\text{Tiempo de llenado} = 5.6485 \text{ horas}$$

Explicación de control de alarma

- Calculado el tiempo de llenado se puede determinar de una manera apropiada si existe caudal de entrada o si el suministro no es el adecuado.
- Activado el sensor de nivel medio si no retoma su posición normal en un tiempo determinado que acorde a las características se ha dado una media proporcional al tiempo total.
- El tiempo de espera será de 2.82 horas, si pasado este tiempo el nivel no retoma su accionamiento, se activara la alarma acústica que al operador del sistema le podrá advertir que no existe suministro de agua.

CONTROLADOR ON/ OFF

Es la regulación más simple y económica, usada en aplicaciones en las que puede admitirse una oscilación continua entre dos límites, siempre y cuando se trate de procesos de evolución lenta.

Muchos reguladores incorporan esta función básica, que además ofrece la máxima rapidez de respuesta y en ocasiones se recurre a este tipo

de control cuando el error es grande, y se pasa de forma automática a otro tipo de regulación cuando el error se aproxima a cero.

En la figura 3.22 se puede ver un diagrama de bloques y una representación del funcionamiento del control on/off.

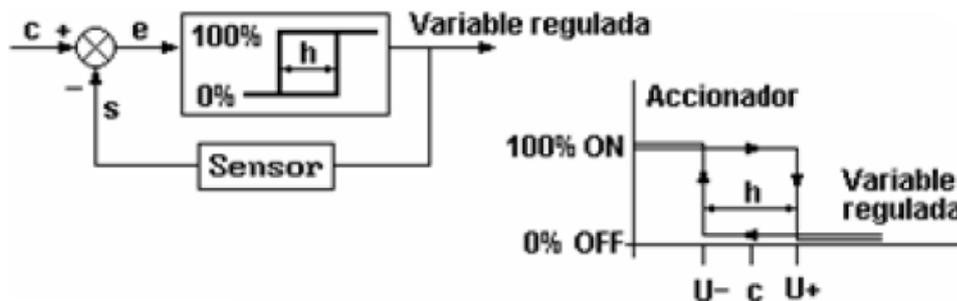


Figura 3. 22 Diagrama de bloques control ON - OFF

La respuesta de este control es de tipo todo-nada, de forma que se conecta cuando la variable regulada ha descendido por debajo del punto de consigna "c" y solo se desconecta cuando está por encima del punto de consigna. Así se establece un margen de variación en el que mantiene su estado el actuador. [15]

De modo que se puede visualizar en la figura 3.23 todos los tipos de variables de un proceso, de modo de interpretar los diferentes sistemas que posee el sistema de bombeo hidroneumático.

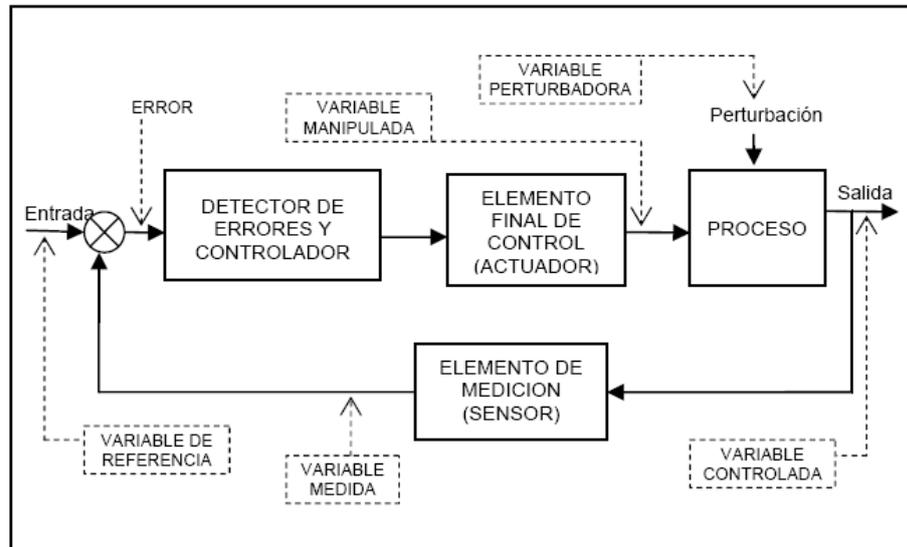


Figura 3. 23 Tipos de Variables de un sistema de Control

CONTROL DE PRESIÓN

CONCEPTO

Es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

La presión puede definirse como una fuerza por unidad de área o superficie, en donde para la mayoría de los casos se mide directamente por su equilibrio directamente con otra fuerza.

La presión puede expresarse en unidades tales como pascal, bar, atmosferas, kg/cm^2 , lb/plg^2 (psi). En la industria es más común el uso de psi y bares. [16]

Tabla 3. 14 Unidades de Medida Presión y sus Factores de Conversión

	1 atm	1 mm Hg	1 Torr	$1 N/m^2$	1 Pascal	1 bar
1 atm	1	760	760	1.013×10^5	1.013×10^5	1.013
1 mm Hg	1.32×10^{-3}	1	1	1.33×10^2	1.33×10^2	1.33×10^{-3}
1 Torr	1.32×10^{-3}	1	1	1.33×10^2	1.33×10^2	1.33×10^{-3}
$1 N/m^2$	9.87×10^{-6}	7.50×10^{-3}	7.50×10^{-3}	1	1	10^{-5}
1 Pascal	9.87×10^{-6}	7.50×10^{-3}	7.50×10^{-3}	1	1	10^{-5}
1 bar	9.87×10^{-1}	7.50×10^2	7.50×10^2	$10^5 N/m^2$	$10^5 N/m^2$	1

SENSOR A UTILIZAR**PRESSURE SWITCH 836E-DC1EN1-D4****Figura 3. 24 Allen Bradley**

- **Típicas aplicaciones**

Uso del sensor para la medición de presión en gases, líquidos y *steam*.

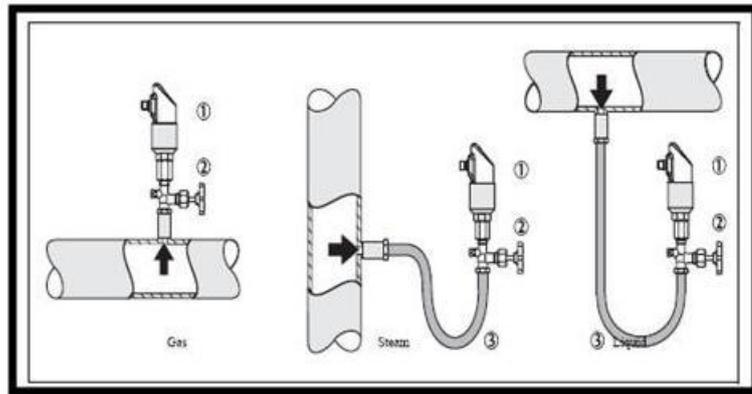


Figura 3. 25 Sensores de Presión en Gases, Líquidos y Steam

1. Bulletin 836E pressure switch
2. Shut-off assembly
3. U-pipe

LÍNEAS DE TENDENCIA DEL SENSOR

GRAFICA EN FUNCIÓN DEL VOLTAJE

Tabla 3. 15 Datos y valor de voltaje del sensor

UNIDADES CRUDAS	VOLTAJE
32767	10,5
31206	10
0	0
-31206	-10
-32767	-10,5

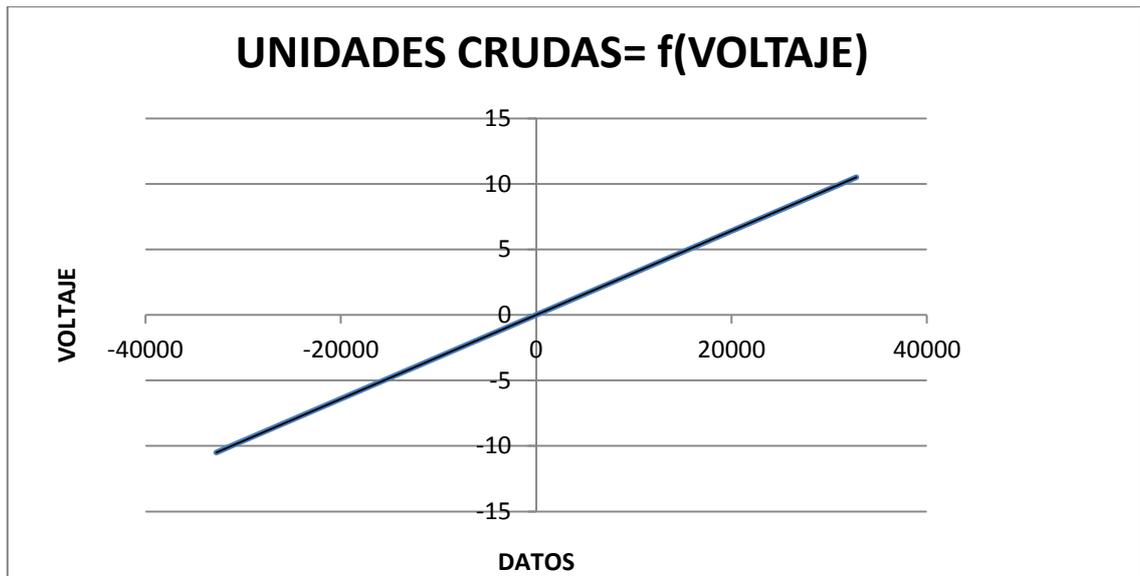


Figura 3. 26 Unidades Crudas en función del voltaje

GRAFICA EN FUNCIÓN DE LA CORRIENTE

Tabla 3. 16 Datos y valor de corriente del sensor

UNIDADES CRUDAS	CORRIENTE(mA)
32767	21
31206	20
6241	4
0	0

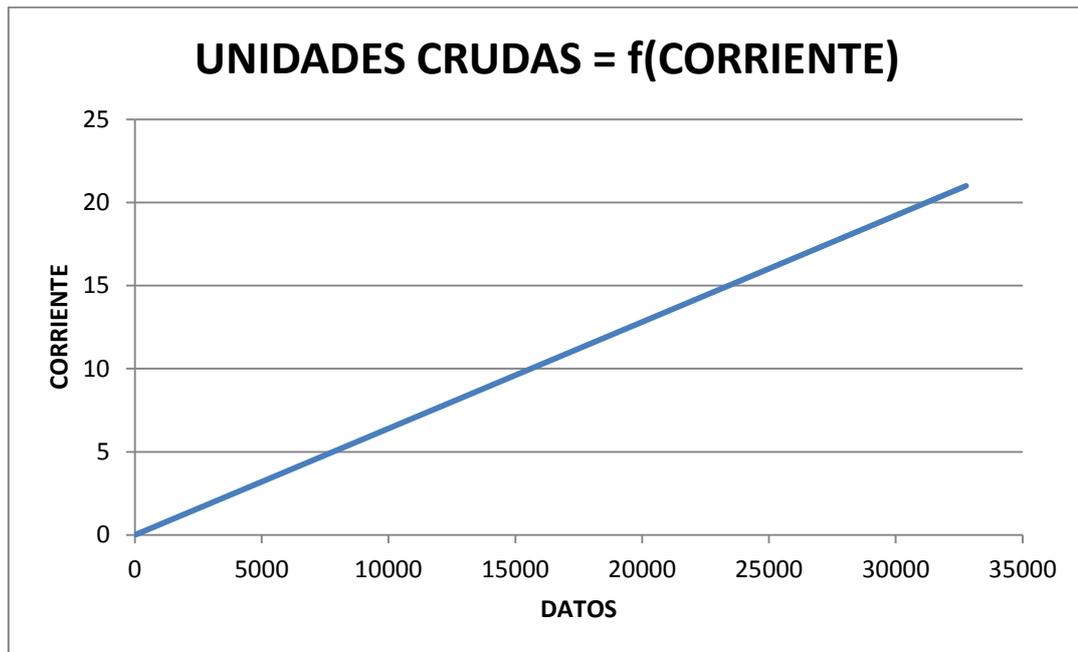


Figura 3. 27 Unidades Crudas en función de la corriente

- Datos utilizados en arranque y parada de bomba según la presión 4 a 20 ma.

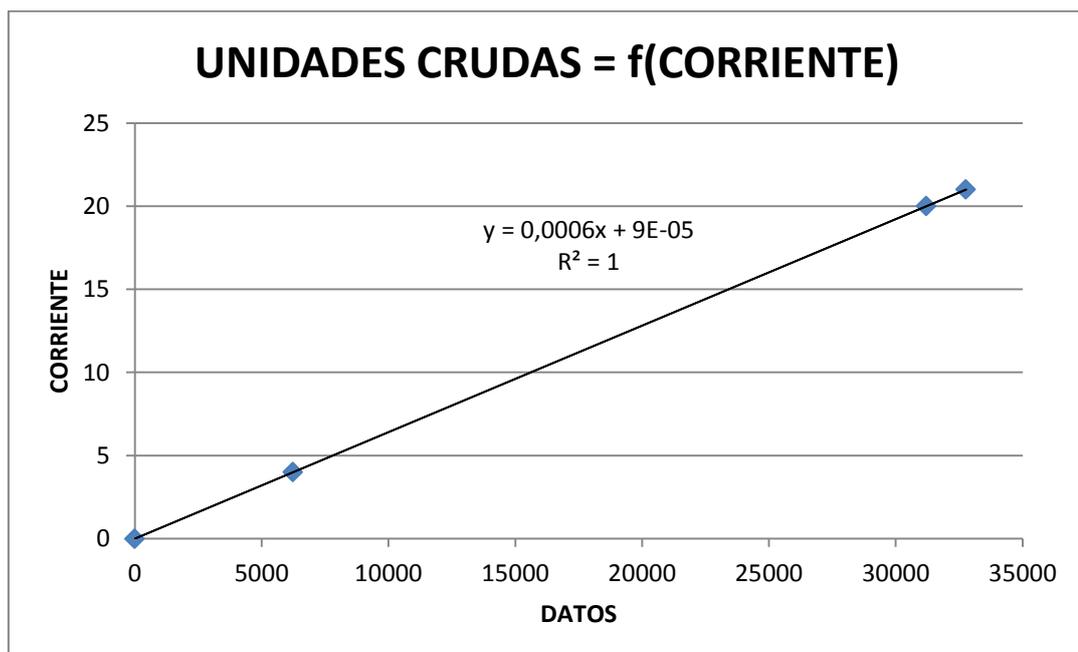


Figura 3. 28 Unidades Crudas en función de la corriente utilizada con valor de ecuación

DATOS DE CONTROL DE PRESIÓN

PRESIÓN	CORRIENTE	UNIDADES CRUDAS
20 PSI	4mA	6241
50 PSI	20mA	31206

3.5 Diseño de HMI

3.5.1 DISEÑO DE INTERFACES DE USUARIO (HMI)

Todo sistema que se utilice a niveles empresariales y de producción, estará sujeto al manejo humano, por lo tanto, hacer de este sistema una componente eficaz, fácil de usar y amigable, indudablemente traerá beneficios directos e indirectos a la hora de su utilización.

Los sistemas SCADA no escapan a esta realidad, especialmente si hablamos de la interfaz de usuario, componente con la cual el usuario interactúa directamente con el proceso que está supervisando y controlando.

Factores a tener en Cuenta:

- Los usuarios del sistema frecuentemente juzgan el mismo por su interfaz.
- Un diseño de interfaz pobre puede provocar que el usuario cometa errores catastróficos.
- El diseño de una interfaz de usuario pobre es la razón por la cual muchos sistemas nunca son usados.

CONCEPTOS BÁSICOS

- Cualquier interfaz de usuario que se diseñe, debe estar sujeta a las características intrínsecas del sistema al cual esta se acopla.

Que es una Interfaz?

La interfaz es todo lo que permite utilizar algún dispositivo o “artefacto”, es decir, se presenta en un nivel entre el usuario y el proceso en cuestión.

El diseño de interfaces de Usuario toma en cuenta las necesidades, experiencia y capacidades de los usuarios del sistema.

La interfaz debe basarse en los términos orientados de usuario y conceptos sobre los conceptos informáticos. Por ejemplo, un sistema de oficinas debe utilizar conceptos como cartas, documentos, carpetas, etc.
[17]

Pautas de Diseño de la Interfaz de un sistema

- Usabilidad
- Navegabilidad
- Teoría del color
- Manejo de la información
- Consistencia.

USABILIDAD

La "usabilidad" es la medida de la facilidad de uso de un producto o servicio, típicamente una aplicación software. Generalmente se define en términos de las necesidades de los usuarios de dicho producto o servicios,

necesidades que frecuentemente entran en conflicto directo con las intenciones de los diseñadores.

Así pues, la usabilidad se encarga de todo lo que influya en el éxito y la satisfacción del usuario.

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) define la usabilidad como «la efectividad, eficiencia y satisfacción con la que usuarios específicos alcanzan metas específicas en entornos concretos».

La usabilidad es propiedad que permite discernir y reconocer si una interfaz es fácil de utilizar, cómoda y amable para todos los usuarios, sin importar el nivel de experiencia que tengan con el sistema. [18]

UTILIDAD

Por definición, utilidad es la capacidad que tiene una herramienta para ayudar a cumplir tareas específicas.

Para todos es claro cuál es la función específica de cada uno, aunque los mismos se encuentren en aplicaciones diferentes. [19]

FACILIDAD DE APRENDIZAJE

Es una medida del tiempo requerido para trabajar con eficiencia en el uso de la herramienta. En los sistemas SCADA la facilidad de aprendizaje está asociada con los siguientes elementos:

Similitud con el proceso real:

Mientras la interfaz asemeje el proceso virtual de la manera más adecuada y correcta con el sistema real, más fácil será para el usuario aprender a utilizarlo.



Figura 3. 29 Sistema real de Tanque y Sensor Instalado

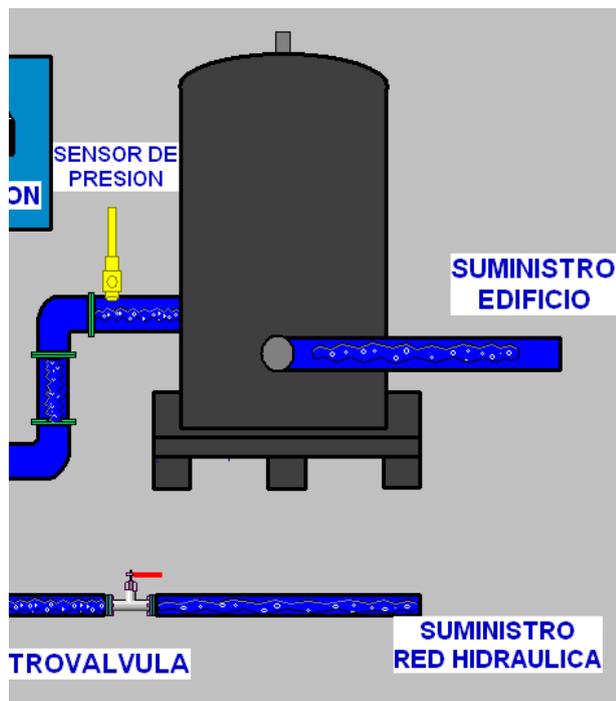


Figura 3. 30 Sistema de Tanque y Sensor en el HMI



Figura 3. 31 Sistema real de Cisterna con Boyas de Nivel

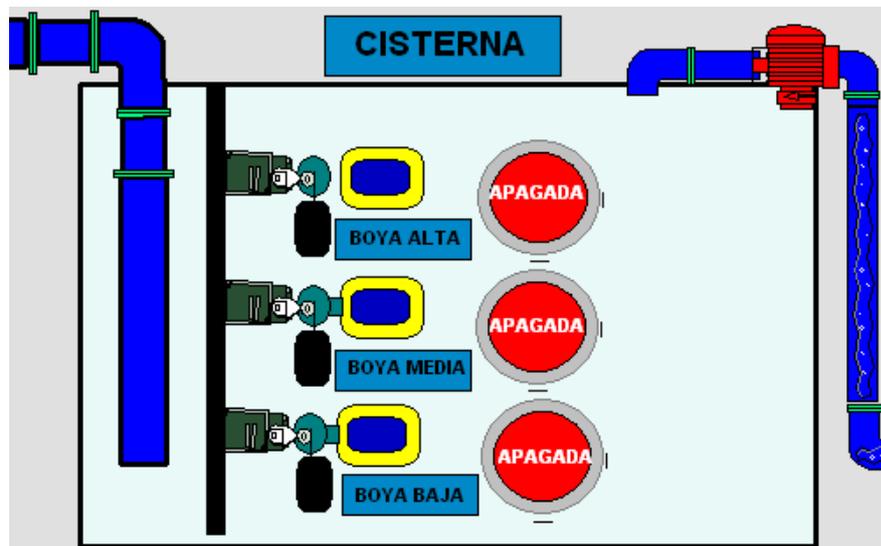


Figura 3. 32 Cisterna con Boyas de Nivel en el HMI

NAVEGABILIDAD

La navegabilidad en las interfaces para todos los sistemas se basa en la funcionalidad específica que se le entregue a 5 elementos básicos. Con estos elementos, se pueden realizar interfaces tanto sencillas como

complejas, y todo depende del uso que se le dé a los mismos para obtener un resultado satisfactorio. [20]

1. Ventanas
2. Iconos
3. Menús
4. Gráficos
5. Punteros (mouse y teclado).



Figura 3. 33 Ventana de Navegabilidad Principal en HMI



Figura 3. 34 Ventana de Navegabilidad Secundaria en HMI



Figura 3. 35 Iconos de Navegabilidad en HMI

Ventanas:

Representan áreas de pantalla convenientemente delimitadas en la que se produce la interacción con el usuario.

Las Ventanas se pueden diferenciar en:

- Ventana del Proceso
- Ventana de Información
- Ventana de Evaluación de Variables
- Ventanas Emergentes

Ventana del Proceso

Es la ventana principal dentro de la interfaces SCADA, en esta se encontrará toda la mímica del proceso, la cual estará compuesta, no solo por gráficos del sistema real, sino también se muestra la información más relevante y que debe estar siempre presente en los ojos del operador o del usuario, como se ilustra en la figura 3.36.

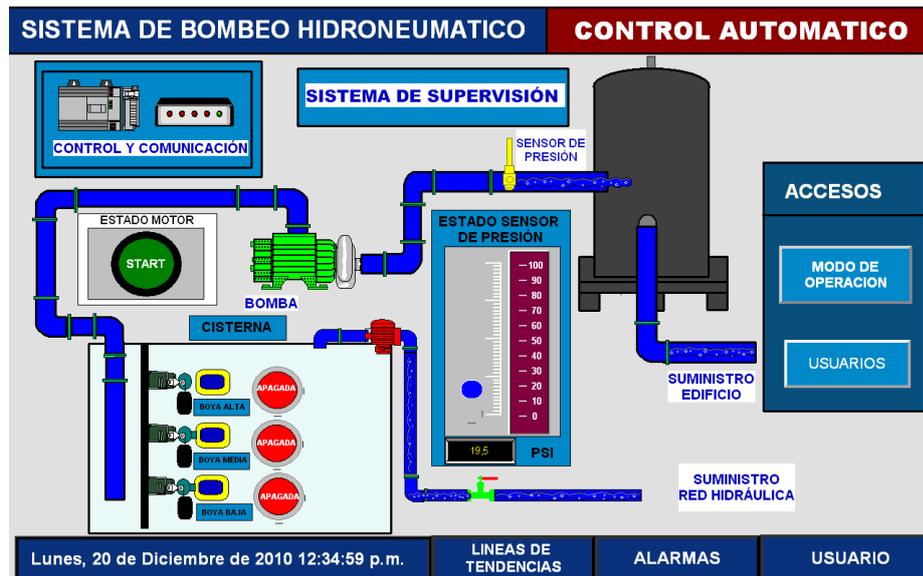


Figura 3. 36 Ventana del Proceso General

Ventana de Información

En esta ventana, se presenta información periódica y relevante, además de anuncios que podrían ser interesantes al usuario. En esta ventana, la que principalmente está compuesta de mensajes de texto, se muestran mensajes de inicio y fin de ciclo, advertencias, alarmas, etc., como se ilustra la figura 3.37.

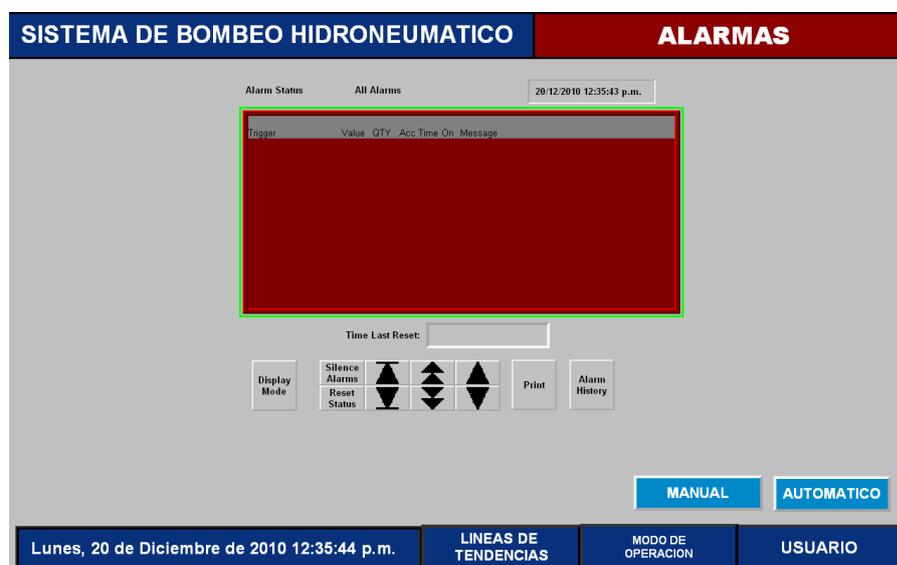


Figura 3. 37 Ventana de Información de Alarmas

Ventana de Evaluación de Variables

Estas ventanas tienen la función principal de mostrar, la evolución de algunas variables (las que se consideren más importantes dentro del proceso), como se ilustra la figura 3.38.

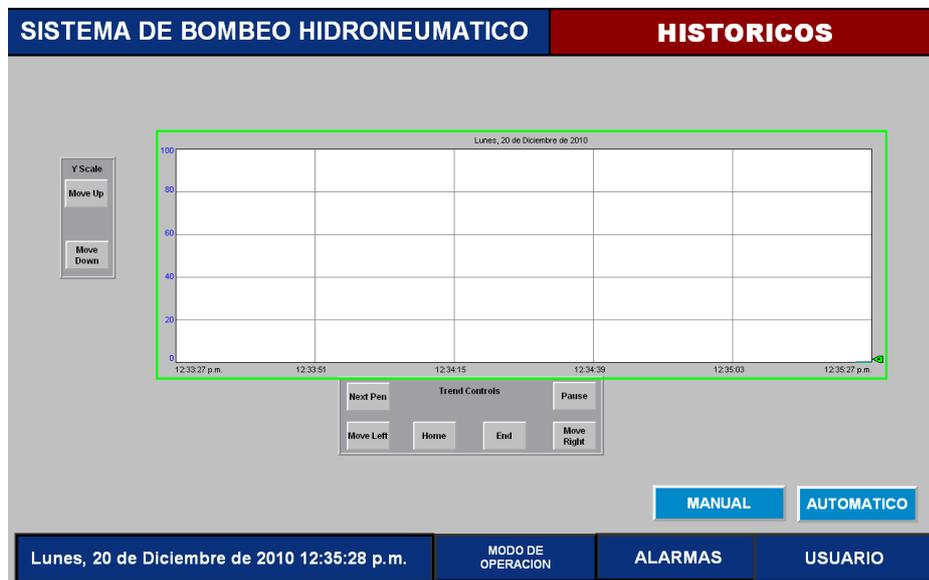


Figura 3. 38 Ventana de Evaluación de Variables

Se podría encontrar varios tipos de estas ventanas. En algunas, se puede encontrar solo datos, en otras, alguna mímica del sentido de la variable (velocidad, temperatura, etc.), o incluso alguna grafica de la evolución de la misma.

Ventanas Emergentes

Estas ventanas son visibles en el caso de que el usuario u operador ejecuten alguna acción simple (clic del mouse, uso de teclas abreviadas) dentro de la interfaz. [21]

USO DEL COLOR

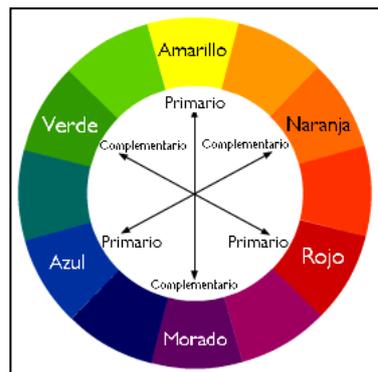


Figura 3. 39 Tendencia de Rueda de colores

En la figura 3.39, se puede observar que en la “rueda de colores”, los colores primarios, poseen un respectivo color complementario, en el caso de aplicarlo a una interfaz, a todos estos colores se les podrá dar un significado, basándose en la idea psicológica que se tiene de los mismos.

Las combinaciones a utilizar serán más agradables dependiendo del tipo de mezcla que se utilice en el entorno grafico del sistema.

Definición de estados usando el color

El color ofrece una influencia psicológica, de manera que es indispensable aprovechar para definir estados en el sistema con lo cual nos ayudará a establecer pautas de diseño. [22]

COLOR DEL ESTADO	SIGNIFICADO
	Estados de Peligro y de Alarma
	Estados Estables o de Movimiento
	Estados Estables o Neutrales
 	Estados de Advertencia

Figura 3. 40 Estados de Colores

3.5.2 HMI DEL SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMÁTICO

De acuerdo a las exigencias de la elaboración del HMI que controlará el sistema de bombeo hidroneumático para el edificio, se requieren los siguientes puntos a desarrollar:

- Pantalla de inicio
- Control de acceso
 - Modo Operador
 - Modo Administrador
- Pantalla de Control Manual
- Pantalla de Control Automático
- Pantalla de verificación de control de nivel
- Pantalla de verificación de control de presión
- Pantalla de alarmas
- Pantalla de verificación de graficas con tendencias del sistema

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMÁTICO

4.1 Verificación de sensores

El sistema implementado posee dos sensores, uno de presión y otro de nivel, el sistema de purificación no posee sensor debido a que el filtro de ozono utilizado necesita trabajar constantemente acorde al nivel de líquido para poder garantizar una adecuada purificación.

El control implementado fue previamente probado con normas municipales e internacionales según la necesidad del edificio.

El cableado que fue instalado en el proceso cumple normas para evitar campos magnéticos entre voltaje Continuo y Alterno, con lo cual evitamos perdidas de la señal del sensor.

SENSOR DE PRESIÓN



Figura 4. 1 Sensor de Presión Instalado

IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

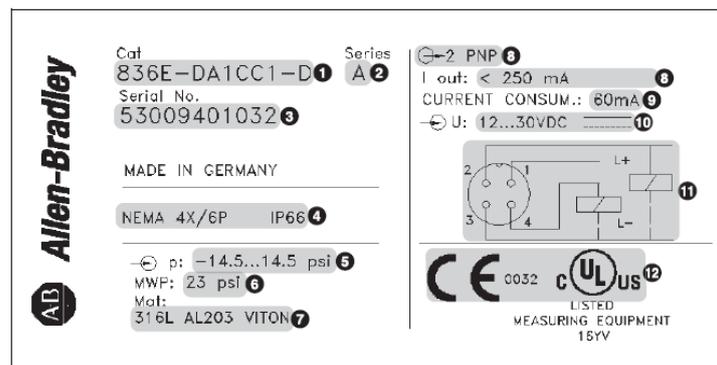


Figura 4. 2 Identificación del producto

De acuerdo a la necesidad del sistema de bombeo hidroneumático, se encuentra instalado el sensor de estado sólido *Bullentin* 836E-DC1EN1-D4.

CARACTERÍSTICAS

La principal característica del sensor es que el rango de funcionamiento es el apropiado para la instalación del sistema, como antes se explicó la medida de presión mínima es de 20 psi y la máxima es de 50 psi.

Hay que recalcar que si existe alguna presión exagerada en el sistema sobrepasando la presión máxima que es de 50 psi, el sensor tiene la capacidad de soportar hasta 400.5 psi, este sería el caso más inapropiado de falla del sistema. El sensor se encuentra programado con una tolerancia de 5 psi, sobrepasando este valor de tolerancia sería una falla de alarma. Las características del sensor se puede observar en la tabla 4.1:

Tabla 4. 1 Tabla de características de Sensor 836E-DC1EN1-D4

Proceso de Conexión	¼ Inch NPT (female)
Rango de Presión	0.....150 (psi)
Set Point Range	0.75.....150(psi)
Reset Point Range	0...149.25(psi)
Máxima Presión de trabajo	400.5(psi)
Dual PNP Output	836E-DA1EN1-D4
4....20mA Analog Output	836E-DC1EN1-D4

PROGRAMACIÓN

El Boletín 836E posee una navegabilidad programable a través de tres pulsadores. Posee una visualización digital con luz de Diodos (LED), y se puede asistir y coordinar la navegación mediante el menú de servicio, como se puede observar en la figura 4.3:

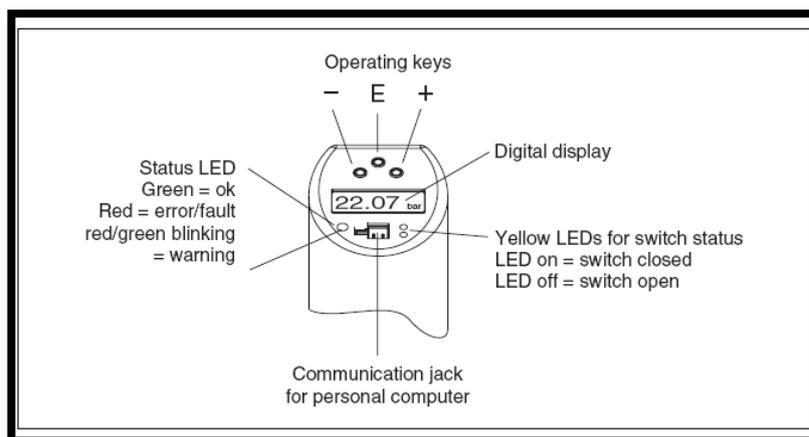


Figura 4. 3 Pulsadores de Operación del Sensor de Presión

TERMINALES DEL SENSOR

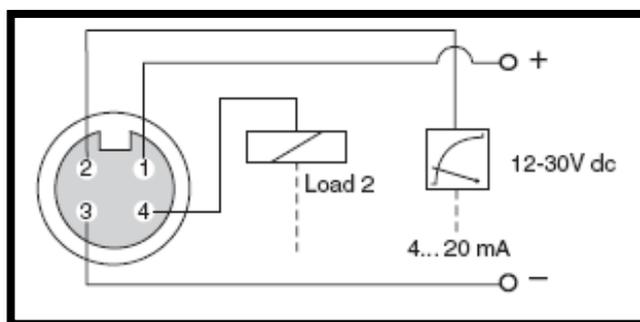


Figura 4. 4 Terminales del Sensor de Presión

Mediante la figura 4.4, se debe tener en cuenta la correcta conexión del sensor, existen cuatro terminales que son:

1. Alimentación Positiva (12-30 VDC)
2. Pin de Entrada Positiva del sensor de 4 a 20 mA
3. Alimentación Negativa
4. Pin de Entrada Positiva del sensor salida a Relé.

Colores Instalados en el sistema al Tablero de Control

Tabla 4. 2 Colores de Cables del sensor al Tablero

CABLE DEL SENSOR		CABLES AL TABLERO DE CONTROL
Terminal 1	CAFÉ	ROJO
Terminal 2	BLANCO	BLANCO
Terminal 3	AZUL	VERDE
Terminal 4	NEGRO	NEGRO

NAVEGACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL SENSOR

El sensor posee un sistema de navegación interno, con el cual se puede programar todas las características que sean necesarias para el sistema a instalarse.

Mediante los tres pulsadores explicados anteriormente tendremos la posibilidad de avanzar o regresar en el sistema, con lo cual una vez terminada toda la programación se tendrá que almacenar todos los cambios realizados pulsando por dos segundos el pulsador B, luego aceptamos y el sensor queda totalmente programado de acuerdo a nuestras necesidades.

