



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERIA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

## **TEMA**

**AUTOMATIZACIÓN DE DOS ZONAS DE BOMBEO Y MONITOREO DE LA  
RED PRINCIPAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA  
ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE SUMAK YAKU – ARAQUE –  
OTAVALO**

**AUTOR: DIEGO FRANCISCO TERÁN PINEDA**

**DIRECTOR: ING. MILTON GAVILANES**

**IBARRA-ECUADOR**

**JULIO, 2012**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100290767-1
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	TERÁN PINEDA DIEGO FRANCISCO
<b>DIRECCIÓN</b>	PEGUCHE, BARRIO IMBAQUI (OTAVALO)
<b>E-MAIL</b>	ayllusck@gmail.com
<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	093225020 / 062690209

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	AUTOMATIZACIÓN DE DOS ZONAS DE BOMBEO Y MONITOREO DE LA RED PRINCIPAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE SUMAK YAKU – ARAQUE – OTAVALO
<b>AUTOR:</b>	TERÁN PINEDA DIEGO FRANCISCO
<b>FECHA:</b>	2012/07/03
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERO EN MECATRONICA
<b>DIRECTOR:</b>	ING. MILTON GAVILANES

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Diego Francisco Terán Pineda, con cédula de identidad Nro. 100290767-1, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE  
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Diego Francisco Terán Pineda, con cédula de identidad Nro. 100290767-1, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado “Automatización de dos zonas de bombeo y monitoreo de la red principal del sistema de agua potable de la junta administradora de agua potable Sumak Yaku – Araque – Otavalo”, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma) \_\_\_\_\_

Nombre: Terán Pineda Diego Francisco

Cédula: 100290767-1

Ibarra, a los 9 días del mes de Julio de 2012

## DECLARACIÓN

Yo, DIEGO FRANCISCO TERÁN PINEDA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

Diego Francisco Terán Pineda

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Francisco Terán, bajo mi supervisión.

---

Ing. Milton Gavilanes

DIRECTOR DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

Yupaychani, Mis grandes agradecimientos:

A mis padres Carlos Francisco Terán y Maria M. Luzmila Pineda Lema por haberme brindado el espíritu de seguir adelante, el amor y la confianza en los momentos más difíciles de mi trabajo de grado.

A mis hermanos y hermanas por brindarme el apoyo moral que necesitaba.

A mi sobrina Ayriwa Terán y demás sobrinas(os), ya que con su curiosidad colaboraron en la culminación del trabajo.

Al Ing. Milton Gavilanes por su asesoría y dirección en el desarrollo de este trabajo de grado.

A la facultad de ingeniería en Ciencias Aplicadas por haberme acogido en sus aulas y a nuestros queridos maestros, por los conocimientos impartidos día a día.

A Anita, por brindarme su ayuda, ánimo y compañía en los momentos que más lo necesita, yupaychani.

A mis queridos amigos y compañeros Presi, Jatso, Roberth, Pintag, Lucho, Miguelito, Cruzito, Cesar, Pacha, Jorge T. y amigos de la junta de agua Sumak Yaku por su colaboración sincera.

A la yaku mamita, que si ella no existiera no hubiera vida, y para ella se elaboro con mucho amor el proyecto, para que lo consuman con conciencia a nuestra yaku mamita (agüita)

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera, colaboraron en la realización de esta investigación, yupaychani nipani shunkumanta jullpi ayllu kumpakunata kumpaymanta, ranti ranti mi purishunchik.

**Diego Francisco Terán Pineda**

## DEDICATORIA

Ñuka taytakunaman Mama Mila y Tayta Carlos, ñukapi tukuy shunkuwan yuyaymanta, paykunamantami kay purikkunapi kani. Tukuy shunkuwan kikinkunapak taytakuna ayllukuna kumpakuna. Ñukanchik jatun taytakunshna shuk yuyaysha shuk shunkulla shuk makilla puripashunchik

Como no a todos mis compañeros(as) y familia que estuvieron presentes con migo, tanto a mis docentes como a mi director de carrera. A todos los que confiaron en mí.

**Diego Francisco Terán Pineda**

## CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>i</b>
<b>LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 LA AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1.1. CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL .....	1
1.1.2. HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN .....	1
<b>1.2 AUTÓMATAS PROGRAMABLES INDUSTRIALES .....</b>	<b>2</b>
1.2.1. LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES .....	2
1.2.2. MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA DE UN AUTÓMATA .....	4
1.2.2.1. <i>Módulo de Entrada</i> .....	4
1.2.2.1.1. <i>Entradas Digitales</i> .....	4
1.2.2.1.2. <i>Entradas Analógicas</i> .....	4
1.2.2.2. <i>Módulo de salida</i> .....	5
1.2.2.3. <i>Funcionamiento de la CPU</i> .....	6
1.2.3. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN DE AUTÓMATAS.....	7
1.2.3.1. <i>Clasificación de los lenguajes de programación</i> .....	7
1.2.3.2. <i>Elección del lenguaje de programación</i> .....	10
<b>1.3 SENSORES Y ACTUADORES.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.1. SENSORES.....</b>	<b>10</b>
1.3.1.1. <i>Utilización de los sensores</i> .....	11
<b>1.3.2. ACTUADORES .....</b>	<b>12</b>
1.3.2.1. <i>Clasificación de los actuadores.</i> .....	12
1.3.2.1.1. <i>Actuador Eléctrico</i> .....	12
1.3.2.1.2. <i>Actuadores Mecánicos</i> .....	13
1.3.2.1.2.1. <i>Tipos de actuadores Mecánicos</i> .....	13

1.3.2.1.2.1.1. Actuadores Hidráulicos .....	13
1.3.2.1.2.1.2. Actuadores Neumáticos .....	14
<b>1.4 EL HMI .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPITULO 2 .....</b>	<b>15</b>
<b>ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE BOMBEO “SUMAK YAKU” .....</b>	<b>15</b>
2.1. UBICACIÓN .....	15
2.2. DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL SISTEMA DE BOMBEO .....	18
2.3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL .....	20
2.4. ELEMENTOS A CONTROLAR .....	22
2.5. VARIABLES A MONITOREAR .....	22
2.6. VARIABLES NECESARIAS PARA LA PROGRAMACIÓN EN LA ZONA 1 Y ZONA 2 .....	22
2.7. DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN .....	25
<b>CAPITULO 3 .....</b>	<b>27</b>
<b>SELECCIÓN DE IMPLEMENTOS, MICROCOMPUTADORA (PLC), SENSORES Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN .....</b>	<b>27</b>
3.1. Selección de sensores .....	27
3.2. Selección PLC .....	29
3.4. Selección de sistema de comunicación .....	31
<b>CAPITULO 4 .....</b>	<b>32</b>
<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>32</b>
4.1. DISEÑO DEL SOSTENEDOR DE LOS SENSORES DE NIVEL .....	32
4.1.1. Partes del sostenedor del tubo y el sensor de nivel .....	35
4.1.2. Materiales Utilizados para el ensamblaje .....	35
4.2. diseño del tablero de automatización .....	35
4.2.1. Configuración de señales de los tableros de control .....	36
<b>CAPITULO 5 .....</b>	<b>39</b>

<b>ELABORACIÓN DE LA INTERFACE HOMBRE MÁQUINA.....</b>	<b>39</b>
<b>CAPITULO 6.....</b>	<b>41</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>41</b>
6.1. Automatización de los motores.....	41
6.1.1. Variables de las Zonas 1 y 2.....	41
6.1.2. Proceso a controlar.....	44
6.1.3. Instalación del Sistema Automático.....	49
6.2. Instalación de los sensores y uso del sistema de comunicación .....	50
6.2.1. Instalación de los sensores.....	50
6.2.2. Uso del Sistema de Comunicación .....	53
6.3. Instalación del hmi .....	55
<b>CAPITULO 7.....</b>	<b>56</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>56</b>
7.1.  SENSORES DE NIVEL Y SOSTENEDOR.....	56
7.2.  AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO SUMAK YAKU.....	56
7.3.  PRUEBA DEL SISTEMA COMPLETO .....	58
7.3.  instalación del sistema hmi.....	59
7.4.  PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO DE AUTOMATIZACIÓN .....	60
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>69</b>

## ANEXOS

Anexo A. Especificaciones del sensor boya flotante .....	71
Anexo B. especificaciones del sensor de nivel madison m8700 .....	73
Anexo C. Datos técnicos: LOGO! 12/24RC.....	74
Anexo D. Datos Técnicos de la Fuente de Alimentación Siemenes.....	78
Anexo E. Datos Técnicos del Expansor LOGO! DM16 24R .....	80
Anexo F. Conexión de entradas y salidas del Sistema de Comunicación.....	81
Anexo G. diseño de sostenedor de sensor en inventor.....	84
Anexo H. partes del sujetador de tubo y sensor.....	85
Anexo I. Diseño Completo del sujetador de tubo y sensor. ....	86
Anexo J. Interface HMI para la oficina de la Junta de Agua de Sumak Yaku .....	87
Anexo K. Fotografías del camino a recorrer del personal de Sumak Yaku.....	88
Anexo L. Sobre nivel de agua en los tanques.....	89
Anexo M.	
Programación de los PLC's, zona 1 y zona 2 en el Programa Logo Soft.....	90
Anexo N.	
Arquitectura Del Tablero De Automatización De La Zona 1 Y Zona 2 Instalada .....	118
Anexo O.	
Diagrama De Control De Los Motores De Sumak Yaku Y Diagrama De Conexión Del Tablero De Automatización De La Zona 1 Y Zona 2.....	121
Anexo O.	
MANUAL DE USUARIO .....	127

## INDICE DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 1**

Fig. 1.1 Trabajo del Autómata .....	<b>3</b>
Fig. 1.2 – Estructura de un controlador lógico programable .....	<b>6</b>
Fig. 1.3. - Clasificación de los lenguajes de programación .....	<b>9</b>
Fig. 1.4.- Sensor de presencia .....	<b>12</b>
Fig. 1.5.- Sensor analógico de posición .....	<b>11</b>

### **CAPITULO 2**

Fig. 2.1.- Ubicación geográfica de la estación de bombeo .....	<b>15</b>
Fig. 2.2.- Estación de bombeo de la zona 1 .....	<b>16</b>
Fig. 2.3.- Estación de bombeo de la zona 2 .....	<b>16</b>
Fig. 2.4.- Tanque de reserva, zona 2 .....	<b>17</b>
Fig. 2.5.- Zona 3, tanques gemelos.....	<b>17</b>
Fig. 2.6.- Oficina central de Junta Administradora de Agua Potable Sumak Yaku	<b>18</b>
Fig. 2.7.- Tablero principal de control, bomba-zona1 .....	<b>19</b>
Fig. 2.8.- Tablero principal de control, bomba-zona 2 .....	<b>20</b>

### **CAPITULO 3**

Fig. 3.1. Boya flotante. ....	<b>27</b>
Fig. 3.2. Tipos de sensores de nivel-stock en ecuador .....	<b>28</b>
Fig. 3.3. Modelo de sensores .....	<b>28</b>

### **CAPITULO 4 .....**

Fig. 4.1. Instalación del sujetador de sensor en las gradas existentes en los tanques de reserva de la zona 2 y 3 .....	<b>33</b>
---	-----------

Fig. 4.2. Ubicación del sensor .....	<b>33</b>
Fig. 4.3. Tubería pvc – 150mm (desagüe) – e.1.8.....	<b>34</b>
Fig. 4.4. Sostenedor del tubo y el sensor de nivel.....	<b>34</b>
Fig. 4.5. Botones y focos del tablero principal de la zona 1 .....	<b>36</b>
Fig. 4.6. Botones y focos del tablero principal de la zona 1 .....	<b>37</b>
Fig. 4.7. Diagrama de conexión del antes y después del tablero principal.....	<b>38</b>

## **CAPITULO 5**

Fig. 5.1. Recepción de trama de datos.....	<b>39</b>
Fig. 5.2. Clasificación de trama de datos .....	<b>40</b>

## **CAPITULO 6**

Fig. 6.1. Diagrama de flujo del sistema de automatización de la zona 1 .....	<b>47</b>
Fig. 6.2. Diagrama de flujo del sistema de automatización de la zona 2.....	<b>48</b>
Fig. 6.3. Tablero de automatización zona 1.....	<b>49</b>
Fig. 6.4. Tablero de automatización zona 2.....	<b>50</b>
Fig. 6.5 sensores de nivel zona 2.....	<b>51</b>
Fig. 6.6 sensores de nivel zona 3.....	<b>52</b>
Fig. 6.7. Caja de revisión de sensores .....	<b>52</b>
Fig. 6.8 sensor de nivel zona 1.....	<b>53</b>
Fig. 6.9 sistema de comunicación zona 1 .....	<b>53</b>
Fig. 6.10 sistema de comunicación zona 2 .....	<b>53</b>
Fig. 6.11 sistema de comunicación zona 3 .....	<b>54</b>
Fig. 6.12 antena de comunicación.....	<b>54</b>
Fig. 6.13 computador de sumak yaku .....	<b>55</b>

**CAPITULO 7**

Fig. 7.1. Lector de serial de c compiler.....	<b>60</b>
Fig. 7.2. Trama de datos y su clasificación .....	<b>60</b>
Fig. 7.3. Funcionamiento de motores y niveles en tanques .....	<b>61</b>
Fig. 7.4. Falla de tubería de zona 1 a zona 2 .....	<b>61</b>
Fig. 7.5. Falla de tubería de zona 2 a zona 3 .....	<b>62</b>
Fig. 7.6. Falla Térmica motor 1 zona 1 .....	<b>62</b>
Fig. 7.7. Falla térmica motor 2 zona 1 .....	<b>63</b>
Fig. 7.8. Falla térmica motor 1 zona 2 .....	<b>63</b>
Fig. 7.9. Falla térmica motor 2 zona 2 .....	<b>64</b>
Fig. 7.10. Medición del sistema principal de bombeo las 24 horas .....	<b>64</b>

## INDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

### CAPITULO 2

Tabla 2.1. Señales de zona 1 ..... 23

Tabla 2.2. Señales de zona 2 ..... 24

### CAPITULO 3

### CAPITULO 4

Tabla 4.1. Longitud de tubos ..... 34

Tabla 4.2. Materiales utilizados para el ensamblaje ..... 35

### CAPITULO 5

### CAPITULO 6

Tabla 6.1. Señales de zona 1 ..... 42

Tabla 6.2. Señales de zona 2 ..... 43

### CAPITULO 7

## RESUMEN

Con la finalidad de ahorrar y disminuir pérdidas del agua, evitar accidentes de trabajo y de optimizar los procesos de distribución de agua potable en la Junta de Agua de Sumak Yaku - Araque se ha automatizado el bombeo y se desarrolla un HMI para monitorear desde la oficina central el funcionamiento de este, para tomar las decisiones pertinentes en caso de presentarse anomalías.

El sistema de bombeo de Sumak Yaku tiene 3 zonas, cada zona está ubicada a una distancia de 500mtrs aproximadamente y a una altura de 100mtrs entre zonas. Las dos primeras zonas poseen motores de bombeo, las cuales son encargadas de enviar de la zona 1 a la zona 2 y de la zona 2 a la zona 3 donde existen tanques de reserva llamados Gemelos de donde distribuyen el agua a más de 9 comunidades por gravedad.

La automatización del bombeo se logró gracias a un PLC LOGO!, la cual es la encargada de realizar un sistema de control ON-OFF y a la vez detectar fallas con los respectivos sensores instalados en el sistema de bombeo Suma Yaku.

Para la instalación de los sensores de nivel, se diseñó un sostenedor de sensores debido a la delicadeza de los tanques de reserva.

La finalidad principal de este proyecto es ayudar a todas las economías comunitarias que no estén al alcance tecnológico, y con el inicio de este proyecto estaremos ayudando a 2270 socios, utilizando una media de 4 personas por socios, dan un total de 9080 consumidores del líquido vital, agua (yaku mamita).

## ABSTRAC

In order to save and reduce waste water, prevent accidents of work and optimize the process of drinking water distribution in The “Junta de Agua de Sumak Yaku” – Araque, in this place has been automated the pumping and develops an HMI for monitoring from the main office the operation of it, and to make the necessary decisions in case of anomalies

The pumping system of Sumak Yaku has 3 areas; each area is located at a distance of 500 meters approximately and 100 meters of height between areas. The first two areas have pumping engines, which are responsible for sending from the area 1 to area 2 and from the area 2 to area 3, where exist reserve tanks called Twins where they distribute the water from to more than 9 communities for gravity.

The automation of pumping was achieved with a PLC LOGO!, which is responsible to performing a control system ON-OFF and detect faults with the respective sensors installed in the pumping system of Sumak Yaku.

We designed a sensor holder to install the level sensor due to the sensitivity of the reserve tanks.

The main purpose of this project is to help all community economies that do not have technology accessible, and with this project will be helping to 2,270 members of communities, using an average of 4 people per members, giving a total of 9,080 consumers of vital liquid, water (Yaku Mamita).

## PRESENTACIÓN

Con la finalidad de disminuir riesgos de trabajo y ahorro del líquido vital agua se ha elaborado este proyecto, que se detallan en los siguientes capítulos a detallarse.

En el primer capítulo se trataran los conceptos y partes que conlleva a una automatización industrial general.

En el segundo capítulo se indica todas las partes físicas y geográficas pertenecientes al sistema de bombeo de la Junta Administradora de Agua Potable “Sumak Yaku”

El tercer capítulo se basa en la selección de los implementos necesarios como: microcomputadora (PLC), sensores industriales y la forma más segura de comunicarse entre las dos zonas de bombeo

El cuarto capítulo se basa en el diseño general que servirá para automatizar todo el sistema de la red principal del sistema de bombeo.

El quinto capítulo se basa a la programación para la interface HMI que servirá para monitorear la red principal de bombeo.

El sexto capítulo se basa en la instalación realizada en el sistema de bombeo de la Junta Administradora de Agua Potable “Sumak Yaku”

El último capítulo consiste en pruebas y resultados encontrados después de la instalación.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

### 1.1 LA AUTOMATIZACIÓN

#### 1.1.1. CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La palabra automatización proviene de la palabra griega antigua *auto = guiado por uno mismo*, donde la automatización industrial es el uso de sistemas o elementos computarizados para poder controlar maquinarias o equipos que se encuentran dentro de un proceso industrial, sustituyendo a operadores humanos y logrando así, ubicarlos en áreas de menor riesgo para su salud.

#### 1.1.2. HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN

Las primeras máquinas simples sustituían una forma de esfuerzo en otra forma que fueran manejadas por el ser humano, tal como levantar un peso pesado con sistema de poleas o con una palanca. Posteriormente las máquinas fueron capaces de sustituir formas naturales de energía renovable, tales como el viento, mareas, o un flujo de agua por energía humana.

Los botes a vela sustituyeron a los botes de remos. Todavía después, algunas formas de automatización fueron controlados por mecanismos de relojería o dispositivos similares utilizando algunas formas de fuentes de poder artificiales -algún resorte, un flujo canalizado de agua o vapor para producir acciones simples y repetitivas, tal como figuras en movimiento, creación de música, o juegos. Dichos dispositivos caracterizaban a figuras humanas, fueron conocidos como autómatas y datan posiblemente desde 300 AC.

En 1801, la patente de un telar automático utilizando tarjetas perforadas fue dada a Joseph Marie Jacquard, quien revolucionó la industria del textil.

La parte más visible de la automatización actual puede ser la robótica industrial. Algunas ventajas son repetitividad, control de calidad más estrecho, mayor eficiencia, integración con sistemas empresariales, incremento de productividad y reducción de trabajo. Algunas desventajas son requerimientos de un gran capital, decremento severo en la flexibilidad, y un incremento en la dependencia del mantenimiento y reparación.

Para mediados del siglo 20, la automatización había existido por muchos años en una escala pequeña, utilizando mecanismos simples para automatizar tareas sencillas de manufactura. Sin embargo el concepto solamente llegó a ser realmente práctico con la adición (y evolución) de las computadoras digitales, cuya flexibilidad permitió manejar cualquier clase de tarea. Las computadoras digitales con la combinación requerida de velocidad, poder de cómputo, precio y tamaño empezaron a aparecer en la década de 1960s. Antes de ese tiempo, las computadoras industriales eran exclusivamente computadoras analógicas y computadoras híbridas. Desde entonces las computadoras digitales tomaron el control de la mayoría de las tareas simples, repetitivas, tareas semiespecializadas y especializadas, con algunas excepciones notables en la producción e inspección de alimentos. Como un famoso dicho anónimo dice, "para muchas y muy cambiantes tareas, es difícil reemplazar al ser humano, quienes son fácilmente vueltos a entrenar dentro de un amplio rango de tareas, más aún, son producidos a bajo costo por personal sin entrenamiento."

## **1.2 AUTÓMATAS PROGRAMABLES INDUSTRIALES**

### **1.2.1. LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES**

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los autómatas programables ha intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada

El Autómata Programable Industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización, entonces se puede decir que un autómata programable es un dispositivo electrónico destinado a controlar las operaciones de cualquier proceso de producción, donde se conectan captadores (finales de carrera, pulsadores, etc.) a su entrada y los actuadores (bobinas de contactores, receptores, etc.) a su salida.

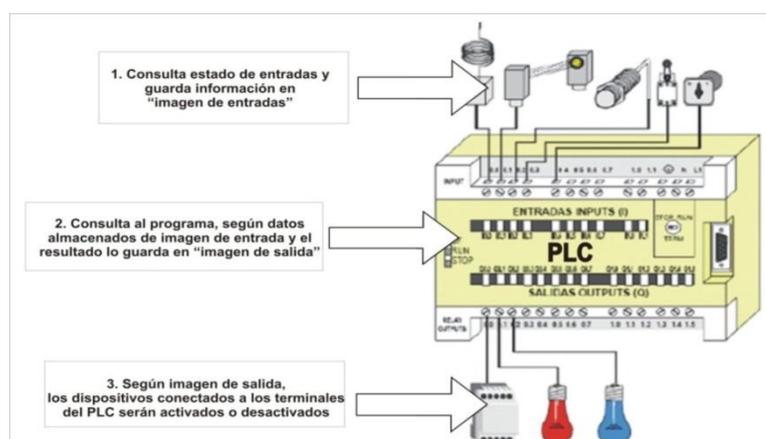


Fig. 1.1 Trabajo del Autómata

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables2.shtml>

## 1.2.2. MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA DE UN AUTÓMATA

### 1.2.2.1. *Módulo de Entrada*

Son los que permiten comunicar el autómata con el proceso que está controlando y con el operador. Los módulos de entrada pueden ser: Entradas Digitales y/o Analógicas

#### 1.2.2.1.1. *Entradas Digitales*

Entrada Digital permite conectar el autómata a captadores tipo 0 o 1 (todo o nada), en los que se da una información cualitativa y no cuantitativa. Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo en la mayoría de los autómatas son de 24v.

Se interpreta como un "1" si la entrada es de 24V y cuando llegan 0 V se interpreta como un "0". Los niveles de tensión estándar para los autómatas son: libres de tensión, 24Vcc/ca (el más común), 48Vcc/ca, 110Vcc/ca, 220Vca, el hecho que sean de más de 24V se debe a la longitud que suelen tener los cables hasta el captador, ya que pueden provocar ruido, con esto se asegura que la señal llegue con mayor nitidez a la entrada.

#### 1.2.2.1.2. *Entradas Analógicas*

Las Entradas Analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de este tipo como pueden ser la (temperatura, la presión o el caudal), es decir, admiten una tensión (o una corriente) variable y que este valor se convierta en una variable numérica del autómata.

Lo que realiza es una conversión A/D (analógico/digital), puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales.

Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits: 8 -10 bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo de muestreo).

Es decir, la magnitud analógica se convierte en un número que se deposita en una variable interna (tipo palabra) del autómata.

La entrada analógica puede leer tensión o intensidad en unos rangos de 0 a 10 V, -10 a 10 V, -20 a 20mA, 0 a 20mA o 4 a 20mA.

#### *1.2.2.2. Módulo de salida*

El modulo de salidas del autómata es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños, etc).

La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados

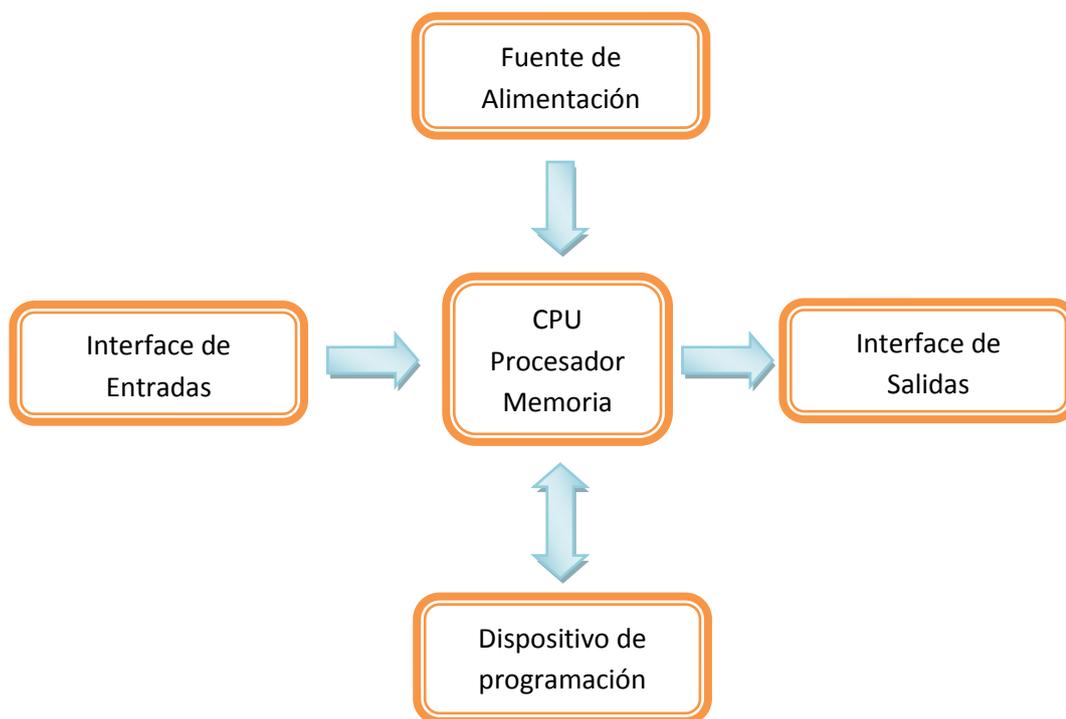


Fig. 1.2 – Estructura de un controlador lógico programable

### 1.2.2.3. *Funcionamiento de la CPU*

Al comenzar el ciclo, la CPU lee el estado de las entradas. A continuación ejecuta la aplicación empleando el último estado leído. Una vez completado el programa, la CPU ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación. Al final del ciclo se actualizan las salidas. El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, del número de E/S y de la cantidad de comunicación requerida.

Las ventajas en el uso del PLC comparado con sistemas basados en relé o sistemas electromecánicos son:

- a) **Flexibilidad:** Posibilidad de reemplazar la lógica cableada de un tablero o de un circuito impreso de un sistema electrónico, mediante un programa que corre en un PLC.
- b) **Tiempo:** Ahorro de tiempo de trabajo en las conexiones a realizar, en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema.

- c) **Cambios:** Facilidad para realizar cambios durante la operación del sistema.
- d) **Confiabilidad:** Debido a que el sistema operativo es muy preciso.
- e) **Espacio:** Por el ahorro del cableado el espacio disminuye
- f) **Estandarización:** Existen estándares y normas para los PLC's

### 1.2.3. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN DE AUTÓMATAS

Los lenguajes de programación son necesarios para la comunicación entre el usuario, sea programador u operario de la máquina o proceso donde se encuentre el PLC y el PLC. La interacción que tiene el usuario con el PLC la puede realizar por medio de la utilización de un cargador de programa también reconocida como consola de programación o por medio de un PC.

En procesos grandes o en ambientes industriales el PLC recibe el nombre también de API (Autómata Programable Industrial) y utiliza como interface para el usuario pantallas de plasma, pantallas de contacto (touchscreen) o sistemas SCADA (sistemas para la adquisición de datos, supervisión, monitoreo y control de los procesos).

#### 1.2.3.1. *Clasificación de los lenguajes de programación*

Los lenguajes de programación para PLC son de dos tipos, visuales y escritos. Los visuales admiten estructurar el programa por medio de símbolos gráficos, similares a los que se han venido utilizando para describir los sistemas de automatización, planos esquemáticos y diagramas de bloques. Los escritos son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar.

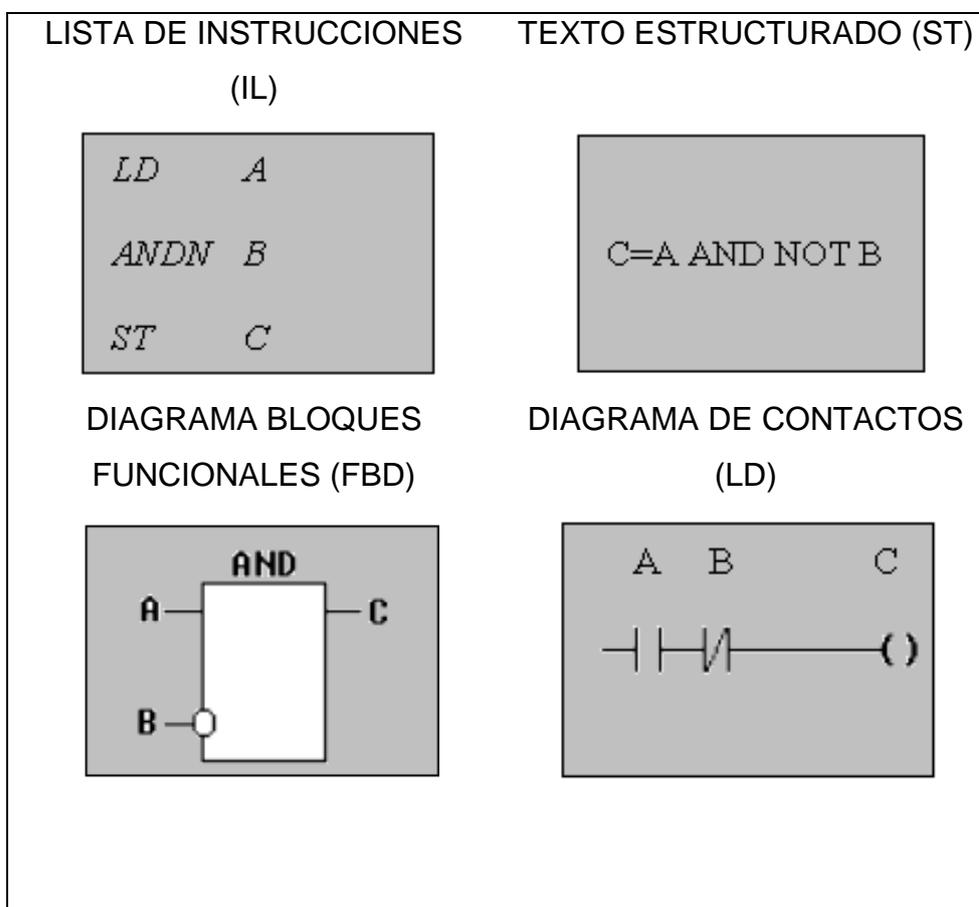
Los programadores de PLC poseen formación en múltiples disciplinas y esto determina que exista diversidad de lenguajes. Los programadores de aplicaciones familiarizados con el área industrial prefieren lenguajes visuales, por su parte quienes tienen formación en electrónica e informática optan, inicialmente por los lenguajes escritos.

**a. Literales o Escritos:**

- Lista de instrucciones (IL).
- Texto estructurado (ST).

**b. Visuales o Gráficos:**

- Diagrama de contactos (LD).
- Diagrama de bloques funcionales (FBD)
- Lenguaje Grafcet O Secuencial Function Chart (Sfc)



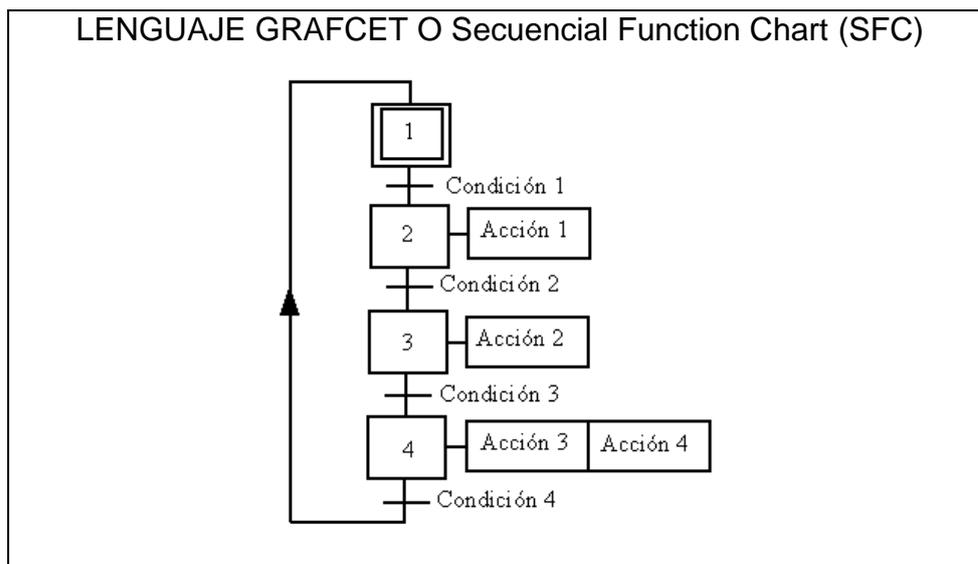


Fig. 1.3. - clasificación de los lenguajes de programación

FUENTE: <http://isa.uniovi.es/genia/spanish/inv/iec1131.htm>

- a) El Diagrama de contactos (LD):** tiene sus orígenes en los Estados Unidos. Está basado en la presentación gráfica de la lógica de relés.
- b) Lista de Instrucciones (IL):** Es el modelo de lenguaje ensamblador basado un acumulador simple; procede del alemán Anweisungsliste, AWL.
- c) Diagramas de Bloques Funcionales (FBD):** Es muy común en aplicaciones que implican flujo de información o datos entre componentes de control. Las funciones y bloques funcionales aparecen como circuitos integrados y es ampliamente utilizado en Europa. El lenguaje
- d) Texto estructurado (ST):** Es un lenguaje de alto nivel con orígenes en el Ada, Pascal y 'C'; puede ser utilizado para codificar expresiones complejas e instrucciones anidadas; este lenguaje dispone de estructuras para bucles (REPEAT-UNTIL;

WHILE-DO), ejecución condicional (IF-THEN-ELSE; CASE), funciones (SQRT, SIN, etc.).

**e) Lenguaje Graficet o Secuencial Function Chart (FSC):** Es un método gráfico que permite representar los automatismos secuenciales describiendo gráficamente la evolución del automatismo y los diferentes comportamientos de este

#### *1.2.3.2. Elección del lenguaje de programación*

La elección del lenguaje de programación depende de:

- Los conocimientos del programador,
- El problema a tratar,
- El nivel de descripción del proceso,
- La estructura del sistema de control,
- La coordinación con otras personas o departamentos.

Los cuatros lenguajes están interrelacionados y permiten su empleo para resolver conjuntamente un problema común según la experiencia del usuario

## **1.3 SENSORES Y ACTUADORES**

Los sensores y actuadores son los dispositivos del sistema de medida y control que interactúan con el sistema físico que se pretende estudiar o controlar: los primeros permiten la toma de medidas de las distintas magnitudes físicas que se van a analizar; mientras que los actuadores posibilitan la modificación de dicho sistema

### **1.3.1. SENSORES**

Para que un sistema electrónico de control pueda controlar un proceso o producto es necesario que reciba información de la

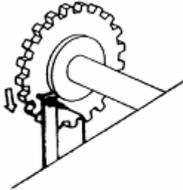
evolución de determinadas variables físicas del mismo, que en su mayoría no son eléctricas (temperatura, presión, nivel, fuerza, posición, velocidad, desplazamiento, etc.)

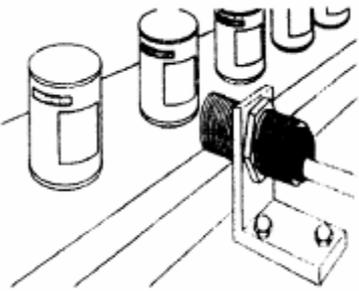
Los dispositivos que realizan esta función reciben diversos nombres: captador, detector, transductor, transmisor, sonda y sensor.

No existe una única definición para los sensores, pero se puede decir que es un dispositivo que tiene algún parámetro que es función del valor de una determinada variable física del medio en el cual está situado, es decir convierten una señal física no eléctrica en otra eléctrica que, en algunos de sus parámetros (nivel de tensión, nivel de corriente, frecuencia, entre otros) contiene la información correspondiente a la primera.

#### *1.3.1.1. Utilización de los sensores*

En un campo resumido, estos sensores sirven para:

Detectar ( Digital 0 o 1)	Medir (Analógico)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia</li> <li>• Posición</li> <li>• Material</li> <li>• Color</li> <li>• Marcas</li> <li>• Movimiento</li> <li>• Entre otros digitales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión</li> <li>• Posición</li> <li>• Distancia</li> <li>• Entre otros analógicos</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Fig. 1.5.- sensor analógico de posición</p>

 <p>Fig. 1.4.- sensor de presencia</p> <p>Fuente:  <a href="http://corsa.mforos.com/481577/2627022-este-foro-esta-cerrado-nos-hemos-mudado-a-www-comunidadcorsa-es/?pag=3">http://corsa.mforos.com/481577/2627022-este-foro-esta-cerrado-nos-hemos-mudado-a-www-comunidadcorsa-es/?pag=3</a></p>	<p>Fuente:  <a href="http://corsa.mforos.com/481577/2627022-este-foro-esta-cerrado-nos-hemos-mudado-a-www-comunidadcorsa-es/?pag=3">http://corsa.mforos.com/481577/2627022-este-foro-esta-cerrado-nos-hemos-mudado-a-www-comunidadcorsa-es/?pag=3</a></p>
---	---

### 1.3.2. ACTUADORES

Un ACTUADOR es un dispositivo capaz de generar una fuerza a partir del líquido, energía eléctrica y de gas, es decir cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide).

#### 1.3.2.1. Clasificación de los actuadores.

Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina mecánico a neumático, hidráulico y eléctrico

##### 1.3.2.1.1. Actuador Eléctrico

Los actuadores son los dispositivos encargados de efectuar acciones físicas ordenadas por algún sistema de control. Esta acción física puede ser un movimiento lineal o un movimiento

circular según sea el caso. Se le da el nombre de actuadores eléctricos cuando se usa la energía eléctrica para que se ejecuten sus movimientos.

Los actuadores eléctricos se utilizan para robots de tamaño mediano, pues éstos no requieren de tanta velocidad ni potencia como los robots diseñados para funcionar con actuadores hidráulicos. Los robots que usan la energía eléctrica se caracterizan por una mayor exactitud y repetitividad

#### *1.3.2.1.2. Actuadores Mecánicos*

Los actuadores mecánicos son dispositivos que transforman el movimiento rotativo a la entrada, en un movimiento lineal en la salida. Los actuadores mecánicos aplicables para los campos donde se requiera movimientos lineales tales como: elevación, traslación y posicionamiento lineal. Algunas de las ventajas que nos ofrecen los actuadores mecánicos son: Alta fiabilidad, simplicidad de utilización, mínima manutención, seguridad y precisión de posicionamiento; irreversibilidad según el modelo de aplicación, sincronismo de movimiento

##### *1.3.2.1.2.1. Tipos de actuadores Mecánicos*

###### *1.3.2.1.2.1.1. Actuadores Hidráulicos*

Los actuadores hidráulicos son los que han de utilizar un fluido a presión, generalmente un tipo de aceite, para que el robot pueda movilizar sus mecanismos. Los actuadores hidráulicos se utiliza para robots grandes, los cuales presentan mayor velocidad y mayor resistencia mecánica.

#### *1.3.2.1.2.1.2. Actuadores Neumáticos*

Solo resta hablar de aquellos robots que se valen de los actuadores neumáticos para realizar sus funciones. En los actuadores neumáticos se comprime el aire abastecido por un compresor, el cual viaja a través de mangueras. Los robots pequeños están diseñados para funcionar por medio de actuadores neumáticos.

## **1.4EL HMI**

Las interfaces Hombre-Máquina (HMI), son comúnmente empleadas para comunicarse con los PLCs y otras computadoras, para labores tales como introducir y monitorear temperaturas o presiones para controles automáticos o respuesta a mensajes de alarma. El personal de servicio que monitorea y controla estas interfaces son conocidos como ingenieros de estación o personales de monitoreo.

## CAPITULO 2

### ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE BOMBEO “SUMAK YAKU”

#### 2.1.UBICACIÓN

El sistema de bombeo de agua potable “Sumak Yaku” se encuentra ubicado en la comunidad de Araque cerca del Lago San Pablo, perteneciente a la ciudad de Otavalo, provincia de Imbabura a una altura de 2719 m.s.n.m.