Estructura de la programación de menú

En la figura 4.5 se puede observar todo el sistema de navegación del sensor y con mayor detalle podemos determinar tres secciones A, B, C las mismas que poseen una función determinada por la tabla 4.3:

Tabla 4. 3 Explicación Botones de Navegación

A	Función de Grupos
B	Funciones
C	Componentes

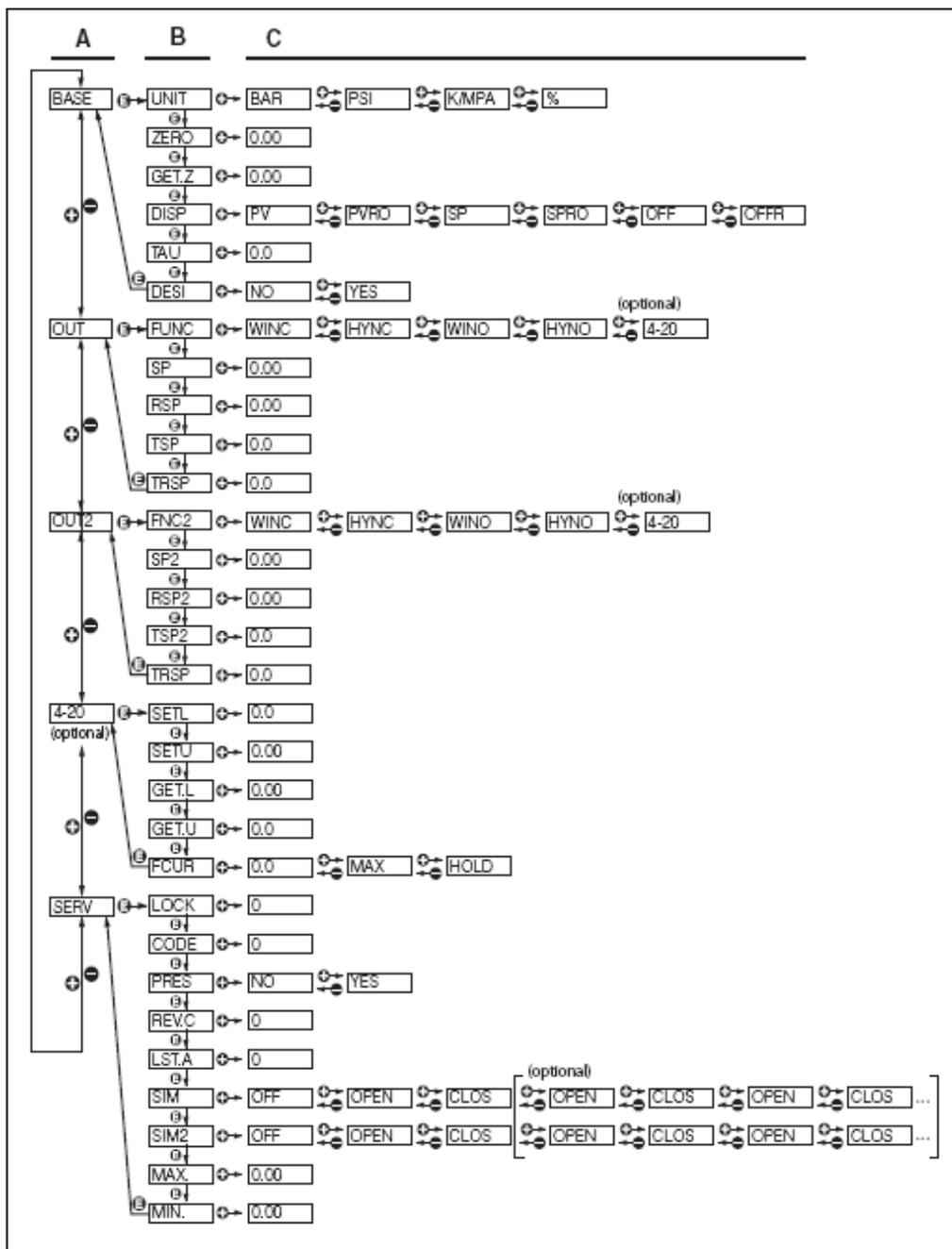


Figura 4. 5 Programación del Menú

Componentes básicos

Entre las características más importantes del sensor es la programación de los componentes tales como Tipo de Base, Salida 1, Salida 2, Programación Analógica 4 – 20 mA y Servicios.

Programación de base

La unidad de la base del sistema instalado es PSI, la misma que fue determinada basándose en normas municipales y WWA, en la programación de la visualización del *display* se colocó el valor de PV la variable manipulada y en la parte inferior el valor de la unidad. El tiempo de lectura de dato o de *Damping*, se encuentra programado para validar cada 2 segundos.

Todos los valores siguientes fueron determinados según la necesidad del sistema instalado.

En la figura 4.6 se puede observar la programación de base y su navegación, mientras que en la figura 4.7 muestra la programación de salidas y su respectiva navegación.

Base	Basic settings			
BASE	UNIT	Unit of measure	BAR PSI KPA %	Select technical unit: bar psi kPa %
	ZERO	Configure zero point	0.00	Position adjustment: within $\pm 20\%$ of the upper range limit
	GETZ	Accept zero point	0.00	Current value as zero point (max. $\pm 20\%$ of the upper range limit)
	DISP	Display	PV PVRO SP SPRO OFF OFFR	PV: measured value display PVRO: measured value display rotated 180° SP: set switch point display SPRO: set switch point display rotated 180° OFF: display off OFFR: display off rotated 180°
	TAU	Damping: display value, output signal	0.0	0...40 s
	DESI	DESINA	NO YES	Connection in accordance with DESINA guidelines

Figura 4. 6 Navegación y programación de Base

OUT/OUT2	Output/Output 2			
OUT OUT2	FUNC FNC2	Switching mode	HYN0 HYN1 WIND WINC 4-20	HYNO: Hysteresis/NO contact HYN1: Hysteresis/NC contact WIND: Window/NO contact WINC: Window/NC contact 4...20 mA: Analog mode (analog output versions only)
	SP SP2	Switch point value	0.0	Switch point 0.5...100 % URL in increments of 0.1 % (min. 0.001 bar)
	RSP RSP2	Reset point value	0.0	Reset point 0...99.5 % URL in increments of 0.1 % (min. 0.001 bar)
	TSP TSP2	Switch point delay	0.0	Delay time 0...99 s in increments of 0.1 s
	TRSP TRSP2	Reset point delay	0.0	Delay time 0...99 s in increments of 0.1 s
Min. distance between SP and RSP: 0.5% URL				

Figura 4. 7 Navegación y programación de Salidas

Programación de salida análoga

La programación de la salida analógica es la más importante en el sistema debido que es la que se va a utilizar y se comunicara con el *Rack* Analógico del PLC, como se observa en la figura 4.8. [23]

4 - 20	Analog output			
4--20	SETL	Value for 4 mA (LRV)	0.0	Enter lower range value in increments of 0.1 %
	SETU	Value for 20 mA (URV)	0.0	Enter upper range value in increments of 0.1 %
	GETL	Pressure applied for 4 mA (LRV)	0.0	Use measured pressure as lower range value
	GETU	Pressure applied for 20 mA (URV)	0.0	Use measured pressure as upper range value
	FCUR	Error current	MIN' MAX' HOLD	Current value in event of error: MIN = ≤ 3.6 mA MAX = ≥ 21.0 mA HOLD = last value
Range of adjustment: LRL = Lower Range Limit; URL = Upper Range Limit; LRV = Lower Range Value; URV = Upper Range Value				
Turndown up to 4:1, LRV must be lower than URV				

Figura 4. 8 Navegación y programación de Salidas Analógica

SENSOR DE NIVEL

Con respecto al sensor de nivel se incorporó un sistema de boyas con un peso en su parte posterior la misma que determina la distancia de accionamiento, la boya de nivel posee una característica importante que es la del contacto de apertura o cierre tiene un juego de activación de alrededor de 16 a 20 cm, los mismos que evitan que la boya este en constante accionamiento y apagado por motivo de la oscilación del agua en la cisterna.

En la figura 4.9 se puede apreciar todos sus componentes anteriormente mencionados.

El sistema posee 3 boyas cada una de diferente color para su correcta diferenciación en la cisterna.



Figura 4. 9 Boya de Nivel

DATOS TÉCNICOS

Tabla 4. 4 Datos técnicos boya de nivel

Tensión	100-250Vac
Corriente máxima	15 ^a
Temperatura máxima de agua	60°C(140 °F)
Distancia Máxima	10 m
Potencia máxima del motor	1800W – 2HP (220V)
Peso del liquido	0.50 kg

Instalación de sensores

En la figura 4.10 se explica la instalación del sistema de nivel, cada boya posee diferente color y se encuentra a una distancia establecida para referenciar los niveles alto, medio y bajo.

Tabla 4. 5 Instalación boyas de Nivel

NIVEL	COLOR	DISTANCIA	ENTRADA AL PLC
Boya Alta	Amarilla	15 cm de la Base	Input I:0/5
Boya Media	Roja	65 cm de la Base	Input I:0/6
Boya Baja	Tomate	105 cm de la Base	Input I:0/7

El sistema de nivel se encuentra instalado con una lógica de control para el accionamiento de una electroválvula de llenado de cisterna, la misma tendrá que ser accionada según el nivel de la cisterna, el sistema nos permitirá garantizar que la cisterna siempre se encuentre con agua y de este modo que la bomba trabaje apropiadamente.

En la figura 4.10 se puede visualizar el sistema de nivel ya incorporado en la cisterna, con una canaleta de aluminio fue sujeta contra una pared y la alimentación para accionar las señales que ingresan al PLC están debidamente cableadas por un lado hasta salir a una canaleta que ingresa al tablero de control.

**Figura 4. 10 Sensores de Nivel Instalados**

4.2 Programación de PLC

De acuerdo a la necesidad del sistema se ha incorporado un PLC que cumpla con todas las características de funcionamiento y fiabilidad de un sistema industrial.

Se ha elegido el PLC *Micrologix 1100 Bulletin 1763-L16AWA* de *Allen Bradley*, por las siguientes razones:

- Manejo fácil - montaje simple - sencillez en conexión.
- Estructura modular.
- Funcionamiento sin ventiladores.
- Resistentes a polvo, ruido, vibración.
- Programación relativamente sencilla.
- Comunicación con otros PLC's o PC's mediante EtherNet/IP de 10/100 Mbps.
- Etc.

4.2.1 DATOS DE PLC



Figura 4. 11 PLC Micrologix 1100

4.2.1.1 Terminales de entrada y salida

En la figura 4.12 se puede visualizar los terminales tanto de las entradas del PLC como de las salidas.

Se escogió este PLC debido a las condiciones y necesidades del sistema, tales como los pulsadores, entradas de los sensores de nivel, señales de falla sobre corriente en la bomba, señal de paro por falla del sistema; las salidas fueron indispensables para un accionamiento de salida a relé, debido que el sistema necesita accionar relés para la electroválvula y alarma acústica y contactores para la bomba y el filtro de ozono.

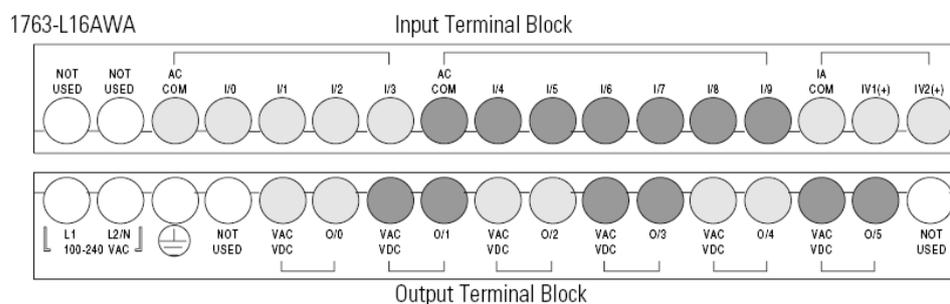


Figura 4. 12 Descripción de Módulos de Input and Output de 1763-L12AWA

4.2.1.2 Características y ventajas

- Puerto EtherNet/IP de 10/100 Mbps incorporado para transmisión de mensajes entre dispositivos similares, ofrece a los usuarios conectividad de alta velocidad entre controladores, con la capacidad de acceder, monitorear y programar desde cualquier lugar donde haya una conexión Ethernet.
- Funcionalidad de edición en línea, es posible hacer modificaciones a un programa mientras está en ejecución, lo cual permite realizar el ajuste fino de un sistema de control en

funcionamiento, inclusive en lazos PID. Esta función no sólo reduce el tiempo de desarrollo sino que facilita la resolución de problemas.

4.2.2 CONFIGURACIÓN GENERAL

ENTRADAS

Tabla 4. 6 Descripción de Entradas de Micrologix 1100

Dirección	Descripción
I:0/0	Selector Manual / Automático
I:0/1	Arranque de Bomba
I:0/2	Parada de Bomba
I:0/3	Arranque Filtro de Ozono
I:0/4	Parada Filtro de Ozono
I:0/5	Indicador Sensor de Nivel Bajo
I:0/6	Indicador Sensor de Nivel Medio
I:0/7	Indicador Sensor de Nivel Alto
I:0/8	Indicador Alarma de Sobrecarga de Bomba
I:0/9	Paro de Emergencia del Sistema

ENTRADA ANALÓGICA

Tabla 4. 7 Descripción de Entradas Analógicas Modulo 1762IF4

Dirección	Descripción
I:1/0	Datos Analógicos del Sensor

SALIDAS

Tabla 4. 8 Descripción de Salidas de Micrologix 1100

Dirección	Descripción
O:0/0	Enclavamiento Contactor de Arranque de Bomba
O:0/1	Enclavamiento Contactor de Arranque Filtro de Ozono
O:0/2	Enclavamiento Relé de encendido de Electroválvula
O:0/3	Enclavamiento Relé de encendido de Alarma Acústica
O:0/4	Libre
O:0/5	libre

MARCAS

Tabla 4. 9 Descripción de Marcas de Micrologix 1100

Dirección	Descripción
B3:0/0	Maca de Nivel Boya Alta
B3:0/3	Activación de Electroválvula
B3:0/4	Activación de Alarma Acústica
B3:0/7	Activación de Electroválvula HMI
B3:0/11	Enclavamiento de I:0/1 Para Arranque de Bomba en HMI
B3:0/12	Parada de Bomba en HMI
B3:0/13	Enclavamiento de I:0/3 Para Arranque de Filtro en HMI
B3:0/14	Indicador Boya Baja en HMI
B3:0/15	Indicador Boya Media en HMI
B3:1/0	Indicador Boya Alta en HMI
B3:1/1	Arranque Bomba
B3:1/2	Activación Filtro de Ozono en Automático
B3:1/3	Arranque Filtro
B3:1/4	Activación Electroválvula

B3:1/5	Enclavamiento Electroválvula
B3:1/7	Enclavamiento de Alarma Acústica
B3:1/9	Desenclavamiento Electroválvula
B3:1/10	Desenclavamiento Alarma Acústica
B3:2/5	Enclavamiento Arranque de Bomba
B3:2/6	Desenclavamiento Arranque de Bomba
B3:2/14	Parada de Filtro
SCP	Sistema de Escalamiento Proporcional
F8:0	Salida Analógica ya Escalonada

TEMPORIZADORES

Tabla 4. 10 Descripción de Temporizadores de Micrologix 1100

Dirección	Descripción
T4:1	Temporizador al encendido de Alarma Boya Baja
T4:2	Temporizador para encendido de Filtro de Ozono en Automático
T4:3	Temporizador al encendido de Alarma Boya Media
T4:4	Temporizador al encendido de Alarma Boya Alta

4.2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

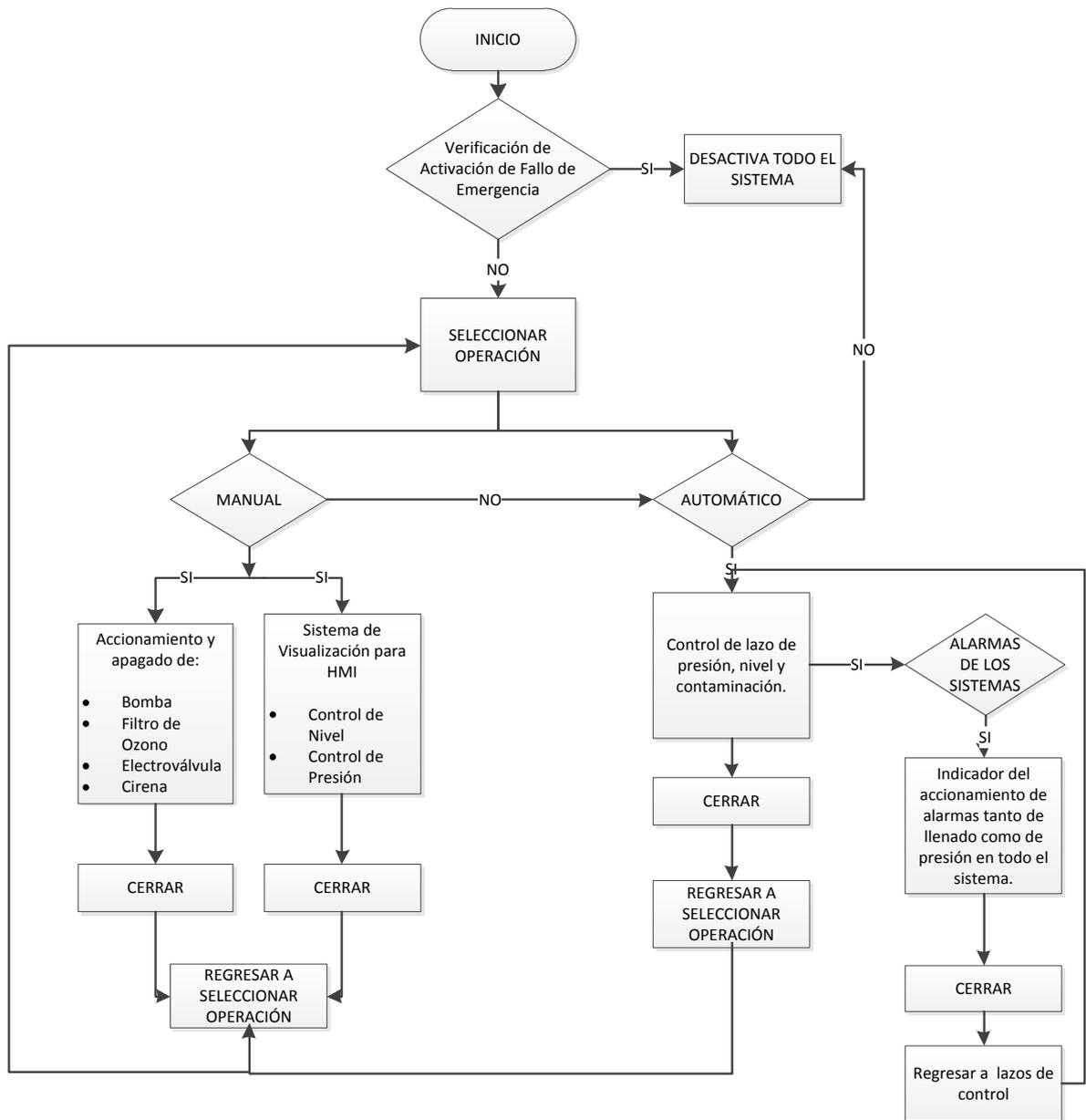


Figura 4. 13 Diagrama de Flujo Programación HMI

4.2.3 EXPANSIONES ANALÓGICAS

Attribute	1762-IF4
Bus Current Draw, max	40 mA @ 5V DC 50 mA @ 24V DC
Analog Normal Operating Range	Voltage: -10...10V DC Current: 4...20 mA
Full Scale ⁽¹⁾ Analog Ranges	Voltage: -10.5...10.5V DC Current: -21...21 mA
Resolution	15 bits
Repeatability ⁽²⁾	±0.1%

Figura 4. 14 Características del módulo 1762-IF4

Según el requerimiento del sistema a instalar se ha decidido utilizar el módulo de expansión 1762IF4 con sus respectivas características dadas en la figura 4.14.

4.2.3.1 Selección del tipo de entrada

Seleccionar el tipo de entrada, la corriente o el voltaje, mediante el selector situado en la tarjeta de circuitos del módulo y los bits de selección del tipo de entrada/ rango en el Archivo de datos de configuración.

Se puede acceder al selector a través de las ranuras de ventilación que hay en la parte superior del módulo. La configuración predeterminada de fábrica para todos los selectores es Corriente. Mediante la figura 4.15 se muestran las posiciones del selector.

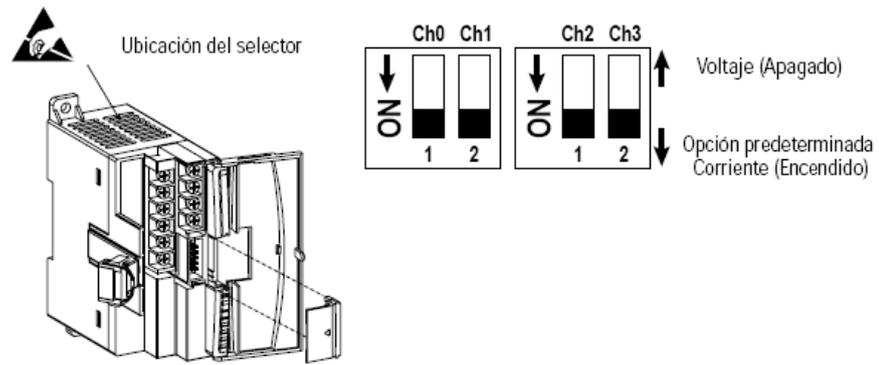


Figura 4. 15 Selección tipo de Entrada Analógica

4.2.3.2 Disposición del Bloque de Terminales

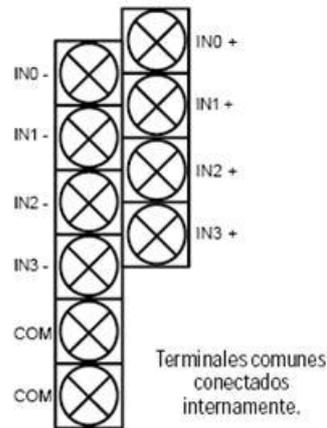


Figura 4. 16 Terminales del módulo 1762IF4

Como se muestra en la figura 4.16 la disposición de los terminales del módulo de expansión analógico es alternado, hay que tener en cuenta que la descripción de los diferentes tipos de sensores que pueden ser conectados se representan en la figura 4.17.

4.2.3.3 Conexión de Sensor Analógico

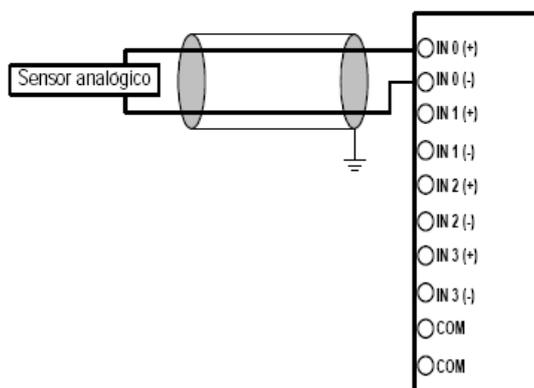


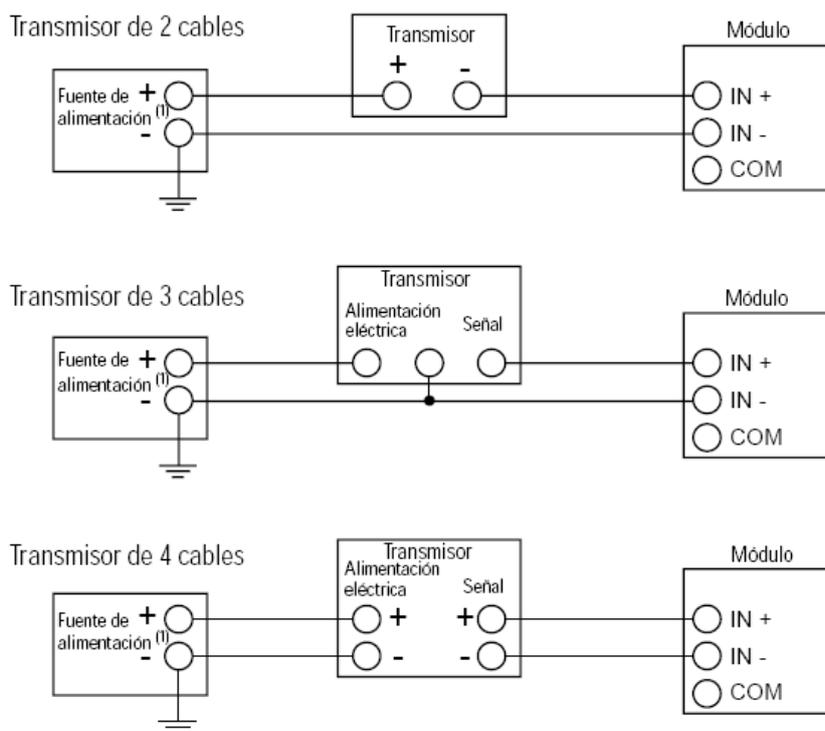
Figura 4. 17 Conexión de Sensor Analógico

La conexión del sensor analógico está dada y representado como se indica en la figura 4.17, de esta manera los datos son leídos desde los terminales IN0 (+) e IN0 (-).

Normalmente, al conectar a tierra el blindaje del cable sólo por el extremo del módulo suele proporcionar suficiente inmunidad al ruido. Sin embargo, para conseguir los mejores resultados de blindaje del cable, podría conectar a tierra el blindaje por ambos extremos, usando un condensador de $0.01 \mu\text{F}$ en un extremo para bloquear las corrientes de tierra de la alimentación de CA.

4.2.3.4 Tipos de transmisores/detectores

En el mercado existen diferentes tipos de sensores y transmisores por lo cual se debe tener muy en cuenta todos los tipos de conexiones que puede soportar el módulo analógico antes mencionado en la figura 4.17 se puede visualizar todos los tipos de conexiones en la figura 4.18.



(1) Todas las fuentes de alimentación conforme a la normativa CEN. Clase 2.

Figura 4. 18 Conexión de diferentes tipos de transmisores

4.2.4 RED DE INTEGRACIÓN MEDIANTE ETHERNET/IP

Una de las principales tendencias en el entorno industrial actual es la migración hacia sistemas automatizados abiertos y totalmente especializados. Sin duda alguna, uno de los principales factores que ha impulsado esta creciente tendencia ha sido la introducción de Ethernet en el entorno industrial.

La introducción de Ethernet ha tenido un profundo impacto en la industria: debido a sus capacidades para control de planta y datos de oficina, aportando una gran cantidad de ventajas que incluyen una integración más fácil entre los sistemas de planta y de administración, y la posibilidad de utilizar una sola infraestructura de red para distintas funciones.

Por esta razón, se han desarrollado varios sistemas basados en Ethernet para uso en el entorno industrial. Uno de ellos, EtherNet/IP, ofrece la optimización industrial de una red de control especializada con la apertura y flexibilidad de una Ethernet estándar, aprovechando la tecnología Ethernet estándar, aprovechando los medios físicos y chips de comunicación de Ethernet.

Ethernet /IP es un protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial. Introducida a principios del año 2000, este protocolo es uno de los pioneros en las soluciones Ethernet para la industria, ofreciendo muchas ventajas a usuarios y fabricantes de automatización, como bajos costos de desarrollo de productos, facilidad de uso, simple integración de dispositivos y redes.

Esta solución estándar para la interconexión de redes admite la transmisión de mensajes implícita (transmisión de mensajes de E/S en tiempo real) y la transmisión de mensajes explícita (intercambio de mensajes). EtherNet/IP es una red abierta que utiliza tecnología comercial ya existente, como:

- El estándar de vínculo físico y de datos IEEE 802.3
- El conjunto de protocolos Ethernet TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/Protocolo Internet), estándar del sector para Ethernet.
- Protocolo de control e información (CIP), el protocolo que permite la transmisión de mensajes de E/S en tiempo real e información/transmisión de mensajes entre dispositivos similares.

Con la introducción de la tecnología de conmutación de Ethernet y la transmisión de datos full-duplex, se eliminan las colisiones de datos y el rendimiento mejora drásticamente en la red EtherNet/IP.

Por lo general, una red EtherNet/IP utiliza una topología de estrella activa en la que los grupos de dispositivos están conectados punto a punto con un conmutador. La ventaja de una topología en estrella radica en la compatibilidad con productos de 10 y 100 Mbps, donde el conmutador de Ethernet negociará la velocidad. Asimismo, la topología de estrella le ofrece conexiones fáciles de cablear o de depurar, o en las que resulta fácil detectar fallos y llevar a cabo tareas de mantenimiento.

EtherNet/IP ha sido diseñada para gestionar grandes cantidades de datos de transmisión de mensajes, hasta 1500 bytes por paquete. Además de su capacidad para el tratamiento de datos, la velocidad de EtherNet/IP (10/100 Mbps), facilita aún más la transmisión de información. [24]

4.2.5 SISTEMA DE COMUNICACIÓN INSTALADO

El PLC Micrologix 1100 posee la capacidad para conectarse con una computadora personal, el protocolo de comunicación es el DF1 Full-Duplex.

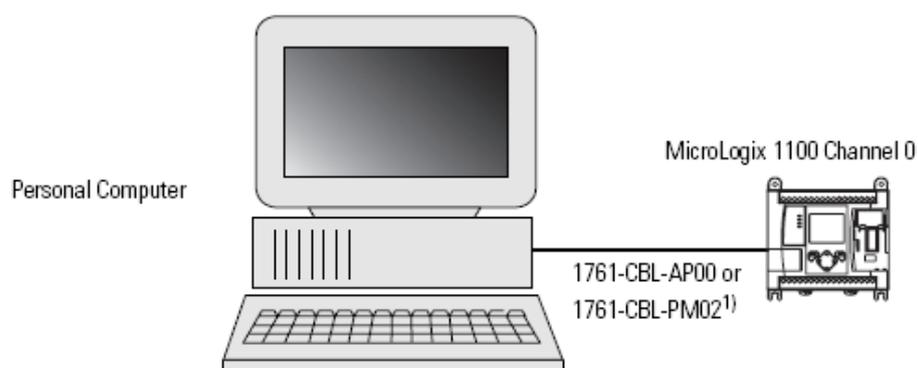


Figura 4. 19 Sistema de Comunicación

De acuerdo a las especificaciones del PLC se puede determinar una comunicación alámbrica como inalámbrica, la red utilizada en el sistema se puede visualizar en la figura 4.19, la misma que sirve como un medio de descarga de archivos al PLC, definir una red para conexión tanto con el HMI y el PLC, cada equipo posee una dirección IP, la dirección recomendada es un clase C, las direcciones utilizadas en el sistema se puede visualizar en la tabla 4.11:

Tabla 4. 11 Direcciones IP

COMPONENTE	DIRECCIÓN IP
PLC	192.168.1.1
COMPUTADORA	192.168.1.2

4.2.5.1 Conexión Ethernet

El conector Ethernet del PLC se encuentra definido en el Canal 1, el conector es el RJ45, 10/100 Base-T, como se indica en la tabla 4.12:

Tabla 4. 12 Descripción de Pines RJ45

Pin	Pin Name
1	Tx+
2	Tx-
3	Rx+
4	Not used by 10/100Base-T
5	Not used by 10/100Base-T
6	Rx-
7	Not used by 10/100Base-T
8	Not used by 10/100Base-T

4.2.5.2 Uso de cable directo o cruzado

El PLC Micrologix 1100 con su capacidad Ethernet 10/100Base-T, debe ser usado con cable cruzado con los pines de funcionamiento (1-1, 2-2, 3-3, 6-6).

El cable punto a punto o directo en 10/100 directo Base-T, debe ser conectado cuando se realiza una conexión directa con una computadora 10/100Base-T puerto.

NOTA:

En el anexo 4 se determina el desarrollo de la programación del PLC y su respectiva explicación de funcionamiento.

4.3 Elaboración del HMI

Para la elaboración del HMI para representar el proyecto se ha usado el programa Factory Talk View Studio, el mismo que permite realizar una interfaz gráfica capaz de mostrar el funcionamiento del proceso realizado en sistema de bombeo hidroneumático.

Usando FactoryTalk View Studio se puede configurar una estación de operador o configurar una aplicación distribuida todo desde una ubicación y también configurar remotamente RSLinx y FactoryTalk View Site Edition servidores. Además, crea pantallas usando un editor de diseño gráfico completo.
[25]

4.3.1 Descripción del proceso

De acuerdo a las exigencias municipales el sistema de bombeo hidroneumático para el edificio debe garantizar líquido en toda la edificación, con un colchón de presión que se encuentra entre los 20PSI y 50PSI como máximo.

Se garantizará el llenado de la cisterna de alimentación para la bomba con tres boyas de nivel las mismas que poseen una lógica de control con histéresis, el cual determinará si se encuentra llenando la cisterna o si se encuentra vaciando.

El sistema de purificación de agua está garantizando de forma continua el ingreso de ozono a la cisterna, el mismo que se encuentra en constante funcionamiento. El filtro de ozono tiene la factibilidad de ser usado en forma manual y automática, con su respectiva lógica de control.

Se debe tener en cuenta la programación de las alarmas tanto en funcionamiento de bomba, llenado de cisterna y sistema de purificación, con lo cual se encenderá una alarma acústica la misma que será el indicador de falla del sistema.

4.3.2 Diagrama del Proceso

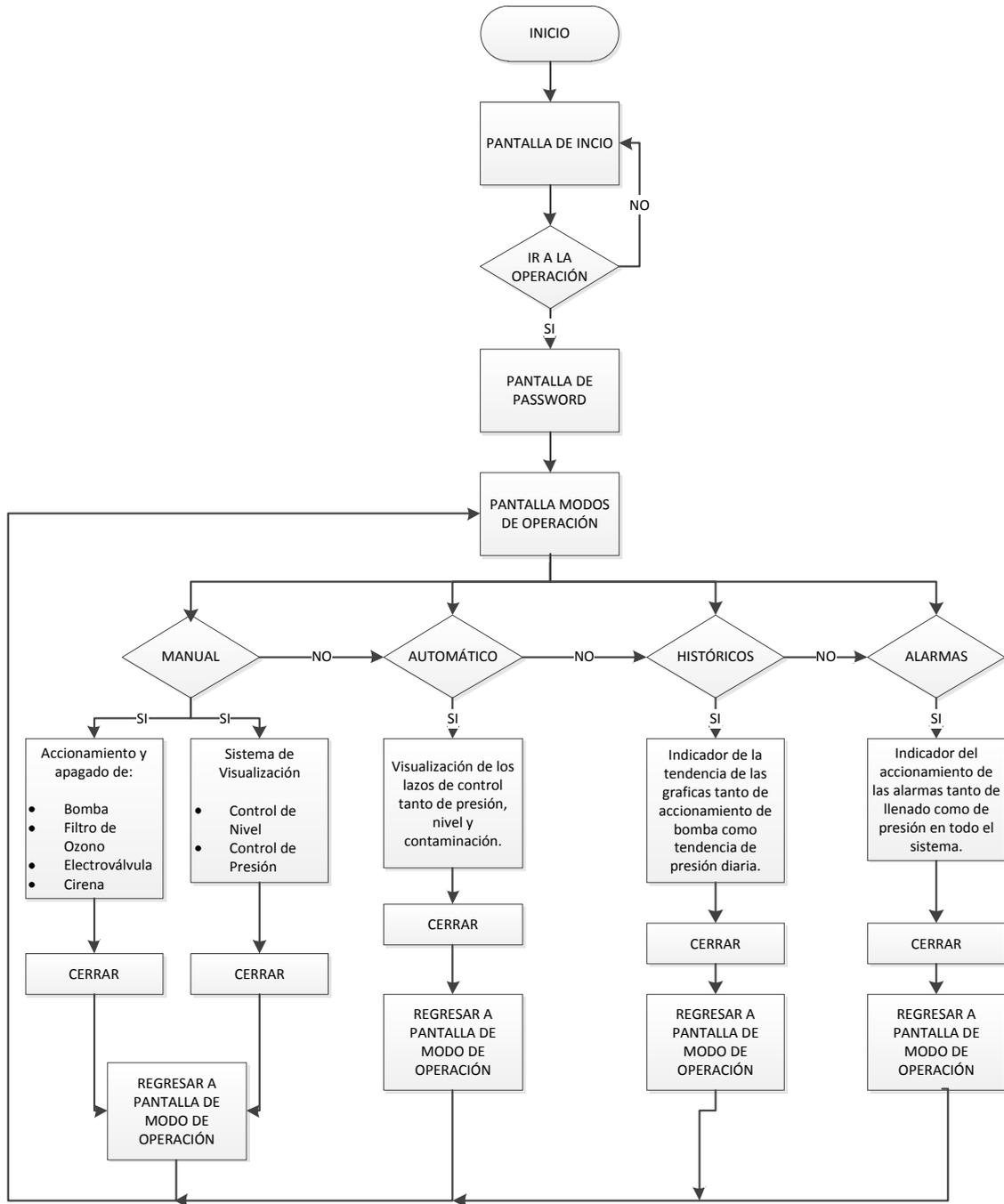


Figura 4. 20 Diagrama de Flujo Interfaz Gráfica HMI

4.3.3 Asignación de Tags

Para el desarrollo de la aplicación se necesitan enumerar las tags pertenecientes al controlador que permitirá la interacción entre la interfaz gráfica y el dispositivo de control.

En la tabla 4.13 se muestra todas las tags utilizadas en el desarrollo de la interfaz gráfica del sistema de bombo hidroneumático.

Tabla 4. 13 Lista de tags utilizadas para la configuración general de HMI

Carpeta	Dirección	Tipo	Descripción
Selección	B3:0/0	Digital	Maca de Nivel Boya Alta
	B3:0/3	Digital	Activación de Electroválvula
	B3:0/4	Digital	Activación de Alarma Acústica
	B3:0/7	Digital	Activación de Electroválvula HMI
	B3:0/11	Digital	Enclavamiento de I:0/1 Para Arranque de Bomba en HMI
	B3:0/12	Digital	Parada de Bomba en HMI
	B3:0/13	Digital	Enclavamiento de I:0/3 Para Arranque de Filtro en HMI
	B3:0/14	Digital	Indicador Boya Baja en HMI
	B3:0/15	Digital	Indicador Boya Media en HMI
	B3:1/0	Digital	Indicador Boya Alta en HMI
	B3:1/1	Digital	Arranque Bomba
	B3:1/2	Digital	Activación Filtro de Ozono en Automático
	B3:1/3	Digital	Arranque Filtro
	B3:1/4	Digital	Activación Electroválvula
	B3:1/5	Digital	Enclavamiento Electroválvula
	B3:1/7	Digital	Enclavamiento de Alarma Acústica
	B3:1/9	Digital	Desenclavamiento Electroválvula
	B3:1/10	Digital	Desenclavamiento Alarma Acústica
	B3:2/5	Digital	Enclavamiento Arranque de Bomba
	B3:2/6	Digital	Desenclavamiento Arranque de Bomba
B3:2/14	Digital	Parada de Filtro	
Program Tags	SCP	Analógico	Sistema de Escalamiento Proporcional
	F8:0	Analógico	Salida Analógica ya Escalonada

Temporizadores	T4:1	TIMER	Temporizador al encendido de Alarma Boya Baja
	T4:2	TIMER	Temporizador para encendido de Filtro de Ozono en Automático
	T4:3	TIMER	Temporizador al encendido de Alarma Boya Media
	T4:4	TIMER	Temporizador al encendido de Alarma Boya Alta

4.3.4 Diseño de pantallas

De acuerdo a las necesidades del proceso realizado, es necesario implementar un conjunto de pantallas que permitan navegar y controlar el proceso, y sobre todo tener la factibilidad de contar con seguridad para el uso del HMI.