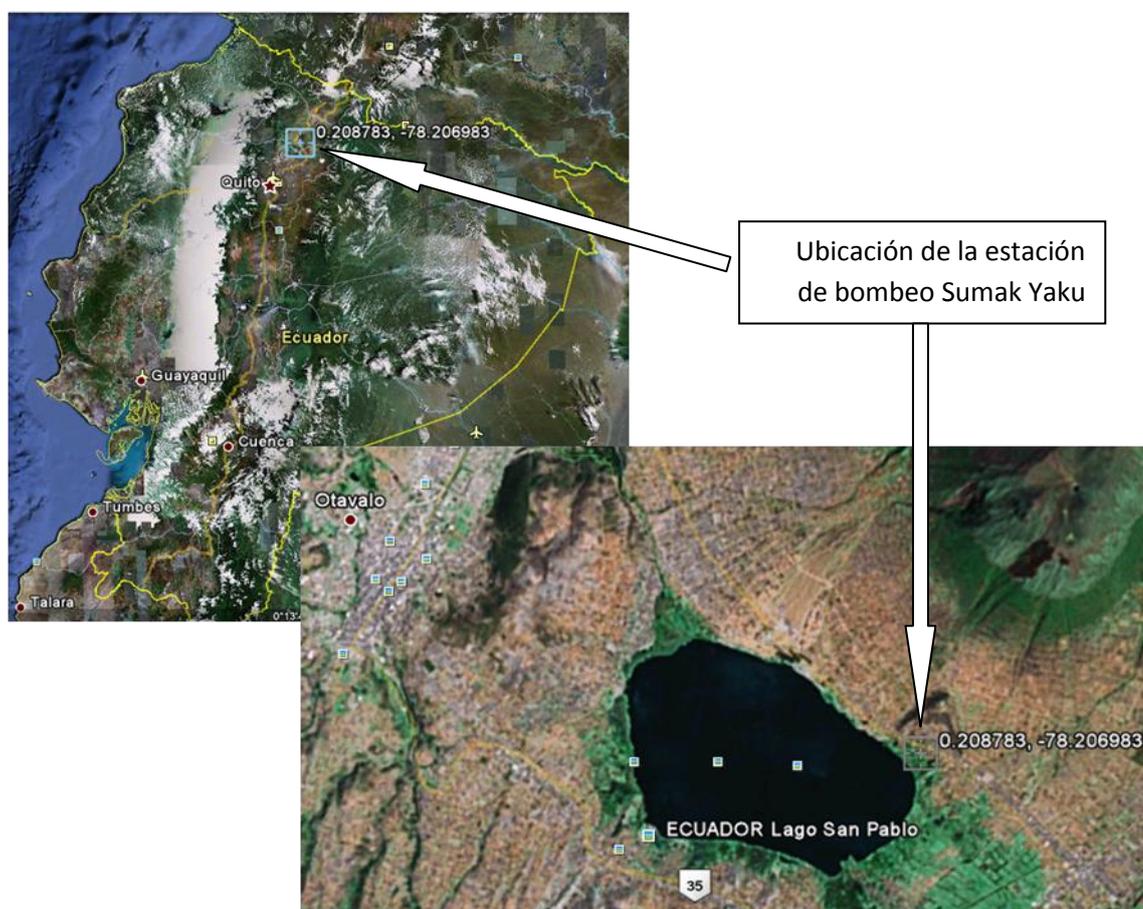


Fig. 2.1.- Ubicación geográfica de la estación de bombeo

El sistema de bombeo está compuesto por dos grupos de bombas de agua, cada uno con sus respectivos motores ubicados en diferentes zonas.

En la primera zona ubicado a  $\frac{1}{2}$ km del Lago San Pablo, se encuentra los dos primeros motores de bombeo, cada uno tiene una potencia 300hp, las cuales

son las encargadas de bombear desde la vertiente principal que tiene una capacidad de 72,2 m<sup>3</sup> hacia la zona dos.



Fig. 2.2.- Estación de bombeo de la zona 1

La segunda zona se encuentra ubicado a ½km por encima de la zona uno, en la cual se encuentra los siguientes dos motores de bombeo, cada uno tiene una potencia de 90hp, las cuales son las encargadas de bombear desde el tanque de reserva de 300m<sup>3</sup> hacia la zona tres. Además existe otro tanque de 300m<sup>3</sup> la cual alimenta al tanque de la cual se bombea.



Fig. 2.3.- Estación de bombeo de la zona 2



Fig. 2.4.- Tanque de reserva, zona 2

La tercera zona de igual manera se encuentra ubicada a 500m aproximadamente por encima de la segunda zona, en la cual se encuentran dos tanques de reservas llamados gemelos, cada tanque tiene una capacidad de  $300\text{m}^3$ .



Fig. 2.5.- Zona 3, tanques gemelos

La oficina central, lugar donde los socios realizan sus pagos y reclamos, se encuentra en la comunidad La Compañía de la ciudad de Otavalo y esta a una distancia aproximada de 5km del sistema de bombeo, que es el lugar donde se encuentra el sistema de monitoreo.



Fig. 2.6.- Oficina central de Junta Administradora de Agua Potable Sumak Yaku

## 2.2.DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL SISTEMA DE BOMBEO

Para iniciar el trabajo de bombeo, el personal encargado en la zona 1 debe verificar que el agua en la piscina este totalmente llena, seguido el se comunica con el personal de la zona 2 para indicar que se va a iniciar el bombeo, en el caso de que haya agua en el reservorio de la zona 2, el personal de esta localidad inicia el bombeo.

El tablero de control de la zona 1 indicada en la Fig. 2.7 es el encargado de energizar y encender los motores para el bombeo respectivo hacia la zona 2, donde está ubicado el primer tanque.



Fig. 2.7.- Tablero principal de control, bomba-zona1

El caudal que se bombea hacia la zona 2 por la bomba ubicada en la zona 1 es de 83,3 litros por segundo.

Antes de iniciar el bombeo desde la zona 1, se debe esperar la autorización del personal de la zona 2 para iniciar el trabajo, la persona de la zona 1 debe estar atento al nivel de agua de la piscina, de la misma manera el personal de la zona 2 deberá ver qué el nivel de agua del tanque sea lo suficientemente necesario para iniciar el arranque hacia la zona 3, en esta zona 2 existe un Tablero de control para controlar los motores como lo apreciamos en la Fig. 2.8



Fig. 2.8.- Tablero principal de control, bomba-zona 2

Tanto el personal de la zona 1 como el de la zona 2, debe estar atento al nivel del agua para así apagar los motores.

### **2.3.EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL**

La Junta Administradora de Agua Potable (JAAP) SumakYaku de Imbabura está conformada y administrada por un representante electo por las comunidades de: La Compañía y Compañía Alto, Araque, Agato, Arias Uku, Quinchuqui, Yaku Pata y Camuendo; y con el objetivo de distribuir equitativamente y brindar líquido vital apto para consumo humano, del cual aproximadamente 2270 son socios-usuarios pertenecientes a esta JAAP. Esta fuente mayor a su vez se abastece de otras captaciones pequeñas ubicadas cerca de la misma, una vez acumulada permite que la Yaku Mama/ agua pueda llegar hasta la comunidad alta de San Juan de Ilumán e incluso partes de las comunidades de Antonio Ante, logrando cubrir comunidades del Cantón Otavalo y Antonio Ante, teniendo así un aproximado de 10000 consumidores de agua potable.

El principal problema nace en la coordinación de bombeo de las 2 primeras zonas, debido a que el bombeo lo realizan a partir de las 5 a.m necesitan que los operadores simultáneamente estén presentes en las dos zonas (1 y 2), la razón de iniciar el bombear a esta hora es debido a que está próximo a amanecer y el personal podrá mirar mejor los niveles de agua y los caminos a recorrer, de igual manera se requiere que los usuarios tengan agua en sus casas al momento de levantarse en la mañana. Adicionalmente otro problema es que la fuerza de absorción de la bomba no se encuentra controlada ya que puede llegar a bombear arena si el personal de la zona 1 no está atento con el volumen del agua de la vertiente que llega a terminarse.

Con respecto a la zona 2, el personal encargado debe estar pendiente a que haya iniciado el bombeo de la zona 1 y de la misma manera debe estar en constante comunicación para dar a conocer que se llenó el tanque de la zona 2 y así evitar que se derrame el agua en estos, lo que significa pérdida de grandes sumas de dinero. Además debe estar atento al volumen de agua en los tanques de la zona en cuestión (zona 2) de manera que no se produzca el bombeo en vacío y ahorrar energía eléctrica.

Para conocer el estado de todo el sistema principal de bombeo como: el estado de los motores, de los tanques de reserva, de las tuberías, verificación de fugas de agua entre otros existentes en esta red principal, conllevaría a largas caminatas debido a las distancias existentes entre cada una de las zonas y la oficina central. Sin embargo es necesario conocer el estado general del sistema de bombeo para poder ejercer un control adecuado sobre el mismo, ya que está formado de equipos que necesitan el chequeo diario para un buen funcionamiento y así aumentar la vida útil de estos así como las ganancias de la organización comunitaria. Las ganancias dependen del ahorro del recurso del agua, lo que a su vez permite subir márgenes de ganancias para las comunidades beneficiarias.

## 2.4.ELEMENTOS A CONTROLAR

- a. Motor de la zona 1
- b. Motor de la zona 2

## 2.5.VARIABLES A MONITOREAR

- a. Nivel de la piscina ubicada en la zona 1
- b. Nivel del tanque de la zona 2
- c. Nivel del tanque de la zona 3
- d. Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 2
- e. Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 3
- f. Fallas térmicas de los motores de la zona 1
- g. Fallas térmicas de los motores de la zona 2
- h. Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 1 a la zona 2
- i. Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 2 a la zona 3
- j. Número de horas de operación de los motores de la zona 1 y zona 2

## 2.6.VARIABLES NECESARIAS PARA LA PROGRAMACIÓN EN LA ZONA 1 Y ZONA 2

Las variables necesarias para una excelente programación se detallan a continuación en las siguientes tablas.

Entradas Digitales		Salidas Digitales	
Número	Descripción	Número	Descripción
1	Niveles bajos piscina zona 1	1	On Motor 1
2	Niveles altos piscina zona 1	2	On Motor 2
3	Niveles bajos tanque Cushcagua zona 2	3	Selector Motor 1

4	Niveles altos tanque Cushcagua zona 2	4	Selector Motor 2
5	Señal de inicio OK	5	Off Motor 1
6	Off Sistema Completo desde Oficina	6	Off Motor 2
7	Falla Térmica Motor 1	7	Falla Sistema de Comunicación
8	Falla Térmica Motor 2	8	Falla Zona 1
9	ON Motores 1 y 2 Zona 1	9	Envió Bit de Inicio Bombeo
10	Mantenimiento Motor 1	10	Nivel Alto Piscina
11	Mantenimiento Motor 2	11	Nivel Bajo Piscina
12	Automático/Manual	12	ON Motores 1 y 2 Zona 1
13	Nuevo Bombeo	<b>Conclusión:</b> Se necesita un PLC de 16 entradas y 12 salidas digitales.	
14	Falla zona 2		
15	ON Motores Cushcagua Zona 2		
16	Problemas solucionados		

Tabla 2.1. Señales de zona 1

Entradas Digitales		Salidas Digitales	
Número	Descripción	Número	Descripción
1	Niveles bajos tanque Cushcagua zona 2	1	On Motores Cushcagua
2	Niveles altos tanque Cushcagua zona 2	2	Off Motores Cushcagua
3	Niveles bajos tanque Gemelos Zona 3	3	Falla Zona 2

4	Niveles altos tanque Gemelos zona 3	4	Falla Sistema de Comunicación
5	Bit de inicio de Zona 1	5	Aux Salida 1
6	Falla de Tuberías	6	Envío Señal de inicio a Zona 1
7	Aux1	7	Nivel Bajo
8	Off Sistema Completo desde Oficina	8	Nivel Bajo – Bajo
9	ON Motores Cushcagua Zona 2	9	Nivel Alto
10	ON Motores 1 y 2 Zona 1	10	Nivel Alto-Alto
11	Automático/Manual	11	ON Motores Cushcagua Zona 2
12	Falla Zona 1	12	Aux Salida 2
13	Falla Térmica Motores Cushcagua	<b>Conclusión:</b> Se necesita un PLC de 16 entradas y 12 salidas digitales.	
14	Problemas Solucionados		
15	Aux 2		
16	Aux 3		

Tabla 2.2. Señales de zona 2

Esta tabla a la vez muestras las entradas y salidas que se conectaran al PLC, para que con estas, realizar la respectiva programación como anteriormente comentamos.

## 2.7.DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

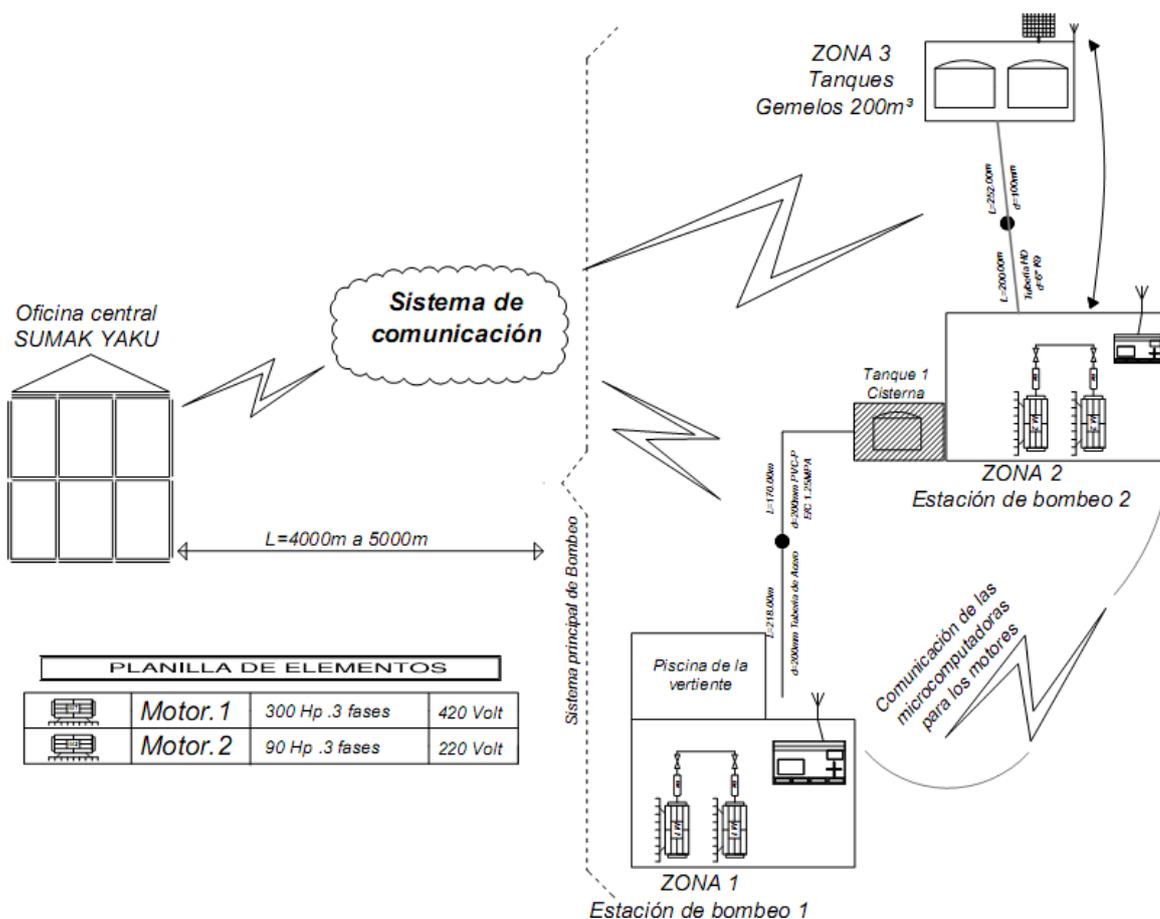


Fig. 2.9. Funcionamiento preliminar del sistema de automatización

El cerebro del sistema de automatización serán un microcomputador () también conocido como PLC, estos son los encargados de comandar y captar todas las señales provenientes de los sensores de niveles y otras señales necesarias para la automatización que en los capítulos siguientes se detallarán.

Como podemos observar en la Fig. 2.9. se instalarán dos PLC's, cada una en las zonas que tienen los motores de bombeo, y el dispositivo encargado de dar la señal inalámbricamente de zona en zona son elaborados por un compañero de trabajo quien es responsable del funcionamiento del sistema de comunicación.

De la misma manera todo el sistema principal de bombeo se desarrollará en el programa de Labview que la universidad Técnica del Norte posee la licencia. Es decir que se representará mediante gráficos dinámicos el sistema principal de bombeo en el HMI a instalarse.

Con respecto a la disponibilidad de energía eléctrica no existe ningún problema, ya que la distribución es estable a un voltaje de 220Volt. Lo que quiere decir que el sistema de automatización se alimentará con un voltaje de 220.

## CAPITULO 3

### SELECCIÓN DE IMPLEMENTOS, MICROCOMPUTADORA (PLC), SENSORES Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN

#### 3.1. SELECCIÓN DE SENSORES

Las características principales de control de los motores de las estaciones 1 y 2 son de tipo on/off; por esta razón los sensores a seleccionar deben ser digitales, ya que estos serán robustos, fiables y económicos.

En la Estación 1 el sensor de boya es considerado como el más idóneo a utilizar (ver Fig. 3.1.) debido a que esta vertiente se almacena en una piscina que se encuentra al aire libre donde no hay presión de compresión y además la altura máxima de sumergimiento es de 80cm, características ver Anexo A.



Fig. 3.1. Boya flotante.

Fuente: [www.preciolandia.com/ar/](http://www.preciolandia.com/ar/)

Sensor cuyas características se detallan en el Anexo A.

Las similitudes existentes entre la estación 2 y 3 son las siguientes: Cada uno cuentan con 2 tanques de reserva de concreto de hasta 3 metros de altura y son destinados para el consumo humano. Por esta razón el sensor seleccionado debe ser fácil de introducir en el agua sin dañar la calidad y la inocuidad del líquido vital para de esta manera garantizar su confiabilidad. Debido a que en estos tanques existe mucha agua se buscó otro tipo de sensor, el cual tenga la posibilidad de ser fácil de instalar evitando de alguna manera la

turbulencia del agua existente. En la siguiente figura (ver Fig. 3.2) y tabla (Tabla 3.3) observamos algunos ejemplos de sensores de plástico que mantienen un nivel alto de confiabilidad y que pueden ser adquiridos fácilmente en Ecuador y son fáciles de instalar.



Fig. 3.2. Tipos de sensores de nivel-stock en ecuador

Fuente: <http://www.retena.ec/productos.html>

Miniature Switches											
MODEL	With SLOSH SHIELD	DWG NO.	FLOAT MATL	STEM MATL	MAX TEMP (CELSIUS)	MAX PSIG	FLOAT SG	NOMINAL VA	LEAD WIRES	FITTING	** APPROVALS
M8000	MS8000	30	PP	PP	105°	100	0.80	30	22 ga. MTW 24"	1/8" NPT	A,B,C,D
M4008	MS4008	30	Buna-N	PP	105°	150	0.45	30	22 ga. MTW 24"	1/8" NPT	A,B,C
M7000*	MS7000*	30	Buna-N	PBT	105°	150	0.45	30	22 ga. Teflon 24"	1/8" NPT	A,B,C
M9000	MS9000	30	Kynar	Kynar	105°	15	0.85	30	22 ga. Teflon 24"	1/8" NPT	A,B,C,D

Side-Mounted Switches										
MODEL NO.	With SLOSH SHIELD	DWG NO.	FLOAT MATL	STEM MATL	MAX TEMP (CELSIUS)	MAX PSIG	FLOAT SG	NOMINAL VA	LEAD WIRES	** APPROVALS
M8700	M8705	32	PP	PP	105°	100	0.60	30	22 ga. MTW 24"	A,B,C,D
M8725	MS8725	33	PP	PP	105°	100	0.60	30	22 ga. MTW 24"	A,B,C,D
M8740	-	34	PP	PP	105°	100	0.60	30	22 ga. Teflon 24"	A,B,C,D
M8750	M8755	35	PP	PP	105°	100	0.60	30	22 ga. MTW 24"	A,B,C,D
M8790	-	36	PP	PP	105°	100	0.60	30	22 ga. MTW 24"	A,B,C,D
M7700*	M7705*	32	PBT	PBT	150°	100	0.70	30	22 ga. Teflon 24"	A,B,C
M7725*	MS7725*	33	PBT	PBT	150°	100	0.70	30	22 ga. Teflon 24"	A,B,C
M7740*	-	34	PBT	PBT	150°	100	0.70	30	22 ga. Teflon 24"	A,B,C
M7750*	M7755*	35	PBT	PBT	150°	100	0.70	30	22 ga. Teflon 24"	A,B,C
M7790*	-	36	PBT	PBT	150°	100	0.70	30	22 ga. Teflon 24"	A,B,C
M9700	M9705	32	Kynar	Kynar	105°	100	0.93	30	22 ga. Teflon 24"	A,B,C,D

\* Not for use in hot water at temperatures above 65°C PP=Polypropylene

Fig. 3.3. Modelo de sensores

Fuente: <http://madisonco.com>

El sensor que presenta mayor confiabilidad por sus características idóneas para implementarlo en el presente proyecto es el modelo M8700 de la empresa MADISON (Ver Anexo B); debido a que se adapta a las necesidades requeridas, envían señales digitales y son de plástico, lo cual lo hace sumamente propicio para el uso en el agua, de igual manera no hay preocupaciones de sobre presión dentro de los tanques de reserva ya que tiene un área muy grande, y el peso del agua a soportar por estar sumergidos se depreciara ya que se desarrollara un sujetador de sensor que se explica en el capítulo 4. No es recomendable poner el sensor de boya flotante, porque dentro del tanque existe la posibilidad de enredarse con las gradas del tanque por las turbulencias existentes, además en nuestro país no hay un sensor de boya con cable de más de 3 metros sumergibles para el nivel alto y máximo deseado. Para lo cual se ha utilizado dos tipos de sensores, como ya hemos explicado un tipo para la zona 1 y otro tipo de sensores para los tanques de reserva de la zona 2 y 3

### **3.2. SELECCIÓN PLC**

Una vez identificadas las características indispensables con respecto al funcionamiento del sistema de bombeo de la Junta de Agua “Sumak Yaku”, se establece que el control a implementarse será de tipo ON/OFF, lo cual conlleva a la utilización de un PLC de gama baja, confiable y estable (Ver Anexo C).