Todas las pantallas poseen como se explicó anteriormente usabilidad, navegabilidad, uso del color, manejo de información y consistencia, se utilizó de una manera adecuada la inserción de botones, imágenes y animaciones en todo el sistema.

Se requirió el software Factory Talk View Studio para realizar la programación de las pantallas, el mismo que cumple con normas del estándar IEC 61508, se puede visualizar de manera clara la explicación del estándar en el **Anexo 5**

4.3.4.1 PANTALLAS

Pantalla de inicio

En la pantalla de inicio se observa la imagen de las instalaciones donde se ha efectuado la instalación del sistema.

Se puede observar en la figura 4.22 el icono de ingreso de usuario, el cual se encuentra en la PANTALLA INICIAL.

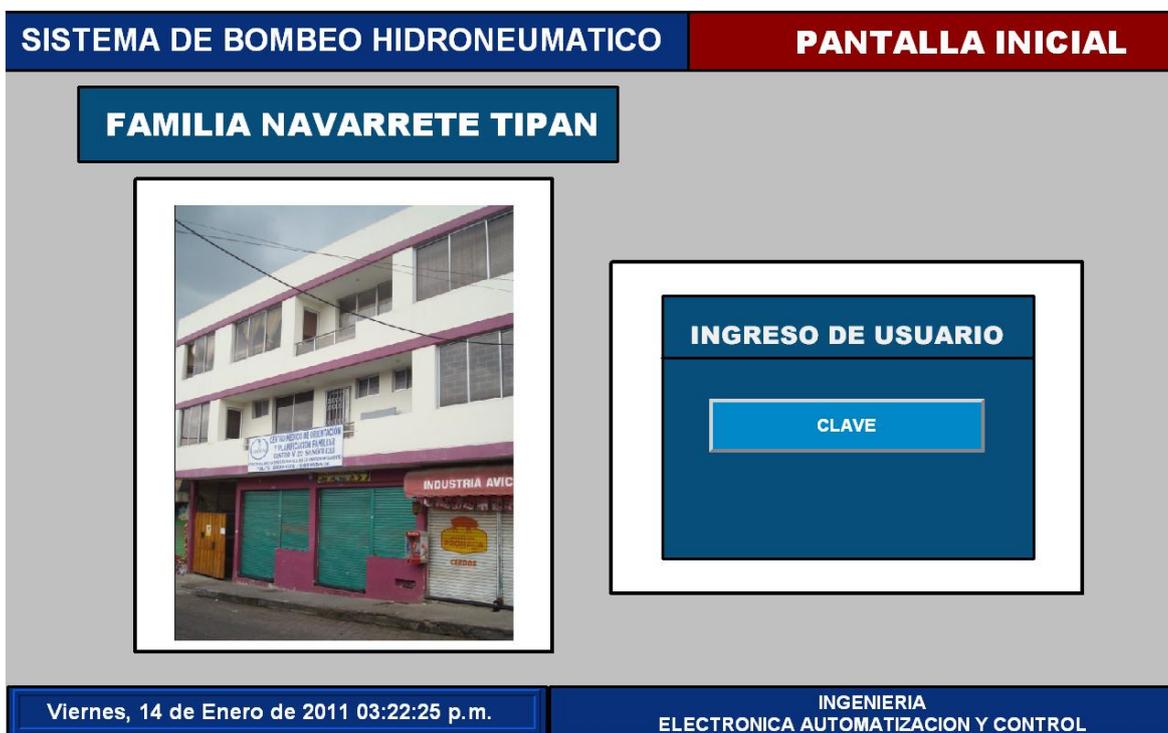


Figura 4. 21 Pantalla de Inicio

- **Modo de ingreso de usuario**

La interface está programada para tener dos usuarios los mismos que poseen una clave diferente. Los usuarios se pueden observar en tabla 4.14:

Tabla 4. 14 Usuarios del Sistema

USUARIO	CLAVE
INGENIERO	Ingeniero
OPERADOR	1234

- Pasos de Validación de Usuario

PASO 1

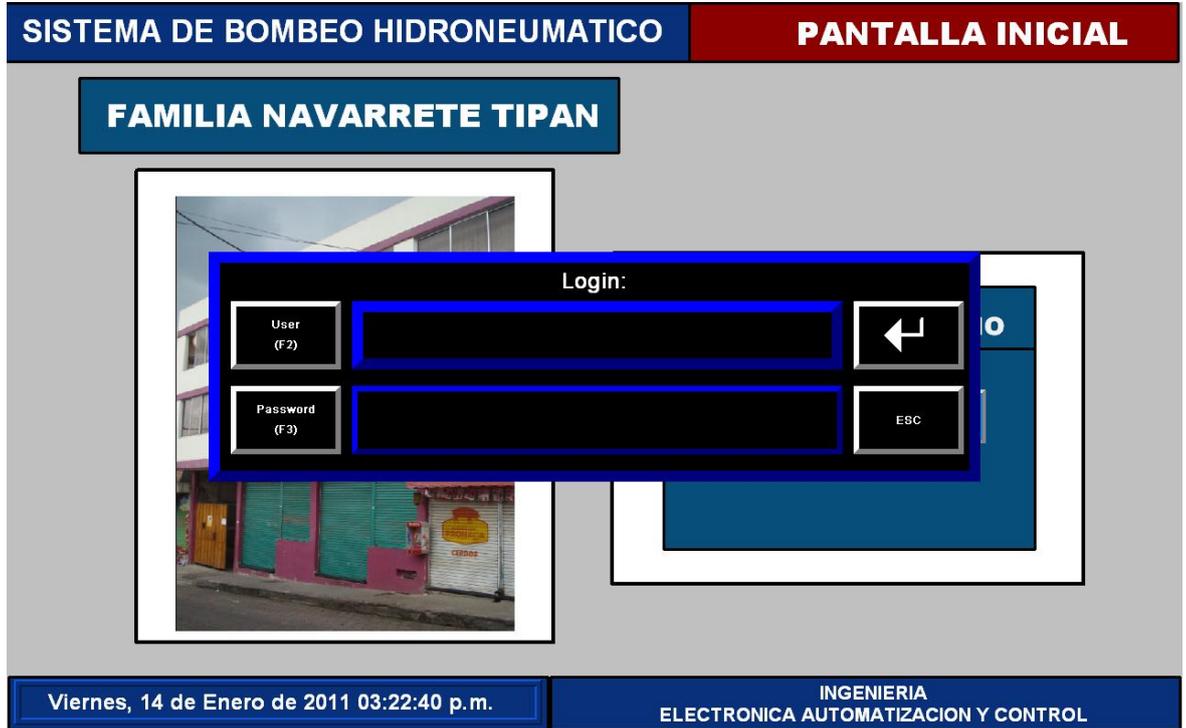


Figura 4. 22 Ventana de Ingreso de Usuario

PASO 2



Figura 4. 23 Ventana de tipado para ingreso de Usuario

PASO 3

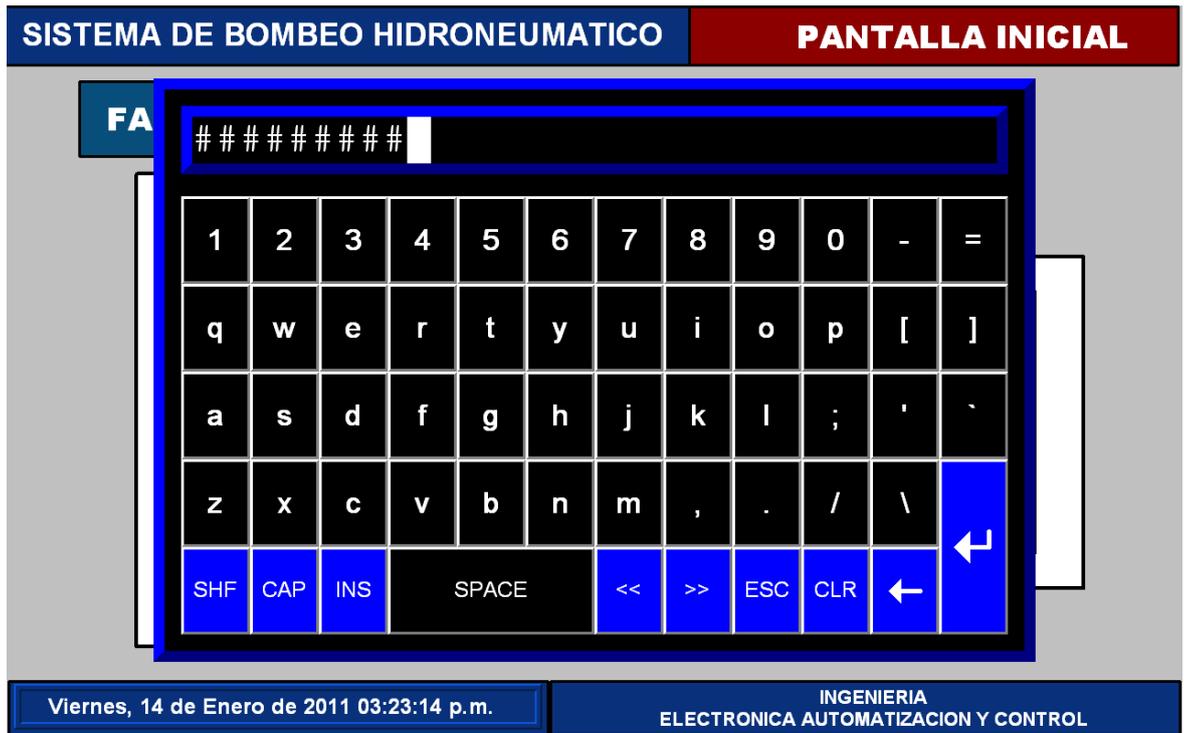


Figura 4. 24 Ventana de tipiado para ingreso de clave

PASO 4



Figura 4. 25 Ventana de Aceptación de Usuario

Como indica en las figuras 4.22 a la figura 4.25, existen cuatro pasos para poder acceder a la interface, los mismos que son ingreso de usuario, validación de usuario, validación de clave y si todos los pasos anteriores están correctamente tipados el último paso es la habilitación del botón de acceso.

Pantalla de Enlace

La pantalla de enlace posee dos ventanas una de visualización del sistema global y otra ventana de acceso, la misma que distribuye al operador en toda la interface.

En la figura 4.26 se puede visualizar de manera específica la pantalla de enlace del sistema.

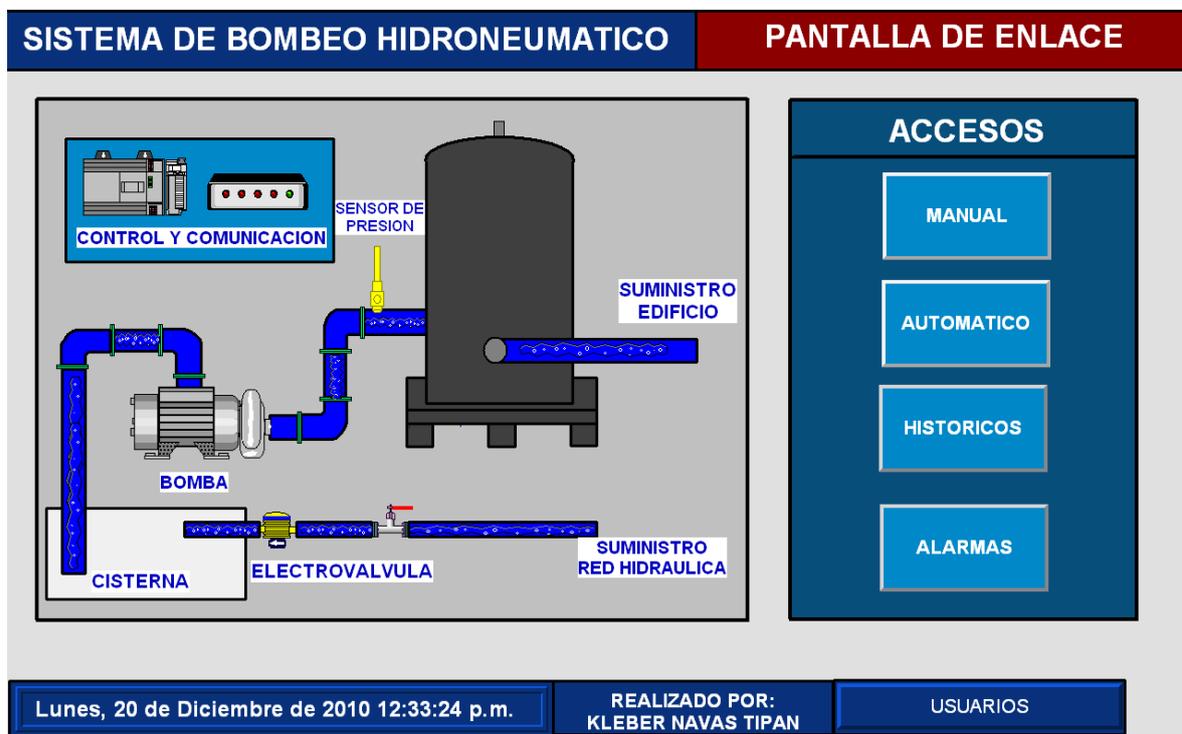


Figura 4. 26 Pantalla de Enlace

Pantalla de Control Manual

La pantalla de control manual posee cuatro ventanas de accionamiento y dos ventanas de visualización para el enlace con el control de nivel y el control de presión.



Figura 4. 27 Pantalla Control Manual

En la figura 4.27 se puede visualizar de manera clara el accionamiento y apagado de bomba, filtro de ozono, electroválvula y alarma. Y en la parte inferior se observa el acceso a la pantalla de control de nivel y control de presión.

Pantalla control de nivel

En la figura 4.28 se puede observar la cisterna del proceso la misma que posee los tres indicadores de estado de las boyas de nivel, de manera adicional se posee botones de accionamiento de la electroválvula.

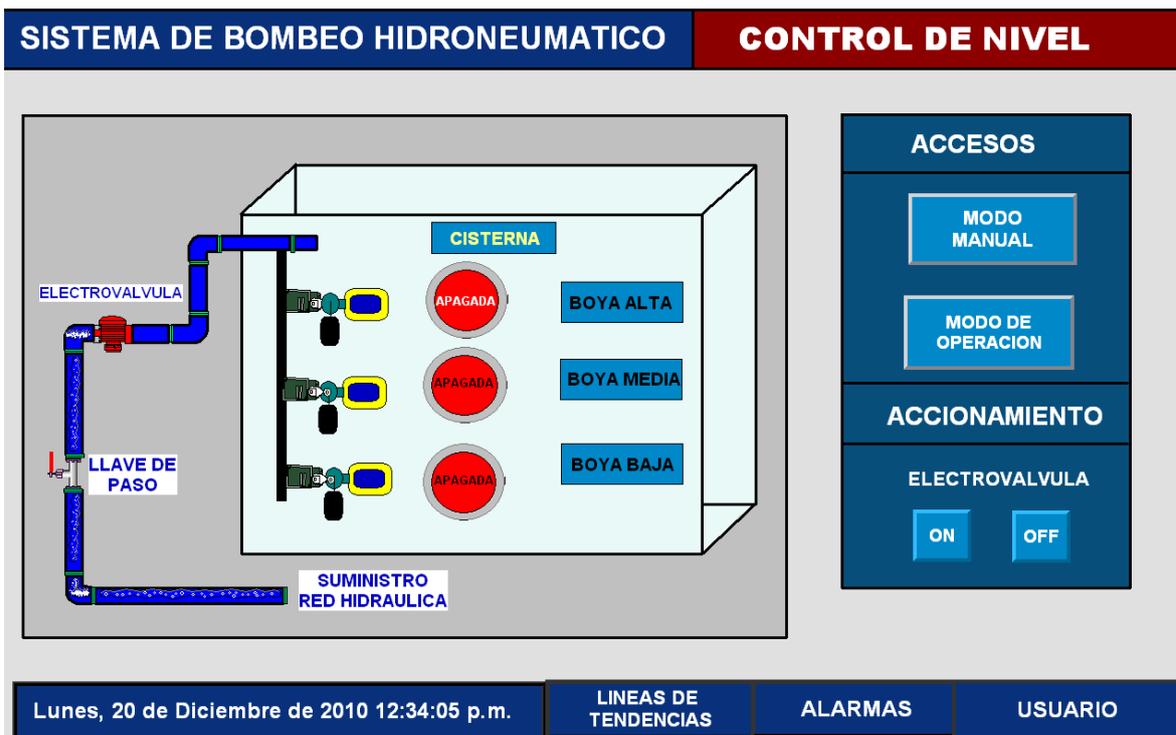


Figura 4. 28 Pantalla Control De Nivel

Pantalla de Alerta de sistema de Nivel



Figura 4. 29 Alerta de Nivel

En la figura 4.29 se puede visualizar la alarma de alerta para el accionamiento de la electroválvula, la misma que está diseñada para no dejar encenderla, debido que el nivel de agua en la cisterna está en nivel alto por lo que se encuentra llena.

Pantalla control de presión

En la figura 4.30 se puede observar el sistema de presión con su respectivo sensor, se encuentra establecido un slider de valores que determinan el rango de funcionamiento del sensor que es de 20

a 50 PSI's, de manera adicional se posee botones de accionamiento de la bomba, cabe recalcar que el sistema no se encenderá si la presión se encuentra en presión máxima debido que daría una alarma en el sistema.

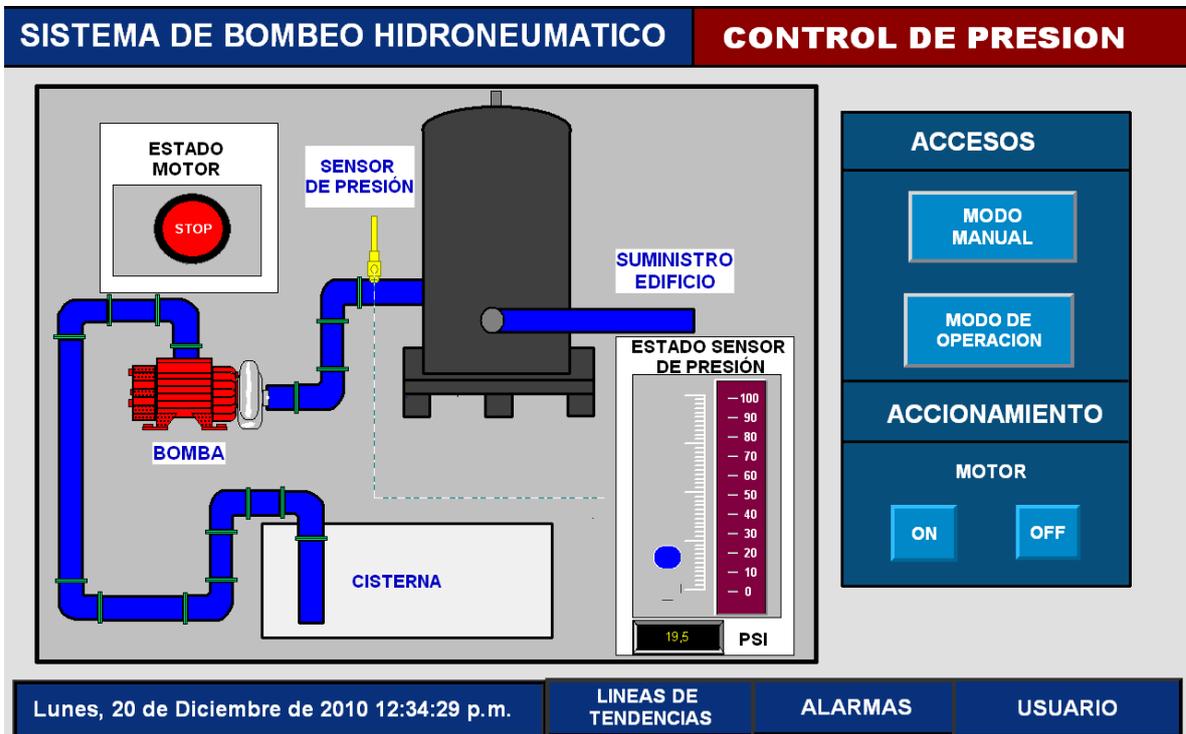


Figura 4. 30 Pantalla Control de Presión

Pantalla de Alerta sistema de Presión



Figura 4. 31 Alerta de Presión

En la figura 4.31 se puede visualizar la alarma de alerta para el accionamiento de la bomba, dado que la presión en el tanque se encuentra en 50 PSI, el nivel de presión está en su punto máximo no se accionará la bomba.

Pantalla Control de Automático

En la figura 4.32 se puede observar de manera global todo el sistema implementado, cabe recalcar que esta pantalla es solamente de supervisión del sistema de control realizado en la programación del PLC.

Se posee en la pantalla la visualización del estado de las boyas de nivel, valor en tiempo real del sensor de presión, estado de filtro de ozono, estado de bomba de agua, estado de electroválvula, alarmas, históricos y navegabilidad para todo el HMI.

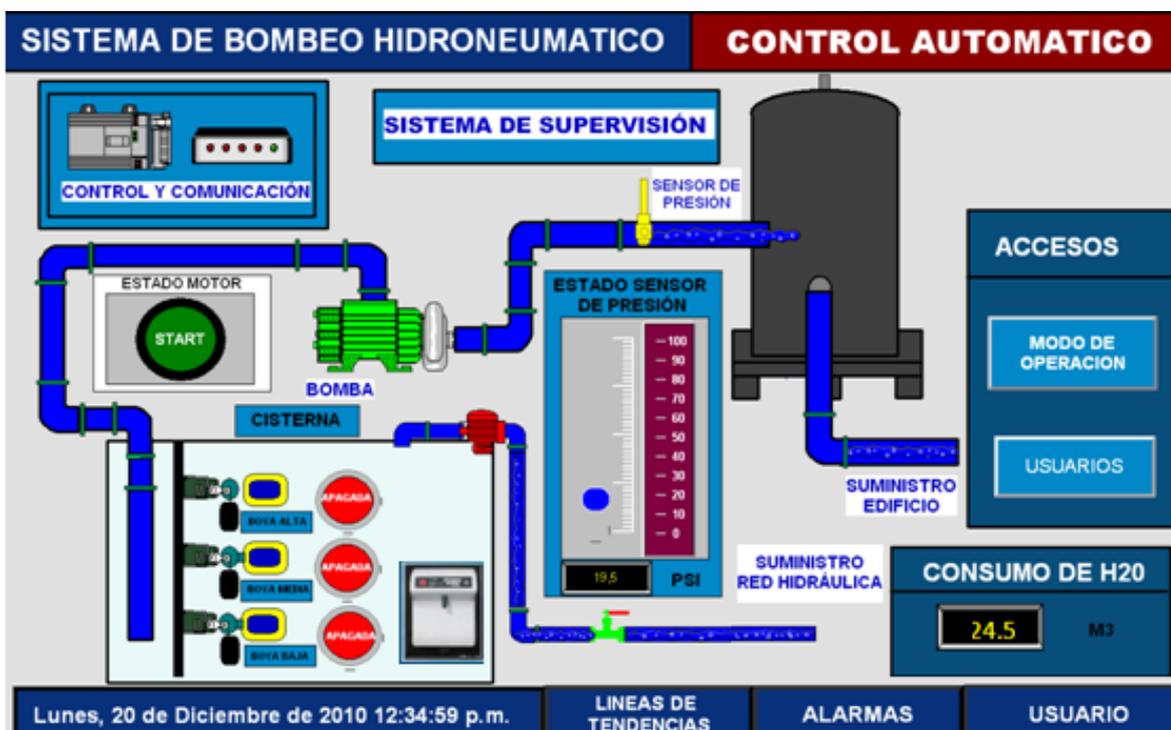


Figura 4. 32 Pantalla Control Automático

Pantalla de Históricos

En la figura 4.33 se puede observar la interacción de la señal del sensor de presión en tiempo real, la visualización de la variable es imprescindible para comprobar el ciclo de funcionamiento de la

bomba, determinando horas picos de funcionamiento diario, horas de llenado de cisterna y sobre todo arranque de bomba.

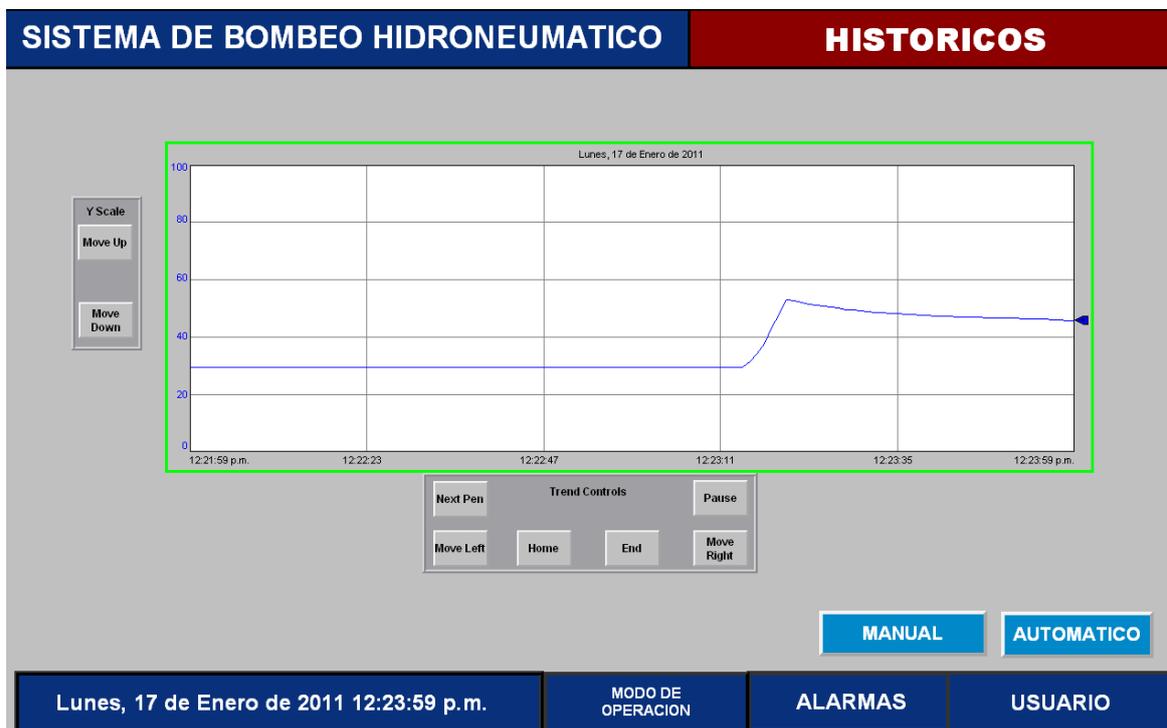


Figura 4. 33 Pantalla de Históricos

Pantalla de Alarmas

En la figura 4.34 se puede observar los accionamientos de alarmas ya programadas y establecidas en el sistema que son las siguientes:

- Alarma de sobrecarga en arranque de bomba
- Alarma de presión elevada en el sistema
- Alarma de llenado de nivel boya baja
- Alarma de llenado de nivel boya media
- Alarma de llenado de nivel boya alta
- Alarma de desborde en boya alta

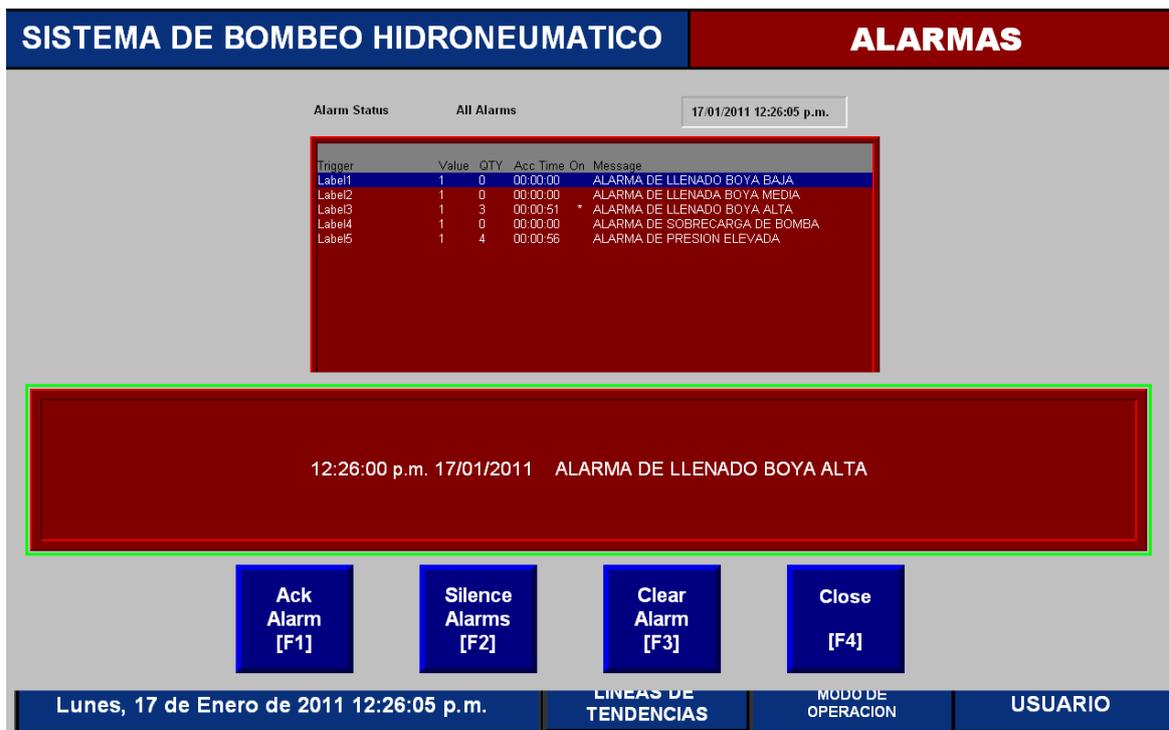


Figura 4. 34 Pantalla de Alarmas

4.3.4.2 CÓDIGOS DE SEGURIDAD DE PANTALLAS

Tabla 4. 15 Códigos de Seguridad de Pantallas

NOMBRE DE PANTALLAS	ASIGNACIÓN
Pantalla principal	A
Pantalla de distribución	B
Pantalla control manual	C
Pantalla de nivel	D
Pantalla de presión	E
Pantalla de control automático	F
Pantalla de alarmas	G
Pantalla de históricos	H

La distribución de pantallas se encuentra determinada según el usuario; el usuario INGENIERO tiene la capacidad de ingreso a

todas las pantallas y el usuario OPERADOR solo puede ingresar a las pantallas de asignación A, B, F, G, H.

NOTA:

En el anexo 6 se determina el desarrollo de la programación de la interface gráfica de todos los botones, históricos, alarmas, animaciones, de todo el sistema

4.4 Enlaces Operativos

Los enlaces operativos se encuentran determinados por la funcionabilidad del sistema, es decir determinan el correcto funcionamiento de todos los equipos instalados en el sistema de modo de garantizar su correcto funcionamiento.

4.4.1 PLC con Sensores

Respecto a la activación de los sensores y el control mediante el PLC, es representado de la siguiente manera.

4.4.1.1 VERIFICACIÓN DE ESTADO DE PLC

- **Uso de LCD y TECLADO del PLC**

Es de gran importancia saber visualizar los indicadores de estado tanto para entradas y salida del PLC, debido que los mismos son de gran ayuda para la verificación de fallos en el sistema, un ejemplo de explicación puede ser el siguiente, en el LCD se encuentra accionada la salida cero y el contactor de accionamiento de bomba esta desactivado, con lo cual se puede determinar que existe una falla en el cableado de accionamiento del mismo.



Figura 4. 35 Pantalla LCD y Teclado de PLC

En la figura 4.36 se puede visualizar el LCD y Teclado del PLC, a su lado izquierdo permite visualizar los indicadores led de funcionamiento en color verde, si existiera algún error en la programación del PLC el indicador led parpadeara de color rojo.

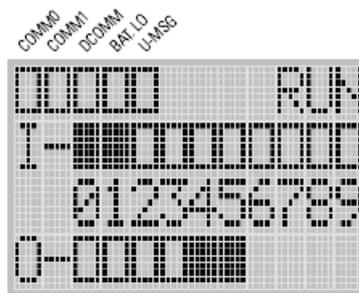


Figura 4. 36 Descripción de Pantalla LCD

En la figura 4.37 se observa la pantalla de I/O Status la misma que se explicó anteriormente, indica que la entrada 0 y la entra 1 se encuentran activas mientras que en las salidas se encuentran activas la 4 y la 5.

- **DESCRIPCIÓN**

En la figura 4.38 se puede visualizar de manera global el funcionamiento de la pantalla de cristal líquido del PLC, la misma

que será de gran ayuda para verificar el correcto funcionamiento de las entradas y salidas del controlador.

Como se explicó en las tablas 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9 se va a determinar la dirección y la descripción de las entradas y salidas del sistema.

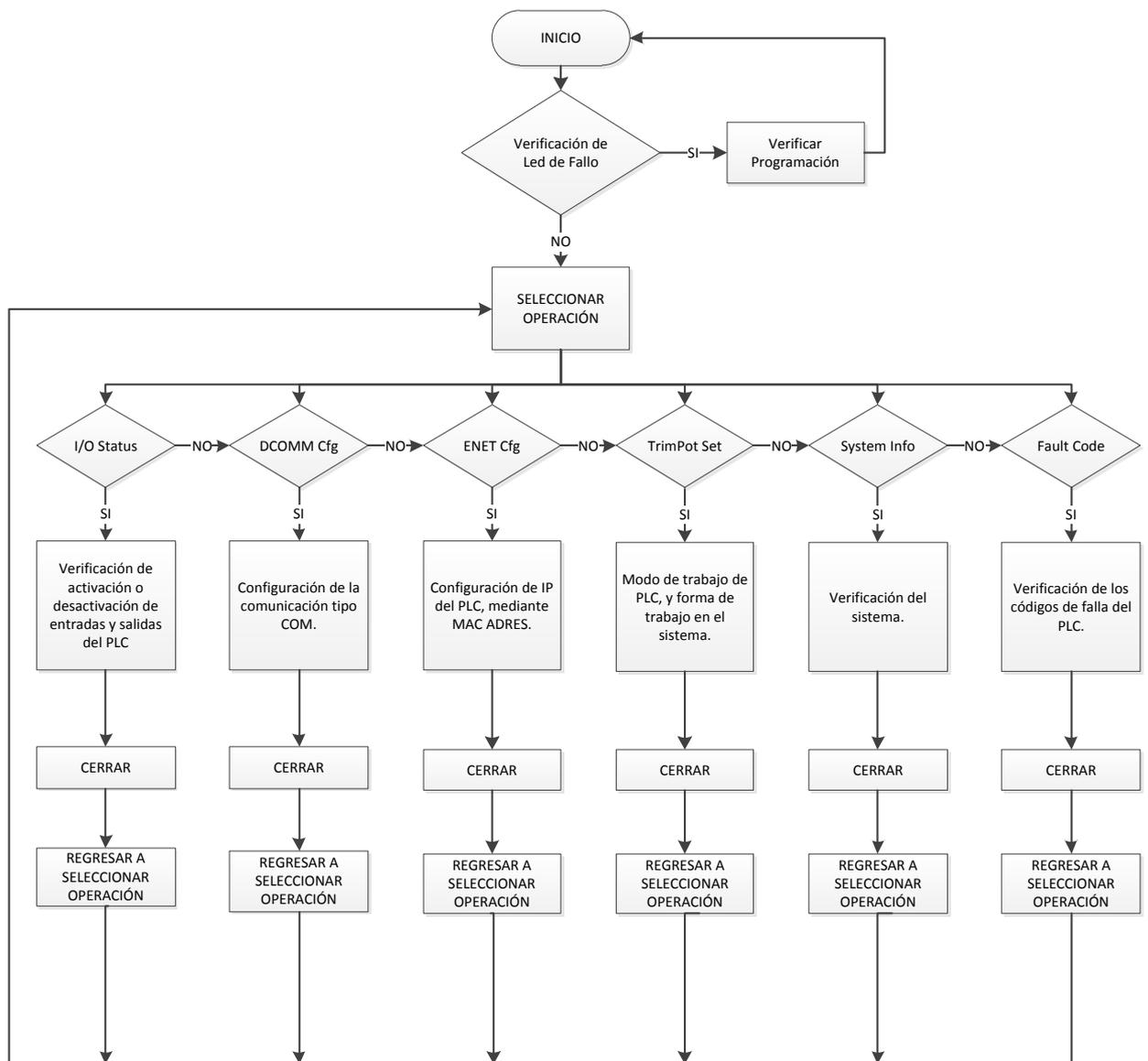


Figura 4. 37 Diagrama de Flujo Uso del LCD del PLC

- **PLC CON SENSORES DE NIVEL**

- **Nivel bajo**

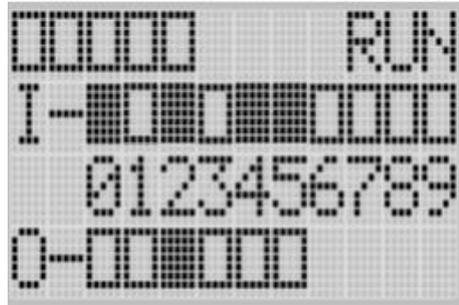


Figura 4. 38 Sensor de Nivel Bajo Accionado

En la figura 4.39 se puede observar la lógica de control de nivel:

El sistema se encuentra en automático, la Bomba de agua se encuentra apagada, el filtro de ozono se encuentra apagado y el sensor de nivel bajo se encuentra accionado, con lo cual la electroválvula que se encuentra en la salida número dos está accionada.

- **Nivel Bajo y Medio**

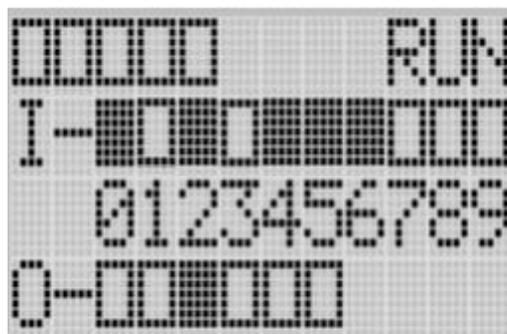


Figura 4. 39 Sensor de Nivel Bajo y Medio Accionado

En la figura 4.40 se puede observar la lógica de control de nivel:

El sistema se encuentra en automático, la Bomba de agua se encuentra apagada, el filtro de ozono se encuentra apagado y el

sensor de nivel bajo y medio se encuentran accionados, con lo cual la electroválvula en la salida número dos se encuentra accionada.