La razón por la cual se utiliza un PLC LOGO es por las siguientes características:

- EL tamaño, permiten ser alojados en cualquier caja con riel DIN normalizado. Por lo tanto son ideales para solucionar pequeños problemas de automatismos en instalaciones donde un autómata puede parecer un exceso.
- Todos los modelos de LOGO! permiten ser conectados a un PC con un cable especial que distribuye la propia Siemens las cuales sirven para

transmitir el programa al PLC, además el costo del cable es de precio económico.

- La programación se lo realiza de forma gráfica con compuertas lógicas u a la vez en lenguaje Ladder.
- Existen 3 modos de funcionamiento:
  - Modo programación - Para elaborar el programa
  - Modo RUN - Para poner en marcha el Logo!
  - Modo parametrización - Para modificar los parámetros de algunas de las funciones, tiempo, computo, relojes, etc.
- El software de programación tiene la opción de simulación, la cual ayuda al programador
- Es fácil de adquirir en Ecuador.
- Tiene su propia fuente de poder (Ver Anexo D) la cual recomienda Siemens utilizar por sus características y fiabilidad.
- Las entradas digitales hacia el Logo se las puede realizar dependiendo del programador, es decir existen Logos que captan señales digitales de 0 y 24V DC como de 0 a 120V AC, dependen del modelo a elegir.
- En caso de necesitar otras características, como entradas análogas, salidas análogas, existen expansores fáciles de utilizar y fáciles de adquirir. En este caso se vio necesario colocar un expansor de entradas digitales LOGO! DM16 24R (Ver Anexo E).
- Estos PLC son reconocidos mundialmente, y a la vez son económicos con respecto a las características que estos brindan.

El número de entradas y salidas necesarias para la automatización se detalló en el capítulo 2, para lo cual se necesita los siguientes implementos tanto para la zona 1 y zona 2.

- Debido a que se va a utilizar un PLC logo de gama baja 12/24RC se necesita una fuente de alimentación de 220VAC a 24VDC (ver Anexo D), se vio necesario utilizar una fuente de alimentación para protección, en el caso de que haya una sobrecarga no dañe al PLC principal donde

se encuentra el programa, en caso de daños solo reemplazar la fuente ya que esta le protege al PLC principal.

- De igual manera como el Logo! 12/25RC tiene solo ocho entradas digitales y 4 salidas, se vio necesario colocar un expensor LOGO! DM16 24R (Ver Anexo E) la cual tiene 8 entradas y 8 salidas dando un total de 16 entradas y 12 salidas, completando de esta manera las variables necesarias para la programación tanto de la zona 1 que son 16 entradas/12 salidas y zona 2 que son 16 entradas y 12 salidas.

### **3.4. SELECCIÓN DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

El sistema de comunicación a utilizarse es realizado por la Srta. Paola Tirira la cual pertenece al grupo de trabajo de investigación, y quien es responsable del funcionamiento del Sistema.

El sistema de comunicación tiene las siguientes características:

- El sistema es inalámbrico
- Tiene una capacidad necesaria de transmitir la señal desde las zonas de bombeo hasta la oficina central que se halla ubicado a una distancia aproximada de 5km.
- Las señales que recibe y envía este sistema de comunicación es digital, recibe 1 o 0(0 o 5Volt.) para ingreso de señal, y la salidas de este sistema lo realiza mediante relés.

## **CAPITULO 4**

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN**

#### **4.1. DISEÑO DEL SOSTENEDOR DE LOS SENSORES DE NIVEL**

Los tanques de reserva y almacenamiento correspondientes a la zona 2 y 3 como se detalló anteriormente, su construcción está constituida por bloque y cemento.

La administración de Sumak Yaku dio a conocer que no desean que se manipule la construcción interna, ya que con alguna perforación grande se teme a que esta estructura se destruya, ya que son tanques antiguos de hace años atrás. De igual manera se aprobó que si se puede colocar los sensores dentro del tanque sin manipulación al tanque e incrementando materiales internos.

Tomando en cuenta las recomendaciones realizadas por la parte administrativa, se presenta la alternativa de realizar un sostenedor de sensores factibles para instalarlos en las gradass que se encuentran dentro de los tanques de reserva de la zona 1 y zona 2, sin dañar su estructura como podemos observar en la siguiente figura.

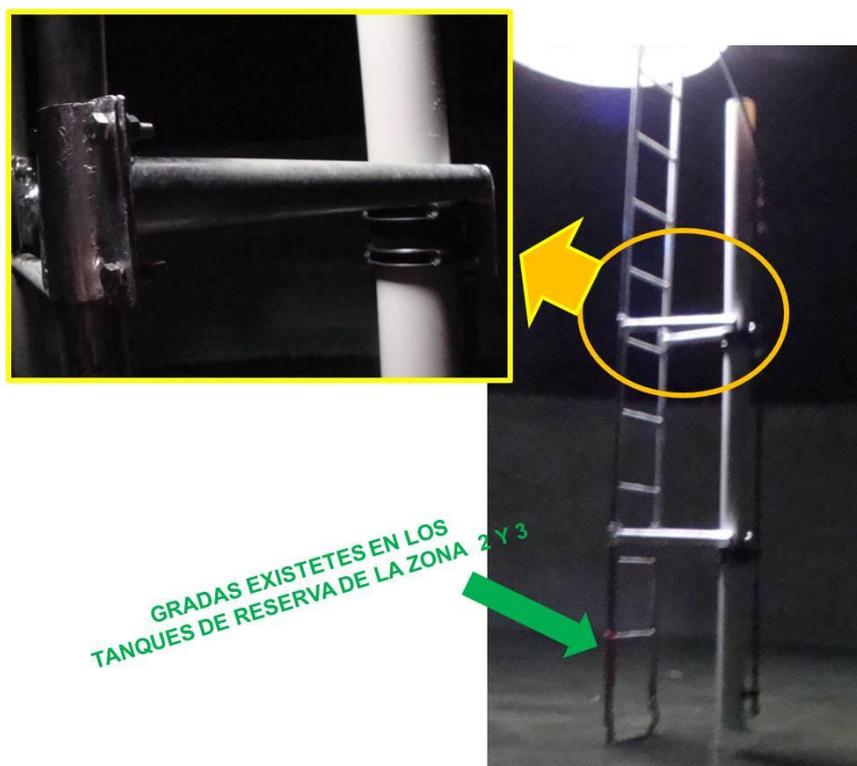


Fig. 4.1. Instalación del sujetador de sensor en las gradas existentes en los tanques de reserva de la zona 2 y 3

La idea principal es colocar los sensores del Anexo B dentro de una tubería PVC de desagüe, la cual contenga el diámetro adecuado (ver Fig. 4.1)

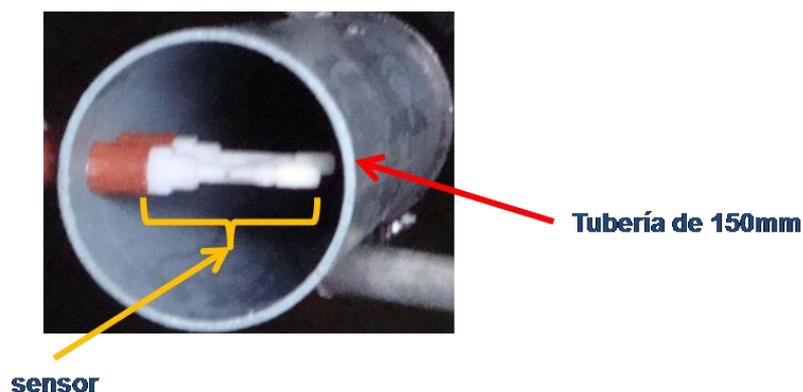


Fig. 4.2. Ubicación del sensor

La tubería PVC de 150mm tiene una longitud necesaria para colocar los sensores de nivel alto y bajo como se detalla en la tabla siguiente.

Zonas	Longitud del tubo necesitado (mtrs)
2	2,4
3	2,8

Tabla 4.1. Longitud de tubos

Por defecto la longitud de los tubos es de 3mtrs, por lo tanto es necesario utilizar 1 tubo por zona (ver Fig. 4.2).



Fig. 4.3. Tubería pvc – 150mm (desagüe) – e.1.8

Fuente: <http://www.pvcelsalvador.com/linea2.htm>

La única entrada que existe para los tanques de reserva es por la parte superior de este, para descender al interior existen unas escaleras de tubo galvanizado en las cuales se pueden acoplar el diseño indicado en la Fig. 4.3 el cual sostendrá al tubo con el sensor.

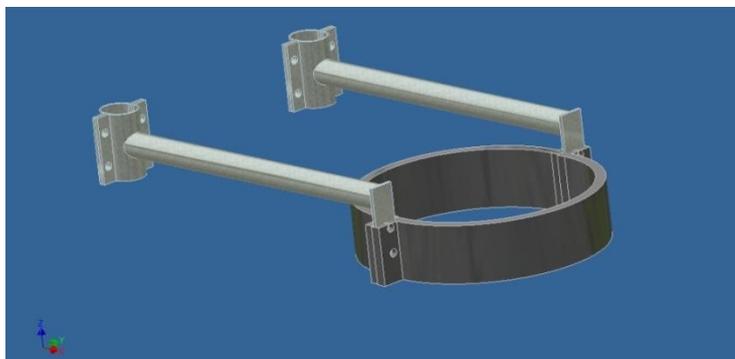


Fig. 4.4. Sostenedor del tubo y el sensor de nivel

Vista de ángulos diferentes ver Anexo G.

#### 4.1.1. Partes del sostenedor del tubo y el sensor de nivel

Las partes del sostenedor son las que se detalla a continuación en Anexo H.

En el anexo I se puede observar el diseño completo, en la cual se encuentra los cuatro sensores: nivel bajo, nivel bajo-bajo, nivel alto, nivel alto-alto.

#### 4.1.2. Materiales Utilizados para el ensamblaje

Los materiales utilizados por zona son los que se detallan en el siguiente cuadro.

Descripción	Numero
Tubo PVC 150mm	1
Tubo de agua de ½pulg.	1
Uniones de ½pulg.	4
T's de ½pulg.	5
Codos de ½pulg.	1
Collarines de 150mm	2
Sostenedor del tubo y el sensor de nivel	2

Tabla 4.2. Materiales utilizados para el ensamblaje

## 4.2. DISEÑO DEL TABLERO DE AUTOMATIZACIÓN

Como se ha detallado anteriormente el control a realizarse será de forma ON/OFF; además se llegó a conocer el funcionamiento del tablero de control instalado en la zona 1 y 2 de años pasados. Una vez conocedores de los detalles se vio necesario y útil acoplar a los botones de encendido y apagado por pulsos comandados automáticamente desde el PLC, de igual manera como en los mismos tableros nos brindan la señal de encendido, apagado, y fallas de los

motores, nos vimos la necesidad de configurar esta señal para que también le llegue al PLC.

#### 4.2.1. Configuración de señales de los tableros de control

Los tableros de control ya explicados en los capítulos anteriores tenían focos de señalización y botones de control como encendido y apagado, para mejor comprensión ver la figura siguiente (Fig. 4.4 y Fig. 4.5).

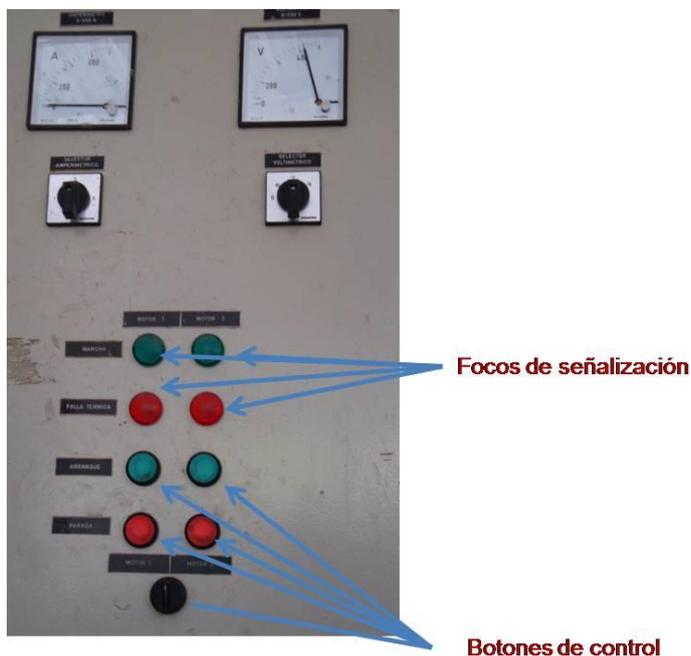
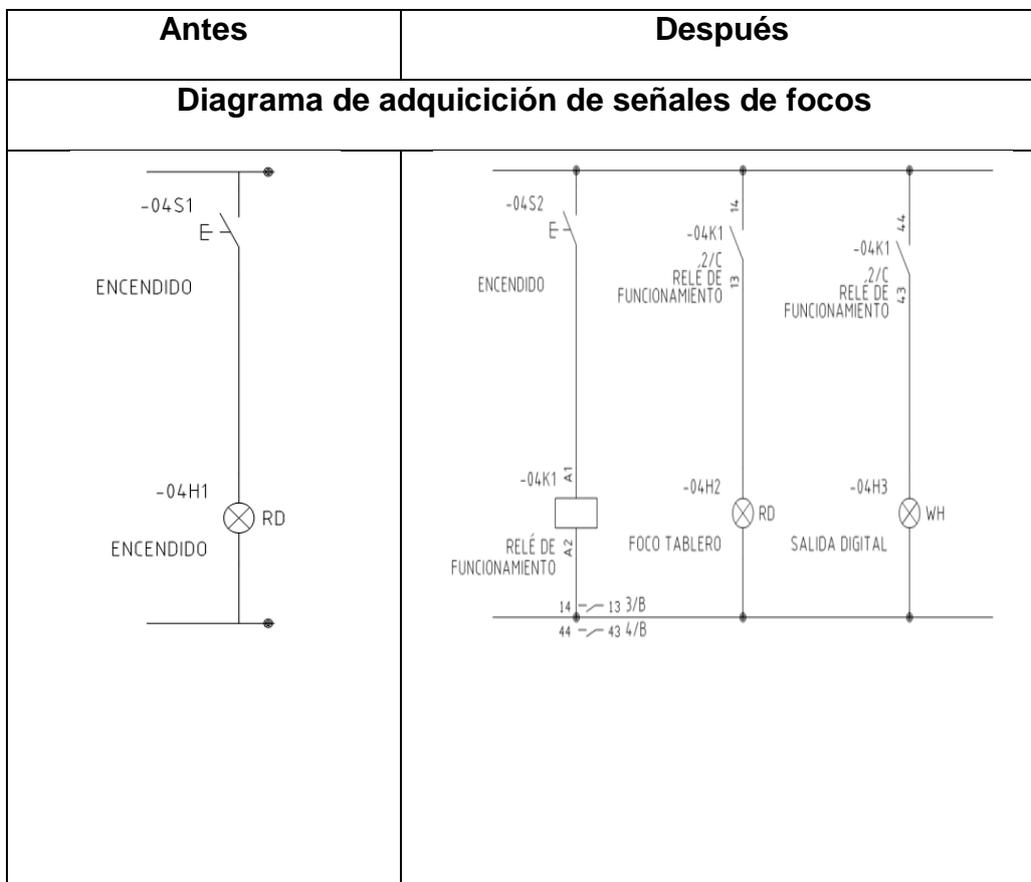


Fig. 4.5. Botones y focos del tablero principal de la zona 1



Fig. 4.6. Botones y focos del tablero principal de la zona 1

Con respecto al circuito eléctrico de los botones y focos de los tableros, se ha diseñado un acople mixto; tanto para el PLC como para el tablero de control como se explica en lo siguiente.



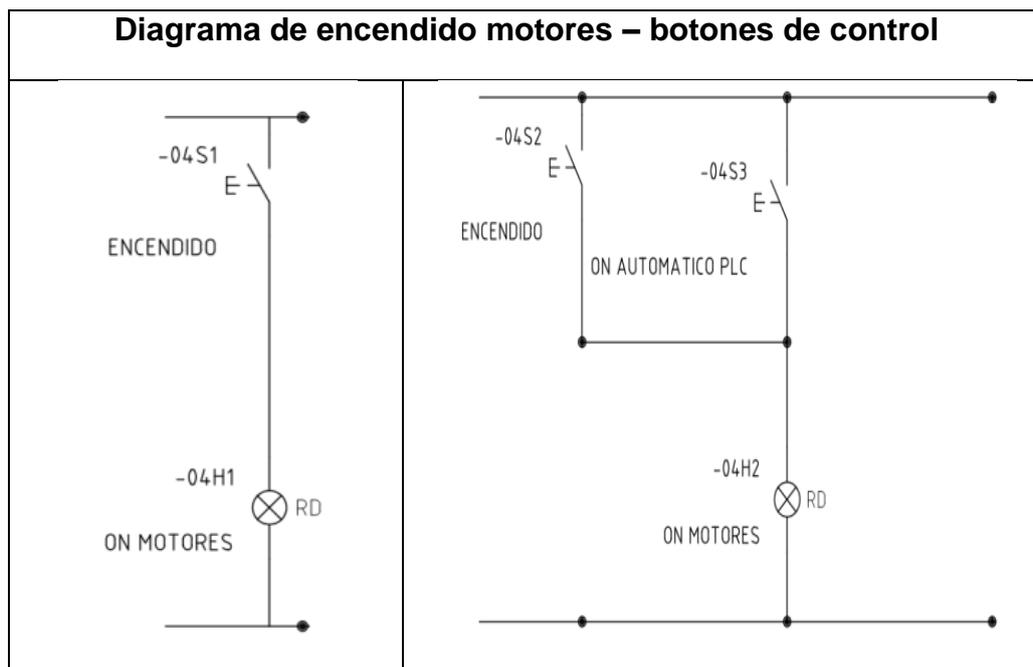


Fig. 4.7. Diagrama de conexión del antes y después del tablero principal

Se vio necesario captar la señal desde un relé, para que desde este pueda enviar la señal al mismo panel de control y a la vez enviar digitalmente hacia la oficina central y el PLC quien comandara automáticamente mediante la señal adquirida. De igual manera solamente enviando el pulso paralelo al panel de control se conseguirá controlar los motores.

Cabe mencionar que el sistema de automatización tendrá un selector para estado “MANUAL”, con lo cual cualquier personal podrá realizar su respectivo chequeo evitando así cualquier inconveniente.

## CAPITULO 5

### ELABORACIÓN DE LA INTERFACE HOMBRE MÁQUINA

Esta interface servirá principalmente para conocer el estado de los siguientes elementos:

- a. Nivel de la piscina ubicada en la zona 1
- b. Nivel del tanque de la zona 2
- c. Nivel del tanque de la zona 3
- d. Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 2
- e. Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 3
- f. Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 1 a la zona 2
- g. Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 2 a la zona 3
- h. Falla en los motores de la zona 1 y zona 2

La elaboración de esta interface se la realizo en LabView, debido a que la Universidad Técnica del Norte posee la licencia.