- **Nivel Bajo, Medio y Alto**

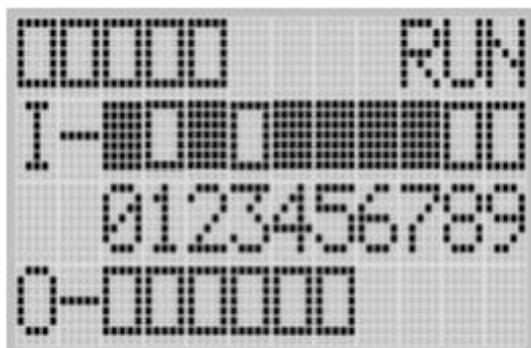


Figura 4. 40 Sensor de Nivel Bajo, Medio y Alto Accionado

En la figura 4.41 se puede observar la lógica de control de nivel:

El sistema se encuentra en automático, la Bomba de agua se encuentra apagada, el filtro de ozono se encuentra apagado y los sensores de nivel bajo, medio y alto se encuentran accionados, con lo cual la electroválvula en la salida número dos se encuentra desactivada debido que el nivel de llenado de la cisterna está completo.

Cabe mencionar que el sistema posee una lógica de control con Histéresis, mediante la cual se determina si el nivel de agua se encuentra llenando o si se encuentra vaciando, la misma que accionará o apagará la electroválvula según la lógica de control que se requiera.

- **PLC CON SENSOR DE PRESIÓN**



Figura 4. 41 Sensor de Presión Operando

Los datos del sensor de presión Allen Bradley 836E-DC1EN1-D4 como se puede visualizar en la figura 4.41 son correctamente adquiridos por el PLC Micrologix 1100, la herramienta utilizada en el programa RSLogix 500 es el SCP (*Scale with Parameters*), el mismo que facilita de una manera exacta y apropiada los límites máximos y mínimos y la toma de datos de la entrada de la señal.

PV_PRESION	
SCP	
Scale w/Parameters	
Input	I:1.0
	24102<
Input Min.	6241.0
	6241.0<
Input Max.	31206.0
	31206.0<
Scaled Min.	20.0
	20.0<
Scaled Max.	56.3
	56.3<
Output	F8:0
	45.55032<

Figura 4. 42 SCP De Programación

Como se puede visualizar en la figura 4.42 se ingresó de una manera apropiada los datos de escalamiento de la variable llamada PV_PRESION, los datos ingresados en la programación de SCP se presentan en la tabla 4.16:

Tabla 4. 16 Tabla de Datos SCP

Input	I:1:0
Input Min.	6241.0
Input Max.	31206.0
Scaled Min.	20
Scaled Max.	55
Output	F8:0

4.4.2 PLC con Arranque Bomba

El arranque de la bomba posee una dependencia con el sensor de presión; la lógica de control se encuentra programada de manera que cuando la presión del sistema baje de los 20PSI la bomba sea accionada y cuando llegue a los 50PSI la bomba se desconecte.

El rango de funcionamiento de la bomba es de 30PSI, los cuales garantizan una presión y caudal adecuado en toda la edificación.

Según las pruebas de funcionamiento la presión media estable en sistema se encuentra establecida según la hora del día, se puede visualizar en la tabla 4.17:

Tabla 4. 17 Presión Media Según Horas Diarias

PRESIÓN	HORA
40PSI	04h00 a 08h00
35PSI	08h00 a 18h00
45PSI	18h00 a 04h00



Figura 4. 43 Bomba de Agua MYERS Instalada

En la figura 4.43 se puede visualizar la bomba instalada en el sistema, la misma que posee las siguientes características:

4.4.2.1 Características

Como se puede visualizar en la tabla 4.18, se encuentran determinadas las características más importantes de la bomba, de acuerdo a la determinación de la capacidad de uso de galones por minuto con respecto a la presión de descarga, como se indica en la figura 4.44.

Tabla 4. 18 Características de la bomba Myers 2C200PE

Catalog No.		Motor HP	Motor Volts	Motor Required						Succión	Descarga
Complete Unit	Pump End			10	20	30	40	50	60		
2C200	2C200PE	2	230	47	46	44	41	35	27	1-1/4"	1"

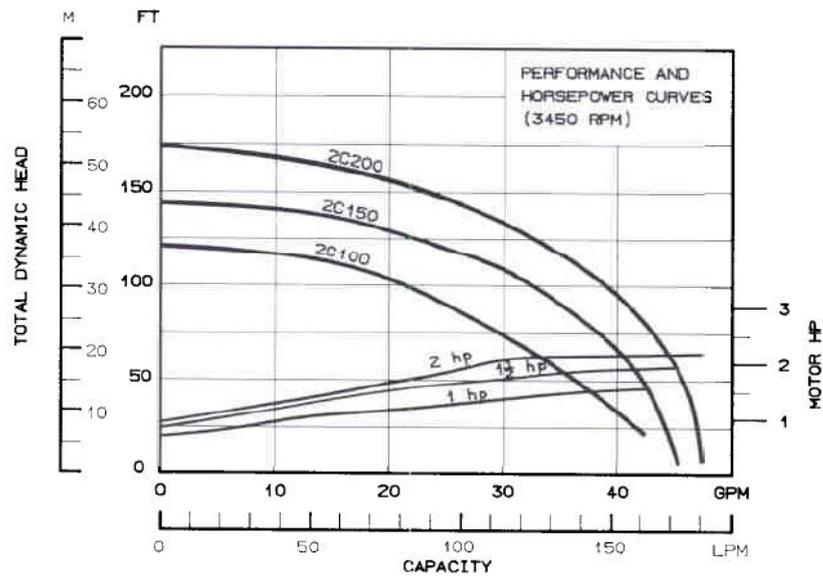


Figura 4. 44 Capacidad de usó de galones respecto las presión de la descarga

4.4.2.2 Lista de Partes de bomba centrifuga

En la figura 4.45 se puede visualizar las partes internas y externas de la bomba, con lo cual de una manera clara y sencilla se podrá determinar cualquier fallo, mientras que en la figura 4.46 se puede visualizar todos los nombres de las partes interiores.

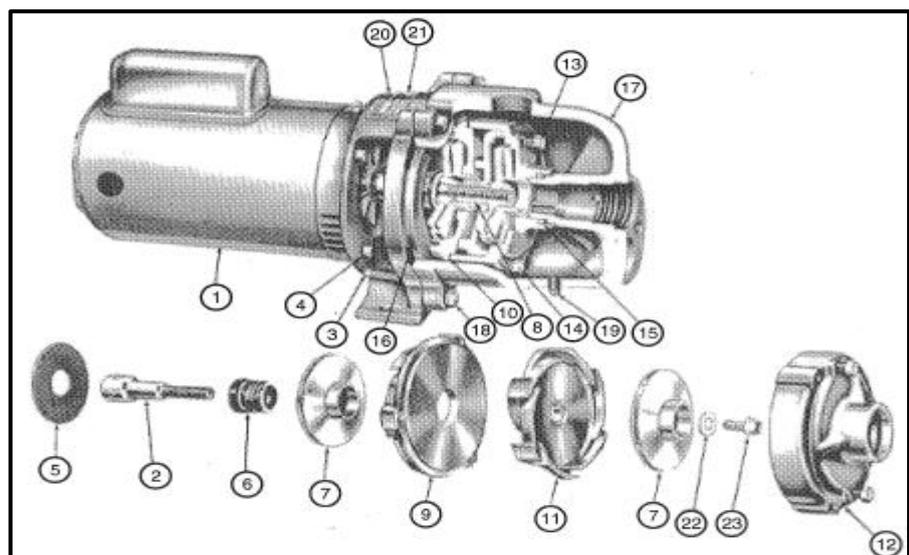


Figura 4. 45 Partes Internas y Externas de Bomba

Ref. No.	Description
1	Motor - 3450 rpm, 1 ph, 230 volt
2	Shaft w/set screws long headless hex, electroplated, for shaft
3	Bracket, motor
4	Cap Screw, $\frac{3}{8}$ "-16NC, $\frac{7}{8}$ " long
5	Deflector, rubber
6	Rotary Seal, for shaft
7	Impeller
8	Spacer Sleeve
9	Diffuser
10	Gasket, diffuser
11	Crossover, diffuser
12	Diffuser Housing
13	Cap Screw, $\frac{1}{4}$ "-20NC, $1\frac{1}{2}$ " long
14	Cap Screw, $\frac{1}{4}$ "-20NC, $2\frac{3}{4}$ " long
15	"O" Ring, $1\frac{1}{2}$ " ID x $1\frac{3}{4}$ " OD x $\frac{1}{8}$ " thick
16	Gasket
17	Case
18	Cap Screw, $\frac{3}{8}$ "-16NC x $1\frac{1}{4}$ " long
19	Pipe Plug, $\frac{1}{8}$ " NPT Myers Emblem, vinyl
20	Nameplate
21	Drive Screw, nameplate
22	Impeller Retaining Washer
23	Socket Head Cap Screw, $\frac{1}{4}$ "-28NF x $\frac{3}{4}$ " long

Figura 4. 46 Lista de partes numeradas de bomba

4.4.3 PLC con sistema de purificación de agua mediante filtros de ozono.

4.4.3.1 OZONO

El ozono es una molécula de oxígeno, que difiere en el oxígeno común, debido a que este último está formado por dos átomos de oxígeno y el ozono por tres.

Se forma cuando una molécula de oxígeno común se escinde al aplicarle una energía suficiente, de tal forma que cada una de los dos átomos se unirían a una molécula de oxígeno formando dos moléculas de ozono como se puede visualizar en la figura 4.47.



Figura 4. 47 Moléculas de Ozono

El ozono fue descubierto en el año 1.785 por Von Marum que apreció su olor característico. Paso un tiempo para ser clasificado y ya en el año 1.840, Shümbein lo llamó 'OZONO' nombre que proviene del griego que significa 'olor'. Pero a pesar de esto, hasta 1.863 no se descubrió su verdadera naturaleza, ya que se creía que se trataba de un peróxido de hidrógeno. Ese año, Soret confirmó que se trataba de un compuesto formado por tres átomos de oxígeno. [26]

4.4.3.2 Propiedades del ozono:

Tabla 4. 19 Propiedades de Ozono

Peso molecular (PM)	48
Temperatura de condensación	- 112 ° C
Temperatura de fusión	-192,5 ° C
Temperatura Crítica	54 atm.
Densidad	1,32
Densidad (líquido a -182 ° C)	1.572 gr/cm 3
Peso del litro de gas (a 0° y 1 atm.)	1,144 gr.

En condiciones normales de presión y temperatura, el ozono es inestable; aumentando dicha inestabilidad por aumento de temperatura y humedad llegando a ser total por encima de los 200° C.

Su grado de mayor estabilidad lo alcanza a los -50°C y presión igual a 38 mm Hg, es decir, veinte veces menos que la presión atmosférica.

A temperatura ambiente, el ozono ataca lentamente a los compuestos orgánicos saturados aumentando dicho ataque a temperaturas de 78°C e incluso inferiores.

Frente a los compuestos orgánicos no saturados, forma ozónidos, compuestos muy inestables y que dan lugar a aldehídos, acetonas, ácidos carboxílicos, etc.

Después de lo anteriormente expuesto, podemos decir que **el ozono** es:

- Después del flúor, el compuesto más oxidante, debido a su facilidad para captar electrones.
- De fácil descomposición.
- En estado gaseoso es ligeramente azul, azul oscuro en fase líquida y rojo oscuro en fase sólida.
- Presenta estructura molecular típicamente angular entre los tres átomos de oxígeno que componen su molécula.
- En igualdad de condiciones, además, es más estable en el agua que en el aire.

De forma natural, el ozono se encuentra fundamentalmente en la estratosfera, a una altura de entre 10 y 50 kilómetros formando la famosa capa de ozono, que permite la protección de la radiación ultravioleta proveniente del sol y que produce daños genéticos muy

peligrosos absorbiendo la más que considerable cantidad de un 97% a un 99% de la cantidad total de radiación UV que llega a la Tierra.

4.4.3.3 Proceso

La radiación absorbida por una molécula de oxígeno hace que esta se escinda en dos átomos de oxígeno como se puede visualizar en la figura 4.48.

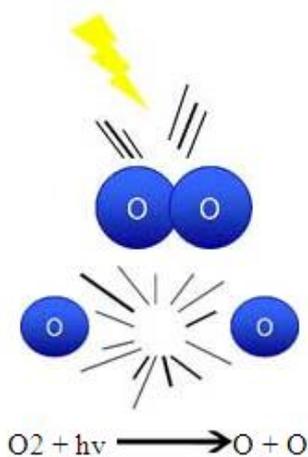


Figura 4. 48 Radiación Obtenida por Oxígeno

Cada uno de estos átomos, tal como se había comentado, se une a una molécula de oxígeno para dar otra de ozono, como se puede visualizar en la figura 4.49.

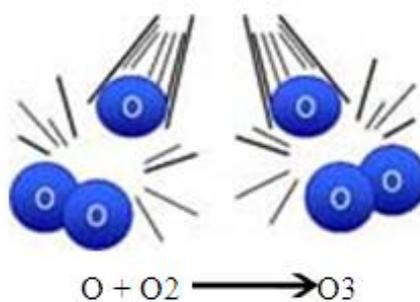


Figura 4. 49 Mezcla de Átomos con Molécula de Oxígeno

Finalmente la molécula de ozono formada se destruye de nuevo absorbiendo más radiación ultravioleta, como se puede visualizar en la figura 4.50.

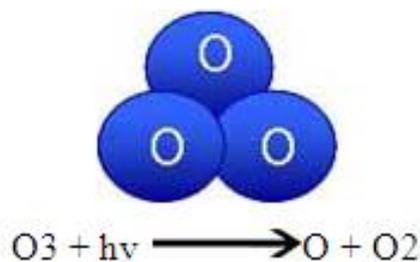
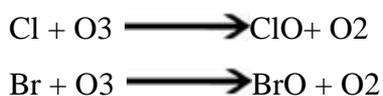


Figura 4. 50 Molécula de Ozono

De esta manera se está absorbiendo energía ultravioleta en un ciclo cerrado de formación y destrucción de ozono.

Sin embargo en la década de los 80 comenzó a apreciarse una importante disminución del ozono en las capas estratosféricas de la Antártida. La causa de este llamado agujero en la capa de ozono radica en las moléculas halogenadas de origen antrópico que provocan una mayor destrucción de la molécula de ozono sin absorber radiación ultravioleta:



Un sólo átomo de cloro o de bromo puede destruir muchas moléculas de ozono ya que el ClO y el BrO se descomponen de nuevo según la siguiente reacción:



Provocando un ciclo cerrado de eliminación de ozono con causas desastrosas para la naturaleza humana.

Sin embargo, no sólo el ozono se encuentra presente en la estratosfera, también existe un ozono troposférico que en ocasiones podemos encontrar a nuestro alrededor. Posee un altísimo valor oxidante, mayor que el del oxígeno, el cloro u otros oxidantes conocidos; de hecho, según las condiciones, el ozono puede llegar a tener un poder desinfectante de 300 a 3000 veces superior al cloro.

De forma natural se produce en procesos aislados, como puede ser la caída de un rayo o en ciertas condiciones de contaminación urbana asociado a efectos fotoeléctricos.

Debido a su altísimo poder oxidante y desinfectante comenzó a usarse para una gran cantidad de aplicaciones enfocadas al tratamiento de aguas, aires y eliminación de olores.

4.4.3.4 Ventajas del uso de ozono

- El ozono posee un altísimo aumento en la eficacia de la desinfección en relación con otras especies desinfectantes provocando la eliminación e inactivación de virus, bacterias, hongos, esporas, algas y protozoos.
- Elimina una gran cantidad de sustancias perjudiciales, las cuales oxida como el hierro o el manganeso descomponiendo detergentes, pesticidas, herbicidas, trihalometanos y neutralizando cianuro, amoniacos, nitritos, urea, etc.
- Elimina todo tipo de olores y colores en el agua.
- Provoca un aumento en la claridad del agua y el rendimiento de los filtros, ya que actúa como floculante.

- Para el tratamiento de piscinas, el ozono es el más eficaz que se conoce. Además de mejorar sustancialmente la calidad de desinfección de una piscina tratada con cloro evita muchos de los problemas que éste tratamiento tradicional conlleva. Se refiere al típico olor a piscina producido por la formación de cloraminas, irritaciones, malestares, asma, trajes de baño desteñidos, etc.
- El empleo del cloro también tiene consecuencias de desgastes estructurales en las instalaciones debido a la corrosión que produce y en ocasiones su almacenamiento origina problemas tanto de corrosión como de seguridad por la manipulación de esta sustancia. Además de esto, el efecto floculante del ozono así como su capacidad de destrucción de la materia orgánica, permite un aumento en la eficacia de los filtros, y por tanto una transparencia del agua sin precedentes en otros tipos de tratamiento.
- Se evita la manipulación y el manejo de sustancias químicas que pueden resultar peligrosas como el cloro.
- Pero, sobre todo, la ausencia de cloraminas y todo tipo de compuestos derivados del cloro que como veremos resultan altamente molestos y perjudiciales para la salud.

4.4.3.5 DESINFECCIÓN

En términos prácticos, desinfectar el agua significa eliminar de ella los microorganismos existentes, capaces de producir enfermedades. En la desinfección se usa un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos, que pueden transmitir enfermedades utilizando el agua como vehículo pasivo.

La desinfección es un proceso selectivo: no destruye todos los organismos presentes en el agua y no siempre elimina todos los organismos patógenos. Por eso requiere procesos previos que los eliminen mediante la coagulación, sedimentación y filtración.

Pero cuál es la utilidad de la desinfección: El uso de la desinfección como parte de un proceso de tratamiento del agua puede obedecer a los siguientes objetivos:

- a) Reducir el contenido inicial de contaminantes microbiológicos en el agua cruda (pre desinfección). Este proceso se utiliza solo en casos especiales.
- b) Desinfectar el agua luego de la filtración. Constituye el uso más importante.
- c) Desinfección simple de un agua libre de contaminantes fisicoquímicos que no requiere otro tratamiento.

Existen múltiples agentes desinfectantes tanto físicos y químicos. El más conocido es el cloro, ya que quién no ha utilizado la frase: 'esta agua sabe a cloro'. Lo que se quiere dar a conocer a través de estas líneas, es que en la actualidad se dispone de un método de desinfección mucho más potente y eficaz que el cloro pero que aún es un gran desconocido, se trata del ozono.

DESINFECCIÓN CON OZONO

Con el aumento de la población mundial se produce una mayor demanda de agua y alimentos, pero también el que cada vez se incrementa más población en este planeta trae consigo un aumento de la contaminación de los recursos disponibles.

El agua utilizada por el hombre con fines domésticos, industriales y agrícolas vuelve a los cauces de los ríos y a los lagos con una carga de contaminantes físicos, químicos y biológicos, entre ellos los microorganismos, en una cantidad considerable.

Se dice que el mayor enemigo de la naturaleza es el hombre, las distintas actividades industriales que desarrolla en pro de conseguir nuevos avances industriales en ocasiones son la causa de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Los contaminantes pueden tener diferente origen aunque siempre provocan el mismo efecto; pueden proceder de una agricultura intensiva debido al uso de fertilizantes y pesticidas: la aplicación excesiva e incorrecta de abonos y las prácticas de riego favorecen el lavado de nitratos, su incorporación a las corrientes de aguas superficiales y su infiltración a los acuíferos subterráneos, por otra parte algunos de los productos químicos utilizados en el control de las enfermedades de las plantas tienen una notable resistencia a la degradación, persistiendo un largo periodo de tiempo en el suelo.

4.4.3.6 EFECTOS PRINCIPALES DE OZONACIÓN DEL AGUA POTABLE

1. Desinfección bacterial e inactivación viral.
2. Oxidación de inorgánicos como hierro, manganeso, metales pesados ligados orgánicamente, cianuros, sulfuros y nitratos.
3. Oxidación de orgánicos como detergentes, pesticidas, herbicidas, fenoles, sabor y olor causados por impurezas.

La acción del ozono en cada uno de estos casos es como sigue:

DESINFECCIÓN E INACTIVACIÓN VIRAL:

Bacterias y la inactivación viral se relacionan con la concentración del ozono en el agua y su duración de contacto con los microorganismos. Las bacterias son las que más rápidamente son destruidas.

Las bacterias E-Coli son destruidas por concentraciones de ozono de un poco más de 0,1 mg/litro y una duración de contacto de 15 segundos a temperaturas de 25 °C y 30 °C. *Streptococcus tecalis*⁸ son destruidos mucho más fácilmente. A concentraciones de ozono de aproximadamente 0,025 mg/litro, se obtiene un 99,9% de inactivación en 20 segundos o menos a ambas temperaturas.

Los virus son más resistentes que las bacterias. Estudios pioneros por científicos de Salubridad Pública Francesa en los años 60 han demostrado que el poliovirus tipos I, II y III quedan inactivados por medio de exposición a concentraciones de ozono disuelto de 0,4 mg/litro por un período de contacto de cuatro minutos.

OXIDACIÓN DE INORGÁNICOS:

En el caso del hierro, el manganeso, y de varios compuestos arsénicos, la oxidación ocurre muy rápidamente, dejando compuestos insolubles que se puede quitar fácilmente por medio de un filtro de carbón activado. Iones de sulfuro son oxidados a iones sulfatos, una sustancia inocua.

⁸ *Streptococcus tecalis*, es una de las bacterias más importantes en patología humana. Este ubicuo organismo es la causa bacteriana más frecuente de faringitis aguda y también da lugar a una gran variedad de infecciones cutáneas y sistémicas., *Streptococcus tecalis*, <http://www.higiene.edu.uy/cefa/Libro2002/Cap%2018.pdf> , 25 de Enero del 2011

OXIDACIÓN DE ORGÁNICOS:

El ozono es un agente muy poderoso en el tratamiento de materiales orgánicos. Los orgánicos son naturales (ácidos de humectación y fúmicos) o sintéticos (detergentes, pesticidas) en esencia. Algunos orgánicos reaccionan con ozono muy rápidamente hasta la destrucción, dentro de minutos o aún segundos (fenol, ácido fórmico), mientras otros reaccionan más lentamente con ozono (ácidos de humectación y fúmicos, varios pesticidas, tricloretoano etc.).

En algunos casos, los materiales orgánicos son oxidados solamente parcialmente con ozono. Una ventaja principal de oxidación parcial de materiales orgánicos es que al oxidarse parcialmente, los materiales orgánicos se polarizan mucho más que originalmente, produciendo materiales insolubles complejos que se pueden quitar con filtros de carbón activado.

ELIMINACIÓN DE TURBIDEZ:

La turbidez del agua se elimina por ozonización a través de una combinación de oxidación química y neutralización de carga.

Las partículas coloidales que causan turbidez son mantenidas en suspensión por partículas de carga negativas que son neutralizadas por el ozono. El ozono además destruye los materiales coloidales por medio de la oxidación de materias orgánicas.

ELIMINACIÓN DE OLORES, COLORES Y SABORES:

La oxidación de la materia orgánica, metales pesados, sulfuros y sustancias extrañas, produce la supresión de sabores y olores extraños que el agua pudiera contener, proporcionando una

mejora en la calidad y el aspecto del agua, haciéndola más adecuada para su consumo y disfrute.

4.4.3.7 EL TRATAMIENTO DE AGUA CON OZONO

La técnica se basa, fundamentalmente, en lograr un tiempo de contacto adecuado del agua, con la cantidad adecuada de ozono.

Concentraciones de entre 0.5 y 0.8 mg/l de ozono durante unos tres o cuatro minutos son suficientes para conseguir una calidad de agua excepcional y desinfectada.

Tras el tratamiento, el ozono se descompone en oxígeno tras varios minutos no dejando ningún tipo de residual, pero por consiguiente, tampoco existirá ningún residual desinfectante que pudiera prevenir el crecimiento bacteriológico.

En los casos en los que sea necesario asegurar que el agua de consumo ha sido recién tratada con ozono, el sistema de ozonización se realizará en un depósito con un caudal de recirculación, en donde mediante un inyector Venturi se añadirá la producción de ozono adecuada, esta cantidad de ozono y por tanto, la concentración de ozono residual en el depósito depende, en primer lugar, de las características de producción del equipo, y en segundo lugar, del tiempo de funcionamiento y parada del mismo.

Es decir, mediante el temporizador, es posible aumentar y disminuir el tiempo de producción y de parada consiguiendo en estado estacionario una mayor o menor concentración de ozono.

Para sistemas más complejos de regulación y control puede instalarse una sonda de medición de ozono residual en el agua que actúe directamente sobre la producción del equipo para alcanzar el

valor de consigna preestablecido como el ideal de concentración de ozono en el agua.

En función del tipo de instalación y la demanda pueden existir otras muchas posibilidades como puede ser inyectar el ozono directamente en la tubería mediante un by-pass o instalar el generador de ozono directamente en el grifo de consumo.

En definitiva, un tratamiento con ozono nos permite disfrutar de un agua de excelente calidad libre de microorganismos patógenos y en ausencia de cloro y todos los problemas que este agente biocida⁹ conlleva. [27]

4.4.4 EXPLICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

El sistema de purificación de agua fue implementado después de un estudio exhaustivo el mismo que tuvo los siguientes pasos a seguir:

1. Realizar análisis de agua de la edificación en el aspecto Físico, químico y microbiológico.
2. Determinar el volumen de agua en la cisterna para dimensionar filtro de ozono.
3. Con los resultados de los análisis de agua, determinar sistema de ozono a usar.
4. Implementación en el sistema de bombeo con la capacidad de accionamiento manual y automático.

⁹ **Biocida**, son aquellos destinados a destruir, neutralizar, impedir la acción o ejercer control de otro tipo sobre cualquier microorganismo dañino por medios químicos o biológicos., **Biocida**, <http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/biocida.htm>, 25 de Enero del 2011

4.4.4.1 DESARROLLO

PASO 1

ANÁLISIS

Los análisis fueron realizados por Laboratorio LASA, como se puede visualizar en la figura 4.51, Dicho Laboratorio cumplen normas nacionales las cuales mantienen el sistema de calidad Acreditado Bajo Norma NTE ISO/IEC 17025:2005, registro numero LEA-030. Se puede visualizar la norma en el **ANEXO 7**. [28]

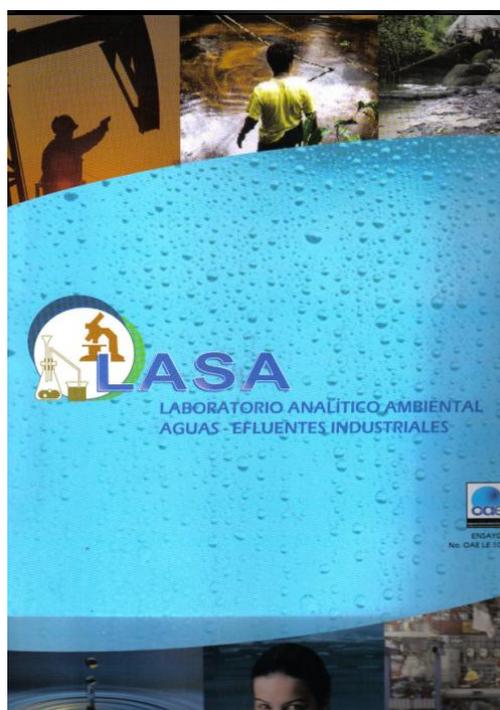


Figura 4. 51 Laboratorios LASA

Los resultados que se obtuvieron de las muestras de agua de la edificación se pueden visualizar en el **ANEXO 8**.

El mismo que determina que el agua de ingreso o de llenado de la cisterna se encuentra en condiciones óptimas para el consumo humano.

Laboratorio LASA como ente que realizo las pruebas Físicas, Químicas y Microbiológicas a cargo del Dr. Marco Guijarro Gerente de Laboratorio el cual determinan que:

DE ACUERDO A LOS ENSAYOS REALIZADOS LA MUESTRA CUMPLE CON LA NORMA INEN 1108 DE MICROBIOLOGÍA.

PASO 2

VOLUMEN DE AGUA

En la figura 3.20 se puede visualizar las dimensiones de la cisterna, obteniendo como resultado un total de $7.1415 m^3$, los mismos que serán representados según el fundamento de cantidades de agua para filtros de ozono.

La técnica se basa, fundamentalmente, en lograr un tiempo de contacto adecuado del agua, con la cantidad adecuada de ozono.

Concentraciones de entre 0.5 y 0.8 mg/l de ozono durante unos tres o cuatro minutos son suficientes para conseguir una calidad de agua excepcional y desinfectada.

PASO 3

DETERMINACIÓN DE SISTEMA

En la figura 4.52 se puede visualizar el filtro de ozono a ser usado en la purificación de agua, el sistema de bombeo hidroneumático estará en la capacidad de abastecer a toda la edificación líquido puro para el consumo humano.



Figura 4. 52 Filtro de Ozono DELzone

PASO 4

IMPLEMENTACIÓN

Después de realizar los anteriores pasos el sistema se encuentra en la capacidad de proceder con la instalación del mismo.

Pruebas de funcionamiento

A continuación se procederá con las pruebas de explicación del filtro:

1. Accionamiento Eléctrico

En la figura 4.53 se puede visualizar el botón de accionamiento del filtro de ozono, la alimentación del filtro es de 110VAC, posee indicadores de accionamiento, la luz roja indica que el sensor se encuentra inactivo, mientras que la luz verde indica el funcionamiento del equipo, posee un fusible para sobrecargas.



Figura 4. 53 Accionamiento Eléctrico Filtro DELzone

2. Verificación filtro de impurezas

En la figura 4.54 se puede visualizar el filtro de impurezas, con lo cual en momento de distribuir O₃ a la cisterna de Agua, el gas ingresa de forma ligera y adecuada.



Figura 4. 54 Filtro de Impurezas

3. Verificación de salida de O₃

La manera más sencilla de verificar que el O₃ se encuentra accionado y saliendo del equipo es realizar una prueba pequeña pero muy certera que es la visualización en agua la formación de burbujas de gas O₃ como se puede visualizar en la figura 4.55.



Figura 4. 55 Verificación Salida de O3

4. Verificación de temporizador en automático

La programación del PLC para la activación del filtro de ozono se encuentra establecida de dos maneras, accionamiento manual y accionamiento automático,

En el accionamiento manual el operador se encuentra en la capacidad de accionar desde el tablero de control y desde el HMI; en el modo automático el filtro será accionado automáticamente después de 5 segundos, el filtro posee un accionamiento interno que utiliza un temporizador, el filtro se acciona por 30 minutos, después se apaga durante 30 minutos, cumpliendo ciclos constantes de encendido y apagado, en la figura 4.56 se puede visualizar el temporizador usado en el sistema.



Figura 4. 56 Temporizador del Filtro DELzone

4.5 Pruebas de Funcionamiento de sistema de bombeo hidroneumático.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente las pruebas de funcionamiento del sistema son excelentes, cabe recalcar que el diseño implementado en la teoría de los sistemas hidroneumáticos ha sido correcto, debido que la edificación posee H₂O de buena calidad y con una presión adecuada tal cual como se planificó.

En la figura 4.57 se puede visualizar la implementación del sistema bomba - tanque y tanque - sensor.

La presión del tanque varía un máximo de 3 PSI y en el arranque de la bomba no posee picos, la corriente máxima es 27A.



Figura 4. 57 Sistema de Bombeo

En la figura 4.58 se puede visualizar el tablero de control del sistema, el cual se encuentra instalado de acuerdo a normas de cableado estructurado y a una distancia prudente de todo el sistema.



Figura 4. 58 Tablero de Control

El tablero posee el control total del sistema, el mismo que se encuentra conectado con el filtro de ozono como indica la figura 4.59.

El filtro de ozono como todo el sistema tiene la posibilidad de ser accionado de manera manual y automática.

Las luces indicadores muestran al operador de una manera rápida que equipo se encuentra trabajando el momento de revisión.

Si existe alguna falla tanto de nivel como de presión la alarma acústica que se puede visualizar en la parte superior del tablero de control es muy necesaria en el sistema instalado y en cualquier sistema de control.



Figura 4. 59 Tablero de Control con Filtro de Ozono

Como se puede visualizar en la figura 4.60 y 4.61 el filtro de ozono se encuentra trabajando en cualquier punto de nivel de la cisterna, debido que la purificación es constante tanto para el agua almacenada como para el agua que se encuentra ingresando a la cisterna.

La purificación de agua es imprescindible para el consumo del edificio tanto para el consumo interno, como para garantizar el uso en equipos y pacientes de CEMOPLAF ya que sus instalaciones se encuentran ocupando el segundo piso de la edificación.



Figura 4. 60 Filtro de Ozono Activo en Cisterna foto 1



Figura 4. 61 Filtro de Ozono Activo en Cisterna foto 2

CAPÍTULO V

MEMORIA TÉCNICA Y PRESUPUESTO

5.1 Lista de Materiales

Tablero de control

Tabla 5. 1 Material de Tablero de Control

MATERIALES	UNIDADES
PLC Allen Bradley Micrologix 1100	1
Rack Allen Bradley de entradas Analógicas	1
Contactores de 30A/trifásico/bobina 110VAC	2
Relé 10A/MONOFÁSICO/bobina 110VAC	1
Fusibles 30A	4
Porta Fusible para regleta deam	4
Breaker bifásico 220VAC/50 ^a	1
Alarma Acústica con iluminación 110VAC	1
Pulsadores NA color verde	2
Pulsadores NC color rojo	2
Pulsador Tipo Hongo Paro de emergencia	1
Selector de dos Posiciones	1
Fuente de 24 Vdc Autonics	1
Relé de 5A	1
Borneras para regleta deam para cable #10	6
Borneras para regleta deam para cable #14	20
Luces indicadoras	2

Sensores de nivel

Tabla 5. 2 Materiales sensores de Nivel

MATERIALES	UNIDADES
Boyas de nivel	3
Electroválvula 110VAC	1

Sensor de presión

Tabla 5. 3 Materiales Sensor de Presión

MATERIALES	UNIDADES
Sensor Allen Bradley Bullentin 836E	1
Cable de comunicación sensor - PLC	1

Cable eléctrico

Tabla 5. 4 Material Cable Eléctrico

MATERIALES	UNIDADES
Cable AWG 12	30metros
Cable AWG 10	160 metros

Sistema de bombeo

Tabla 5. 5 Material de Sistema de Bombeo

MATERIALES	UNIDADES
Bomba MYERS modelo 2C200	1
Tanque de Acero	1
Uniones de desfogue	1

Filtro de 1 pulgada	1
Válvula Check de pulgada	1
Llave de paso color Rojo	1
Manómetro de 0 a 70PSI	1
Válvula de Alivio	1

Filtro de ozono

Tabla 5. 6 Material de Filtro de Ozono

MATERIALES	UNIDADES
Filtro de ozono	1
Filtro de agua	1

5.2 Manual de Usuario

Mediante el manual de usuario se va a obtener toda la información necesaria para poder utilizar el sistema tanto en hardware y software el proyecto.

Los pasos serán explicados exhaustivamente sin dejar ningún detalle suelto.

Se puede visualizar el manual de usuario en el ANEXO 9

5.3 Modo de Instalación del sistema

A continuación se presenta el modo de instalación de los programas utilizados para la implementación del sistema, los mismos que se detallará a continuación:

- Bootp - DHCP Server
- RSLink Classic
- RSLogix 500
- Factory Talk View Studio

5.3.1 Modo de Uso Bootp - DHCP Server

Especificación de la ruta de acceso al programa Bootp - DHCP Server

Ir a: INICIO - Programas - Rockwell Software - Bootp - DHCP Server - Bootp - DHCP Server

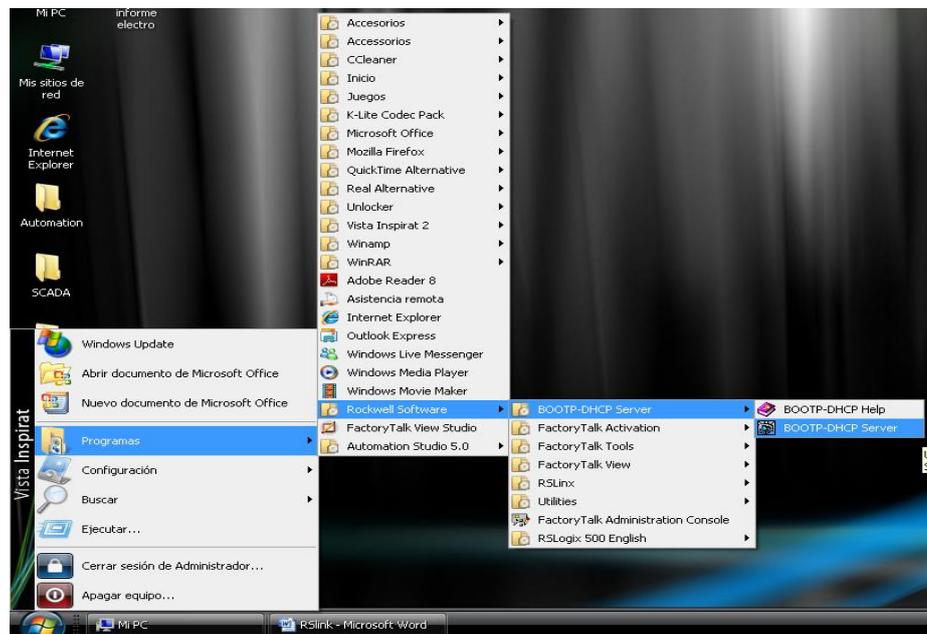


Figura 5. 1 Ruta de Acceso - Bootp - DHCP Server

Como se puede visualizar en la figura 5.1 la ruta de acceso para el programa Bootp - DHCP Server, es accesible para el usuario; este software tiene la capacidad de dar direcciones IP a equipos que no la poseen.

En la figura 5.2 y 5.3 es necesario insertar el Mac Address del equipo para que este lo reconozca.

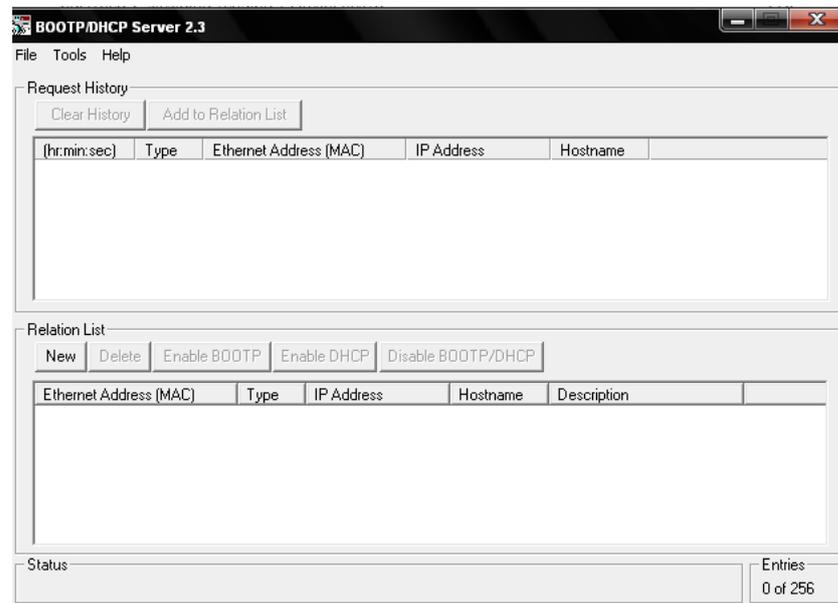


Figura 5. 2 Pantalla de Bootp/DHCP

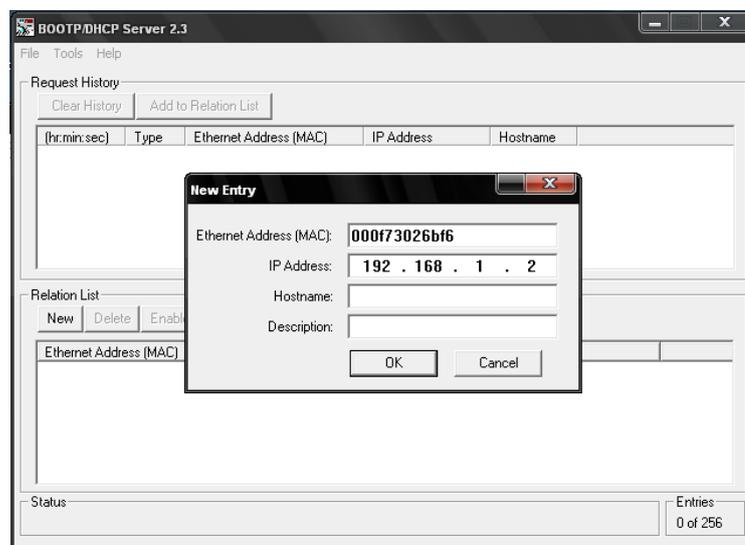


Figura 5. 3 Ingreso de MAC e IP para el PLC

5.3.2 Modo de Uso RSLinx Classic

Especificación de la ruta de acceso al programa RSLinx Classic

Ir a: INICIO - Programas - Rockwell Software – RSLinx – RSLinx Classic

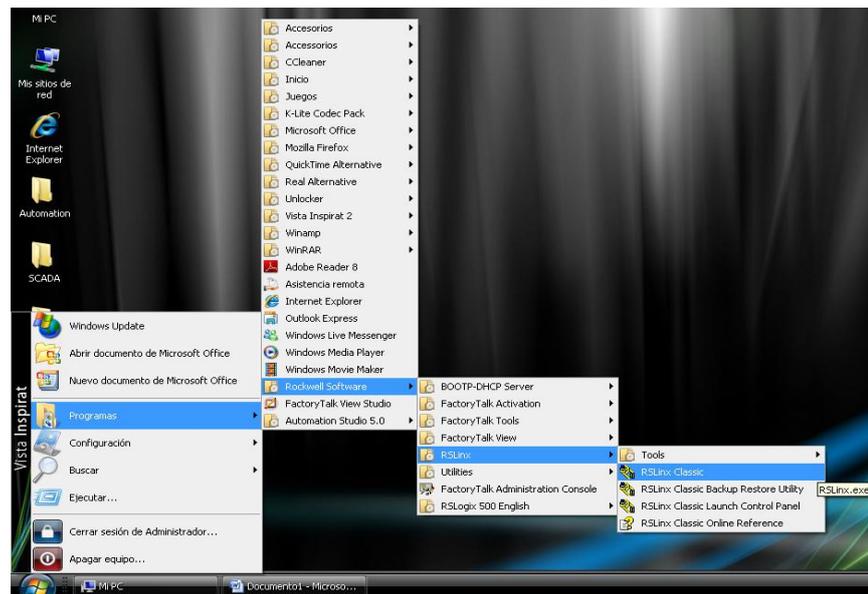


Figura 5. 4 Ruta de Acceso RSLinx Classic

Como se puede visualizar en la figura 5.4 se establece la ruta de acceso al programa RSLinx el mismo que permitirá establecer una conexión Ethernet con el controlador.

Al iniciar el software RSLinx, aparecerá la siguiente pantalla la misma que se indica en la figura 5.5:

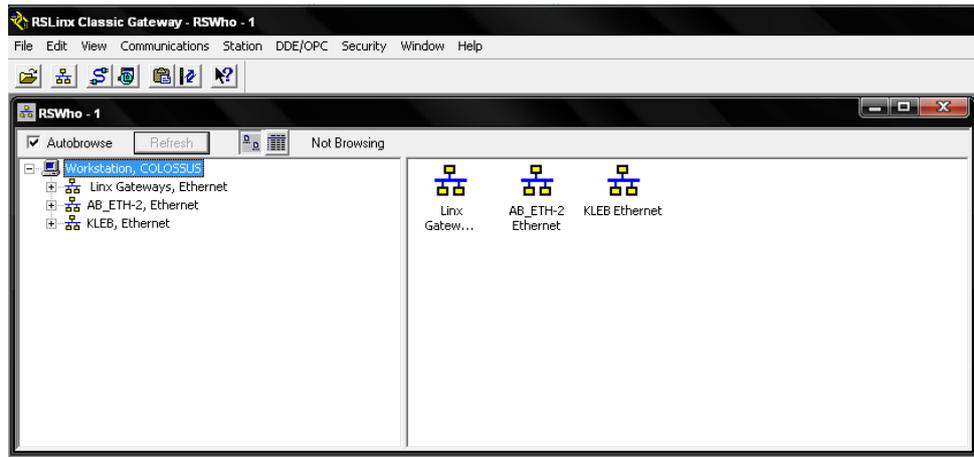


Figura 5. 5 Pantalla Inicial RSLinx

Para realizar una red de comunicación es necesario crear y especificar cuáles son los componentes de la misma, como se puede visualizar en la figura 5.6 el botón Configure Drivers es el cual permite crear una nueva red.



Figura 5. 6 Icono De Configuración de Drivers

Una vez accionado el botón de configuración se despliega una pantalla como se indicada en la figura 5.7.

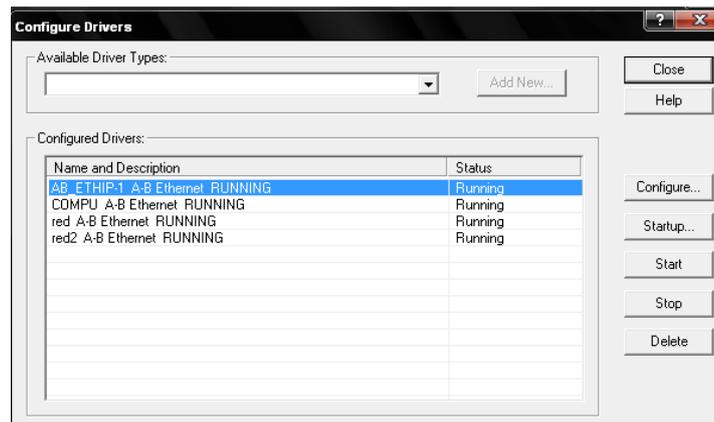


Figura 5. 7 Ventana de Configuración de Drivers

La figura 5.8 indica la opción *Available Driver Types*; que permite elegir de la lista desplegada la opción *Ethernet devices*, con lo cual se hace clic en el botón *Add New* y a continuación se despliega la ventana de configuración del nombre de la red.

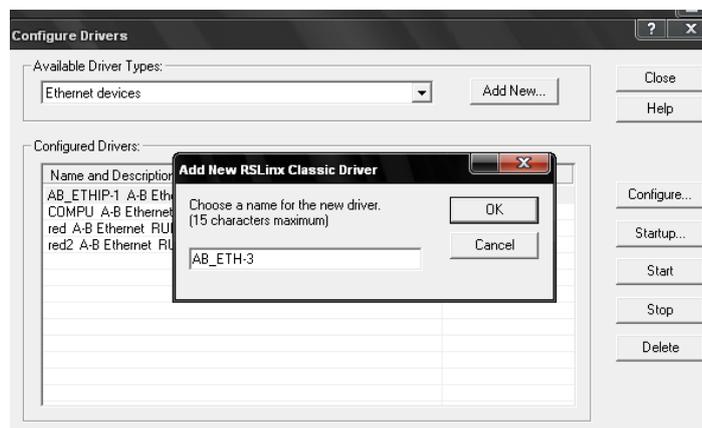


Figura 5. 8 Ventana de Configuración de Nombre

El último paso de la configuración de la red es insertar las direcciones IP de los equipos que van a formar parte de la red, como se indica en la figura 5.9.

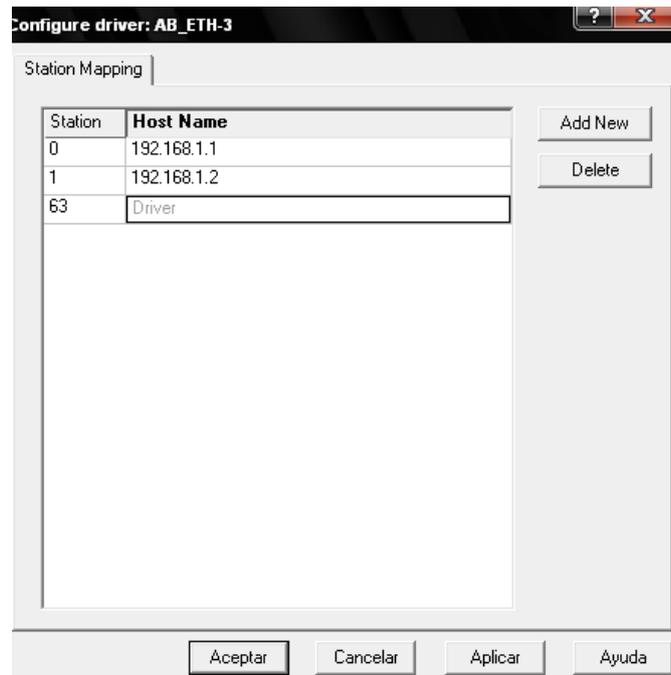


Figura 5. 9 Configuración de direcciones IP

Como se puede visualizar en la figura 5.10 después de la creación de una red en el programa RSLinx; la red creada se desplegará al lado derecho de la ventana.

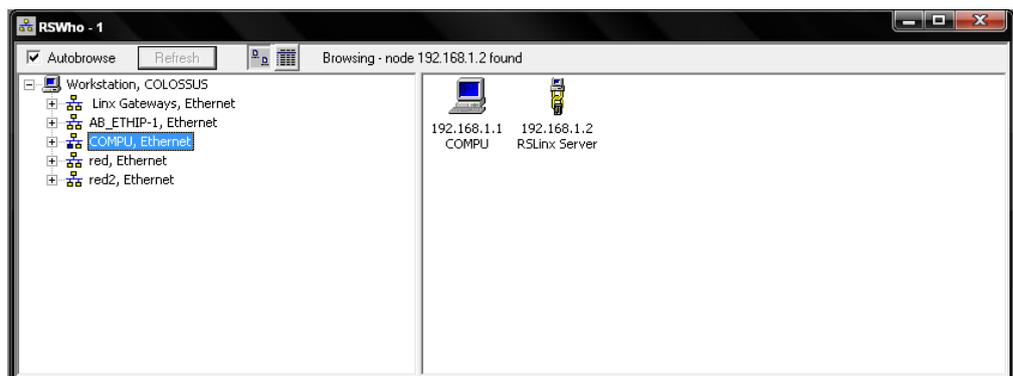


Figura 5. 10 Ventana de comprobación de red creada

5.3.3 Modo de Uso RSLogix 500

Especificación de la ruta de acceso al programa RSLogix 500

Ir a: INICIO - Programas - Rockwell Software – RSLogix 500
English - RSLogix 500 English



Figura 5. 11 Pantalla de Inicio RSLogix 500

Como se puede visualizar en la figura 5.11 el momento de usar el programa se desplegará una pantalla de enlace, la cual determinará el modo de programación del PLC.

En la figura 5.12, se detalla la lista de PLC's que se pueden programar; el sistema implementado está programado en el Micrologix1100.

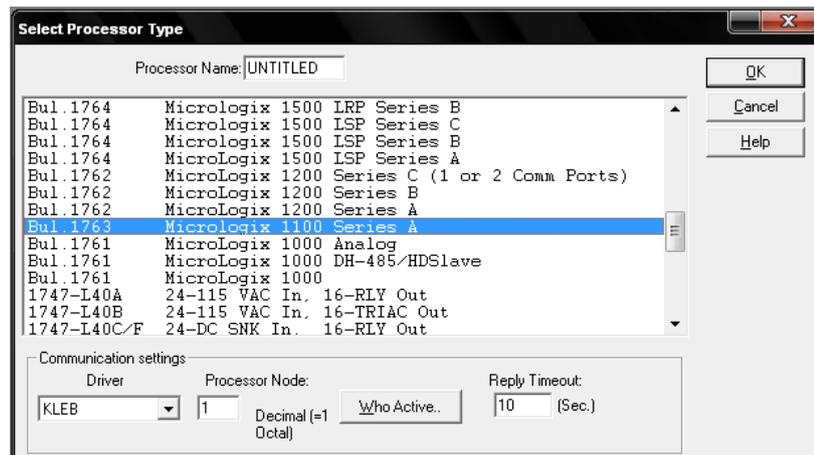


Figura 5. 12 Ventana de Selección de PLC

Programación

La programación del PLC Micrologix 1100 está determinada en primer lugar con la determinación de la comunicación y la programación de los racks de expansión, de esta manera se procede a realizar la lógica de control dependiendo de las entradas para operar con las salidas.

El software tiene elementos muy útiles y necesarios para el uso del programador los cuales son:

- Temporizadores
- Contadores
- Comparadores
- Marcas
- Contactos lógicos
- Programas de control
- etc.

Comunicación

En la figura 5.13 se puede visualizar que realizando un clic en la barra de herramienta sobre el icono de Comms, se despliega una lista

escogiendo System Comms, inmediatamente se despliega como se indica en la figura 5.14 la ventana de configuración de la comunicación del sistema.

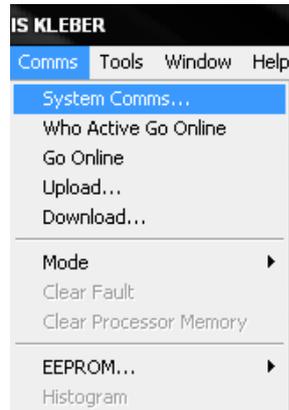


Figura 5. 13 Sistema de Comunicación

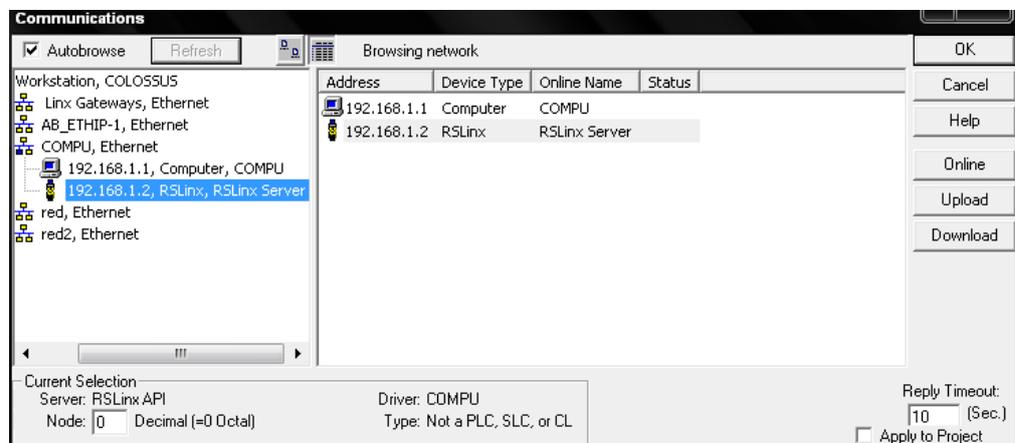


Figura 5. 14 Ventana de Configuración de Comunicación

Configuración de Módulos de Expansión

En la figura 5.15 se visualiza el icono de acceso para realizar la configuración de los módulos de expansión que se van a incorporar al PLC.

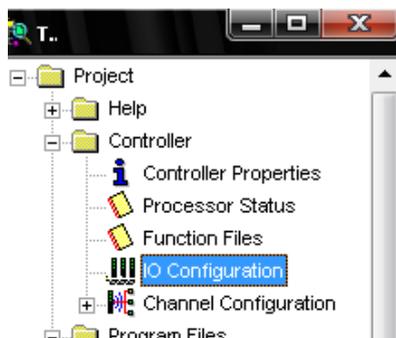


Figura 5. 15 Icono de IO Configuración

En la figura 5.16 se despliega una lista de todos los tipos de racks existentes o que se pueden aumentar según el PLC; para la implementación del sistema fue necesario adherir a la lista el 1762IF4 “Analog 4 Chan. Input”.

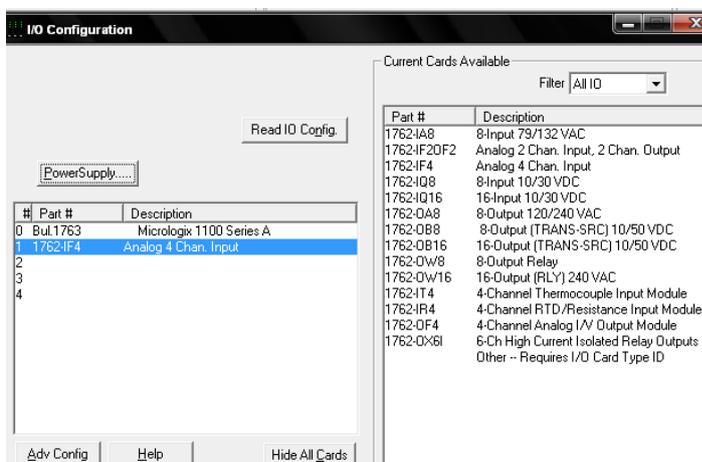


Figura 5. 16 Ventana de Configuración de Módulos de Expansión

Una vez adherido el módulo de expansión es necesario configurarlo, en la figura 5.17 se puede observar todas las características que posee el modulo incorporado, con lo cual de acuerdo a las exigencias del sistema se va usar el canal 0 configurándolo como una entrada de 4 a 20 mA y con un filtro de 60Hz.

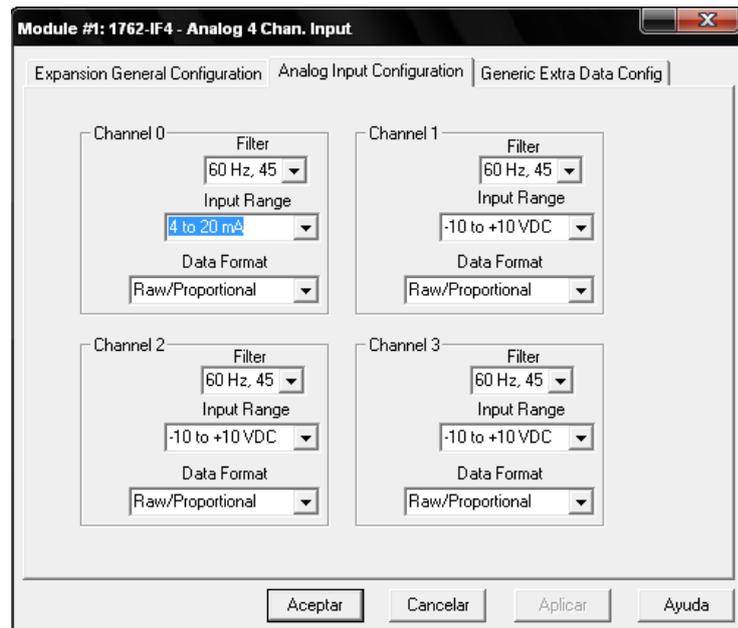


Figura 5. 17 Configuración de módulo de Expansión

DESCARGA DE PROGRAMA A PLC

Se determinó que el modo de descarga es muy sencillo siempre y cuando el PLC se encuentre enlazado a la red, en la parte superior izquierda existe un botón de descarga como indica la figura 5.18, nombre de botón “DOWNLOAD”.

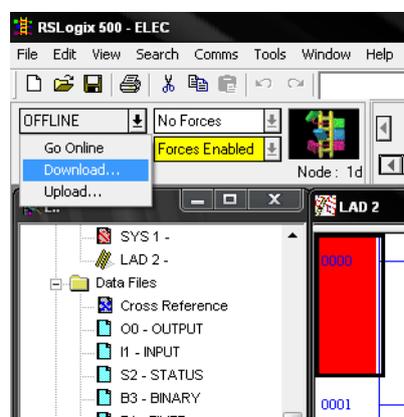


Figura 5. 18 Lugar de descarga de Programa

El momento de descargar el programa al PLC se despliega una pantalla de revisión la misma que se observar en la figura 5.19.



Figura 5. 19 Ventana de Revisión de Descarga

Esta ventana verifica la nota de revisión del programa, la cual determinara la característica de descarga al PLC.

5.3.4 Modo de Uso Factory Talk View Studio

Especificación de la ruta de acceso al programa Factory Talk View Studio

Ir a: INICIO - Programas - Rockwell Software - Factory Talk View - Factory Talk View Studio

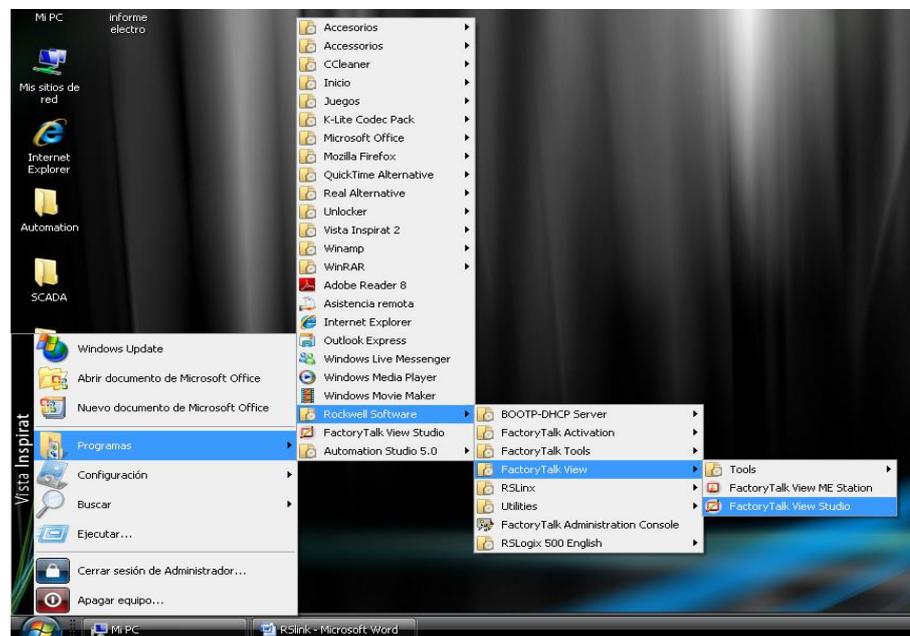


Figura 5. 20 Ruta de Acceso a Factory Talk View

Como se observa en la figura 5.20, el enlace de operación de Factory Talk View es muy sencillo de acceder para el operador, el momento de iniciar el software se despliega una ventana de creación de proyecto como se indica en la figura 5.21

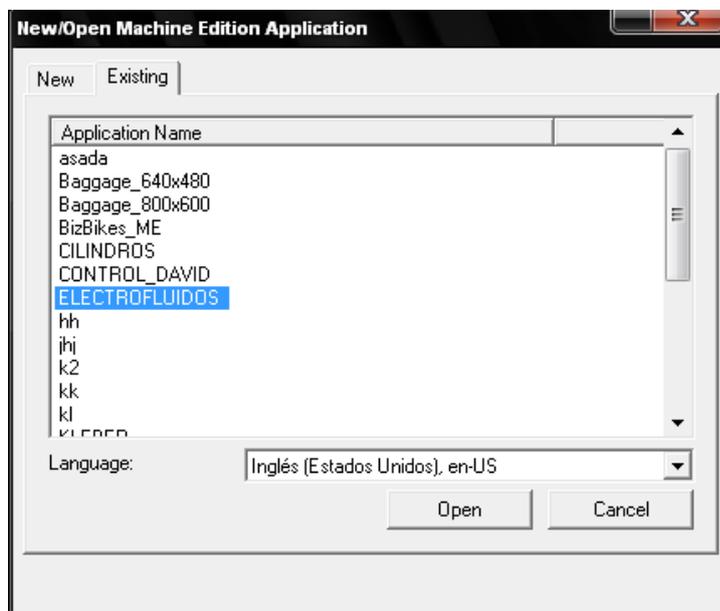


Figura 5. 21 Ventana de Creación de Nuevo Proyecto

Pantalla de Configuración

Como se puede visualizar en la figura 5.22 se determina los links de configuración de todo el entorno gráfico de programación.

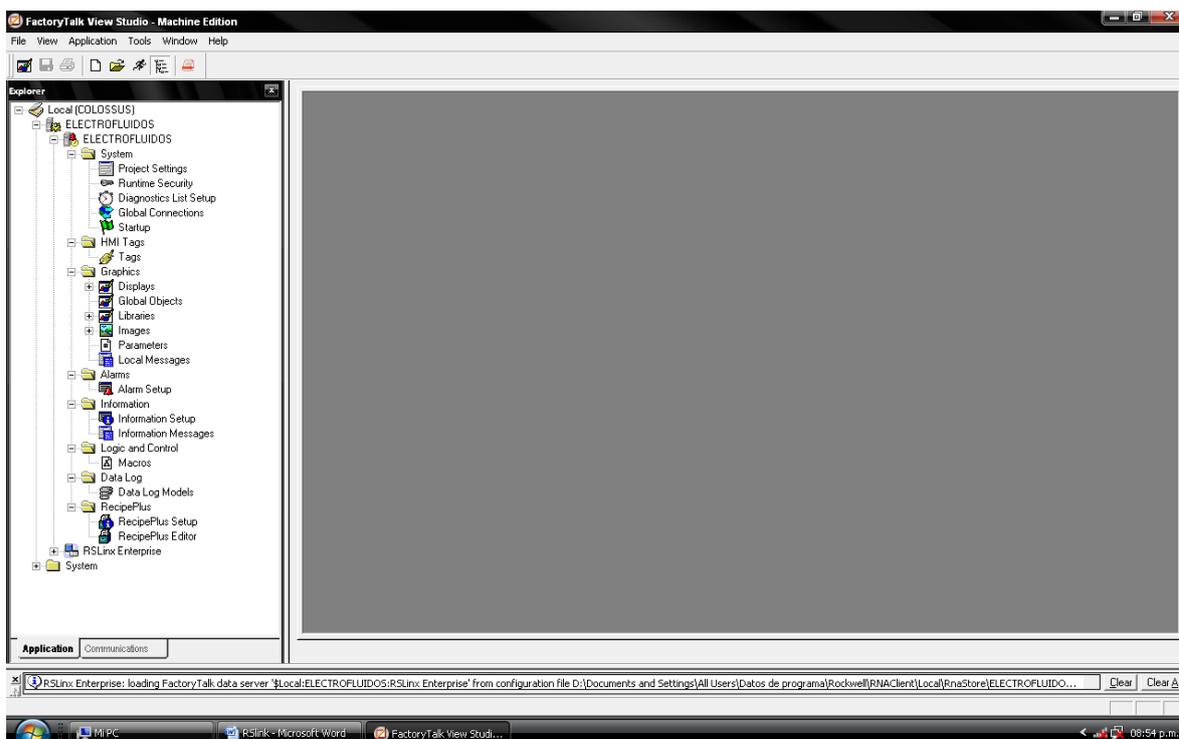


Figura 5. 22 Pantalla de Configuración de HMI

El software permite la programación de ventanas, botones, elementos gráficos, botones de retorno, animaciones, determinar el uso de diferentes usuarios, establecer alarmas, entre otras aplicaciones necesarias para un HMI.

Se debe tener muy en cuenta que el momento de arrancar el entorno gráfico, se deberá contar con una pantalla de inicio, como se indica en la figura 5.23.

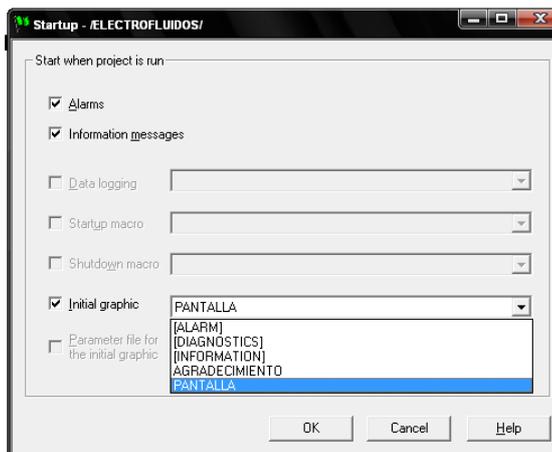


Figura 5. 23 Ventana Startup

Comunicación

Para determinar la comunicación es necesario hacer clic en el link que se encuentra en la parte inferior izquierda, como indica la figura 5.24, llamado “COMMUNICATION SETUP”.

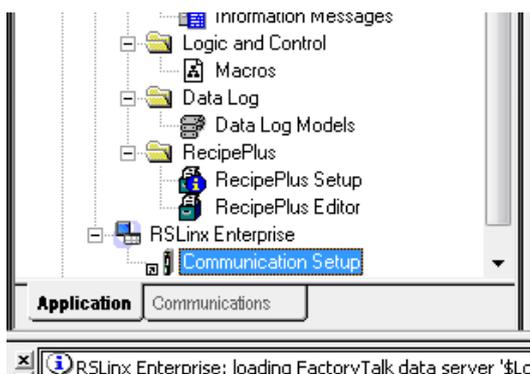


Figura 5. 24 Configuración de Comunicación

Se desplegará una ventana de nombre “COMMUNICATION SETUP” como se muestra en la figura 5.25, esta ventana posee comunicación con el programa RSLinx, con lo cual se va a encontrar la red creada anteriormente y se realizará el enlace necesario.

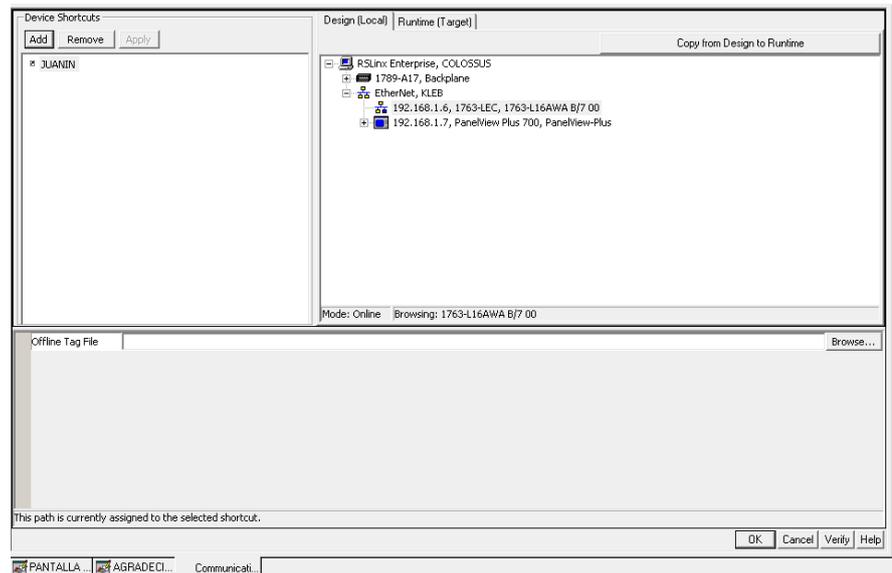


Figura 5. 25 Ventana de Comunicación

El momento de elegir el PLC configurado en la red, el sistema de programación se encuentra listo para leerlo y de manera adecuada asignar las tags del programa.

Descarga de proyecto

Como se puede visualizar en la figura 5.26, para realizar la descarga de una aplicación se hace clic en APPLICATION y seleccionamos CREATE RUNTIME APPLICATION.

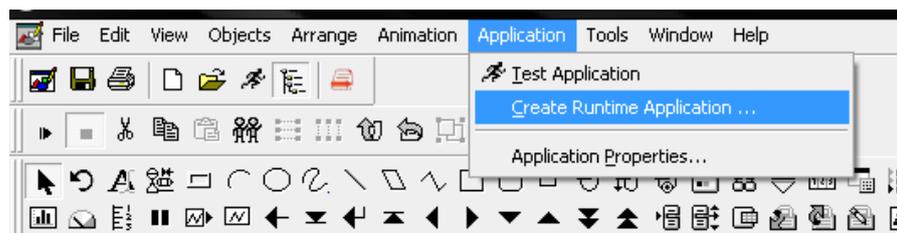


Figura 5. 26 Creación de Aplicación

Con lo cual se almacenara la aplicación realizada, de esta manera se encuentra lista la aplicación para ser descargada.

5.4 Cálculo y análisis de costos

Tabla 5. 7 Costo de Material

MATERIALES	UNIDADES	COSTO
PLC Allen Bradley Micrologix 1100	1	650
Rack Allen Bradley de entradas Analógicas	1	350
Contactores de 30A/trifásico/bobina 110VAC	2	25.18
Relé 10A/MONOFÁSICO/bobina 110 VAC	1	21.40
Fusibles 30A	4	4.64
Porta Fusible para regleta deam	4	7.86
Breaker bifásico 220VAC/50A	1	18.50
Alarma acústica con iluminación 110VAC	1	19.20
Pulsadores NA color verde	2	4.82
Pulsadores NC color rojo	2	4.82
Pulsador Tipo Hongo Paro de emergencia	1	3.75
Selector de dos Posiciones	1	2.68
Fuente de 24VDC Autonics	1	115
Relé de 5A	1	7.50
Borneras para regleta din para cable # 10	6	6
Borneras para regleta din para cable # 14	20	4.29
Luces indicadoras	2	3.57
Boyas de nivel	3	52.50
Electroválvula 110VAC	1	52.32
Sensor Allen Bradley Bulletin 836E Solid-State	1	459
Cable de comunicación sensor – PLC	1	12.50
Cable AWG 12	30metros	9
Cable AWG 10	160 metros	60
Bomba MYERS modelo 2C200	1	850

Tanque de Acero	1	340
Uniones de desfogue	1	40
Filtro de 1 pulgada	1	25
Válvula Check de una pulgada	1	35
Llave de paso color Rojo	1	7.75
Manómetro de 0 a 70 PSI	1	25
Válvula de Alivio	1	7.50
Filtro de ozono	1	1200
Filtro de agua	1	20
Caja metálica 40*40*20	1	33.66
Riel din	1m	2,23
Canaleta ranurada #12	1m	3.27
Terminal Pin #12	30	3.75
Bornera 4mm	6	2.14
Bornera 6mm	5	7.86
Terminal ¼ a 1/2	1	3.5
TOTAL		\$ 4186.23

5.5 Presupuesto General

El presupuesto general del proyecto está determinado por tres factores los cuales son:

- Costo de Materiales
- Costo de Mano de Obra Eléctrica e Hidráulica
- Costo de diseño e ingeniería

Costo de Materiales

Como se analizó anteriormente el costo de los materiales que se utilizarán en la instalación es de **\$ 4186.23**

Costo de Mano de Obra Eléctrica e Hidráulica

Para la instalación se necesitó dos técnicos uno especialista en su rama, a los cuales se les dio un tiempo mínimo establecido de 5 días de implementación, el costo diario de trabajo es de \$18 Americanos, teniendo un total de gasto de los dos técnicos de **\$180** Americanos.

Costo de diseño e ingeniería

Para el desarrollo del diseño e ingeniería se necesitó un ingeniero electrónico en automatización y control, con un tiempo de diseño de un mes, con 5 horas diarias de trabajo, de lunes a viernes, la hora de diseño se la estableció en \$15 Americanos, dando un total de **\$ 1500**.

COSTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN

Tabla 5. 8 Costo Instalación

Costo de Materiales	4186.23
Costo de Mano de Obra Eléctrica e Hidráulica	\$180
Costo de diseño e ingeniería	\$ 1500.
TOTAL	\$ 5866.23

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

- El proyecto realizado cumple con los objetivos principales propuestos al inicio, los cuales son el Diseño e Implementación de un Sistema de Bombeo Hidroneumático para un edificio controlado por un PLC con monitoreo de variables, el mismo que puede ser manejado de manera local o remota. La operación del sistema es sencilla y de fácil comprensión; permitiendo de esta manera que los usuarios tengan un líquido puro para el consumo humano.