Los datos del sistema principal de bombeo de Sumak Yaku son enviados inalámbricamente mediante el sistema de comunicación instalada hasta la oficina central, desde el módulo de recepción en la oficina central se comunica mediante comunicación serial hasta la computadora principal, llegando una trama de datos como vemos en la Fig. 5.1.

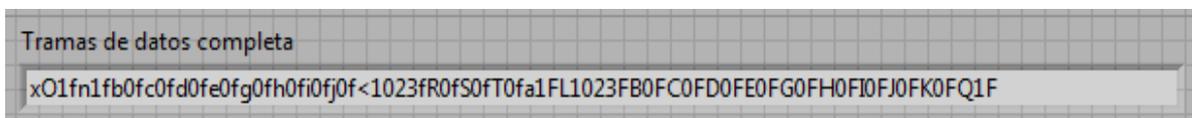


Fig. 5.1. Recepción de trama de datos

Una vez llegada los datos a la PC principal llegamos a clasificar cada dato como podemos verla Fig. 5.2.

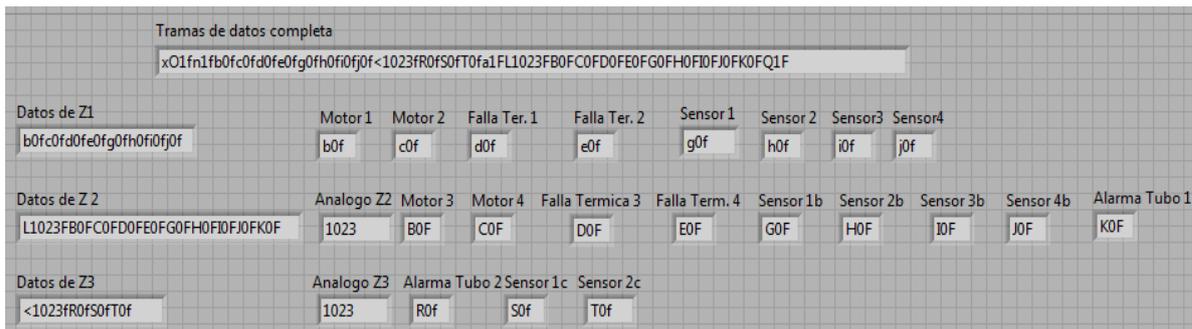


Fig. 5.2. Clasificación de trama de datos

El factor más importante a tomar en cuenta fue la facilidad que debe tener el HMI para que el personal encargado pueda entender bien el sistema instalado además tiene la característica de ser muy dinámico, ya que dependiendo del estado de los motores irán cambiando los colores de los motores de la ventana del HMI para entender el estados de estos. De la misma manera los tanques de reserva están representados gráficamente por tanques y la vertiente por una piscina

La interface de la programación se puede observar en el Anexo J.

## **CAPITULO 6**

### **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN**

Para la realización de este trabajo se debió realizar las siguientes actividades principales que se detallan a continuación:

- Automatización de los motores, mediante un PLC para automatizar y un control ON/OFF en los motores de la Zona 1 y Zona 2
- Instalación de los sensores y utilización del sistema de comunicación que anteriormente fue instalado; el sistema de comunicación fue instalado anteriormente y en su conjunto es una tesis que se explicó en capítulos anteriores.
- Instalación del HMI

#### **6.1. AUTOMATIZACIÓN DE LOS MOTORES**

Para poder realizar la automatización de los motores era necesario conocer los parámetros a controlar y las variables a monitorear, en los acápite siguientes se describirá los parámetros utilizados en cada zona para la automatización.

##### **6.1.1. Variables de las Zonas 1 y 2.**

Una vez estudiada los parámetros a controlar y de igual manera después de revisar la instalación eléctrica realizada en el panel de control de la zona 1 y 2 se realizó la información que se detalla en la tabla 6.1 y tabla 6.2 para los PLC's ya antes mencionado en capítulo anteriores.

Entradas Digitales		Salidas Digitales	
Número	Descripción	Número	Descripción
1	Niveles bajos piscina zona 1	1	On Motor 1
2	Niveles altos piscina zona 1	2	On Motor 2
3	Niveles bajos tanque Cushcagua zona 2	3	Selector Motor 1
4	Niveles altos tanque Cushcagua zona 2	4	Selector Motor 2
5	Señal de inicio OK	5	Off Motor 1
6	Off Sistema Completo desde Oficina	6	Off Motor 2
7	Falla Térmica Motor 1	7	Falla Sistema de Comunicación
8	Falla Térmica Motor 2	8	Falla Zona 1
9	ON Motores 1 y 2 Zona 1	9	Envió Bit de Inicio Bombeo
10	Mantenimiento Motor 1	10	Nivel Alto Piscina
11	Mantenimiento Motor 2	11	Nivel Bajo Piscina
12	Automático/Manual	12	ON Motores 1 y 2 Zona 1
13	Nuevo Bombeo	Conclusión: Se necesita un PLC de 16 entradas y 12 salidas digitales,	
14	Falla zona 2		
15	ON Motores Cushcagua Zona 2		
16	Problemas solucionados		

Tabla 6.1. Señales de zona 1

Entradas Digitales		Salidas Digitales	
Número	Descripción	Número	Descripción
1	Niveles bajos tanque Cushcagua zona 2	1	On Motores Cushcagua
2	Niveles altos tanque Cushcagua zona 2	2	Off Motores Cushcagua
3	Niveles bajos tanque Gemelos Zona 3	3	Falla Zona 2
4	Niveles altos tanque Gemelos zona 3	4	Falla Sistema de Comunicación
5	Bit de inicio de Zona 1	5	Aux Salida 1
6	Falla de Tuberías	6	Envió Señal de inicio a Zona 1
7	Aux1	7	Nivel Bajo
8	Off Sistema Completo desde Oficina	8	Nivel Bajo – Bajo
9	ON Motores Cushcagua Zona 2	9	Nivel Alto
10	ON Motores 1 y 2 Zona 1	10	Nivel Alto-Alto
11	Automático/Manual	11	ON Motores Cushcagua Zona 2
12	Falla Zona 1	12	Aux Salida 2
13	Falla Térmica Motores Cushcagua		
14	Problemas Solucionados		
15	Aux 2		
16	Aux 3		

Tabla 6.2. Señales de zona 2

Esta tabla a la vez muestras las entradas y salidas que se conectaran al PLC, para que con estas, realizar la respectiva programación.

### 6.1.2. Proceso a controlar

En primer lugar para iniciar con el proceso de bombeo el personal de la zona 1 y 2 deben estar despiertos para coordinar el bombeo. Una vez confirmada la asistencia de los personales en las zonas, el personal de la zona 2 es la encargada de revisar el nivel del tanque de reserva Cushcagua, en el caso de que haya el nivel necesario en este, la zona 2 iniciara el bombeo, caso contrario dará la autorización a que inicie el bombeo desde la zona 1.

Si el nivel de la piscina ubicada en la zona 1 es óptima, iniciara el bombeo, cabe recalcar que el nivel en la piscina es alimentada por una vertiente natural que brinda  $72,2\text{ lts/seg}$ .

Para conocer el caudal de bombeo tanto de la zona 1 a la zona 2, como de la zona 2 a la zona 3 se utilizó el Método Volumétrico, debido a que conocemos el volumen de los tanques ubicados en las zonas y el tiempo de llenado ya con las válvulas de distribución abiertas. Como resultado obtuvimos lo siguiente:

El volumen del tanque Cushcagua es de  $600000\text{ lts}$  y el tiempo de llenado 2 horas, entonces tenemos que:

$$Q_{\text{zona1} - 2} = 83,30\text{ lts/seg} \text{ ó } Q_{\text{zona1} - 2} = 0,0833\text{ m}^3/\text{seg}$$

El volumen de los Tanques Gemelos es de  $600000\text{ lts}$  y el tiempo de llenado 2 horas con 45 min.

$$Q_{\text{zona2} - 3} = 60,60\text{ lts/seg} \text{ ó } Q_{\text{zona2} - 3} = 0,060\text{ m}^3/\text{seg}$$

Los tanques de reservas ubicados en la zona 2 se los conocen con el nombre de Cushcagua (Tanque Cushcagua), el cual tiene una capacidad de almacenaje de  $300m^3$  cada uno, dando un total de  $600m^3$ , esto quiere decir que el Tanque Cushcagua llegaría a llenarse para comprobar los resultados anteriores y utilizando regla de tres en:

$$83,30\text{lbs} \rightarrow 1\text{seg}$$

$$600000\text{lbs} \rightarrow X\text{seg}$$

$$X = \frac{(600000)(1\text{seg})}{83,30\text{lbs}} = 7202,88\text{seg} = 120,04\text{min} = 2\text{horas}$$

De la misma manera con el tiempo que toma en llenarse los tanques de la zona 3 sería en:

$$60,60\text{lbs} \rightarrow 1\text{seg}$$

$$600000\text{lbs} \rightarrow X\text{seg}$$

$$X = \frac{(600000)(1\text{seg})}{60,60\text{lbs}} = 9900,99\text{seg} = 165,02\text{min} = 2\text{horas con } 45\text{ min}$$

Según resultados indicados, concluimos que el trabajo de bombeo es de aproximadamente 2 horas con 45 min.

En este lapso de tiempo el personal de la zona 1, una vez iniciada el bombeo debe dirigirse a la estación 3, recorriendo una distancia aproximada de 1 km, donde el camino es muy rocoso y con peligros de caídas, ya que el lugar a caminar es de subida con una pendiente de aproximada de  $20^\circ$  a  $30^\circ$ . Una vez llegado a la zona 3, esta persona verá el nivel de agua en los tanques, si el nivel de tanque está óptimo, se comunicará con el personal de la zona 2 a que apague los motores, caso contrario espera a que llegue al nivel deseado en los tanques de la zona 3.

Dado la señal del estado de nivel de los tanques de la zona 3, este personal bajara inmediatamente a la zona 1, para esperar el comunicado de su compañero que se halla en la zona 2, si el personal de este observa que el nivel del tanque de la zona 2 no es lo suficiente, deberá esperar a que este suba y este en el nivel adecuado para así dar la orden de apago de los motores de la zona 1.

Algunas fotografías del recorrido que el personal de Sumak Yaku debe hacer, se encuentran en el anexo K. Cabe recalcar que el personal debe estar atento al nivel de agua, ya que llegaría a desperdiciarse el agua (ver anexo L) si no se apaga a tiempo los motores.

Para un mejor entendimiento del trabajo del sistema de automatización de la zona 1 y zona 2 se indica en los siguientes diagramas de flujo.

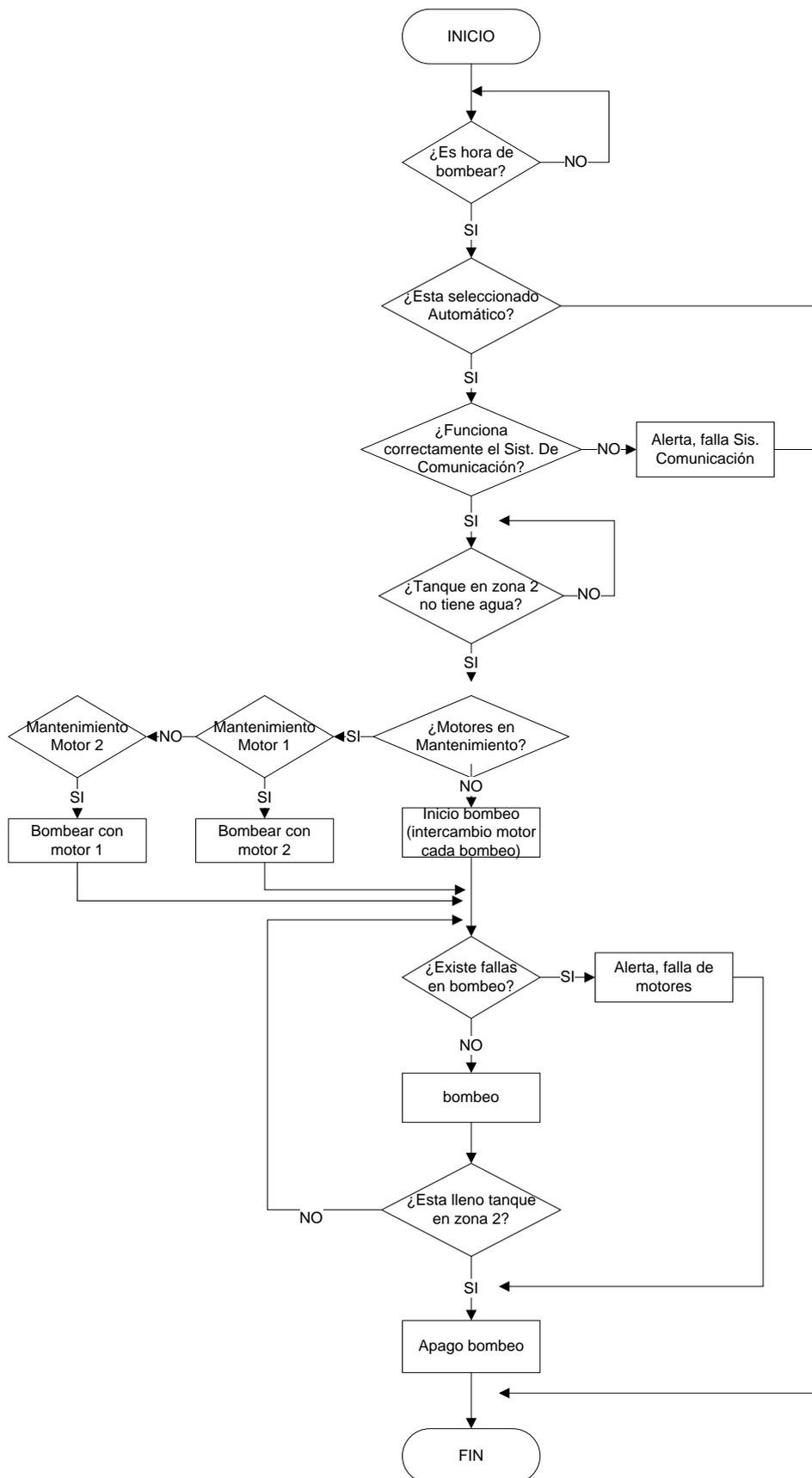


Fig. 6.1. Diagrama de flujo del sistema de automatización de la zona 1

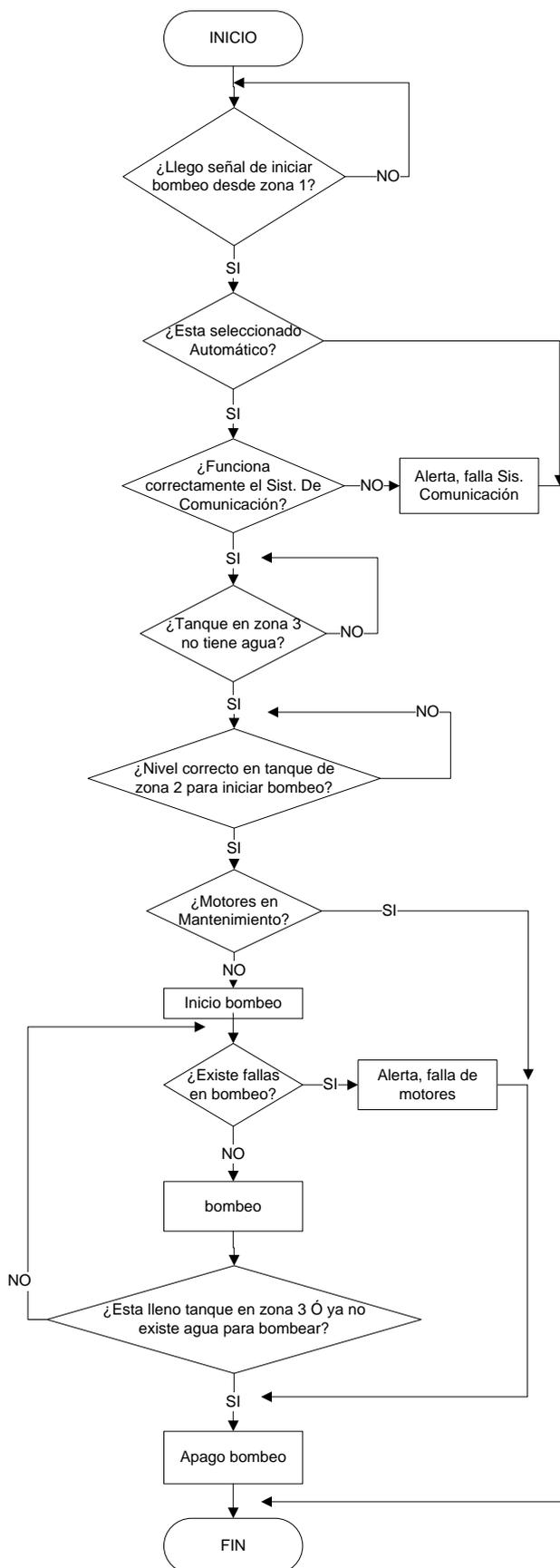


Fig. 6.2. Diagrama de flujo del sistema de automatización de la zona 2

### 6.1.3. Instalación del Sistema Automático.

Como ya explicamos en el capítulo 3, el PLC a utilizar y a instalar es el PLC LOGO! 12/24RC, con los siguientes módulos.

- 1 Fuente LoGO!Power 24V/5<sup>a</sup>
- 1 Módulo Expansor LOGO! DM16 24R

La misma configuración servirá para la automatización en la zona 2.

En el caso de las salidas del PLC para una mayor seguridad ante cortocircuitos, y de igual manera proteger la tarjeta de salida del PLC se instalaron relés acoplados de 220Volt de 3 polos que van conectados a la tarjeta de salida digital y al expansor del PLC. Esto quiere decir que todas las señales de mando van conectadas a estos relés y más no directamente al PLC. Otra situación de utilizar los relés es debido a que se necesita que una señal se divida en dos, para así una comandar y la otra enviar al sistema de comunicación como ya se detallo en el capítulo 3.

Todo el equipamiento se instaló dentro de un tablero de 600x760x210mm para cada estación de bombeo. De igual manera la programación está elaborado en el programa Logo Soft (Ver anexo M)



Fig. 6.3. Tablero de automatización zona 1



Fig. 6.4. Tablero de automatización zona 2

El tablero de la Fig. 6.1 y 6.2 están configurados para un voltaje de 220Volt, debido a que en estas zonas trabajan a ese voltaje.

## 6.2. INSTALACIÓN DE LOS SENSORES Y USO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

### 6.2.1. Instalación de los sensores

Para medir los niveles deseados se usaron los 4 sensores de nivel Madison M8700 (ver anexo B) con la siguiente explicación.

- 1 sensor ubicado en el nivel bajo-bajo, el cual se utilizara de emergencia si llegase a dañarse el nivel Bajo
- 1 sensor de nivel bajo, este sensor será el principal para indicar el nivel bajo de agua
- 1 sensor de nivel alto, este sensor será el principal para indicar el nivel alto de agua
- 1 sensor ubicado en el nivel alto-alto, la cual se utilizara de emergencia si llegase a dañarse el nivel Alto.

La misma configuración se lo realizara tanto para el tanque de la zona 2 como de la zona 3. Además cabe mencionar que los tanques de cada estación se llenan por igual, se instalaron sensores solo en un tanque por zona.