- El estudio preliminar de los Sistemas de Bombeo Hidroneumáticos para edificios residenciales, dio como resultado las garantías de bombeo, dimensionamiento de tanque, dimensionamiento de bomba y sobre todo la determinación de la altura dinámica total del sistema, de modo de garantizar la presión y caudal adecuado en toda la edificación.

- Entre las características fundamentales del diseño de un sistema de bombeo hidroneumático es tener en cuenta la normativa AWWA (*American Water Works Association*) con lo cual el sistema instalado cumple con las siguientes normativas:
 - Cumple con las garantías de API 650 y AWWA D-100 la cual permite calcular estanques de acero soldado para el almacenamiento

de agua, ya sea potable o de procesos, que trabajen a presión atmosférica y que no necesiten servicio de refrigeración.

- La tubería de polietileno de alta densidad cumple con los estándares ASTM D-1248, ASTM D-2657, ASTM D-3350 Y PE3408/3608; así como la norma NMX-E-018-1996-SCFI referente a tubos de polietileno para la conducción de fluidos a presión, y los estándares AWWA C-906, para diámetros de 100 mm (4") a 1600 mm (64") y para la instalación en tomas domiciliarias de acuerdo a los estándares AWWA C-901 de 13 mm (½ ") a 76 mm (3") de diámetro.
- En el caso de tanques metálicos, la cubierta será del tipo geodésico de acero inoxidable según la norma ANSI/AWWA D183-97.
- En la fontanería de salida deberá instalarse un medidor de gasto de acuerdo a la norma AWWA C704, para medidores de propela y provista de un paso lateral (by-pass), válvulas de seccionamiento y juntas de acoplamiento.
- Entre las características fundamentales de los procesos, es que existen varios tipos y formas para realizar un control, todo depende de la economía y de las herramientas de conocimiento con las que se va diseñar, desarrollar, e implementar el proyecto. Con lo cual se determina que hay que tomar en cuenta, las exigencias y condiciones del sistema a ser controlado, tanto en la rapidez de respuesta, la exactitud en la medida, la confiabilidad y sobre todo las desviaciones de las variables de proceso.
- El sistema se encuentra implementado mediante el uso hardware y software, de esta manera se cumple con las exigencias de los objetivos planteados en el proyecto; por lo cual se realiza el control a través de un PLC, el mismo

que realiza todas las acciones de control automático de la edificación; además existe un sistema de control muy amigable que permite fácilmente la interacción hombre máquina.

- Para realizar el control de nivel de líquidos se implementó un control ON-OFF, por histéresis, la acción de control realizada en la implementación de este proyecto funciona de manera adecuada; ya que la variable de control es relativamente lenta.
- De acuerdo a las exigencias el desarrollo e implementación de una interfaz de comunicación hombre-máquina de un proceso es indispensable para facilitar el monitoreo y el control de todo el sistema, debido que se mantienen una línea de comunicación continua entre las variables y los procesos con el operador.

6.2 Recomendaciones.

- Antes de utilizar el sistema de bombeo hidroneumático controlado por el PLC MicroLogix 1100, se debe analizar los componentes que forman el tablero de control, ya sea la fuente de alimentación, terminales de entrada, terminales de salida, e interconexión de los mismos con interruptores, botones, o pulsadores para evitar su mala utilización, deterioro o destrucción del equipo o peor aún del PLC.
- Procurar que el nivel del tanque de almacenamiento contenga la suficiente cantidad de agua para trabajar con normalidad y evitar el deterioro de la bomba, es recomendable que el sistema empiece a trabajar con un nivel de cisterna medio.
- Realizar la revisión y el mantenimiento correspondiente a los dispositivos y elementos que están destinados a determinar los niveles críticos de líquido

en la cisterna, ya sea los flotadores o al filtro de impurezas del sistema de purificación.

- Antes de realizar la manipulación de cualquiera de los componentes del módulo de control de presión, es de gran importancia que el usuario se familiarice con el manual de operación para evitar cualquier daño al operador y al equipo.
- Es de gran importancia determinar el uso o el cambio de otro tipo de sensor de presión, debido que existen diferentes niveles de voltajes o de corriente, con lo cual se debe considerar que el sistema trabaja con señales normalizadas, ya que el módulo de I/O análogos se encuentra configurado para admitir señales de 4 – 20 mA. Por lo tanto si se dispone de un sensor con señal 0 – 10 VDC, se debe mover los dip switch que posee el módulo de I/O análogos en su parte superior (canales de ventilación) a la posición de 0 – 10 VDC, teniendo en cuenta que estos switches únicamente sirven para la configuración de las entradas análogas del módulo adicional y no para las salidas análogas ni para las entradas análogas del PLC.
- Para un correcto desarrollo del sistema de bombeo hidroneumático se recomienda utilizar el manual de usuario para establecer los parámetros y las conexiones básicas con las que debe inicializarse el sistema de control.
- En caso de producirse algún daño o mal funcionamiento de equipos o del tablero de control, se recomienda verificar las conexiones y cableado del sistema, para lo cual están disponibles los planos del diseño eléctrico y electrónico del sistema. Todas las conexiones del sistema se encuentran marcadas conforme a los planos, con lo que el operador podrá fácilmente realizar la verificación y mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- [1] MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO Y SELECCIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO
Sistemas hidroneumáticos c.a.
- [2] <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/hidroneumaticos/paginas/hidroneumaticos.htm>
- [3] <http://therb.dyndns.ws/electron/cmg/DSTI/Anexo%20de%20voz%20y%20datos.pdf>
- [4] http://www.uazuay.edu.ec/estudios/electronica/proyectos/cableado_estructurado.pdf
- [5] http://www.uazuay.edu.ec/estudios/electronica/proyectos/cableado_estructurado.pdf
- [6] <http://www.desarrolloweb.com/articulos/1513.php?manual=5>
<http://www.uco.es/~el1momua/ergonomia/>
- [7] <http://www.sishica.com/sishica/download/Manual.pdf>
- [8] http://www.dfa.uv.cl/~jura/Fisica_I/semana_XIII_2.pdf
- [9] <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/guias/perdidasfriccionentuberias/friccioentuberias.html>

-
- [10] <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/Formuladecalculo.htm>
- [11] http://www.grupohoba.com/downloads/curso_UCAB.pdf
- [12] <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/2679/1/gomezmunozmoises.pdf>
- [13] <http://www.scribd.com/doc/28559739/Calculos-en-Sistemas-de-Compresion-1>
- [14] http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf
- [15] **ANGULO** Pablo, Diagramas de Control Industrial, Primera Edición, Quito1990
- [16] http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica12.htm
- [17] http://www.grancomo.com/e/definiendo_el_interfaz_de_usuario.php
- [18] <http://planeta.gaiasur.com.ar/infoteca/siggraph99/disenio-de-interfaces-y-usabilidad.html>
- [19] <http://www.gsi.dit.upm.es/~fsaez/OtrosArticulos/usabilidadp.html>
- [20] <http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/OE03106M.pdf>
- [21] <http://www.etitudela.com/celula/downloads/controldeprocesos.pdf>

-
- [22] <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/pantalla.pdf>
- [23] User Manual 836E, Rockwell Automation, Solid – State Pressure Sensors
- [24] EtherNet/IP Descripción general del sistema, Publicación ENET-SO001A-ES-P
Noviembre de 2000
- [25] www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/performance/view/&ei=I_96S_jSIY2XtgecwunECg&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=1&ved=0CAwQ7gEwAA&prev=/search%3Fq%3Dprograma%2BFactory%2BTalk%2BView%2BStudio%26hl%3Des%26rlz%3D1W1GGLL_en
- [26] <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/i-039.pd>
- [27] <http://www.hidritec.com/tec-ozono.htm>
- [28] http://www.oae.gov.ec/files_oae/laboratorios/OAE_CR_GA01_R00.pdf
- [29] Basantes Vinatea, Enrique “INSTALACIONES SANITARIAS EN EDIFICIOS”, tema dictado por la facultad de Ingeniería, USAC 1989.
- [30] Nielsen, Luis S. “DISEÑO ESTANDAR EN PLOMERIA”, Editorial Continental, S. A.: Primera Edición en español; Mexico: pág 185.
- [31] Febrero 2003 Sustituye publicaciones anteriores © 2003 Chevron Phillips Chemical Company LP; pag 30.
- [32] Marco Rolando Asturias Garcia Salas “SELECCIÓN DE EQUIPO DE PRESION PARA EL SERVICIO DE AGUA EN INSTALACIONES GRANDES”, Guatemala Mayo de 1995

ANEXOS

ANEXO 1

ORGANISMOS Y NORMAS

- **ANSI: American National Standards Institute.**

Organización Privada sin fines de lucro fundada en 1918, la cual administra y coordina el sistema de estandarización voluntaria del sector privado de los Estados Unidos.

- **EIA: Electronics Industry Association.**

Fundada en 1924. Desarrolla normas y publicaciones sobre las principales áreas técnicas: los componentes electrónicos, electrónica del consumidor, información electrónica, y telecomunicaciones.

- **TIA: Telecommunications Industry Association.**

Fundada en 1985 después del rompimiento del monopolio de AT&T. Desarrolla normas de cableado industrial voluntario para muchos productos de las telecomunicaciones y tiene más de 70 normas preestablecidas.

- **ISO: International Standards Organization.**

Organización no gubernamental creada en 1947 a nivel Mundial, de cuerpos de normas nacionales, con más de 140 países.

- **IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica.**

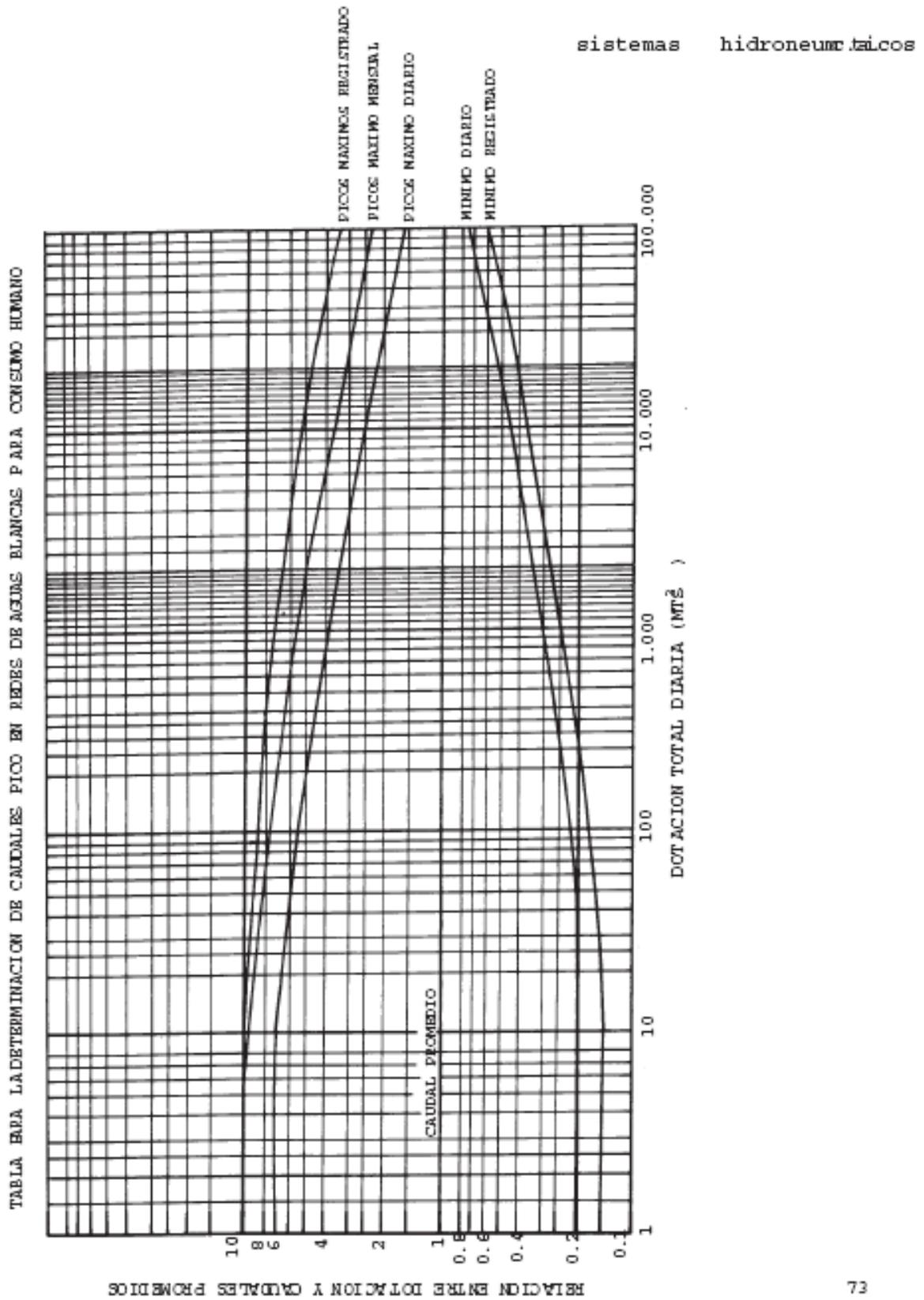
Principalmente responsable por las especificaciones de redes de área local como 802.3 Ethernet, 802.5 TokenRing, ATM y las normas de Gigabit Ethernet

NORMAS

ANSI/TIA/EIA-568-B	Cableado de Telecomunicaciones en Edificios comerciales
TIA/EIA 568-B1	Requerimientos generales
TIA/EIA 568-B2	Componentes de cableado mediante par trenzado
TIA/EIA 568-B3	Componentes de cableado, Fibra óptica
ANSI/TIA/EIA-569-A	Normas de Recorridos y Espacios de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales (Cómo enrutar el cableado)
ANSI/TIA/EIA-570-A	Normas de Infraestructura Residencial de Telecomunicaciones
ANSI/TIA/EIA-606-A	Normas de Administración de Infraestructura de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales
ANSI/TIA/EIA-607	Requerimientos para instalaciones de sistemas de puesta a tierra de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales.
ANSI/TIA/EIA-758	Norma Cliente-Propietario de cableado de Planta Externa de Telecomunicaciones.

ANEXO 2

TABLA PARA LA DETERMINACIÓN DE PICO EN REDES DE AGUAS BLANCAS PARA EL CONSUMO HUMANO



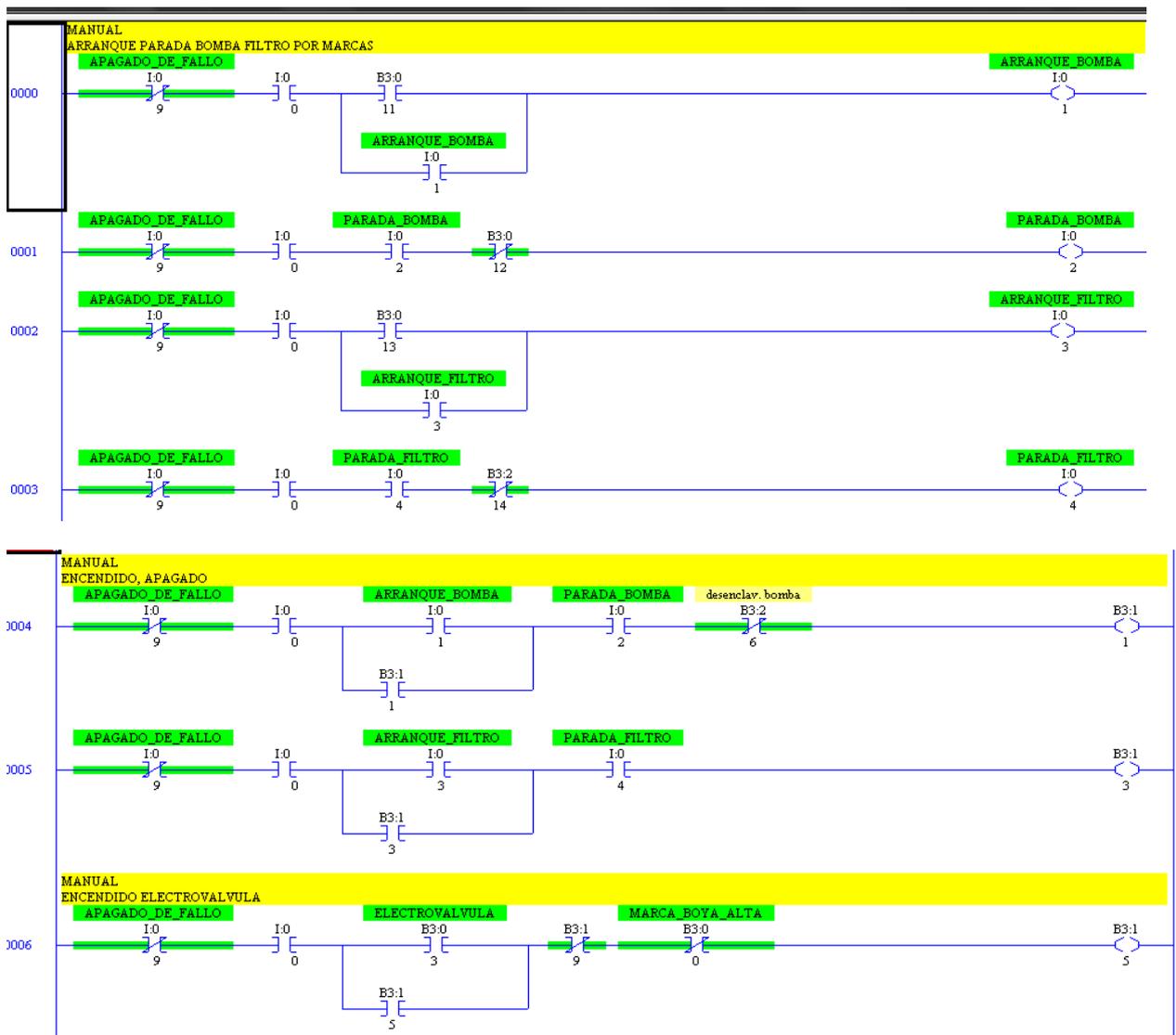
ANEXO 3

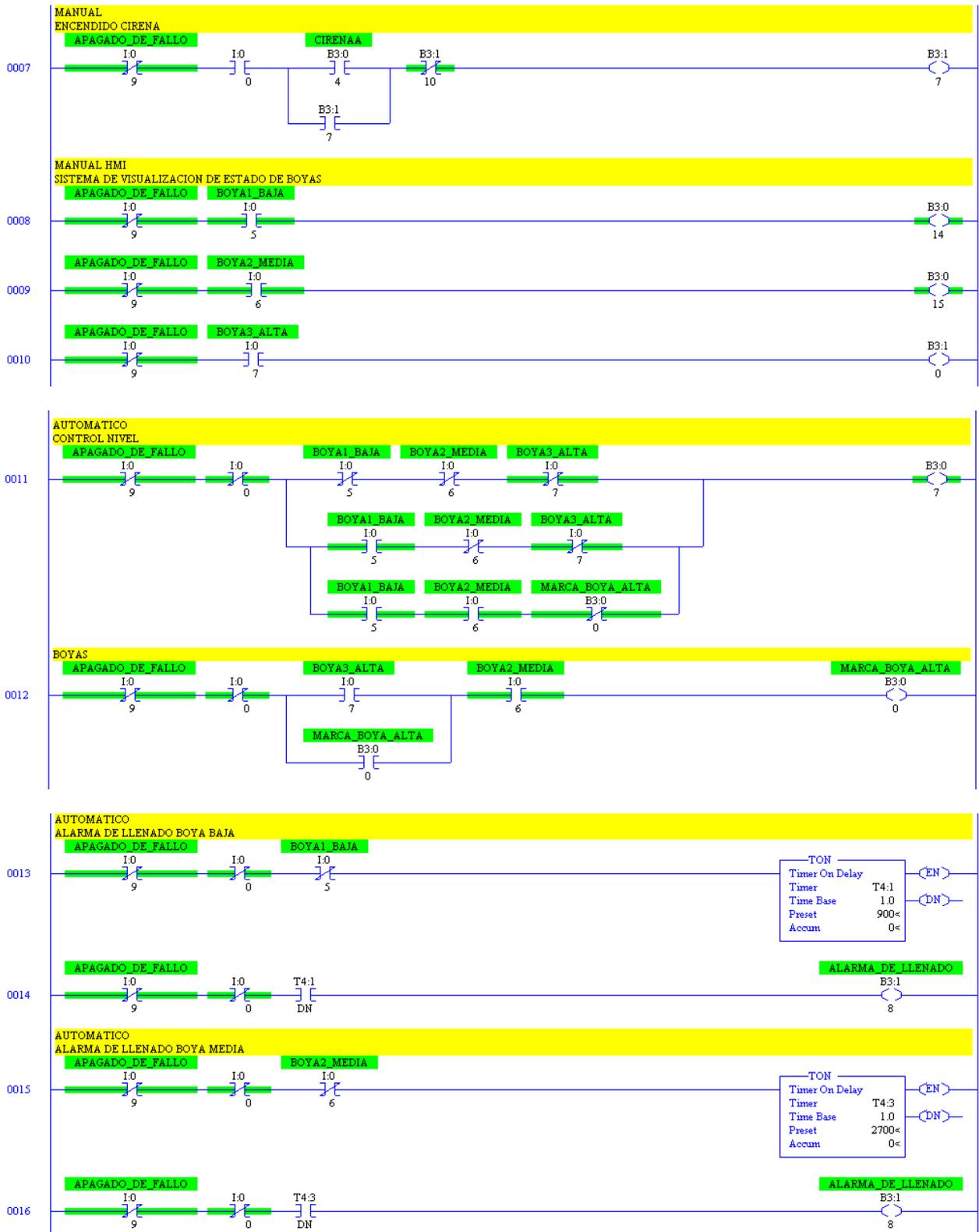
PLANOS DE DISEÑO

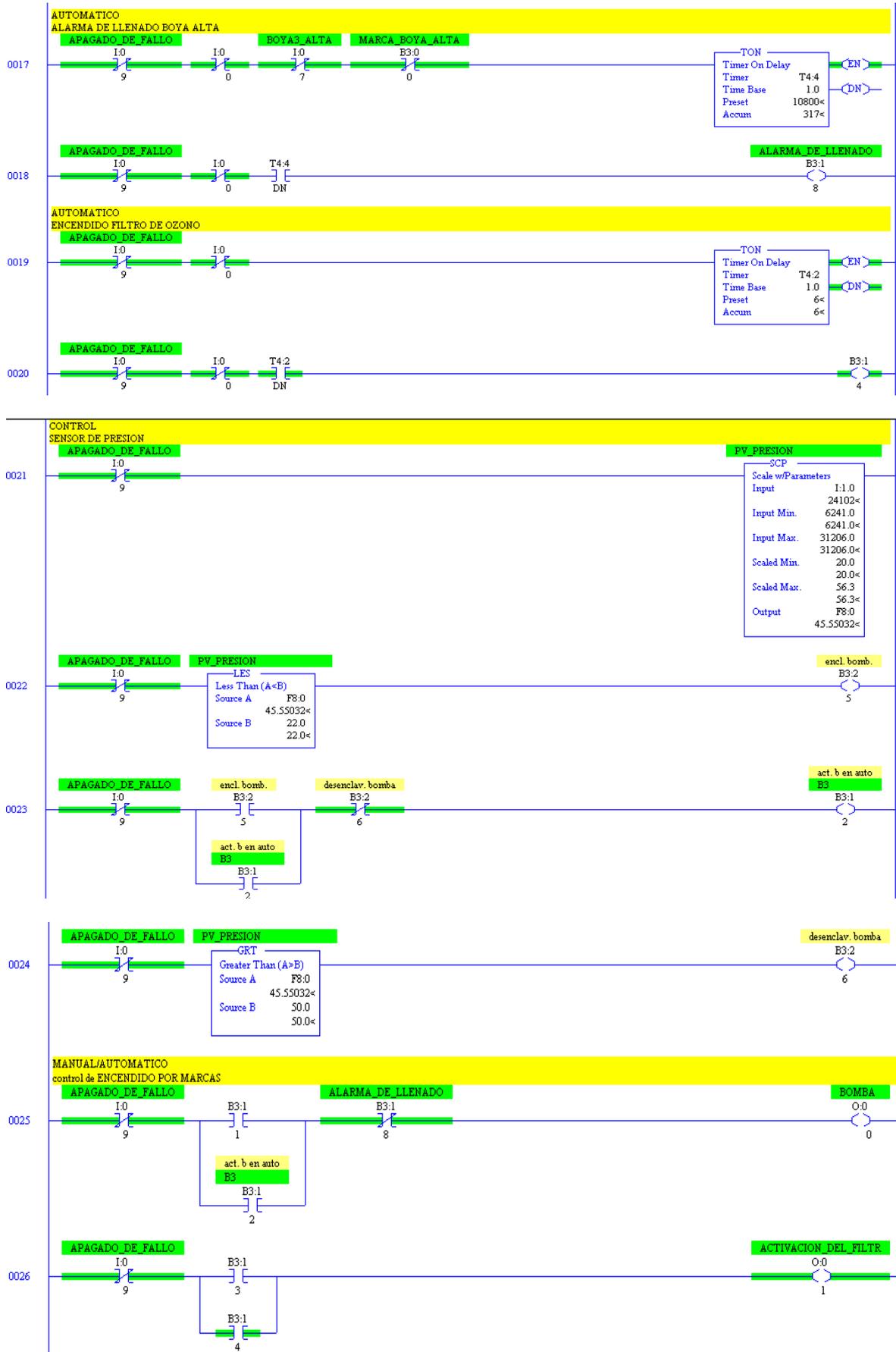
ANEXO 4

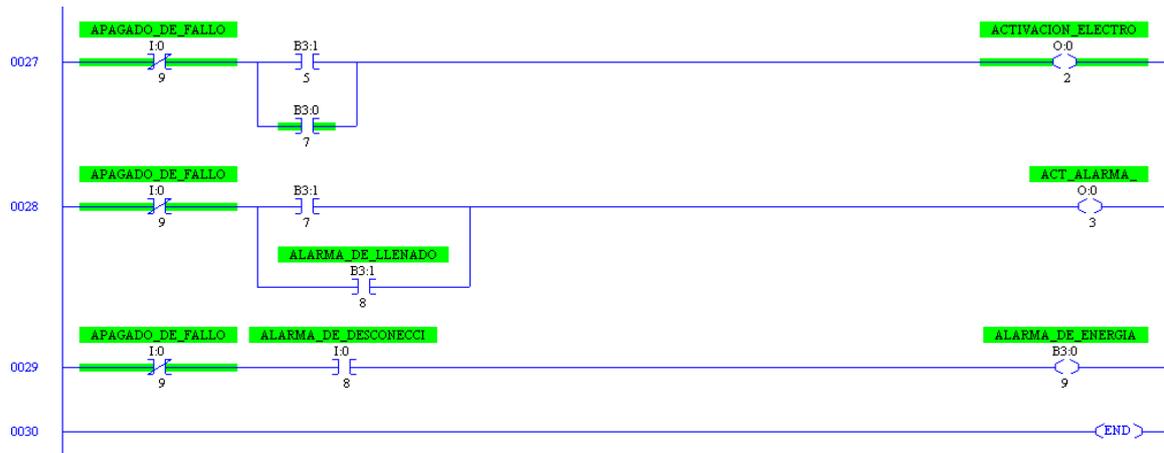
DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN DEL PLC

Programación total del sistema









ANEXO 5

ESTÁNDAR IEC 61508

El estándar utilizado para la realización de la HMI, con respecto a los niveles de seguridad que deben estar presente es el estándar IEC 61508, el cual presenta un conjunto de conceptos que deben ser tomados en cuenta para realizar una HMI, siendo estos los mostrados a continuación.

TÉRMINOS CLAVES

Confiabilidad.- probabilidad de que un sistema realice su misión en forma adecuada por un periodo de tiempo específico bajo condiciones de operación esperadas.

Disponibilidad.- el diseño y capacidades de un sistema o componente de un sistema de proveer funcionalidad continúan en presencia de fallas esperadas.

Falla Segura.- característica de diseño de un sistema que asegura que el mismo permanecerá seguro o se revertirá a un estado seguro.

SEGURIDAD FUNCIONAL

Este apartado presenta las siguientes definiciones que deben se comprendidas y aplicadas en la interfaz.

Función de seguridad.- es toda aquella acción cuyo fin es reducir el riesgo con el objetivo de alcanzar un estado seguro. Toda función de seguridad debe garantizarse tanto en condiciones normales como en presencia de fallas.

Seguridad funcional.- es toda función de seguridad que se ejecutará de acuerdo a un riesgo estimado bajo condiciones esperadas.

TIPOS DE FALLAS

Falla activas.- son aquellas que se revelan dentro del sistema de seguridad y que activan la función de seguridad.

Fallas pasivas.- son aquellas que se revelan bajo la demanda del sistema de seguridad. En estos casos la función de seguridad no se ejecutara.

Fallas sistemáticas.- son aquellas cuyo origen es un error en la especificación o diseño.

Estas fallas deben ser evitadas.

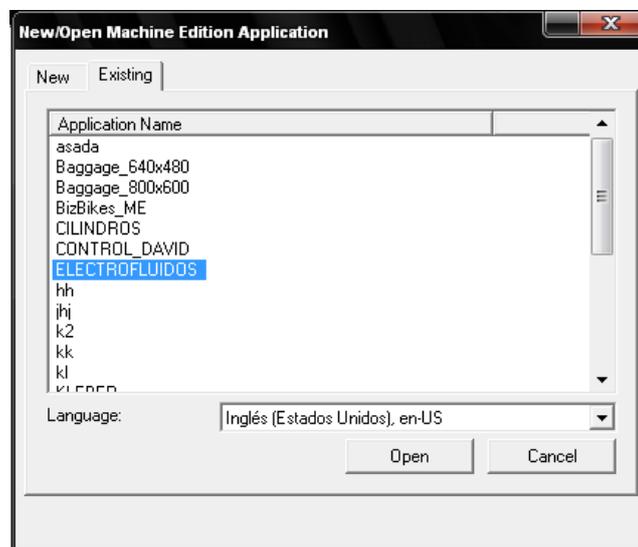
Fallas aleatorias.- son aquellas cuyo origen es el deterioro de componentes que son parte del sistema de seguridad. Estas fallas deben ser controladas.

ANEXO 6

DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN DE LA INTERFACE GRÁFICA DE BOTONES, HISTÓRICOS, ALARMAS, ANIMACIONES, DE TODO EL SISTEMA

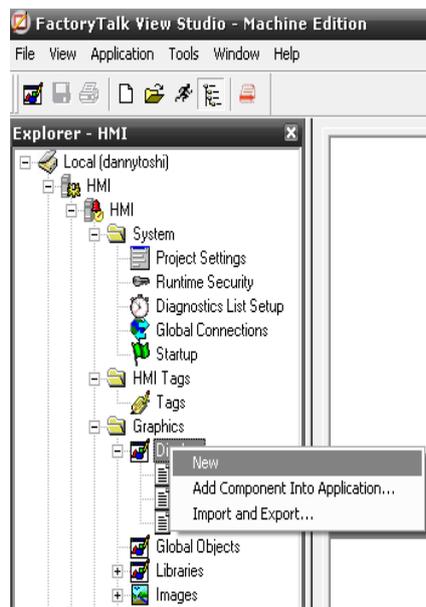
CREAR UN PROYECTO NUEVO EN FACTORY TALK VIEW

Se desplegará la ventana de proyectos, en la cual se debe hacer clic en “new” y asignar un nombre al proyecto, y por ultimo hacer clic sobre crear.



En la pantalla de programación hacemos clic derecho sobre “Display” que se encuentra en la carpeta “Graphics” y se elige “New”.

De este modo se crearan nuevas ventanas de programación, se puede realizar las ventanas que se crean convenientes dependiendo de la necesidad del HMI.

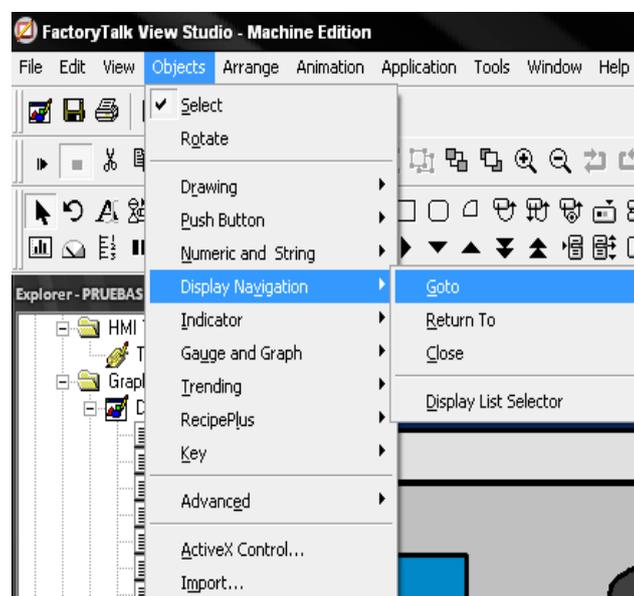


Crear un botón nuevo en Factory Talk View

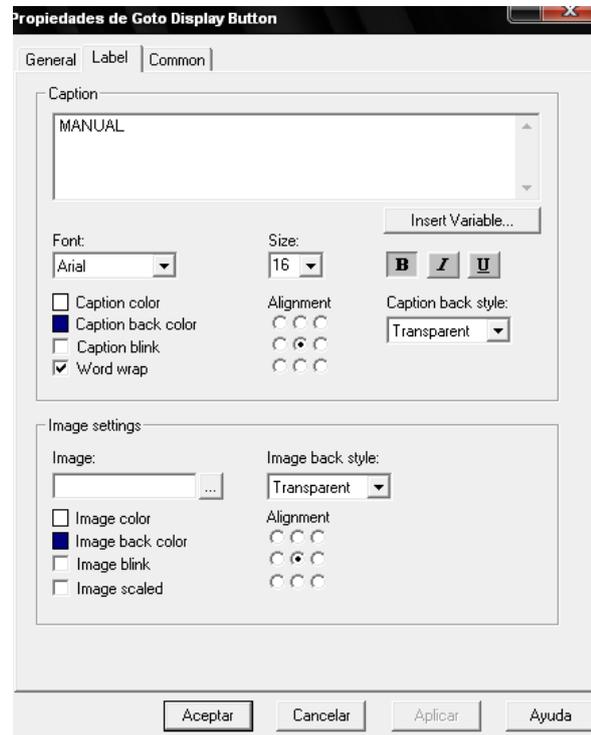
Los botones usados en la programación del HMI fueron Botones Momentarios y Botones de enlace.

Botones de enlace GOTO

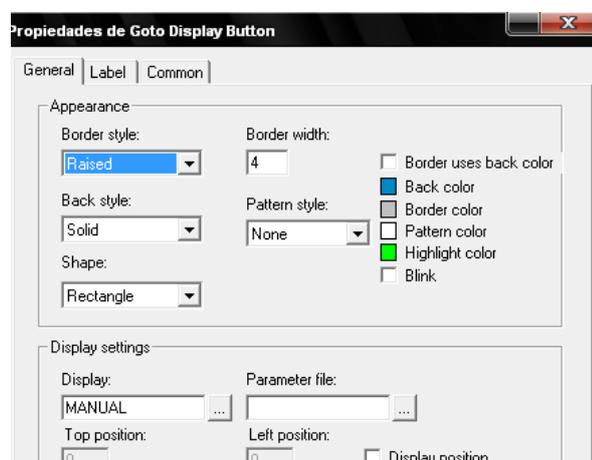
Se selecciona el botón desde la barra de herramientas - Objects – Display Navigation – Goto.



Una vez seleccionado el botón se procederá a la configuración sus características, como título del botón



Como ultimo paso de la configuracion del boton se debe asignar la pantalla de enlace a la cual se quiere que despliegue la ventana a usarse.

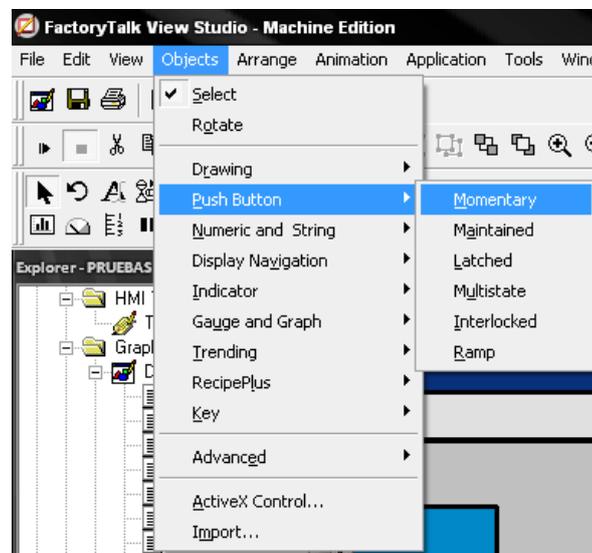


Con lo cual el boton se encuentra listo para ser usado.

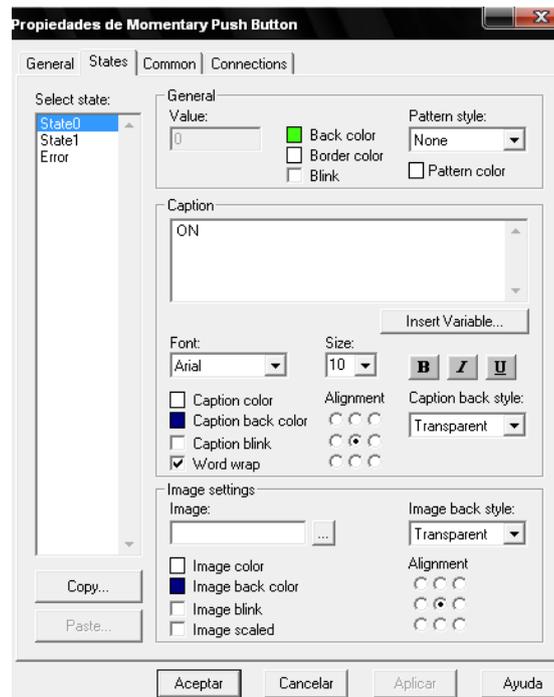


Botones de accionamiento MOMENTARY

Se selecciona el botón desde la barra de herramientas - Objects – Push Button – Momentary.