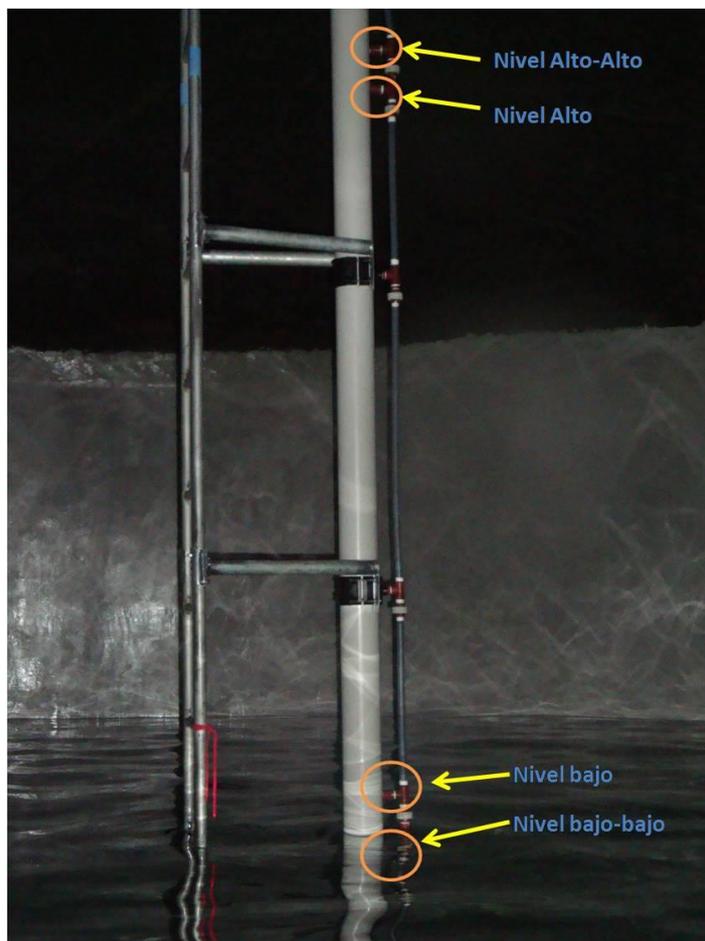


Fig. 6.5 sensores de nivel zona 2

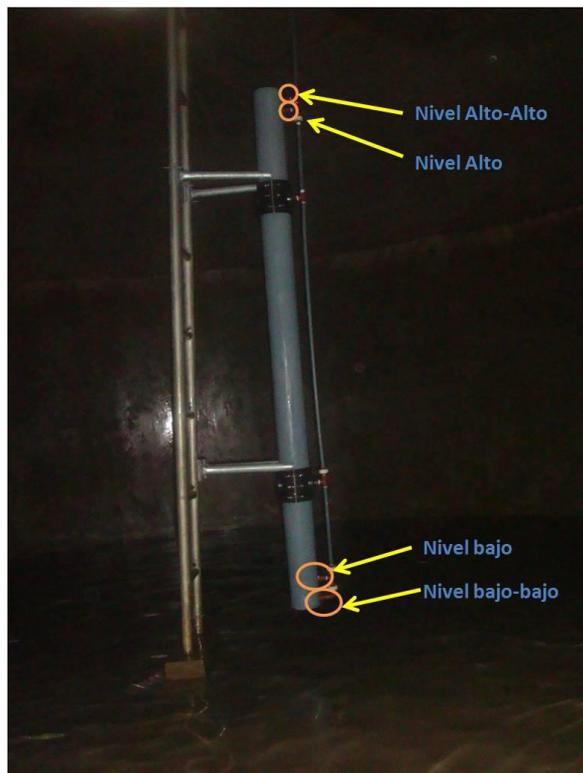


Fig. 6.6 sensores de nivel zona 3

Para un mantenimiento en el futuro, se ha instalado caja de revisión de sensores, tanto en la zona 1 como en la zona 2, ver fig. 6.5.



Fig. 6.7. Caja de revisión de sensores

Para la instalación de sensores en la zona 1, se utiliza una boya flotante, la que nos indicara el estado del nivel.



Fig. 6.8 sensor de nivel zona 1

### 6.2.2. Uso del Sistema de Comunicación

El Sistema de comunicación a utilizarse se detalla en el capítulo 3.  
(ver Fig. 6.9, Fig. 6.8, Fig. 6.10)



Fig. 6.9 sistema de comunicación zona 1



Fig. 6.10 sistema de comunicación zona 2

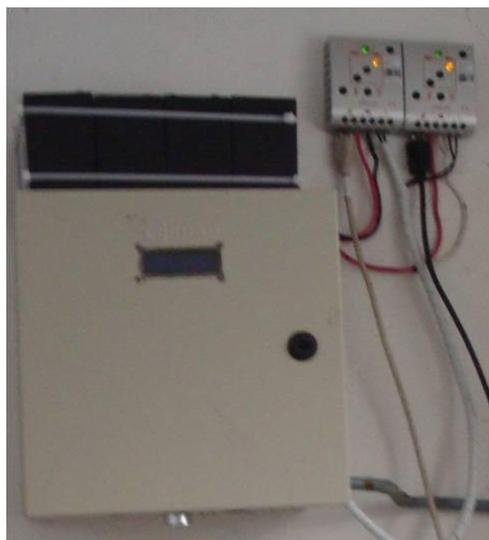


Fig. 6.11 sistema de comunicación zona 3

De igual manera también se puede observar las antenas instaladas para el sistema de comunicación halla instaladas como podemos ver en la Fig. 6.12.



Fig. 6.12 antena de comunicación

### 6.3. INSTALACIÓN DEL HMI

Para la instalación de la Interface Hombre Máquina se suministra una computadora básica, con el objetivo de monitorear el funcionamiento del sistema.



Fig. 6.13 computador de sumak yaku

Se instaló un Autorun de Labview en cual contiene el HMI elaborado (Ver anexo J), el mismo que no ocupa espacio de memoria en la PC.

Se creó una sola pantalla, y es la principal en la cual contiene:

- Nivel de la piscina ubicada en la zona 1
- Nivel del tanque de la zona 2
- Nivel del tanque de la zona 3
- Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 2
- Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 3
- Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 1 a la zona 2
- Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 2 a la zona 3
- Motores ON-Off de la zona 1 y 2
- Fallas en los motores de la zona 1 y 2

## **CAPITULO 7**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

Una vez realizada la implementación, seguido observaremos la etapa de puesta en marcha del proyecto instalado, para ello se explicara por etapas.

#### **7.1. SENSORES DE NIVEL Y SOSTENEDOR**

Los sostenedores con sus respectivos sensores fueron instalados en primera etapa en la zona 2 y seguido en la zona 3, se comprobó el funcionamiento de cada sensor con un multímetro midiendo continuidad, para lo cual fue necesario la ayuda de una persona, la misma que fue es la encargada de mover los sensores para medir continuidad y verificar el ingreso de señal en la pantalla del PLC. Una vez comprobado cada sensor, se repite el proceso de medir la continuidad nuevamente, esta vez con el llenado del agua en cada tanque de reserva y se observó los excelentes resultados en la pantalla del PLC.

#### **7.2. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO SUMAK YAKU**

Los PLC's fueron instalados en la zona 1 y zona 2. Terminado el montaje y el cableado de las entradas y salidas digitales del PLC, se procedió a verificar la alimentación de la fuente de poder, comprobando así el ingreso de tensión (220 Volt AC) a la fuente.

Se encendió el PLC y se realizó una pequeño programa la cual sirvió para comprobar el correcto funcionamiento de este, ya que se ingresó señales

digitales mediante simulación para cada entrada y de igual manera se comprobó el funcionamiento de cada salida del PLC.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento del PLC y haber simulado el programa principal en el software Logo de Siemens tanto del PLC de la zona 1 como el de la zona 2, se procedió a cargar el programa en cada PLC correspondiente a cada zona.

Cargado el programa se analizó nuevamente el funcionamiento del tablero de automatización de la zona 1 y zona 2.

Realizado la comprobación, se entró en la etapa de prueba de 30 días para conocer su funcionamiento como:

- Encendido y apagado automático de los motores de bombeo tanto de la zona 1 y zona 2
- Correcto funcionamiento de lectura de los niveles de agua mediante los sensores de nivel instalados.
- Horas de funcionamiento de los motores de la zona 1 y zona 2 en los PLC instalados en cada zona.
- Envío de señal digital hacia el sistema de comunicación
- Llegada de datos hacia la oficina central.

En este periodo de prueba se corrigieron pequeños errores y se implementó mejoras al programa cargado, por ejemplo.

- En la vertiente de la zona 1, no reconocía el PLC la entrada digital del nivel alto para iniciar el bombeo, para lo cual se reinstaló el sensor.
- El programa solo indicaba las horas de bombeo cuando un motor salía a mantenimiento, para lo cual se programó con la cualidad de poder observar las horas de bombeo a cualquier instante.
- Se comprobó que cuando los tableros de automatización realizaban el bombeo las luces piloto del tablero principal no se encendían al 100%, se comprobó que fue por falta de tensión, para lo cual se configuró el cableado a tensión de 220 AC y trabaja excelentemente.

Todos estos datos fueron revisados y corregidos en la etapa de prueba experimental; cabe recalcar que durante estos días están en constante observación para las mejorar que se puedan realizar.

### **7.3. PRUEBA DEL SISTEMA COMPLETO**

Las pruebas que se realizaron fueron los siguientes:

- a) Debido a que el bombeo inicia a las 5am, se llego al sitio de bombeo 2 minutos antes (4:58) después de haber ajustado el reloj del PLC, llegada la hora 5am se observo que si inicio el bombeo.
- b) Aprovechando este bombeo se observo las entradas del PLC donde marcaban sus respectivos niveles de agua, de la misma manera cumplió con el conteo de horas de funcionamiento del motor.
- c) Para observar la parada del motor se espero las 2 horas y media de bombeo donde se lleno el tanque de la zona 2 hasta el nivel alto y el resultado fue paro de motores por cumplirse una de las condiciones del software para parar el motor.
- d) Para las pruebas de falla térmica del motor se espero otro bombeo, es decir se volvió al sitio el siguiente día y antes de que se cumpliera las condiciones de paro del motor de bombeo se simulo una falla térmica, para simular nos dirigimos al tablero principal de la zona 1 donde presionamos el botón TEST del relé térmico con las respectivas precauciones, y el resultado fue parado de motores y encendido de luz piloto en el tablero de automatización de la zona 1 indicando la respectiva falla. La misma prueba de falla térmica la realizamos en la estación de bombeo de la zona 2. Una vez llegada la señal de fallo al tablero de automatización se simulo que fue arreglado la falla presionando el botón del tablero de automatización de Arreglo, donde el sistema queda listo para trabajar normalmente.
- e) De igual manera para verificar la falla de la tubería de la trayectoria de la zona 1 a la zona 2 se simulo enviando la señal con la ayuda del

compañero de tesis quien fue el responsable de realizar el detector de fugas de agua en las tuberías, el resultado fue apagado de motores y encendido de luces piloto indicando la falla en el tablero de automatización de la zona 2, para indicar que el problema fue resuelto basta con presionar el botón de Arreglo para que el sistema funcione normalmente. La misma prueba se hizo en el tramo de la tubería de la zona 2 a la zona 3.

- f) Para los otros días se verifico el Seleccionador de Mantenimiento Motor, donde si seleccionaba que el motor 1 se encuentra en mantenimiento, como resultado solo bombeara el motor 2 y viceversa. El resultado fue como se esperaba.
- g) De igual manera pudimos ver que si nosotros seleccionamos Manual en el tablero de automatización de la zona 1, el sistema no trabaja automáticamente, es la opción que se debe optar para poder realizar cualquier mantenimiento dentro de las zonas, ya que si el tablero de automatización de la zona 1 no trabaja, de igual manera el tablero de automatización de la zona 2 no trabajara, debido a que el tablero de la zona 1 trabaja como maestro y el de la zona 2 trabaja como esclavo.

### **7.3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA HMI**

Se instaló el computador configurándolo con Windows 7 y el programa HMI elaborado en Labview 2010. Antes de instalar el programa principal se analizó los datos que recibía en la oficina mediante el lector de seriales del programa C compiler (ver figura 7.1)

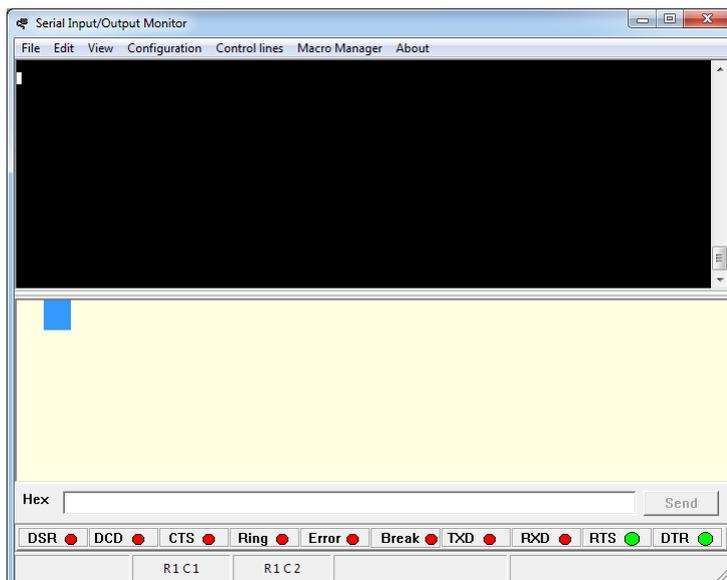


Fig. 7.1. Lector de serial de c compiler

## 7.4. PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO DE AUTOMATIZACIÓN

Una vez completada la conexión de todo el sistema de automatización de bombeo, esto es la unión de los proyectos de tesis que lo conforman: “Automatización de bombeo”, “Detección de fugas” y “Trasmisión de datos”, en el HMI de la oficina de la Junta Administradora de Agua Potable Sumak Yaku se observo el funcionamiento correcto del sistema en conjunto; para ver el desempeño del HMI con respecto a las fallas se ha simulado:

a) Llegada de datos y clasificación

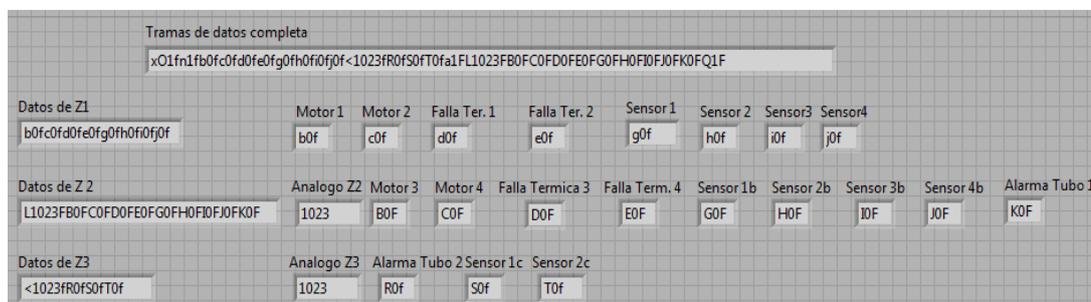


Fig. 7.2. Trama de datos y su clasificación

- b) Bombeo motor 1 de zona 1, motores de zona 2 y sus respectivos niveles en cada tanque de reservas y vertiente.

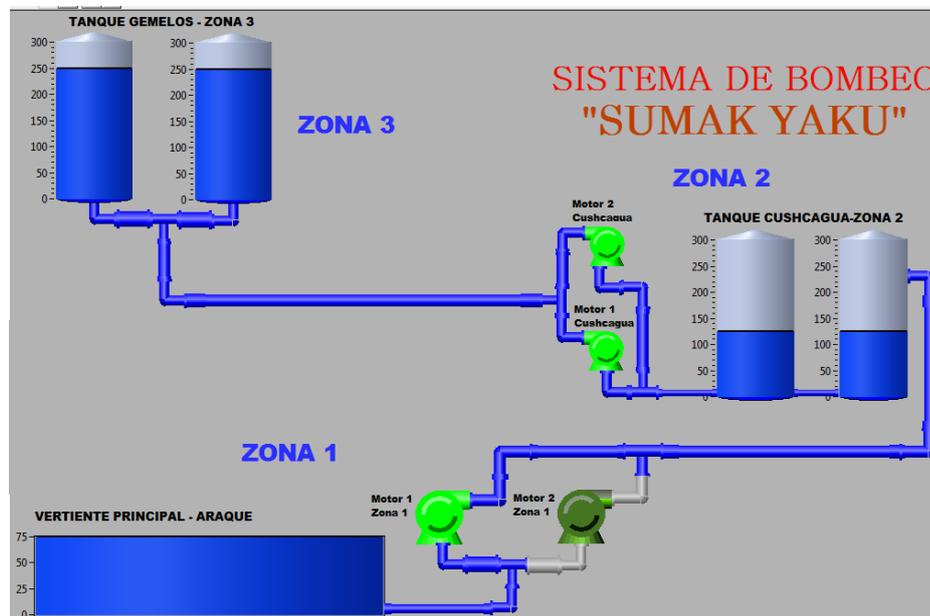


Fig. 7.3. Funcionamiento de motores y niveles en tanques

- c) En caso de existir falla de tubería en el tramo de la zona 1 a zona 2

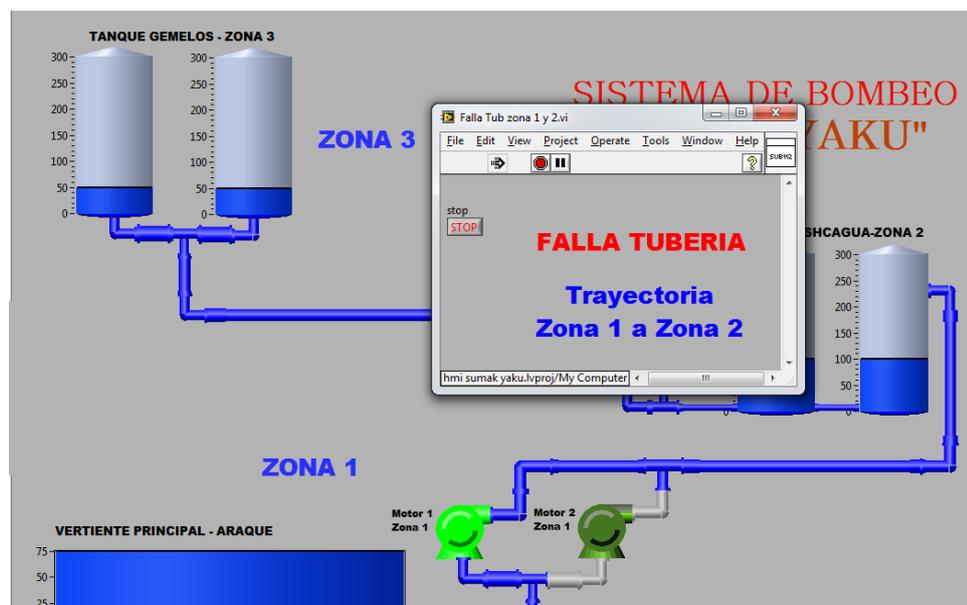


Fig. 7.4. Falla de tubería de zona 1 a zona 2

d) En caso de existir falla de tubería en el tramo de la zona 2 a zona 1

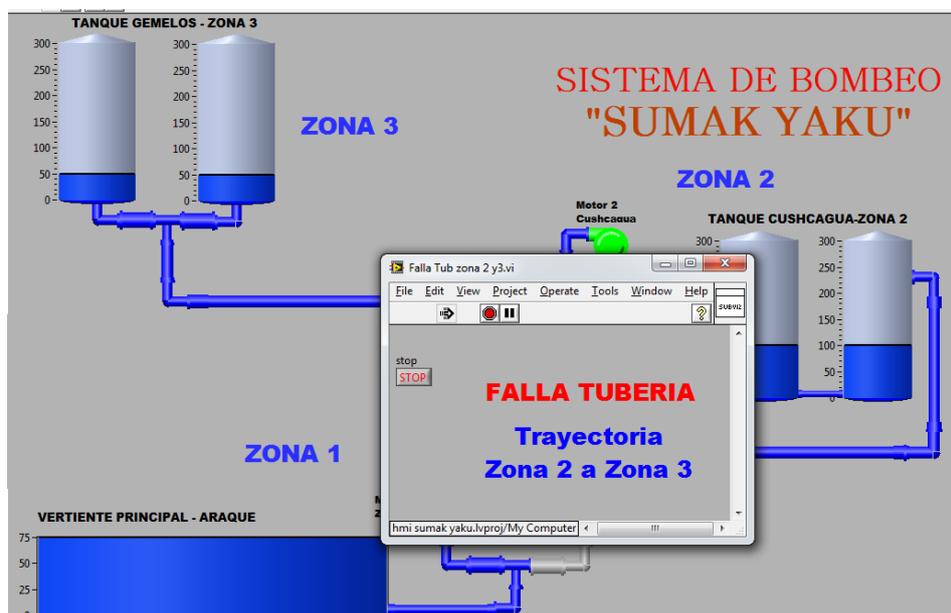


Fig. 7.5. Falla de tubería de zona 2 a zona 3

e) Falla en Motor 1 de zona 1

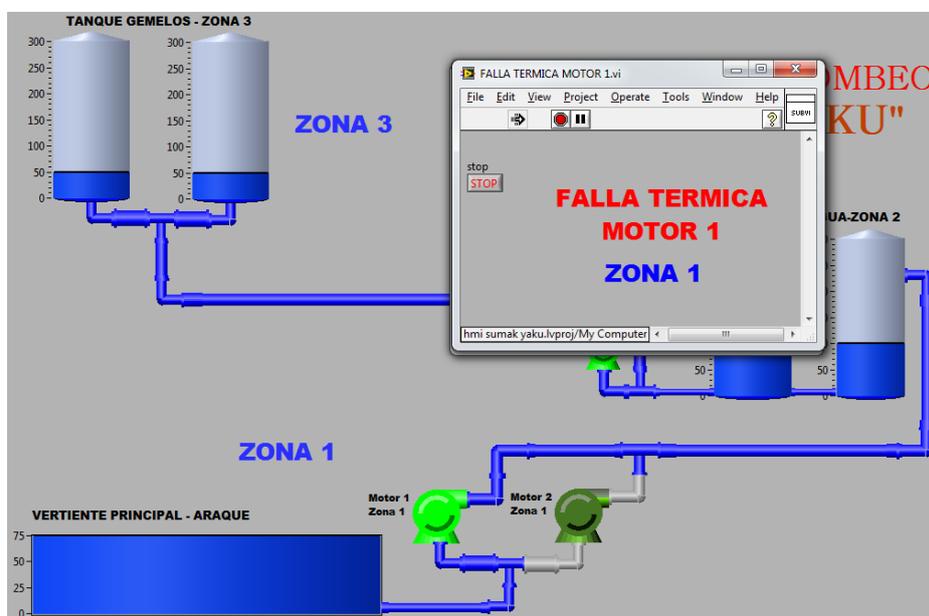


Fig. 7.6. Falla Térmica motor 1 zona 1

f) Falla en Motor 2 de zona 1

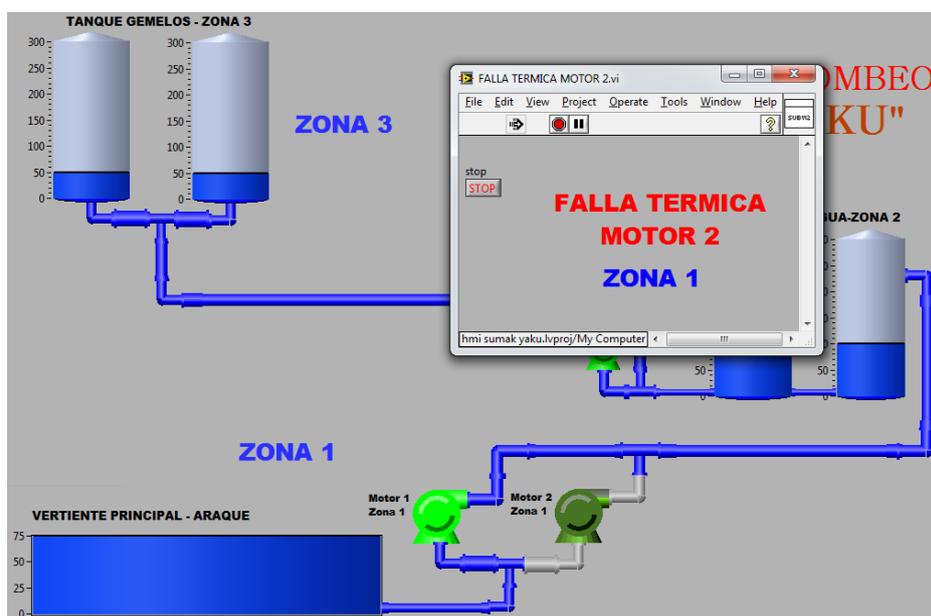


Fig. 7.7. Falla térmica motor 2 zona 1

g) Falla en Motor 1 de zona 2

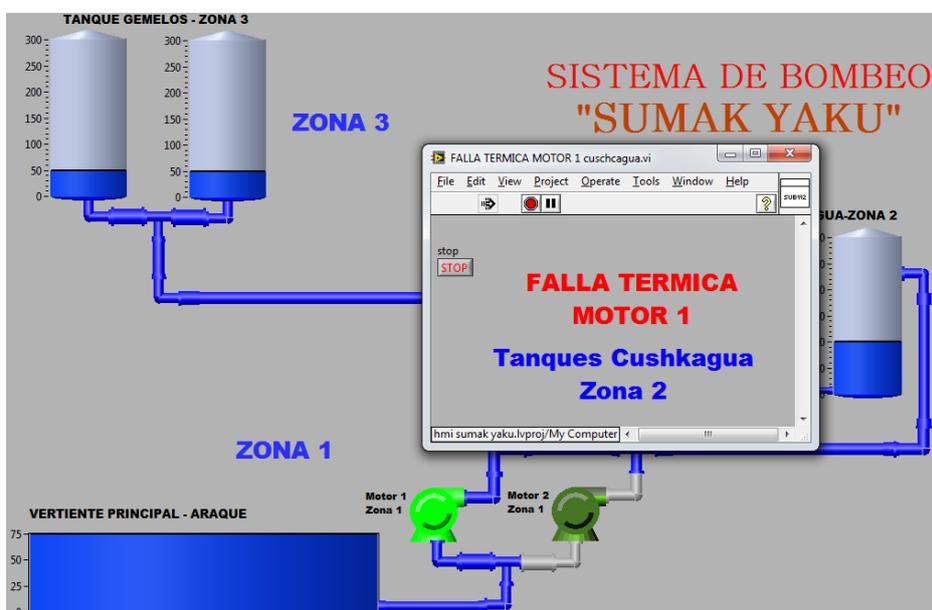


Fig. 7.8. Falla térmica motor 1 zona 2

h) Falla en Motor 2 de zona 2

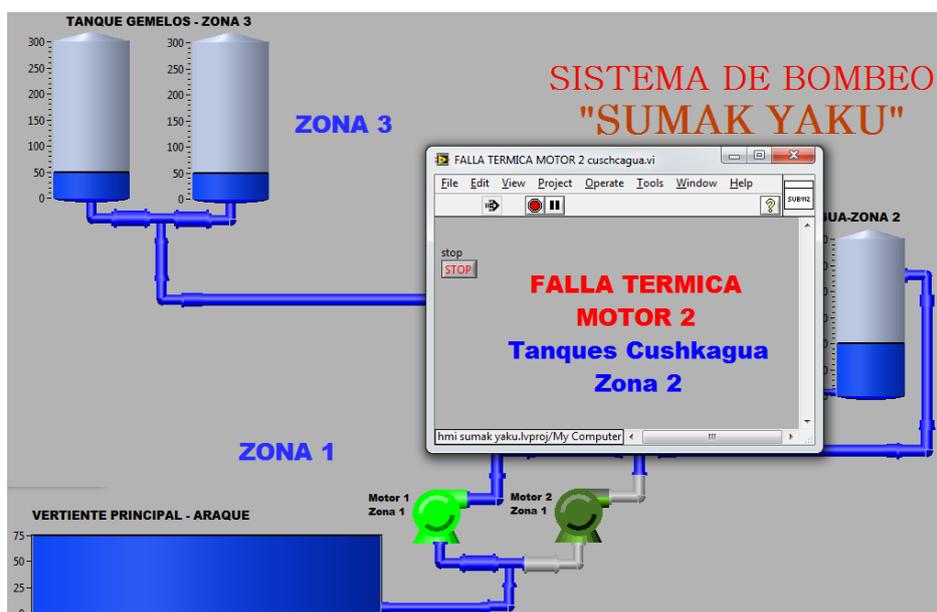


Fig. 7.9. Falla térmica motor 2 zona 2

i) Apagado de motores y medida de sensores de nivel

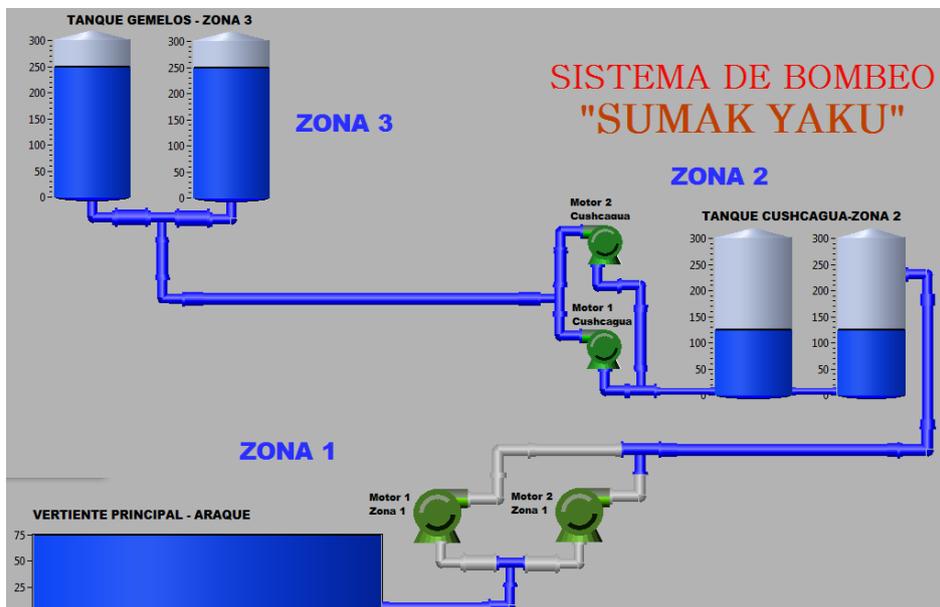


Fig. 7.10. Medición del sistema principal de bombeo las 24 horas

Con estas pruebas se obtienen resultados satisfactorios que demuestran el correcto funcionamiento del sistema de automatización.

Una vez terminada la etapa de prueba y operación asistida, el personal de SUMAK YAKU inicia su trabajo con el respectivo manual de instructivos que se facilitó a la junta.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al llegar a la conclusión del trabajo realizado se realiza las siguientes recomendaciones:

- Es necesario conocer a fondo todo el proceso implementado y el sistema de automatización, debido a que las fallas a detectar será labor del operario el cual dará a conocer exactamente en qué punto del sistema de bombeo que se hallase alguna anomalía.
- De existir alguna anomalía en la atomización realizada, comunicarse directamente con los realizadores del trabajo para hacer mejorar en el caso de ser necesario.
- Normalmente cuando suministran los PLC, no viene con el software de programación, es importante comprar el software y entrenar al personal de la junta que se hará cargo del mantenimiento, para que realice mejoras futuras
- Con respecto al Sistema HMI instalado en la computadora de la Oficina de la Junta de Agua Sumak Yaku, hay que realizar un entrenamiento al personal de mantenimiento para que en el caso de formateo de la PC, instalen sin ninguna dificultad el sistema HMI.
- Realizar la limpieza de los paneles solares que encontraban instalados que se hallan en la zona 3, ya que estos son los que alimentan los sensores de la zona 3.
- Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo de los sensores en la hora de no bombeo, para así evitar el mal funcionamiento del sistema de automatización.
- En caso de borrarse el programa de los PLC's, se recomienda cargar el programa, para lo cual se deja en cada Tablero de Automatización memorias de respaldo, para la instalación se detalla en el instructivo.
- Se recomienda revisar el reloj del Logo siemens en caso de corte de electricidad, si es necesario configurar el reloj se recomienda leer el instructivo o manual de operaciones. (ver anexo O)

- En caso de realizar mantenimientos preventivos a los sensores, se recomienda dejar los sensores en la misma ubicación, ya que de esto depende el trabajo adecuado de los PLC's.
- La mayoría de equipos electrónicos no necesita un mantenimiento exhaustivo diario, se recomienda solo una inspección visual de ver si existe polvo o humedad los cuales pueden dañarlos.

De igual manera como conclusiones del trabajo podemos mencionar los siguientes:

- La instalación del tablero de automatización se lo realizo sin quitar el servicio de agua a la comunidad.
- La operación remota ha disminuido enormemente, evitando así las caminatas de aproximadamente 1km de distancia de los operaciones diarios en la madrugada por carreteras que es considerada de alto riesgo de accidentes debido a que los caminos son rocosos y resbaladizos.
- Lo detallado anteriormente es una mejora en la seguridad personal del operador, que es la meta principal de este proyecto y además un ahorro de emergencia personal para la junta de agua.
- Ahorro en gasto de combustible y un mayor tiempo entre los mantenimientos de movilidad. Debido a que todo el sistema de bombeo se halla en una computadora.
- El sistema ha demostrado ser confiable y robusto, debido a que los PLC's instalados son industriales y diseñado para trabajar en estos entornos. La vez que falló el PLC fue por fallas del sensor (causas externas), mas no por el programa.
- El objetivo de ahorro del agua se cumplió, ya que se evita el sobrellenado de los tanques de reserva mediante la ayuda automática de on-off de los motores gracias a los PLC's y sensores.
- El ahorro energético existe, ya que el sistema permite que no exista el bombeo en vacío.
- Debido a recomendaciones de la empresa eléctrica EMELNORTE el bombeo se realiza a partir de la 01h00 am; en conclusión el sistema

bombee automáticamente a partir de la hora descrita para lograr el ahorro económico por bombeo en la madrugada que es del 20%.

- Se concluye que el sistema de automatización funciona correctamente y es 100% Imbabureño.

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- [1] MARTÍNEZ R. “Autómatas programables”, Primera Edición, Marcombo S.A. 1997, 456 p.
- [2] MOLINA C. “Principios de Automatización Industrial”., Primera Edición, Sevilla, 2005, 150p.
- [3] Rodriguez A. “Sistemas SCADA”, México DF, Segunda Edición, 2001, 448 p.
- [4] Ponce P. "Maquinas eléctricas y técnicas modernas de control", Primera Edición. Editorial Alfaomega. Mexico. Enero 2008
- [5] Wildi T., " Maquinas Eléctricas Y Sistemas de Potencia," Sexta Edición. Editorial Pearson. México. 2007

### Artículos Internet

- [6] Aguirre J. “Actuadores Eléctricos y Mecánicos”.[Online]. Disponible: <http://www.scribd.com/doc/6291040/Resumen-de-Actuadores-Elctricos-y-Mecnicos> [Ultimo acceso Junio 2011]
- [7] MADISON, “Single Point Liquid Level Float Switches”. [Online]. Disponible: <http://shopsensors.madisonco.com/category/single-point-reed-sensors?&plpver=10>. [Ultimo acceso Julio 2011]
- [8] VIYILANT, “Control de Nivel Hermético”. [Online]. Disponible: <http://www.viyilant.com.ar/catalogos/control.pdf>. [Ultimo acceso Julio 2011]
- [9] SIEMENS, “Lista de artículos”. [Online]. Disponible: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/24928970?func=ll&objId=24928970&objAction=csView&nodeid0=10805245&lang=es&siteid=cseus&akt>

prim=0&extranet=standard&viewreg=WW&load=content#A17991075 [Ultimo acceso Septiembre 2011]

[10] SCHNEIDE, “Esquemas eléctricos básicos”. [Online]. Disponible: [http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo08\\_1907.pdf](http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo08_1907.pdf) [Ultimo acceso Junio 2012]

[11] ASLAN, “Documentación eléctrica”. [Online]. Disponible: [http://www.ipmaslan.com/pdf/documentacion\\_electrica.pdf](http://www.ipmaslan.com/pdf/documentacion_electrica.pdf) [Ultimo acceso Junio 2012]

## ANEXOS

## ANEXO A. ESPECIFICACIONES DEL SENSOR BOYA FLOTANTE





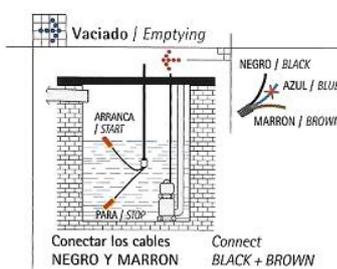
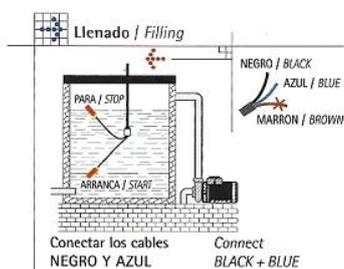
El control de nivel hermético VIYILANT, se utiliza para el control automático de bombas, motores, válvulas electromecánicas, alarmas, etc., en el llenado y vaciado de tanques. Por sus características de diseño y construcción puede ser utilizado en líquidos no corrosivos, ácidos diluidos, detergentes y aguas servidas.

*VIYILANT level regulator is a float switch which controls the automatic start and stop of pumps, solenoid valves, motors, alarms when the preset level is reached. The change over contact can be used for filling or emptying function.*



#### VENTAJAS PRINCIPALES

- DOBLE SELLADO POR ELECTROFUSION (Unico en Argentina) / DOUBLE SEALED BY ULTRASONIC PLASTIC WELDING PROCESS
- Reinyectado a presión / Pressure re injected
- Microswitch 15 A.
- Cable especial de goma termoplástica 3x1 mm. extraflexible / Special cable made in thermoplastic rubber 3x1 mm.
- Apto para controlar tanque elevado y tanque cisterna / For filling and emptying function
- No contiene mercurio / No mercury
- Sin mantenimiento / Heavy Duty



#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TECHNICAL DATA

Cargas eléctricas / Contact Rating	110-250 V / 15 A 50/60 Hz
Temperatura de operación / Temperature	0° / 60° C
Ciclos de funcionamiento / Max cycles	100.000 ciclos / cycles
Angulo de corte / Switching angle	+/- 45°
Normas / Norms	IEC 60730-2-16
Marcación / Marking	CE
Grado de protección / Pollution index	IP 68
Dimensiones / Dimensions	105 x 78 x 41 mm.
Peso Neto / net Weight	265 gr.
Presión máxima de trabajo / Max depth level	1 BAR
Material de construcción / Housing	PP polipropileno atóxico
Funcionamiento / Function class	II

#### CABLE CABLE

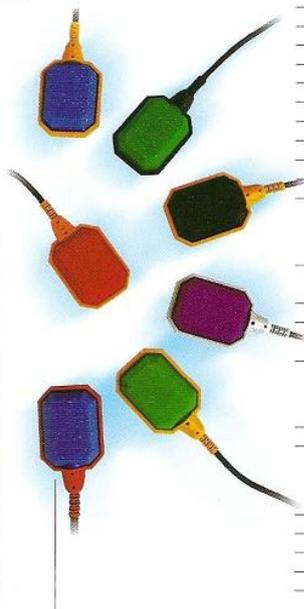
Composición / Lead	PVC / Goma termoplástica Thermoplastic Rubber / PVC
Medida del cable / Wire cross lengths	3 x 1 mm <sup>2</sup> .
Largos de cable standard / Std cable lengths	1.5 / 2 / 3 / 5 / 10 mts. (other lengths on request)

#### ACCESORIOS ACCESSORIES

Contrapeso / Counterweight	150 gr. / 250 gr. / 400 gr.
----------------------------	-----------------------------

#### OPCIONALES OPTIONALS

Colores personalizados / Customized colours	
Inscripción de logo de su empresa / Customized logos	
Microswitch de 5 A, 20 A ó 25 A / 5 A, 20 A or 25 A Microswitch	
H07RN Neoprene cable (upon request)	



## ANEXO B. ESPECIFICACIONES DEL SENSOR DE NIVEL MADISON M8700

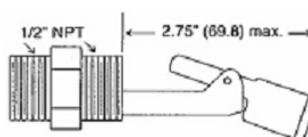
### Item # M8700-6PKG, Plastic Side-Mounted Switches

#### Plastic Side-Mounted Switches

The M8700 side-mounted liquid level switch has a polypropylene stem and a polypropylene float. Polypropylene is typically suitable for use with acidic liquids such as those found in electroplating and metal cleaning. It is also a great option for lower temperature food operations (up to 105 degrees C) since Madison only incorporates polypropylene that is FDA approved for food contact. This material is a good choice for commercial appliances and equipment as well. **These are sold in packages of 6. Pricing is per package.**

Same day shipping available under our Switch-In-Time program.

**Note:** SPST = Single Pole, Single Throw



#### SPECIFICATIONS

Type	Side-Mounted Switch
Stem Material	Polypropylene
Float Material	Polypropylene
Max. Temperature	105 °C
Nominal Current Rating(s)	30 VA SPST Switch
Float SG	0.60
Max. Pressure	100 psig
Dwg. No.	32
Lead Wires	22 ga. MTW 24"
Approvals	CE CSA NSF International UL

## ANEXO C. DATOS TÉCNICOS: LOGO! 12/24RC



	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo	LOGO! DM8 12/24R
<b>Fuente de alimentación</b>		
Tensión de entrada	12/24 V c.c.	12/24 V c.c.
Rango admisible	10,8 ... 28,8 V c.c.	10,8 ... 28,8 V c.c.
Protección contra inversión de polaridad	sí	sí
Consumo de corriente		
• 12 V c.c.	30 ... 140 mA	30 ... 140 mA
• 24 V c.c.	20 ... 75 mA	20 ... 75 mA
Compensación de fallos de tensión		
• 12 V c.c.	típ. 2 ms	típ. 2 ms
• 24 V c.c.	típ. 5 ms	típ. 5 ms
Potencia disipada		
• 12 V c.c.	0,3 ... 1,7 W	0,3 ... 1,7 W
• 24 V c.c.	0,4 ... 1,8 W	0,4 ... 1,8 W
Respaldo del reloj a 25 °C	típ. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2 s / día	
Separación galvánica	no	no
<b>Entradas digitales</b>		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no
Tensión de entrada L+		
• señal 0	<5 V c.c.	<5 V c.c.
• señal 1	>8 V c.c.	>8 V c.c.