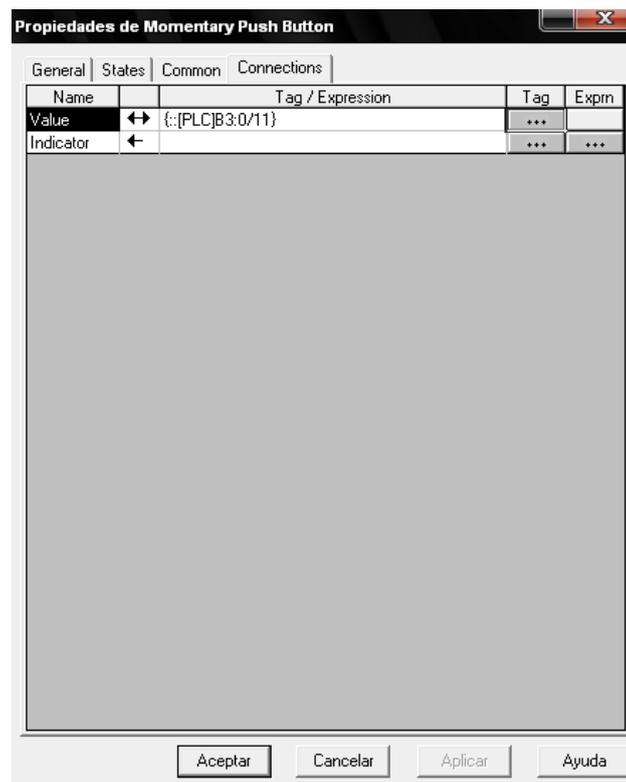


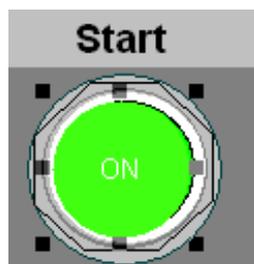
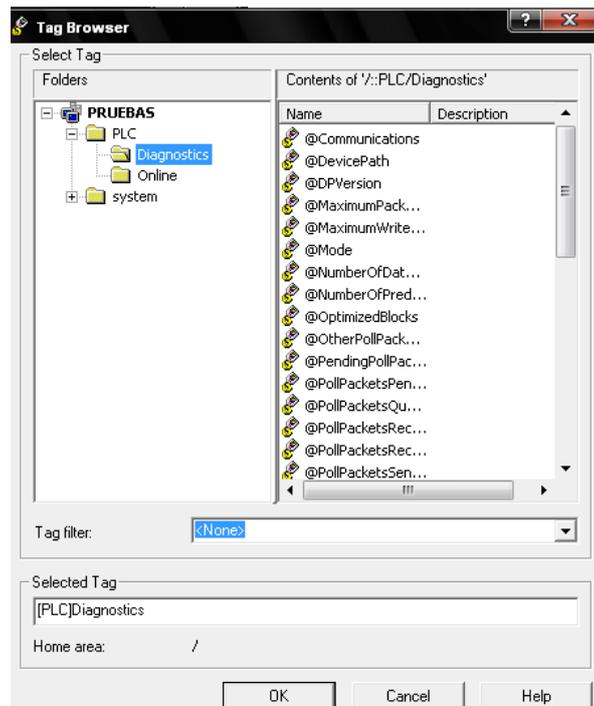
Una vez seleccionado el botón se procederá a la configuración sus características, este botón tiene la característica de tener dos estados el de activación o el de reposo, se puede programar los dos con diferente título.



Como ultimo paso de la configuracion del boton se debe asignar la tag de enlace a la cual se desea que el boton este comunicado con el PLC.

Se debe ingresar a Connections y asignamos la tag correspondiente egun la programacion del PLC.





Inserte un texto

Seleccione el ícono “text” y arrástrelo hasta el área de trabajo.

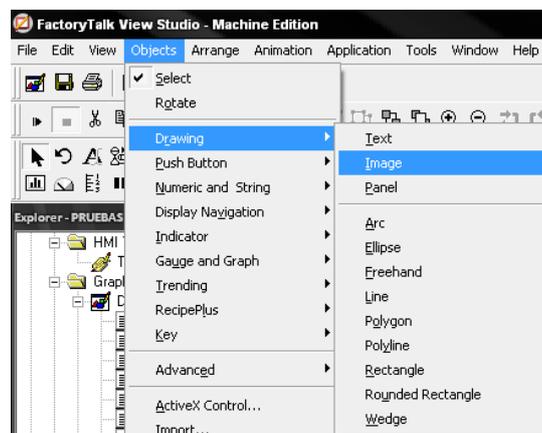
Se desplegará una ventana que muestra las propiedades del texto

En el campo Text escriba el contenido deseado

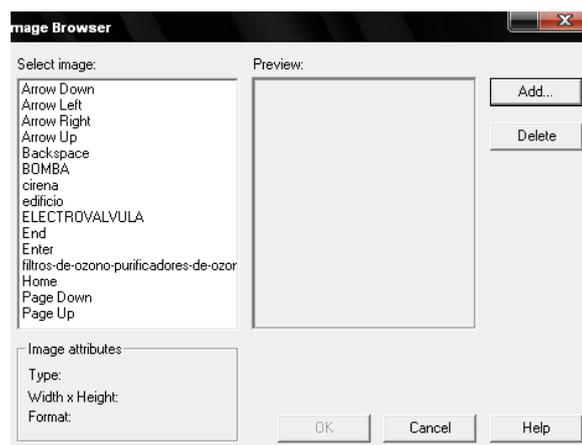


Insertar una imagen

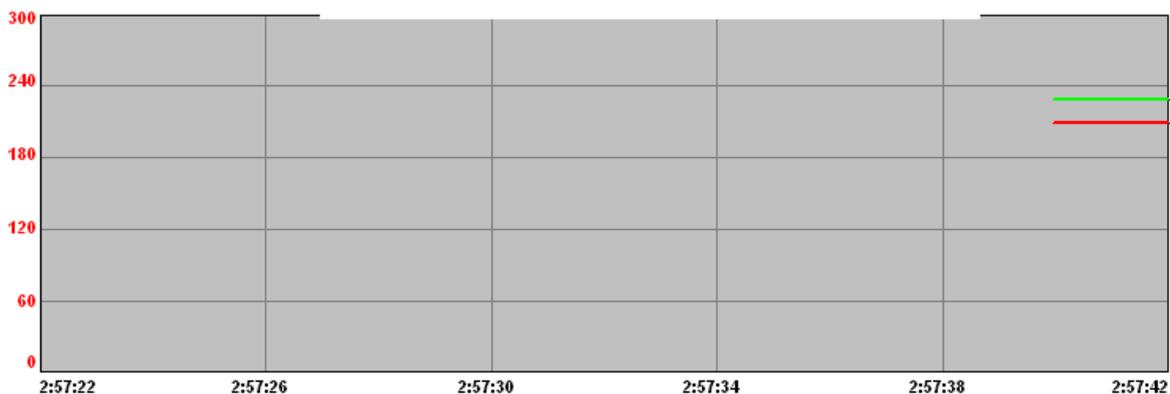
Seleccione el ícono “image” y arrástrelo hasta el área de trabajo.



Se desplegará una ventana que permite seleccionar o importar la imagen deseada.

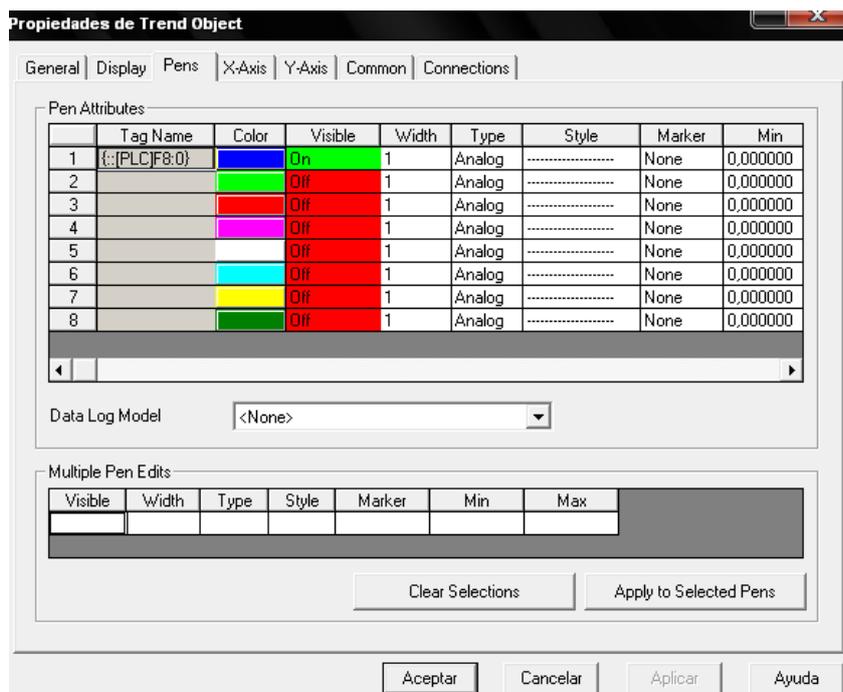


Insertar un Trend

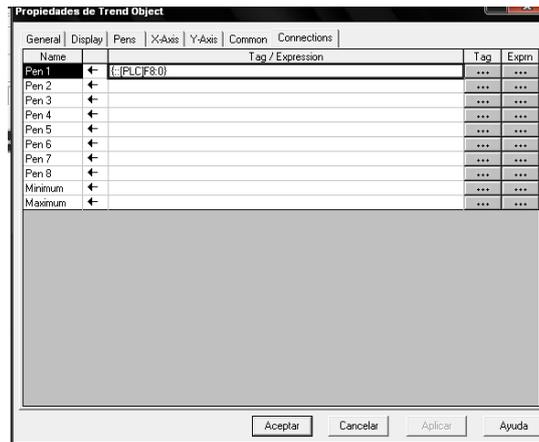


Seleccione el ícono “Trend” y arrástrelo hasta el área de trabajo. Se desplegará una ventana que muestra las propiedades del objeto trend.

En la pestaña Pens se selecciona el color de la variable y el tipo de variable y se determinara el rango de operación de la correspondiente variable.



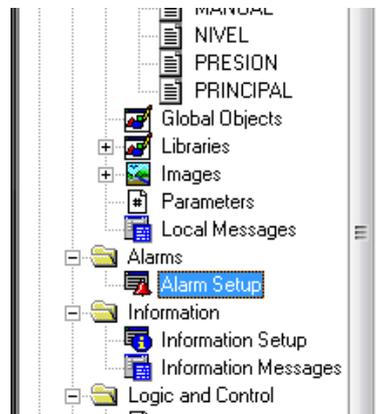
En la pestaña “connections” se ingresa la tag del PLC a la cual se la desea graficar y que sea pueda visualizada en función del tiempo.



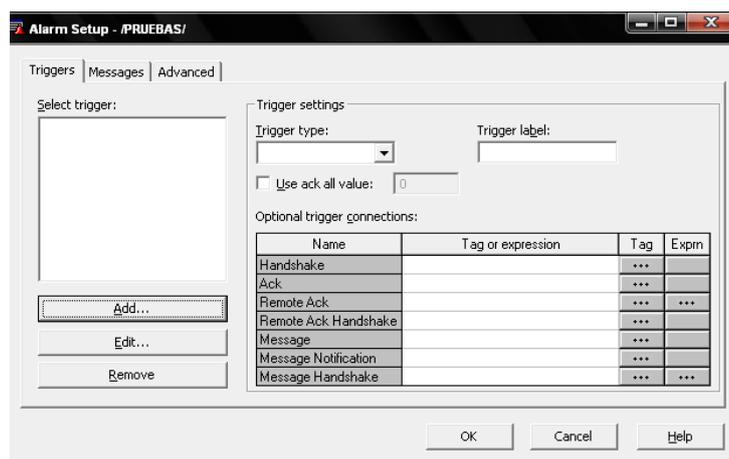
ALARMAS

La configuración de alarmas para el HMI se realiza de la siguiente manera:

Dentro de la carpeta Alarms, escoja el icono Alarm Steup y de doble clic.



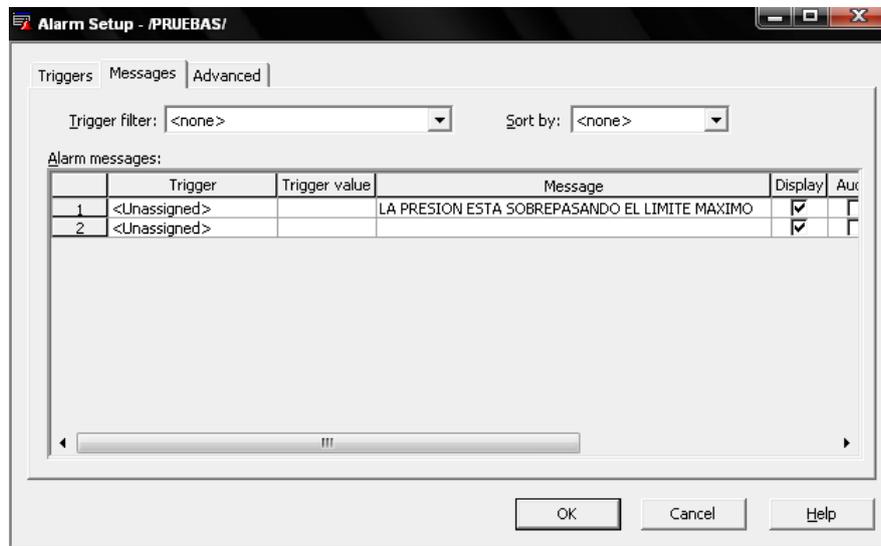
A continuación se despliega la ventana de configuración de alarmas.



De dará clic sobre el botón Tag para agregar el tag correspondiente a la alarma que se desea incorporar en el sistema.



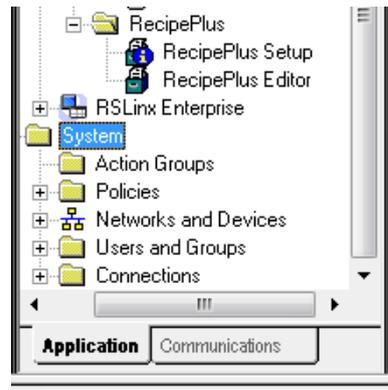
Luego de escoger la tag se le asignara un valor o un bit de manera que se lo pueda identificar.



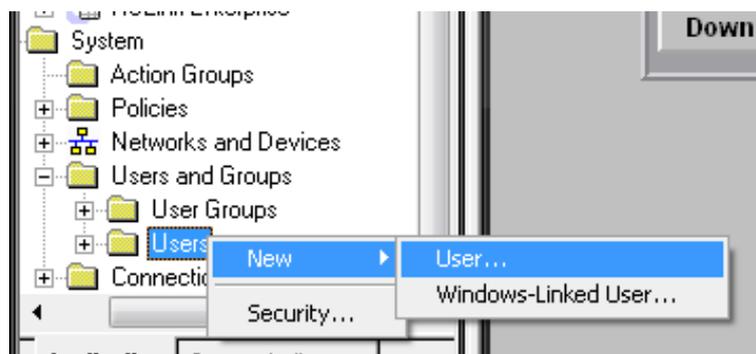
Luego de escoger la tag se le asignara el mensaje que se desplegara el momento de ser accionada la alarma, si tendrá sonido y si será mostrada en una ventana.

Creación de un nuevo usuario

Despliegue la carpeta “System”



En la carpeta “Users and Groups”, de clic derecho sobre la carpeta “User” y elija la opción “New” --> “User”.



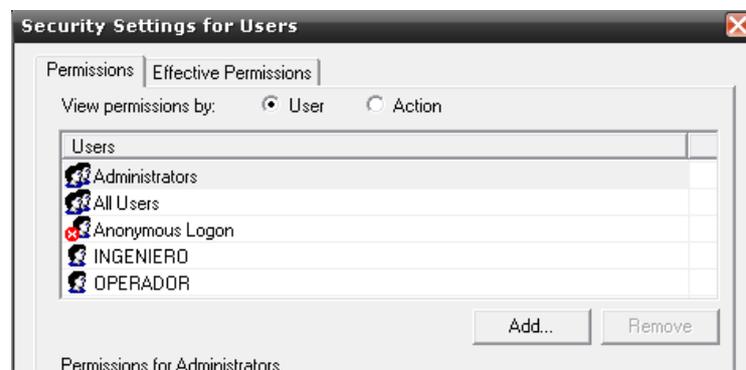
Se genera una nueva ventana, en la cual se ingresara el nombre del usuario y su respectiva contraseña.

 A screenshot of the 'New User' dialog box. The 'General' tab is active. The 'User name' field contains 'INGENIERO'. The 'Full name' and 'Description' fields are empty. There are four unchecked checkboxes: 'User must change password at next logon', 'User cannot change password', 'Password never expires', and 'Account is disabled'. The 'Password' and 'Confirm Password' fields both contain '*****'. At the bottom, there are 'Create', 'Cancelar', and 'Ayuda' buttons.

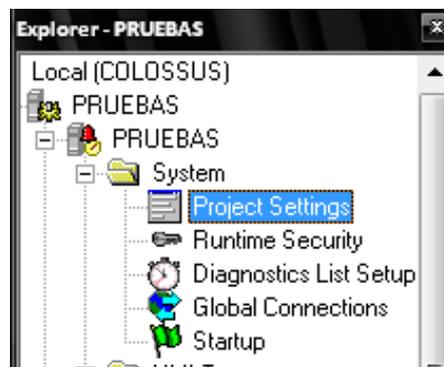
En la carpeta “Users and Groups”, de clic derecho sobre la carpeta “User” y elija la opción “New” --> “Security”.



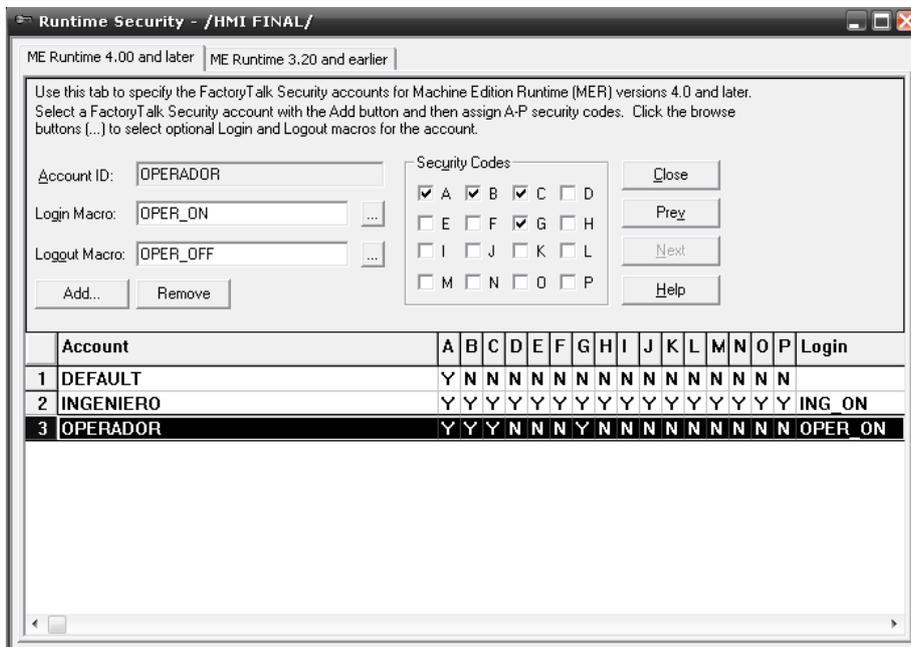
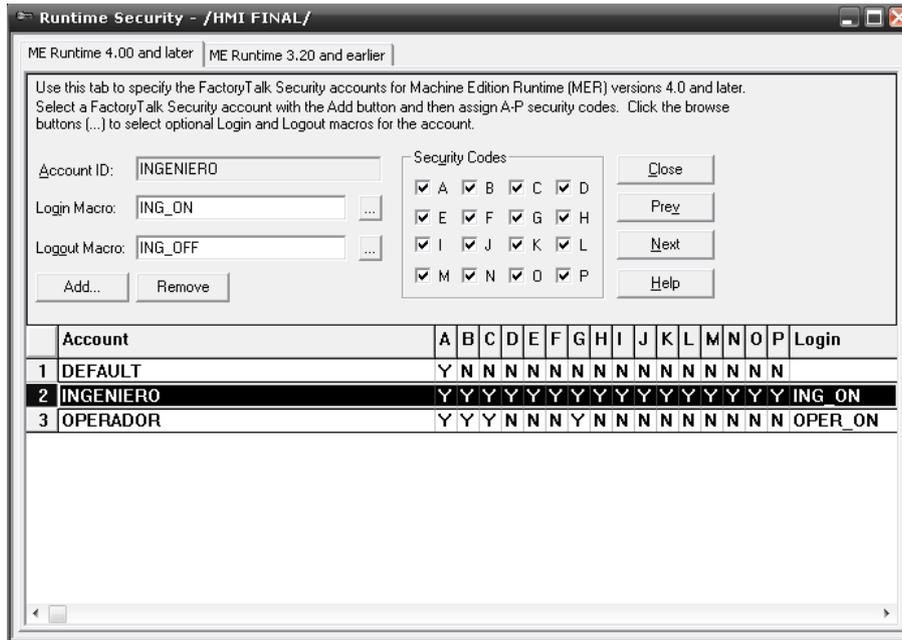
Inmediatamente se genera una nueva ventana donde se selecciona los campos indicados. De All Actions y Comms.



De clic en la carpeta “System” y de doble clic sobre la opción “Project Settings”.



Inmediatamente se genera una nueva ventana en la cual se asigna el nombre del usuario.



En el link de seguridad se irá dando a cada pantalla realizada un diferente código numérico para poder determinar el acceso de cada usuario creado.

ANEXO 7

NORMA NTE INEN-ISO/IEC 17025: 2005

Organismo de Acreditación Ecuatoriano - OAE
OAE CR GA01 R00 Criterios generales. Acreditación de laboratorios de ensayo y calibración
NTE INEN-ISO/IEC 17025:2005

La Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025: 2005 establece los requisitos generales relativos a la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración que el OAE utiliza como criterios para la acreditación.

En algunos casos es preciso aclarar o precisar (detallar) el contenido de algunos apartados de la norma cuando ésta va a ser usada en un proceso de acreditación con el fin de asegurar la coherencia en la evaluación.

El presente documento establece dichas aclaraciones y precisiones que deben ser consideradas por los laboratorios como criterios a cumplir en caso de solicitar la acreditación del OAE y que por lo tanto serán evaluados durante los procesos de acreditación del OAE.

Los criterios aquí expuestos podrán ser complementados por otros de carácter específico cuando sea necesario.

En este documento se ha mantenido la numeración de la norma, incluyendo una C delante de la referencia numérica del apartado de la norma al que corresponde para facilitar su identificación.

ANEXO 8

EXÁMENES DE LABORATORIO



LASA
LABORATORIO ANALITICO AMBIENTAL
AGUA - EFLUENTES INDUSTRIALES



ENSAYOS
NF OAE LE IC 06-002

INFORME DE RESULTADOS

SOLICITADO POR: ING. KLEBER NAVAS
DIRECCIÓN: VENEZUELA Y OLMEDO
TELÉFONO/FAX : 094876871
TIPO DE MUESTRA: AGUA
PROCEDENCIA: SANGOLQUI
IDENTIFICACIÓN: M1

INF.LASA 21-01-11-20611
ORDEN DE TRABAJO No. 008956

FECHA RECEPCIÓN: 13-01-11
FECHA DE ANALISIS: 13-02-01-11
NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)
MUESTREO POR: SOLICITANTE
CÓD. DE MUESTRA: 450-11

REPORTE DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUA

ITEM	PARAMETROS	UNIDADES	MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	MÉTODO DE ENSAYO
1	COLOR	U. DE COLOR	3.00	< 5	APHA 2100C *
2	TURBIEDAD	F.T.U	0.00	<5	NEFELOMETRICO *
3	SOLIDOS EN SUSPENSION	mg/L	< 1	<5	PER-LASA-PQ-05 APHA 2540 D
4	ALCALINIDAD F	mg/L-CaCO ₃	0.00	-	PER-LASA-PQ-07A APHA 2200 B
5	ALCALINIDAD T	mg/L-CaCO ₃	94.80	-	PER-LASA-PQ-07A APHA 2200 B
6	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	201.00	< 750	PER-LASA-PQ-02 APHA 2510 B
7	pH		6.89	6.5 - 8.4	PER-LASA-PQ-20 APHA 4500 H+H
8	DUREZA CARBONATADA	mg/L-CaCO ₃	74.30	-	CALCULO
9	DUREZA NO CARBONATADA	mg/L-CaCO ₃	0.00	-	CALCULO
10	DUREZA TOTAL	mg/L-CaCO ₃	74.30	<120	PER-LASA-PQ-01C APHA 2540 C
11	CALCIO	mg/L	13.90	< 30	PER-LASA-PQ-01D APHA 2000 Ca-S
12	CLORUROS	mg/L	5.50	<50	PER-LASA-PQ-01B APHA 4500 Cl-B
13	SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	130.70	<500	ELECTROQUIMICO *
14	SOLIDOS TOTALES	mg/L	130.70		APHA 2540 C *
15	HIERRO	mg/L	< 0.01	<0.2	APHA 3000 D *
16	MAGNESIO	mg/L	9.60	<12	APHA 3000 E *
17	MANGANESO	mg/L	< 0.01	< 0.05	APHA 3000 G *
18	N-NITRITOS	mg/L	< 0.001	0.0	APHA 4500 B *
19	N-NITRATOS	mg/L	0.85	10.0	PER-LASA-PQ-03 APHA 4500 E
20	N-AMONICAL	mg/L	< 0.01	< 1.0	APHA 4500 H+HOC *
21	FOSFATOS	mg/L	0.38	-	PER-LASA-PQ-01E APHA 4500 C
22	SULFATOS	mg/L	4.80	50	PER-LASA-PQ-01F APHA 4500 E
23	SODIO	mg/L	11.57	-	APHA 3000 Na-B
24	POTASIO	mg/L	3.27	-	APHA 3000 - K-B

(*) MÉTODOS PARA VALORES DE REFERENCIA



DR. MARCO DUANYRO
GERENTE DE LABORATORIO

El resultado se refiere unicamente a la muestra recibida en el laboratorio.
Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA

Pág. 1 de 1

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012 • Fax: 3303-893
Cel.: 09 9236-287 • e-mail: info@laboratoriolas.com • web: www.laboratoriolas.com • Quito - Ecuador

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

<i>PARÁMETROS</i>	<i>RESULTADO DE ENSAYO</i>	<i>VALORES DE REFERENCIA NORMA INEN 1168</i>	<i>MÉTODO DE ENSAYO</i>
CONTAJE TOTAL AEROBIOS MESÓFILOS ufc / ml	< 1	< 10 ²	FEELASA/MB03 APHA 9215 B
COLIFORMES TOTALES NMP/100ml	< 2	< 2	FEELASA/MB04 APHA 9221 B
ESCHERICHIA COLI NMP/100ml	< 2	< 2	FEELASA/MB04 APHA 9221 B
HONGOS upc / ml	< 1	-	FEELASA/MB04 BAM CAP 18 FDA
LEVADURAS upc / ml	< 1	-	FEELASA/MB04 BAM CAP 18 FDA

INTERPRETACION

DE ACUERDO A LOS ENSAYOS ANALIZADOS LA MUESTRA CUMPLE CON LA NORMA INEN 1168 DE MICROBIOLOGIA.


 Dr. Marco Galante Ruales
 GERENTE DE LABORATORIO

LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio. Las incidencias de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA. Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del Laboratorio.
 * Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance de acreditación OAE.

ANEXO 9

MANUAL DE USUARIO

SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMÁTICO FAMILIA NAVARRETE TIPAN



MANUAL DE USUARIO

Realizado por: Kleber Giovanni Navas Tipan

Rockwell
Allen Bradley · Rockwell Software **Automation**

**ALERTA**

Identifique información sobre prácticas o circunstancias que pueden causar una explosión en un ambiente peligroso, lo que puede llevar lesiones personales o muerte, daños materiales o pérdidas económicas.

**PELIGRO DE DESCARGA**

Las etiquetas pueden estar ubicadas sobre o dentro del equipo (por ejemplo, unidad o el motor) para alertar a las personas que la tensión presente puede ser peligrosa.

**RIESGO DE QUEMADURAS**

Las etiquetas pueden estar ubicadas sobre o dentro del equipo (por ejemplo, unidad o el motor) para advertir sobre superficies que pueden tener temperaturas peligrosas.

Descripción del sistema

El sistema de bombeo Hidroneumático realiza el control de presión, nivel y contaminación, los lazos de control garantizan un correcto funcionamiento del sistema, hay que tener en cuenta los pasos a seguir para el uso del mismo:

1. Verificación de que la cisterna posea líquido, mínimo que sobrepase el nivel bajo.
2. Revisar la presión del tanque presurizado, si el sistema comienza a funcionar la presión debe ser menor a 20PSI.

3. Esperar que el PLC reconozca los datos enviados por el sensor.
4. Trabajar de forma manual o automática, el PLC se encuentra programado para trabajar en cualquier estado.

Especificaciones

Los requerimientos para cada proceso son indicados a continuación:

EXPLICACIÓN DEL SISTEMA

PRESIÓN

El control de presión garantizará el arranque y parada de la bomba de agua, teniendo que cumplir las siguientes especificaciones técnicas:

- Presión mínima 20PSI
- Presión máxima 50PSI

NIVEL

Se establecerá el proceso de llenado de la cisterna, con lo cual se garantizará el control de nivel, el tipo de control a realizarse se lo explica a continuación.

- Se posee tres niveles alto, medio y bajo en la cisterna, los cuales serán programados para determinar si la cisterna se encuentra llenando o vaciando.
- El accionamiento de la electroválvula está representada en dos ciclos, el ciclo de llenado si la cisterna se encuentra totalmente vacía en este ciclo se encenderá hasta que se accionen las tres boyas, después de esto se producirá el cierre de la electroválvula, el segundo ciclo está representado cuando la cisterna empieza a vaciarse, la electroválvula se accionará cuando el nivel de la cisterna se encuentre en nivel medio y se volverá a apagar cuando el nivel sea máximo.

- En este proceso existen tres alarmas de llenado, una por cada nivel, de este modo se garantizara la determinación del suministro de la red hidráulica, existen tiempos calculados anteriormente para el respectivo accionamiento de alarma.

CONTAMINACIÓN

El sistema de purificación mediante filtros de ozono posee una particularidad, que el filtro no puede esperar a ser accionado por una señal de un sensor debido que la proliferación de bacterias, hongos y microorganismos es constante en función del tiempo, los filtros de ozono trabajan continuamente cumpliendo ciclos de 30 minutos, es indiferente el nivel de la cisterna debido que la purificación está dada tanto para el líquido concentrado como para el líquido que se encuentra ingresando a la cisterna.

Con todo el sistema instalado se obtendrá muchos beneficios tanto para el edificio en si como para el consumo humano, debido que todas las tuberías de abastecimiento serán limpiadas de corrosión y bacterias almacenadas por el tiempo en codos, tubería recta y en los elementos finales como las llaves, la ozonificación garantizara la limpieza de todos los equipos antes mencionados; para el ser humano las ventajas son innumerables pero en si la mayor es poder ingerir un líquido puro y saludable para el organismo; el agua ozonificada servirá para garantizar la limpieza de equipos médico, los cuales son usados en el segundo piso donde se encuentra CEMOPLAF.

COMIENZE A TRABAJAR CON EL SISTEMA

Energice el sistema

Diríjase al tablero de control y alce el switch master de abastecimiento de energía para todo el sistema.



Espere que el PLC reconozca todos los elementos instalados y que el sensor de nivel establezca comunicación correcta, teniendo en cuenta la espera de 25 segundos.

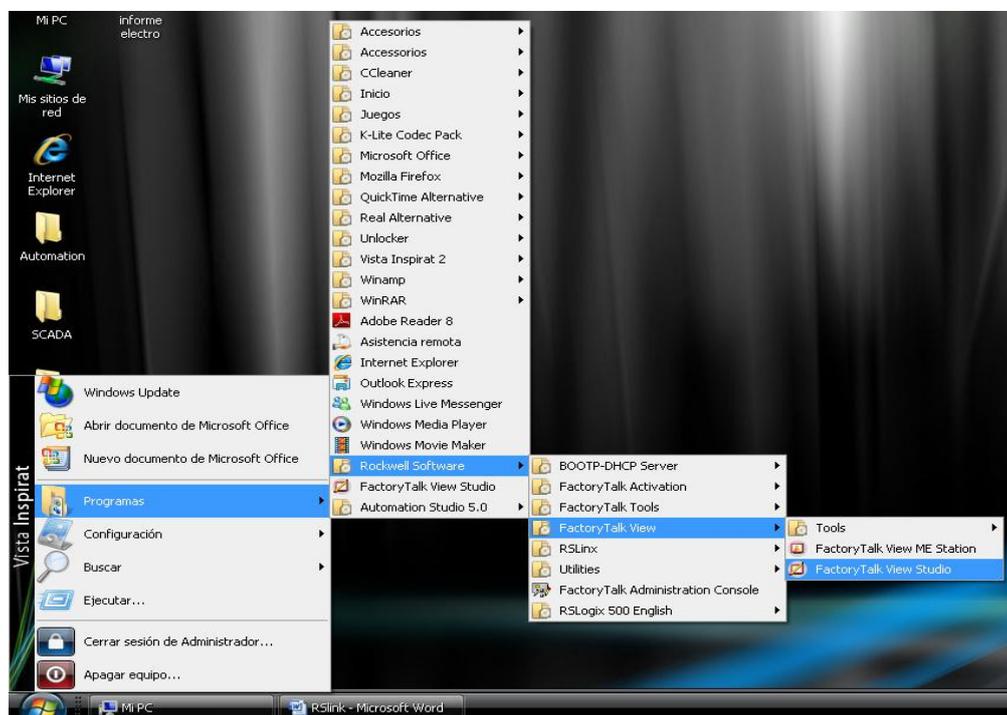
Mueva el selector en Manual o Automático

Diríjase al tablero de control mueva según la necesidad de usuario en modo manual o automático.



Inicie la Interfaz grafica

Ir a: INICIO - Programas - Rockwell Software - Factory Talk View -
Factory Talk View Studio



Ruta de Acceso Factory Talk View

Para abrir la aplicación se deben realizar los siguientes pasos:

- En la ventana “New/Open Machine Edition Application”
 - Seleccione el programa “PRUEBAS”
- En la Barra de Herramientas en la parte superior seleccione la opción “Application”
- Seleccione la opción “Test Application”

Manejo de la Interfaz Grafica

Como se puede visualizar la pantalla de inicio posee una imagen de la instalación en la cual se encuentra implementado el sistema, con una ventana en la cual se ingresa el usuario.



Pantalla de Inicio

Modo de ingreso de usuario

La interface está programada para tener dos usuarios los mismos que poseen una clave diferente.

USUARIO	CLAVE
INGENIERO	Ingeniero
OPERADOR	1234

En la figura se puede visualizar la ventana de ingreso de usuario, se puede apastar f2 en el teclado de la computadora o haciendo clic en el botón de la ventana.

The image shows a 'Login:' window with a black background and white text. At the top center, it says 'Login:'. Below this, there are two input fields. The first field is labeled 'User (F2)' and the second is labeled 'Password (F3)'. To the right of the 'User' field is a white button with a black 'Enter' symbol. To the right of the 'Password' field is a white button with the text 'ESC'.

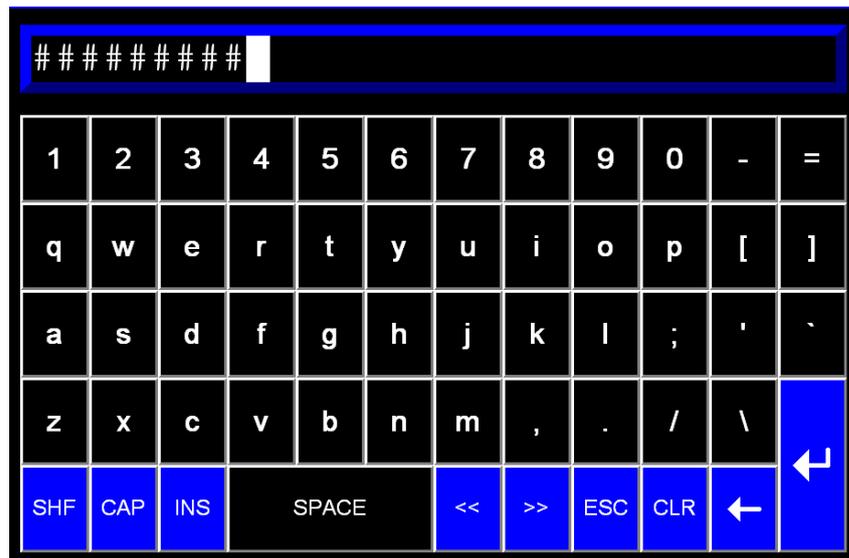
Ventana de Ingreso de Usuario

En la ventana de ingreso de usuario como se indica en la figura la cual posee un teclado, se puede ingresar el usuario haciendo clic en cada una de las letras o escribiendo en el teclado de la PC, luego de ingresar el usuario presionamos el botón enter.

The image shows a virtual keyboard interface. At the top, there is a text input field containing the word 'INGENIERO' followed by a white cursor. Below the input field is a grid of keys. The keys are arranged in rows: the first row contains numbers 1-0 and symbols; the second row contains letters q-w, e-r, t-y, u-i, o-p, and brackets; the third row contains letters a-s, d-f, g-h, j-k, l-semicolon, and apostrophe; the fourth row contains letters z-x, c-v, b-n, m, comma, period, slash, and backslash; the fifth row contains function keys SHF, CAP, INS, SPACE, left arrow, right arrow, ESC, CLR, and a large white 'Enter' button.

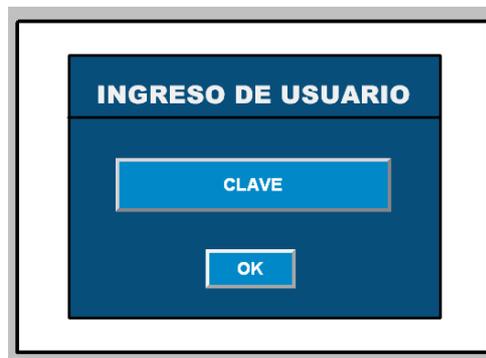
Ventana de tipiado para ingreso de Usuario

De igual manera en la ventana de ingreso de clave posee un teclado, se puede ingresar la clave haciendo clic en cada una de las letras o escribiendo en el teclado de la PC, luego de ingresar la clave presionamos el botón enter.



Ventana de tipado para ingreso de clave

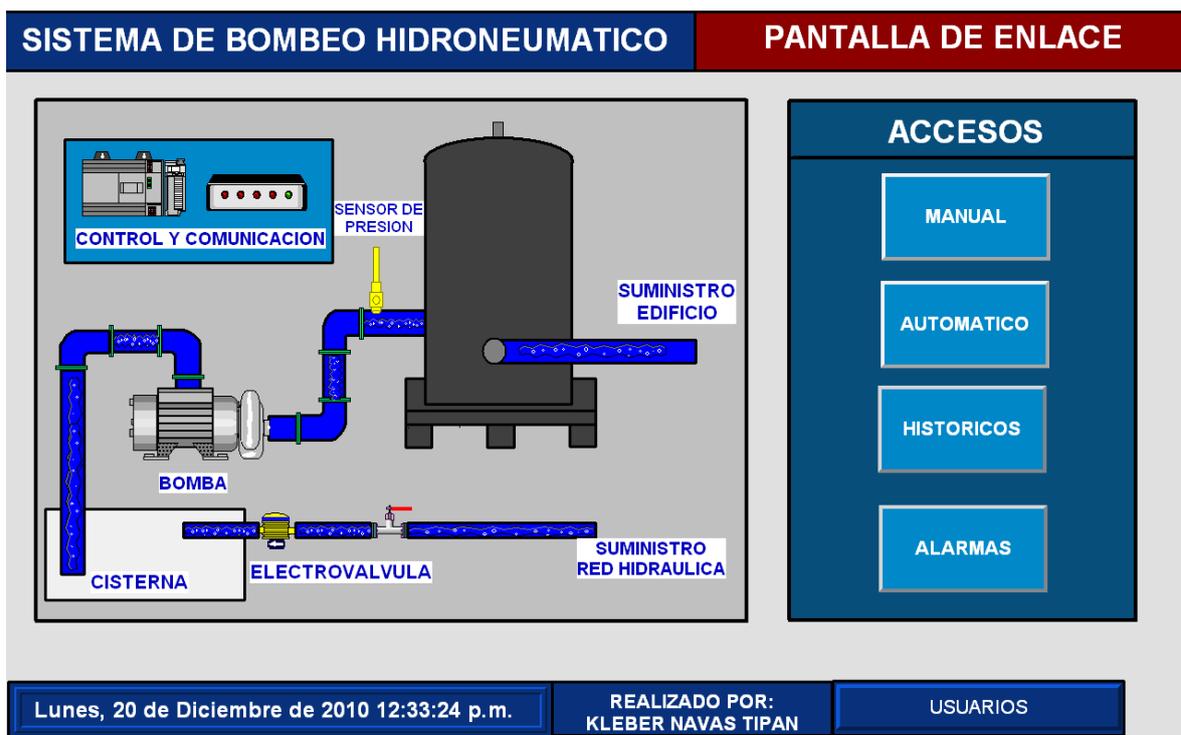
Si se ha ingresado correctamente tanto el usuario como su respectiva clave se accionara el botón de enlace con el sistema como se puede visualizar.



Ventana de Aceptación de Usuario

Pantalla de Enlace

En la pantalla se puede visualizar de manera específica la pantalla de enlace del sistema. La misma que direccionara el lugar de acceso del HMI se quiere acceder al Modo Manual, Modo Automático, Históricos y Alarmas.



Pantalla de Enlace

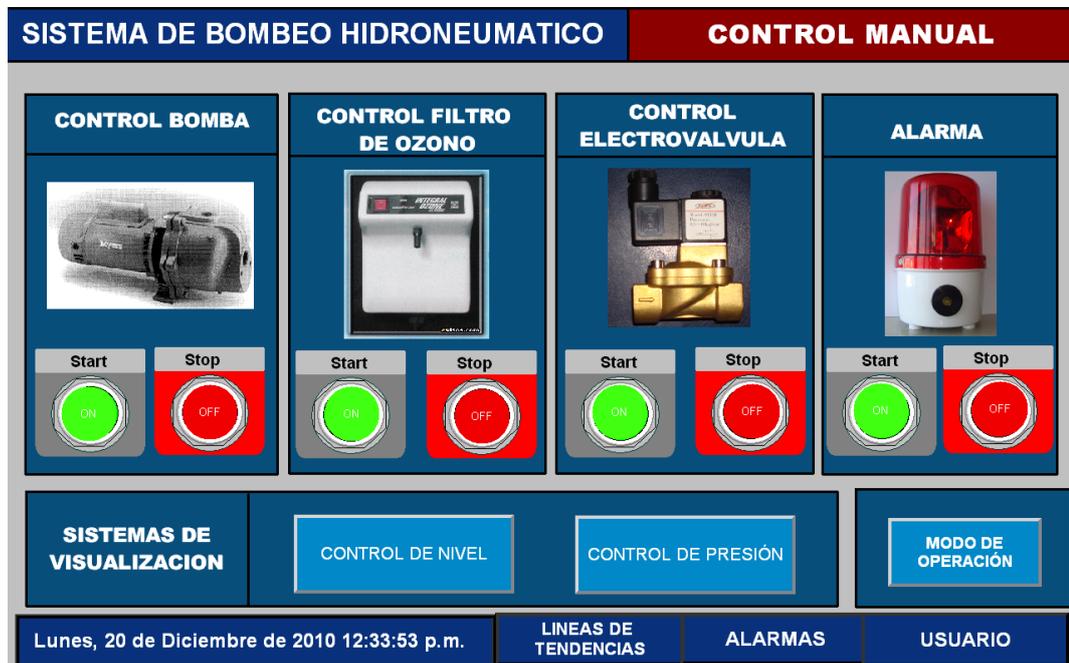
Pantalla de Control Manual

La pantalla de control manual posee cuatro ventanas de accionamiento y dos ventanas de visualización para el enlace con el control de nivel y el control de presión, como se puede visualizar en la tabla de elementos con lo cual se detalla todos los elementos que pueden ser accionados en la pantalla.

Elementos y modo de accionamiento en modo Manual

ELEMENTOS	ACCIONAMIENTO
Control Bomba	START
	STOP
Control Filtro De Ozono	START
	STOP
Control Electroválvula	START
	STOP
Alarma	START
	STOP

Control De Nivel	LINK DE ACCESO
Control De Presión	LINK DE ACCESO

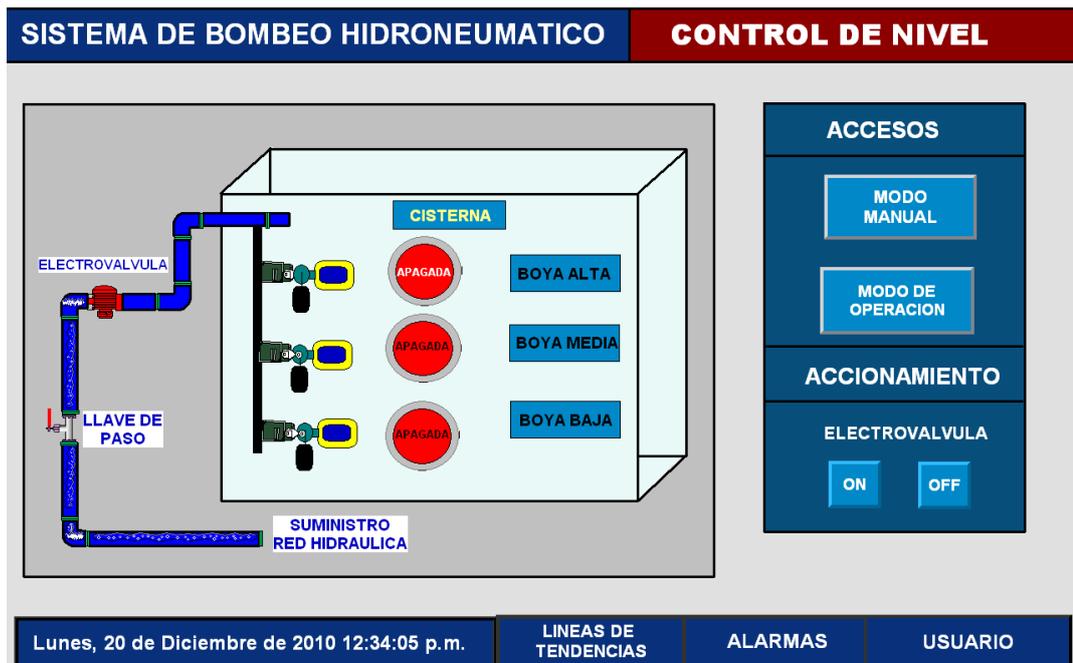


Pantalla Control Manual

	<p>Hay que tener en cuenta que esta pantalla funciona solo si en el tablero de control se encuentra el switch en modo de control MANUAL.</p>
---	--

Pantalla control de nivel

En la pantalla de control de nivel se puede observar los tres indicadores de estado de las boyas de nivel, de manera adicional se posee botones de accionamiento de la electroválvula, hay que tener en cuenta que la electroválvula solo se podrá accionar si el nivel de la cisterna esa en bajo o medio.



Pantalla Control De Nivel

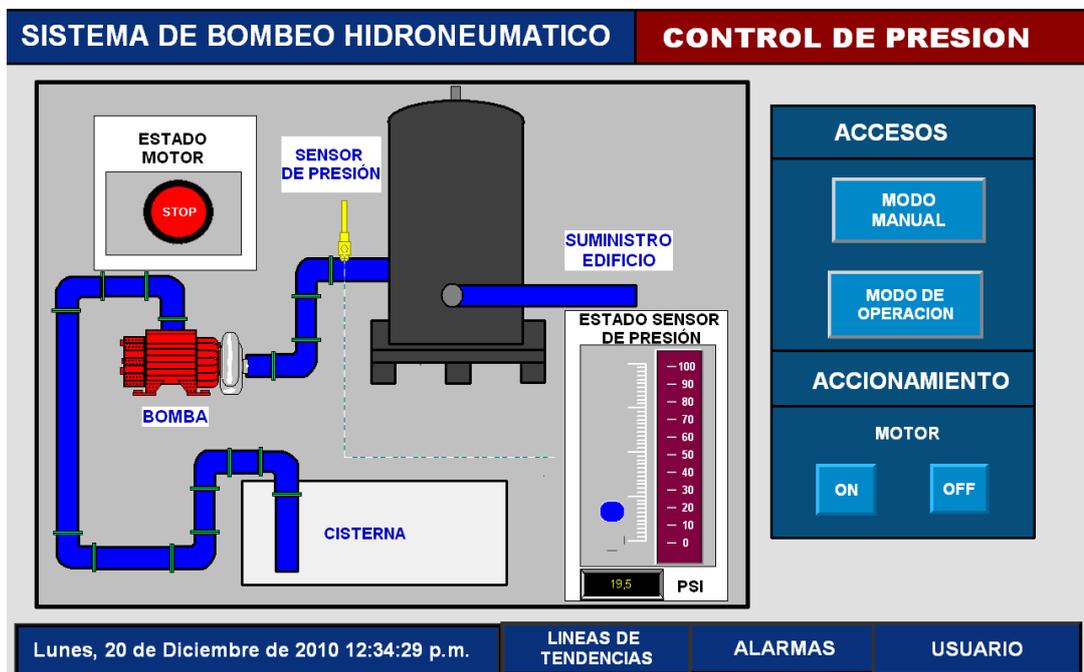
Elementos y modo de accionamiento en Control de Nivel

ELEMENTOS	ACCIONAMIENTO
Nivel Alto	APAGADO
	ENCENDIDO
Nivel Medio	APAGADO
	ENCENDIDO
Nivel Bajo	APAGADO
	ENCENDIDO
ELECTROVÁLVULA	START
	STOP

	<p>Hay que tener en cuenta que esta pantalla funciona solo si en el tablero de control se encuentra el switch en modo de control MANUAL.</p>
---	--

Pantalla control de presión

En la pantalla de control de presión se puede observar que se encuentra establecido un slider de valores que determinan el rango de funcionamiento del sensor, de manera adicional se posee botones de accionamiento de la bomba.



Pantalla Control de Presión

Elementos y modo de accionamiento en Control de Presión

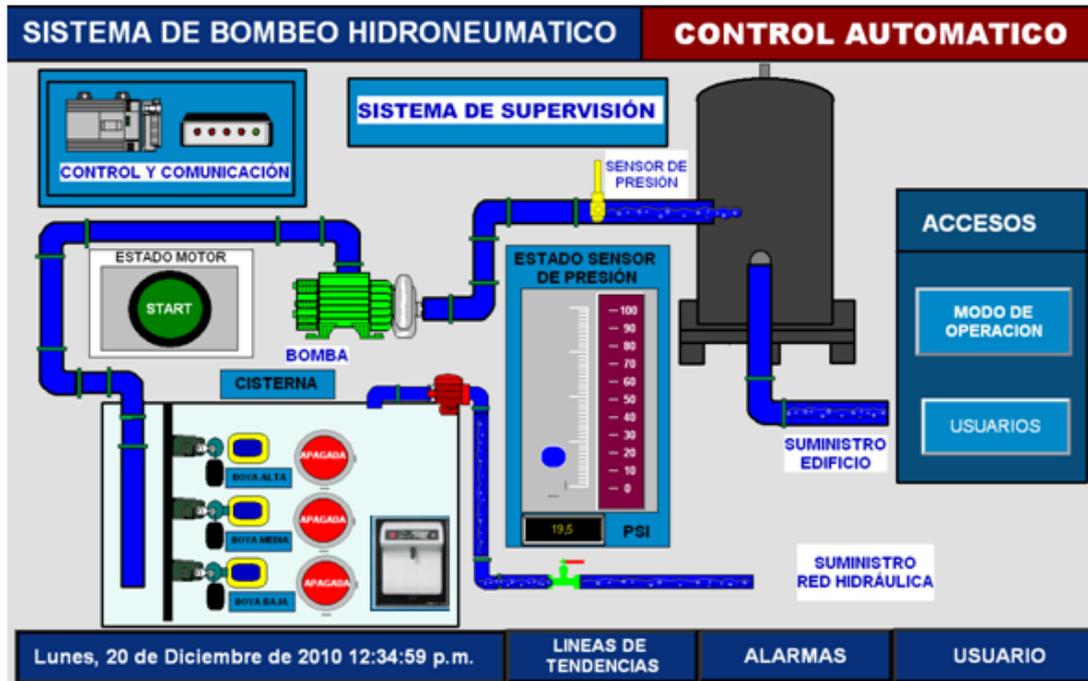
ELEMENTOS	ACCIONAMIENTO
Bomba de Agua	APAGADO
	ENCENDIDO

Sensor de Presión	APAGADO
	ENCENDIDO
Estado sensor de presión	APAGADO
	CENSANDO
Motor	START
	STOP

	<p>Hay que tener en cuenta que esta pantalla funciona solo si en el tablero de control se encuentra el switch en modo de control MANUAL.</p>
---	--

Pantalla Control de Automático

En la pantalla de control automático se puede observar de manera global todo el sistema implementado, cabe recalcar que esta pantalla es solamente de supervisión del sistema de control realizado en la programación del PLC.



Pantalla Control Automático

Elementos y modo de accionamiento en Control AUTOMÁTICO

ELEMENTOS	ACCIONAMIENTO
Filtro de Ozono	APAGADO
	ENCENDIDO
Sensor de Presión	APAGADO
	ENCENDIDO
Estado sensor de presión	APAGADO
	CENSANDO
Motor	START
	STOP

Nivel Alto	APAGADO
	ENCENDIDO
Nivel Medio	APAGADO
	ENCENDIDO
Nivel Bajo	APAGADO
	ENCENDIDO

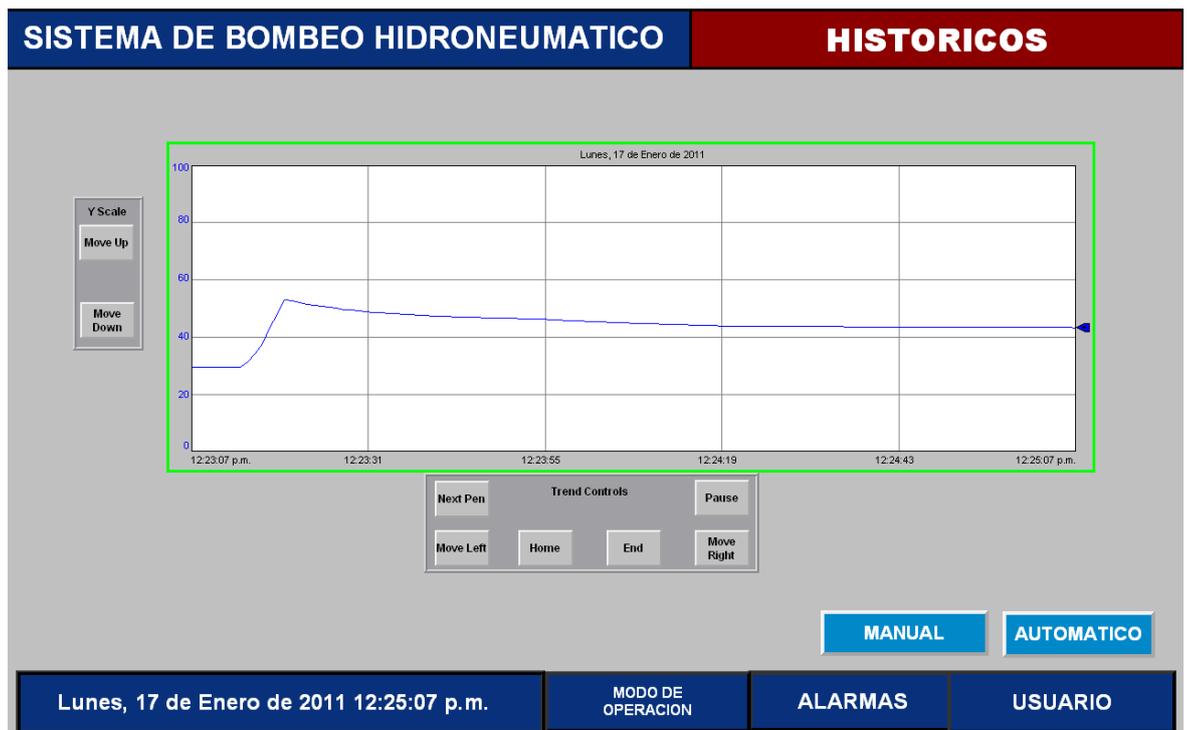
ELECTROVÁLVULA	START
	STOP

	Hay que tener en cuenta que esta pantalla funciona solo si en el tablero de control se encuentra el switch en modo de control AUTOMÁTICO.
---	---

Pantalla de Históricos

En la pantalla de históricos se puede visualizar la interacción de la señal del sensor de presión en tiempo real.

El sistema se encuentra en la capacidad de determinar horas picos de funcionamiento diario, horas de llenado de cisterna y sobre todo arranque de bomba.



Pantalla de Históricos

	<p>Hay que tener en cuenta que esta pantalla funciona solo si en el tablero de control se encuentra el switch en modo de control MANUAL O AUTOMÁTICO.</p>
---	---

Pantalla de Alarmas

En la pantalla de alarmas se puede observar las alarmas que saltaron en el sistema, hay que tener en cuenta que las mismas fueron programadas y establecidas en el sistema.

SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMATICO
ALARMAS

Alarm Status
All Alarms
17/01/2011 12:25:34 p.m.

Trigger	Value	QTY	Acc. Time On	Message
Label1	1	0	00:00:00	ALARMA DE LLENADO BOYA BAJA
Label2	1	0	00:00:00	ALARMA DE LLENADO BOYA MEDIA
Label3	1	2	00:00:48	ALARMA DE LLENADO BOYA ALTA
Label4	1	0	00:00:00	ALARMA DE SOBRECARGA DE BOMBA
Label5	1	4	00:00:56	ALARMA DE PRESION ELEVADA

Time Last Reset: Monday, January 17, 2011 *

Display Mode

Silence Alarms

Reset Status

Print

Alarm History

MANUAL

AUTOMATICO

Lunes, 17 de Enero de 2011 12:25:34 p.m.
LINEAS DE TENDENCIAS
MODO DE OPERACION
USUARIO

Pantalla de Alarmas

Tipos de Accionamientos de Alarmas

DIFERENTES TIPOS DE ALARMAS
Alarma de sobrecarga en arranque de bomba
Alarma de presión elevada en el sistema
Alarma de llenado de nivel boya baja
Alarma de llenado de nivel boya media
Alarma de llenado de nivel boya alta
Alarma de desborde en boya alta



Hay que tener en cuenta que esta pantalla funciona solo si en el tablero de control se encuentra el switch en modo de control MANUAL O AUTOMÁTICO.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMÁTICO	16
Figura 3. 1 Principio de conservación de la masa	33
Figura 3. 2 Balance de Energía para dos puntos	35
Figura 3. 3 Entrada o Reductor con Unión de Borde Redondeada ($k=0.05$).....	40
Figura 3. 4 Entradas de Aristas ($k=0.5$)	40
Figura 3. 5 Tubería con Saliente en el Interior del Depósito ($k=1$).....	41
Figura 3. 6 Reducciones e Incrementos	41
Figura 3. 7 Incremento Repentino ($k=1$).....	41
Figura 3. 8 Reducción de Diámetro en Tuberías.....	42
Figura 3. 9 Succión Negativa	44
Figura 3. 10 Succión Positiva.....	44
Figura 3. 11 Caso 1	45
Figura 3. 12 Caso 2	46
Figura 3. 13 Caso 3	47
Figura 3. 14 Tiempo en Función de Corriente con 110VAC	49
Figura 3. 15 Tiempo en Función de Corriente con 220VAC	50
Figura 3. 16 Plano edificio CORTE X—X	71
Figura 3. 17 Sistema de control en lazo cerrado	78
Figura 3. 18 Sensor Anauger.....	79
Figura 3. 19 Tanque de Reserva.....	81
Figura 3. 20 Dimensionamiento de Tanque de Reserva.....	82
Figura 3. 21 Medidas de Alturas	83
Figura 3. 22 Diagrama de bloques control ON - OFF.....	85
Figura 3. 23 Tipos de Variables de un sistema de Control	86
Figura 3. 24 Allen Bradley	87
Figura 3. 25 Sensores de Presión en Gases, Líquidos y <i>Steam</i>	88
Figura 3. 26 Unidades Crudas en función del voltaje	89
Figura 3. 27 Unidades Crudas en función de la corriente	90
Figura 3. 28 Unidades Crudas en función de la corriente utilizada con valor de ecuación.....	90
Figura 3. 29 Sistema real de Tanque y Sensor Instalado.....	94
Figura 3. 30 Sistema de Tanque y Sensor en el HMI.....	94
Figura 3. 31 Sistema real de Cisterna con Boyas de Nivel	95
Figura 3. 32 Cisterna con Boyas de Nivel en el HMI	95
Figura 3. 33 Ventana de Navegabilidad Principal en HMI	96
Figura 3. 34 Ventana de Navegabilidad Secundaria en HMI.....	96
Figura 3. 35 Iconos de Navegabilidad en HMI	97
Figura 3. 36 Ventana del Proceso General	98
Figura 3. 37 Ventana de Información de Alarmas	98
Figura 3. 38 Ventana de Evaluación de Variables	99
Figura 3. 39 Tendencia de Rueda de colores.....	100

Figura 3. 40 Estados de Colores.....	100
Figura 4. 1 Sensor de Presión Instalado	103
Figura 4. 2 Identificación del producto	103
Figura 4. 3 Pulsadores de Operación del Sensor de Presión	105
Figura 4. 4 Terminales del Sensor de Presión.....	105
Figura 4. 5 Programación del Menú.....	107
Figura 4. 6 Navegación y programación de Base.....	109
Figura 4. 7 Navegación y programación de Salidas	110
Figura 4. 8 Navegación y programación de Salidas Analógica.....	111
Figura 4. 9 Boya de Nivel	112
Figura 4. 10 Sensores de Nivel Instalados	113
Figura 4. 11 PLC Micrologix 1100	114
Figura 4. 12 Descripción de Módulos de Input and Output de 1763-L12AWA	115
Figura 4. 13 Diagrama de Flujo Programación HMI	119
Figura 4. 14 Características del módulo 1762-IF4	120
Figura 4. 15 Selección tipo de Entrada Analógica	121
Figura 4. 16 Terminales del módulo 1762IF4.....	121
Figura 4. 17 Conexión de Sensor Analógico.....	122
Figura 4. 18 Conexión de diferentes tipos de transmisores.....	123
Figura 4. 19 Sistema de Comunicación.....	125
Figura 4. 20 Diagrama de Flujo Interfaz Gráfica HMI	129
Figura 4. 21 Pantalla de Inicio	132
Figura 4. 22 Ventana de Ingreso de Usuario	133
Figura 4. 23 Ventana de tipiado para ingreso de Usuario	133
Figura 4. 24 Ventana de tipiado para ingreso de clave	134
Figura 4. 25 Ventana de Aceptación de Usuario.....	134
Figura 4. 26 Pantalla de Enlace.....	135
Figura 4. 27 Pantalla Control Manual	136
Figura 4. 28 Pantalla Control De Nivel.....	137
Figura 4. 29 Alerta de Nivel.....	137
Figura 4. 30 Pantalla Control de Presión.....	138
Figura 4. 31 Alerta de Presión.....	138
Figura 4. 32 Pantalla Control Automático	139
Figura 4. 33 Pantalla de Históricos	140
Figura 4. 34 Pantalla de Alarmas	141
Figura 4. 35 Pantalla LCD y Teclado de PLC.....	143
Figura 4. 36 Descripción de Pantalla LCD.....	143
Figura 4. 37 Diagrama de Flujo Uso del LCD del PLC	144
Figura 4. 38 Sensor de Nivel Bajo Accionado	145
Figura 4. 39 Sensor de Nivel Bajo y Medio Accionado.....	145
Figura 4. 40 Sensor de Nivel Bajo, Medio y Alto Accionado.....	146
Figura 4. 41 Sensor de Presión Operando	147

Figura 4. 42 SCP De Programación	147
Figura 4. 43 Bomba de Agua MYERS Instalada	149
Figura 4. 44 Capacidad de uso de galones respecto las presión de la descarga	150
Figura 4. 45 Partes Internas y Externas de Bomba.....	150
Figura 4. 46 Lista de partes numeradas de bomba	151
Figura 4. 47 Moléculas de Ozono	152
Figura 4. 48 Radiación Obtenida por Oxígeno.....	154
Figura 4. 49 Mezcla de Átomos con Molécula de Oxígeno	154
Figura 4. 50 Molécula de Ozono	155
Figura 4. 51 Laboratorios LASA.....	164
Figura 4. 52 Filtro de Ozono DELzone.....	166
Figura 4. 53 Accionamiento Eléctrico Filtro DELzone	167
Figura 4. 54 Filtro de Impurezas	167
Figura 4. 55 Verificación Salida de O3.....	168
Figura 4. 56 Temporizador del Filtro DELzone.....	168
Figura 4. 57 Sistema de Bombeo	169
Figura 4. 58 Tablero de Control.....	170
Figura 4. 59 Tablero de Control con Filtro de Ozono	171
Figura 4. 60 Filtro de Ozono Activo en Cisterna foto 1.....	172
Figura 4. 61 Filtro de Ozono Activo en Cisterna foto 2.....	172
Figura 5. 1 Ruta de Acceso - Bootp - DHCP Server.....	176
Figura 5. 2 Pantalla de Bootp/DHCP	177
Figura 5. 3 Ingreso de MAC e IP para el PLC	177
Figura 5. 4 Ruta de Acceso RSLinx Classic	178
Figura 5. 5 Pantalla Inicial RSLinx.....	179
Figura 5. 6 Icono De Configuración de Drivers.....	179
Figura 5. 7 Ventana de Configuración de Drivers.....	180
Figura 5. 8 Ventana de Configuración de Nombre	180
Figura 5. 9 Configuración de direcciones IP.....	181
Figura 5. 10 Ventana de comprobación de red creada	181
Figura 5. 11 Pantalla de Inicio RSLogix 500	182
Figura 5. 12 Ventana de Selección de PLC.....	183
Figura 5. 13 Sistema de Comunicación.....	184
Figura 5. 14 Ventana de Configuración de Comunicación	184
Figura 5. 15 Icono de IO Configuración	185
Figura 5. 16 Ventana de Configuración de Módulos de Expansión.....	185
Figura 5. 17 Configuración de módulo de Expansión.....	186
Figura 5. 18 Lugar de descarga de Programa.....	186
Figura 5. 19 Ventana de Revisión de Descarga.....	187
Figura 5. 20 Ruta de Acceso a Factory Talk View	187
Figura 5. 21 Ventana de Creación de Nuevo Proyecto	188
Figura 5. 22 Pantalla de Configuración de HMI	189
Figura 5. 23 Ventana Startup.....	190

Figura 5. 24 Configuración de Comunicación	190
Figura 5. 25 Ventana de Comunicación	191
Figura 5. 26 Creación de Aplicación.....	191

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Descripción Global de Materiales	17
Tabla 2. 2 Componentes Tablero de Control	23
Tabla 3. 1 Factor K según litros diarios	30
Tabla 3. 2 Corriente de Arranque a 110VAC.....	48
Tabla 3. 3 Tiempo de Arranque	48
Tabla 3. 4 Corriente de Arranque 220VAC	49
Tabla 3. 5 Tiempo de Arranque	50
Tabla 3. 6 Factor k consumo método de piezas.....	60
Tabla 3. 7 Unidades de Gasto Método de Hunter	61
Tabla 3. 8 Factor de k consumo	61
Tabla 3. 9 Unidades de Gasto Según Piezas	62
Tabla 3. 10 Factor de Fricción de Hazen- Williams.....	65
Tabla 3. 11 Factor de k para Accesorios	66
Tabla 3. 12 Datos Técnicos.....	80
Tabla 3. 13 Cuadro de Lógica de Control de Boyas	80
Tabla 3. 14 Unidades de Medida Presión y sus Factores de Conversión	87
Tabla 3. 15 Datos y valor de voltaje del sensor.....	88
Tabla 3. 16 Datos y valor de corriente del sensor	89
Tabla 4. 1 Tabla de características de Sensor 836E-DC1EN1-D4.....	104
Tabla 4. 2 Colores de Cables del sensor al Tablero	106
Tabla 4. 3 Explicación Botones de Navegación.....	106
Tabla 4. 4 Datos técnicos boya de nivel.....	112
Tabla 4. 5 Instalación boyas de Nivel	113
Tabla 4. 6 Descripción de Entradas de Micrologix 1100.....	116
Tabla 4. 7 Descripción de Entradas Analógicas Modulo 1762IF4.....	116
Tabla 4. 8 Descripción de Salidas de Micrologix 1100	117
Tabla 4. 9 Descripción de Marcas de Micrologix 1100	117
Tabla 4. 10 Descripción de Temporizadores de Micrologix 1100	118
Tabla 4. 11 Direcciones IP	126
Tabla 4. 12 Descripción de Pines RJ45.....	126
Tabla 4. 13 Lista de tags utilizadas para la configuración general de HMI	130
Tabla 4. 14 Usuarios del Sistema	132
Tabla 4. 15 Códigos de Seguridad de Pantallas	141
Tabla 4. 16 Tabla de Datos SCP	148
Tabla 4. 17 Presión Media Según Horas Diarias.....	148
Tabla 4. 18 Características de la bomba Myers 2C200PE	149
Tabla 4. 19 Propiedades de Ozono.....	152
Tabla 5. 1 Material de Tablero de Control	173
Tabla 5. 2 Materiales sensores de Nivel.....	174

Tabla 5. 3 Materiales Sensor de Presión	174
Tabla 5. 4 Material Cable Eléctrico	174
Tabla 5. 5 Material de Sistema de Bombeo.....	174
Tabla 5. 6 Material de Filtro de Ozono	175
Tabla 5. 12 Costo de Material	192
Tabla 5. 13 Costo Instalación.....	194

GLOSARIO

A

Agua

El **agua** (del latín aqua) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O).

Arranque

El arrancador montado en el bloque de cilindros empuja contra un engranaje motriz cuando el interruptor de encendido es girado, una cremallera engancha con el volante y el cigüeñal es girado.

Actuador

Transductor que transforma señales eléctricas en movimientos mecánicos.

Algoritmo

Procedimiento o conjunto de procedimientos que describen una asociación de datos lógicos destinados a la resolución de un problema. Los algoritmos permiten automatizar tareas, siendo una secuencia codificada de instrucciones.

B

Bombear

Impulsión por medio de bomba o sifón de los líquidos trasegados de unas vasijas a otras. Elevar un líquido por medio de una bomba

C

Control

Selección de las entradas de un sistema de manera que los estados o salidas cambien de acuerdo a una manera deseada.

Caudal

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

Controlador Lógico Programable (PLC)

Equipo electrónico programable que almacena varias secuencias de órdenes llamadas programa en su interior y se encarga de ejecutarlas de forma cíclica con el fin de realizar una tarea.

CPU

Acrónimo de Central Processing Unit (Unidad central de procesamiento). Es el procesador central del ordenador encargado de controlar rutinas, realizar funciones aritméticas y otras tareas propias.

D

Diagrama de Bloques

Método gráfico de representación de un sistema dinámico, el cual utiliza bloques para representar un subsistema y flechas para indicar la dirección del flujo de señales.

Diseño

Concepción original de un concepto u obra destinados a su implantación o producción.

E

Examen químico

Reconocimiento de elementos a fin de verificar sus características en relación con las señaladas en la destinación ley que las ampara.

Entrada

Cualquier evento externo que se provee a un sistema para modificar al sistema de cualquier manera.

Estimación

Proceso por el que se trata de averiguar un parámetro no conocido, a partir de un valor estadístico.

F

Filtro

Un filtro hidráulico es el componente principal del sistema de filtración de una máquina hidráulica, de lubricación o de engrase.

H**Hidroneumático**

Denominación que se utiliza en los dispositivos que utilizan agua y aceite para realizar sus funciones. Término que se emplea para un sistema que consta de un muelle neumático y un fluido como transmisor de fuerza

I**Identificación**

Correspondencia entre un modelo y la porción de realidad que pretende representar. El valor de un parámetro puede ser asumido (como hipótesis) o puede ser estimado a partir de ciertos datos y entonces se dice que los parámetros son identificados.

Interfaz Hombre Maquina (HMI)

Método para mostrar el estado de una máquina, alarmas, mensajes y diagnósticos, usualmente en forma gráfica en un computador personal, permitiendo una realimentación al operador.

M**Modelo**

Representación de una manera más sencilla de ciertos aspectos de un proceso o elemento, y el cual es utilizado con objetivos de análisis, control y predicción. Todo modelo se basa en una teoría, pero dicha teoría puede no estar indicada en una forma concisa. Tipos de modelos: a escala, descriptivos, gráficos, analógicos y matemáticos.

O**Ozono**

El ozono (O₃), es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los 2 átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno (O₂), formando moléculas de Ozono (O₃).

Observabilidad

Un sistema es observable si se puede determinar el estado inicial de un sistema a partir de la medición de entradas y salidas, en un tiempo finito. Si una variable de estado no influye en la salida, entonces no se puede observar dicha variable y el sistema no es observable.

Orden

Matemáticamente, el orden de un proceso continuo es igual al número de integradores que se requieren para construir su ecuación dinámica.

P

Periodo de Muestreo

En el muestreo periódico, es el tiempo entre cada una de las muestras.

Perturbaciones

Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema.

Planta

Parte de un equipo o un conjunto de las partes de una máquina que funcionan juntas.

Proceso

Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman entradas en salidas.

Programa

Secuencia de instrucciones que obliga al ordenador a realizar una tarea determinada. Serie de instrucciones que sigue el ordenador para llevar a cabo una tarea determinada.

R

Realimentación

Proceso mediante el cual un sistema alcanza de forma automática los valores establecidos para sus variables de estado de forma precisa a pesar de las variaciones que se produzcan en la entrada.

Regulación

Proceso de control que hace que una variable dinámica permanezca fija o cercana a un valor deseado, por medio de una acción correctiva constante.

Regulador

Sistema que determina (selecciona) y hace cumplir (mantiene) los parámetros operativos de otro sistema.

S

Salida

Cualquier cambio producido en el entorno por un sistema. Productos, resultados o partes observables del comportamiento de un sistema.

Sensor

Dispositivo que detecta los valores de fenómenos físicos.

Set Point (SP)

Valor deseado al cual se desea llevar la variable controlada.

Sistema de Control

Se define como la unión de componentes que se agrupan entre sí para cumplir el objetivo de controlar, está regido por normas y reglas.

Sistema de control en lazo abierto

Son aquellos sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control.

Sistema de control en lazo cerrado

En estos sistemas se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado.

T

Transductor

Dispositivo que convierte una señal de entrada en una señal de salida de naturaleza diferente a la de entrada, tales como los dispositivos que convierten una señal de presión en un voltaje. Tipos: analógicos, de datos muestreados, digitales.

V

Variable Proceso (PV)

Variable dinámica que es regulada. Esta variable se la obtiene de las mediciones realizadas por los sensores.

Válvulas

Elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido.

Variable Manipulada (MV)

Variable dinámica que cambia como función de la variable de control y que modifica directamente la variable controlada.

FECHA DE ENTREGA: _____

Kleber Giovanni Navas Tipan

Ing. Víctor Proaño

**DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA
EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**