Intensidad de entrada para		
• señal 0	< 1,0 mA (I1...I6) < 0,05 mA (I7, I8)	<1,0 mA
• señal 1	> 1,5 mA (I1...I6) > 0,1 mA (I7, I8)	>1,5 mA
Tiempo de retardo para		
• cambio de 0 a 1	típ. 1,5 ms <1,0 ms (I5,I6) típ. 300 ms (I7,I8)	típ. 1,5 ms
• cambio de 1 a 0	típ. 1,5 ms <1,0 ms (I5,I6) típ. 300 ms (I7,I8)	típ. 1,5 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
<b>Entradas analógicas</b>		
Cantidad	2 (I7, I8)	
Margen	0 ... 10 V DC Impedancia de entrada 76 kΩ	
Tensión de entrada máx.	28,8 V CC	
Longitud del conductor (trenzado y apantallado).	10m	
<b>Salidas digitales</b>		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	1
Activación de una entrada digital	sí	sí
Tensión de salida		
Intensidad de salida		
Corriente constante $I_{th}$ (por cada borne)	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RC <sub>o</sub>	LOGO! DM8 12/24R
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de	1.000 W	1.000 W
Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histérisis)	10 x 58 W	10 x 58 W
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W	1 x 58 W
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W	10 x 58 W
A prueba de cortocircuitos y sobrecarga		
Limitación de corriente en cortocircuitos		
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactador potencia B16 600 A	Contactador potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactador potencia B16 900 A	Contactador potencia B16 900 A
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
<b>Frecuencia de conmutación</b>		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Eléctrica		
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

## Capacidad de conmutación y vida útil de las salidas de relé

### Carga óhmica

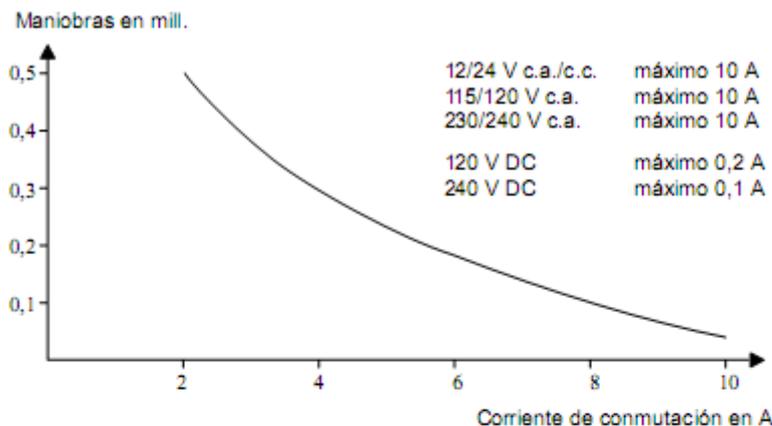


Figura A Capacidad de conmutación y vida útil de los contactos con carga óhmica (calentamiento)

### Carga inductiva

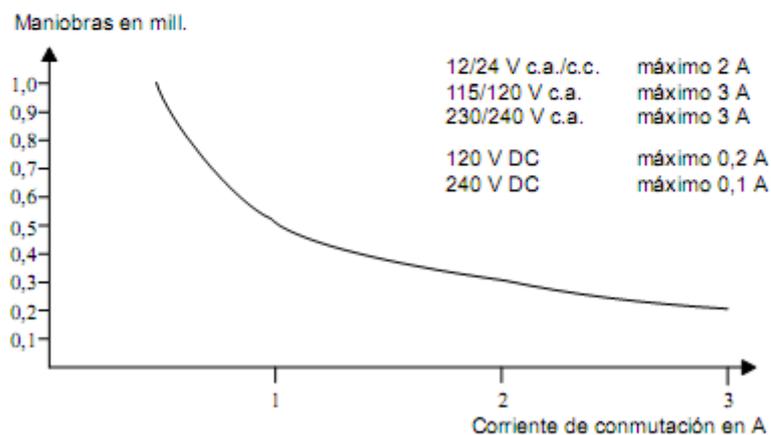


Figura B Capacidad de conmutación y vida útil de los contactos con fuerte carga inductiva según IEC 947-5-1 DC13/AC15 (contactores, bobinas magnéticas, motores)

## ANEXO D. DATOS TÉCNICOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN SIEMENS

# SIEMENS

### LOGO!Power

---

Betriebsanleitung  
Operating instructions  
Instructions d'utilisation  
Istruzione per l'uso  
Instrucciones de uso

Nr.: C98130-A7560-A2-5-6419

---



**ESPAÑOL**



**Indicaciones de Advertencia**

LOGO!Power es una fuente de alimentación regulada, dimensionada para su uso en red monofásica de corriente alterna. Para la instalación del aparato deberán observarse las disposiciones DIN/VDE en vigor o la normativa específica del país. La conexión de la tensión de suministro deberá ejecutarse según VDE 0100 y VDE 0160. Deberá ir previsto un dispositivo de protección (fusible) y dispositivo de corte para dejar sin tensión la fuente de alimentación. Son requisitos para un funcionamiento correcto y fiable del presente aparato el transporte adecuado y correcto almacenamiento montaje e instalación.

**Peligro por descarga eléctrica !**

Durante el funcionamiento de aparatos eléctricos quedan determinadas partes del aparato condicionadas sometidas a tensiones peligrosas. La utilización indebida de estos aparatos puede conllevar la muerte o lesiones del cuerpo graves así como daños materiales considerables. Solo se permite ajustar el potenciómetro  $U_A$  usando un destornillador aislado!



**Atención !**

Componentes con riesgos electrostáticos (EGB). Solo puede abrir el aparato personal especialista cualificado !

**Instalación y montaje:**

LOGO!Power sólo podrá ser montado y cableado por personal especialista cualificado que conozca y actúe de acuerdo con las normativas y disposiciones en vigor correspondientes.

**⚠ Peligro** Antes de la instalación y mantenimiento deberá desconectarse el interruptor principal y asegurarlo contra reconexión. Para las operaciones de mantenimiento deberá ir previsto un dispositivo de corte que separe el circuito de corriente de alimentación. LOGO!Power es un aparato de empotrar y por consiguiente puede ir instalado en una caja de registro o en un armario de maniobra. Tras su instalación deberán quedar cubiertas toda la zona de embornado. Solo así quedará garantizado de no hacer contacto con piezas sometidas a tensión.

El aparato puede ir enganchado sobre carril de perfil normalizado DIN EN 50022-35x15 y DIN EN 50022-35x7,5. Para la fijación a presión colgar el aparato con la pestaña ① en el carril perfilado ③ hasta que encaje el resorte ② (ver pág.1). Si la fijación a presión presenta dificultad soltar ligeramente el resorte ② tal como se describe en el desmontaje. Para el desmontaje desde el carril perfilado soltar el resorte ② en dirección de la flecha y retirar el aparato.

Utilice en el cableado un destornillador con 3 mm de ancho de hoja (esfuerzo de torsión 0,5Nm). No precisa terminales de hilo para las regletas. Puede utilizar cable (certificado para 65/75°C) de 1 x 2,5 mm<sup>2</sup> o 2 x 1,5 mm<sup>2</sup> de sección. La alimentación de red y la línea de derivación se han de colocar por separado. Al aplicar LOGO!Power en combinación con aparatos de clase de protección I (con conductor de protección a tierra) se ha de establecer una conexión entre „-“ „PE“ con 1,5 mm<sup>2</sup> como mínimo.

Para la disipación de calor adecuada, deberá montarse el aparato verticalmente de modo que los bornes de entrada y de salida queden situados arriba. En la parte inferior y superior del aparato deberá quedar un espacio libre de 2 cm respectivamente con el fin de no dificultar la convección.

La conexión en paralelo de aparatos de igual naturaleza para el aumento de potencia está permitida (Condición: Diferencia de tensiones de salida < 0,2% e impedancias de línea igual respecto a la carga).

Para aplicaciones en áreas clasificadas (Ex) es necesario que después de la instalación se logre el grado de protección IP 54

**Características técnicas:** Mientras no se indique lo contrario, todos los datos son válidos para una tensión de entrada 230 V AC y una temperatura ambiente de +25 °C. Sujeto a cambios técnicos sin previo aviso.

Tipo:	5V/6,3A	12V/4,5A	15V/4A	24V/2,5A
Referencia:	6EP1311-1SH12	6EP1322-1SH02	6EP1352-1SH02	6EP1332-1SH42
<b>Datos técnicos:</b>				
Tensión nominal de entrada $U_E$ :	AC 100-240 V	AC 100-240 V	AC 100-240 V	AC 100-240 V
Rango de tensión de entrada:	AC 85...264 V	AC 85...264 V	AC 85...264 V	AC 85...264 V
Rango de frecuencia:	47...63 Hz	47...63 Hz	47...63 Hz	47...63 Hz
Superación de cortes de red:	> 40 ms	> 40 ms	> 40 ms	> 40 ms
Corriente nominal de entrada $I_E$ :	0,71-0,37 A	1,13-0,61 A	1,24-0,68 A	1,22-0,66 A
Seguridad en la acometida de red:	recomendado: Interruptor automático (CEI 898) a partir de 16A curva B, 10A curva C			
<b>Magnitudes de salida:</b>				
Tensión nominal de salida $U_A$ :	DC 5 V	DC 12 V	DC 15 V	DC 24 V
Ondulación residual / Picos de conexión:	< 100/100 mV <sub>ss</sub>	< 200/300 mV <sub>ss</sub>	< 200/300 mV <sub>ss</sub>	< 200/300 mV <sub>ss</sub>
Zona de ajuste:	DC 4,6...5,4 V	DC 10,5...16,1 V	DC 10,5...16,1 V	DC 22,2...26,4 V
Corriente nominal de salida $I_A$ :	6,3 A	4,5 A	4 A	2,5 A
Limitación estática de corriente:	tip. 8,2 A	tip. 5,9 A	tip. 5,0 A	tip. 3,4 A
Rendimiento a plena carga:	tip. 83 %	tip. 85 %	tip. 85 %	tip. 87 %
<b>Condiciones ambientales:</b>				
Temp. para almacenamiento y transporte:	-40 °C...+70 °C	-40 °C...+70 °C	-40 °C...+70 °C	-40 °C...+70 °C
Temperatura para funcionamiento:	-20 °C...+55 °C	-20 °C...+55 °C	-20 °C...+55 °C	-20 °C...+55 °C
Grado de protección según:	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
Grado De la Contaminación:	2	2	2	2
Clase de la humedad:	según clase de clima 3K3 según EN 60721, sin condensaciones, Humedad relativa del aire 5...95 %			
Emisión de interferencias:	EN 50081-1, Clase B según EN 55022			
Inmunidad a interferencias:	EN 61000-6-2, EN 61000-4-2/-3/-4/-5/-6/-11			
<b>Seguridad:</b>				
Clase de protección según:	Clase de protección II (sin conexión de conductor de protección)			
Aislamiento entre primario y secundario:	Tensiones de salida MBTP/SELV según EN 60950 y EN 50178			

**Homologaciones:**

CE	Conformidad CE según 2004/108/CE y 2006/95/CE
UL	UL 508 (Listed, File E197259), UL 60950 (Recognized, File E151273), NEC Class 2 für 6EP1332-1SH42
FM	Class I, Division 2, Groups A,B,C,D, T4
GL	Homologación para construcción naval según Germanischer Lloyd
ABS	Homologación para construcción naval según Bureau of Shipping para 6EP1322-1SH02 y 6EP1332-1SH42
ATEX	ATEX94/9/EC Cat.3;Ex, nA IIC T3

## ANEXO E. DATOS TÉCNICOS DEL EXPANSOR LOGO! DM16 24R



LOGO! DM16 24R, EXP. MODULE, PU/I/O: 24V DC/24V DC/RELAY, 8 DI/8 DO, 4TE

### voltages Supply

Rated value

- DC 24V Yes
- permissible range, lower limit(DC) 20.4 V
- permissible range, upper limit(DC) 28.8 V

### Digital inputs

Number of digital inputs 8

### Digital outputs

Number of digital outputs 8;Relay

Short-circuit protection of the output No;external fusing necessary

### Relay outputs

Switching capacity of the contacts

- with inductive load, max. 3 A
- with resistive load, max. 5 A

### Dimensions

Mounting on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide

Width 72 mm; 4 DU

Height 90 mm

Depth 53 mm

## ANEXO F. CONEXIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

**TRAMA DE DATOS ESTACION DE BOMBEO I**

DIRECCION ORIGEN		DIRECCION DESTINO		DATO ANALOGO		DATOS DIGITALES														FIN TRAMA																					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
A	1	f	a	1	f	l	1	0	2	3	f	n	1	f	b	1	f	c	1	f	d	1	f	e	1	f	g	1	f	h	1	f	i	1	f	j	1	f	z	1	f
												BIT INICIO		EDM1		EDM2		FTM1		FTM2		SN1		SN2		SN3		SN4													

**IDENTIFICACION DE LOS DATOS**

PUERTO	ETIQUETA EB1		I/O	CHAR ID	ESPECIFICACION DEL DATO	TIPO DE DATO	VARIABLE	OBSERVACION
	ETIQUETA EB2	ETIQUETA EB3						
RA0			INPUT	i	ENTRADA ANÁLOGA	ANALOGO		LECTURA DE DATO ANALOGO
RB0	M	F	INPUT	b	MOTOR 1	DIGITAL	EDM1	ENTRADA DIGITAL DEL ESTADO DEL MOTOR 1
RB1	N	Z	INPUT	c	MOTOR 2	DIGITAL	EDM2	ENTRADA DIGITAL DEL ESTADO DEL MOTOR 2
RB2	O	T	INPUT	d	FALLA TÉRMICA MOTOR 1	DIGITAL	FTM1	FALLA TERMICA DEL MOTOR 1
RB3	P	U	INPUT	e	FALLA TÉRMICA MOTOR 2	DIGITAL	FTM2	FALLA TERMICA DEL MOTOR 2
RB4	Q	V	INPUT	g	SENSOR DE NIVEL 1	DIGITAL	SN1	SENSOR DE NIVEL 1
RB5	R	W	INPUT	h	SENSOR DE NIVEL 2	DIGITAL	SN2	SENSOR DE NIVEL 2
RB6	S	X	INPUT	i	SENSOR DE NIVEL 3	DIGITAL	SN3	SENSOR DE NIVEL 3
RB7	T	Y	INPUT	j	SENSOR DE NIVEL 4	DIGITAL	SN4	SENSOR DE NIVEL 4
RC1	V		INPUT	n	BIT INICIO DEL SISTEMA	DIGITAL	BISISIN	ESTE DATO SE LEE DE SAP DE ESTA ESTACION(1)
				A	DIRECCION ORIGEN DEL DISPOSITIVO			PARA ESPECIFICAR QUE EL DISPOSITIVO ES DE LA ESTACION 1
				a	DIRECCION DESTINO DEL DISPOSITIVO			PARA ESPECIFICAR QUE EL DISPOSITIVO ES DE LA ESTACION 1
				z	FINAL DE TRAMA			IDENTIFICADOR DE FINAL DE TRAMA

## TRAMA DE DATOS ESTACION DE BOMBEO II

DIR ORIGEN		DIR DESTINO 1			DIR DESTINO 3			DATO ANALOGO E2						DATO ANALOGO E1 O E3						
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
a	1	F	A	1	F	@	1	F	L	1	0	2	3	F	<	1	0	2	3	F

DATOS DIGITALES																									FIN TRAMA							
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
N	1	F	B	1	F	C	1	F	D	1	F	E	1	F	G	1	F	H	1	F	I	1	F	J	1	F	K	1	F	Z	1	F
BIT INICIO E3			EDM3			EDM4			FTM3			FTM4			SN5			SN6			SN7			SN8			EDDFD ALARM E2					

## IDENTIFICACION DE LOS DATOS

PUERTO	ETIQUETA EB1	ETIQUETA EB2	ETIQUETA EB3	I/O	CHAR ID	ESPECIFICACION DEL DATO	TIPO DE DATO	VARIABLE	OBSERVACION
RA0		A		INPUT	L	SENSOR DE PRESION	ANÁLOGO	SPA	DATO ANALOGO DEL SENSOR DE PRESION
RA3		D		OUTPUT	N	BIT DE INICIO DEL SISTEMA Y BIT INICIO DDF	DIGITAL	BISIS	MEDIANTE EL DATO QUE RECIBE DE LA ESTACION I GENERA UNA SALIDA DIGITAL PARA ACTIVACION DEL SAP Y EL DDF DE ESTA ESTACION
RB0		G		INPUT	B	MOTOR 3	DIGITAL	EDM3	ESTADO DEL MOTOR 3
RB1		H		INPUT	C	MOTOR 4	DIGITAL	EDM4	ESTADO DEL MOTOR 4
RB2		I		INPUT	D	FALLA TERMICA MOTOR 3	DIGITAL	FTM3	FALLA TERMICA DEL MOTOR 3
RB3		J		INPUT	E	FALLA TERMICA MOTOR 4	DIGITAL	FTM4	FALLA TERMICA DEL MOTOR

## TRAMA DE DATOS ESTACION DE BOMBEO III

DIR ORIGEN E3			DIR DESTINO E2			DATO ANALOGO E3					DATOS DIGITALES						FIN TRAMA						
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11	12	13	14	36	37	38
@	1	f	a	1	f	<	1	0	2	3	F	#	1	f	S	1	f	&	1	f	Z	1	f
						EDDF			SN11			SN12											

## IDENTIFICACION DE LOS DATOS

PUERTO	ETIQUETA EB1	ETIQUETA EB2	ETIQUETA EB3	I/O	CHAR ID	ESPECIFICACION DEL DATO	TIPO DE DATO	VARIABLE	OBSERVACION
RA0			1	INPUT	v	SENSOR DE PRESION E3	ANALOG		ENTRADA ANALOGA PARA LECTURA DEL SENSOR PRESION
RB4		E	E	INPUT	#	ALARMA DDF E3	DIGITAL	EDDF	ALARMA DISPOSITIVO DETECTOR DE FUGAS
RB5		B	F	INPUT	S	SENSOR DE NIVEL 11	DIGITAL	SN11	ENTRADA DIGITAL SENSOR NIVEL 11
RB6		R	H	INPUT	&	SENSOR DE NIVEL 12	DIGITAL	SN12	ENTRADA DIGITAL SENSOR NIVEL 12
					@	DIRECCION ORIGEN ES ESTACION 3			PARA ESPECIFICAR QUE EL DISPOSITIVO ES DE LA ESTACION 1
					a	DIRECCION DESTINO DEL DISPOSITIVO			PARA ESPECIFICAR QUE EL DISPOSITIVO ES DE LA ESTACION 1
					z	FINAL DE TRAMA			IDENTIFICADOR DE FINAL DE TRAMA

## ABREVIACIONES

DDF DISPOSITIVO DETECTOR DE FUGAS

SAP SISTEMA DE AUTOMATIZACION PLC

1 ACTIVADO

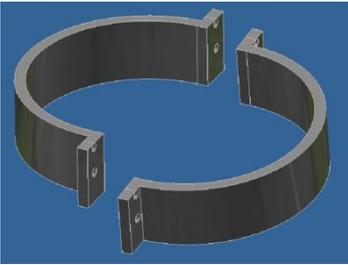
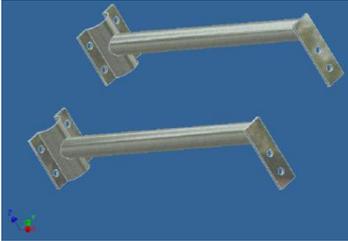
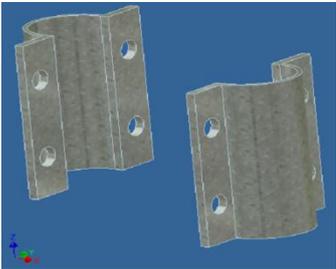
0 DESACTIVADO

## NOTA:

- SEGÚN SE OBSERVA EN CADA TRAMA SE ENVIA UN CARÁCTER QUE LA IDENTIFICA, SEGUIDO DEL VALOR NUMERICO (0 O 1 EN CASO DE LOS DATOS DIGITALES), O UN VALOR DE 4 CIFRAS QUE VA DESDE 0 A 1023 QUE ES EL VALOR DEL ADC DEL DATO ANALOGO LEIDO, LUEGO SE ENVIA UN CARÁCTER COMO FINAL DE TRAMA DE CADA DATO.
- EN CADA TRAMA EL NUMERO QUE SE INDICA (1) LUEGO DEL CHAR ID ES EL DATO, MISMO QUE PUEDE SE 0 O 1, DEPENDIENDO DEL ESTADO.



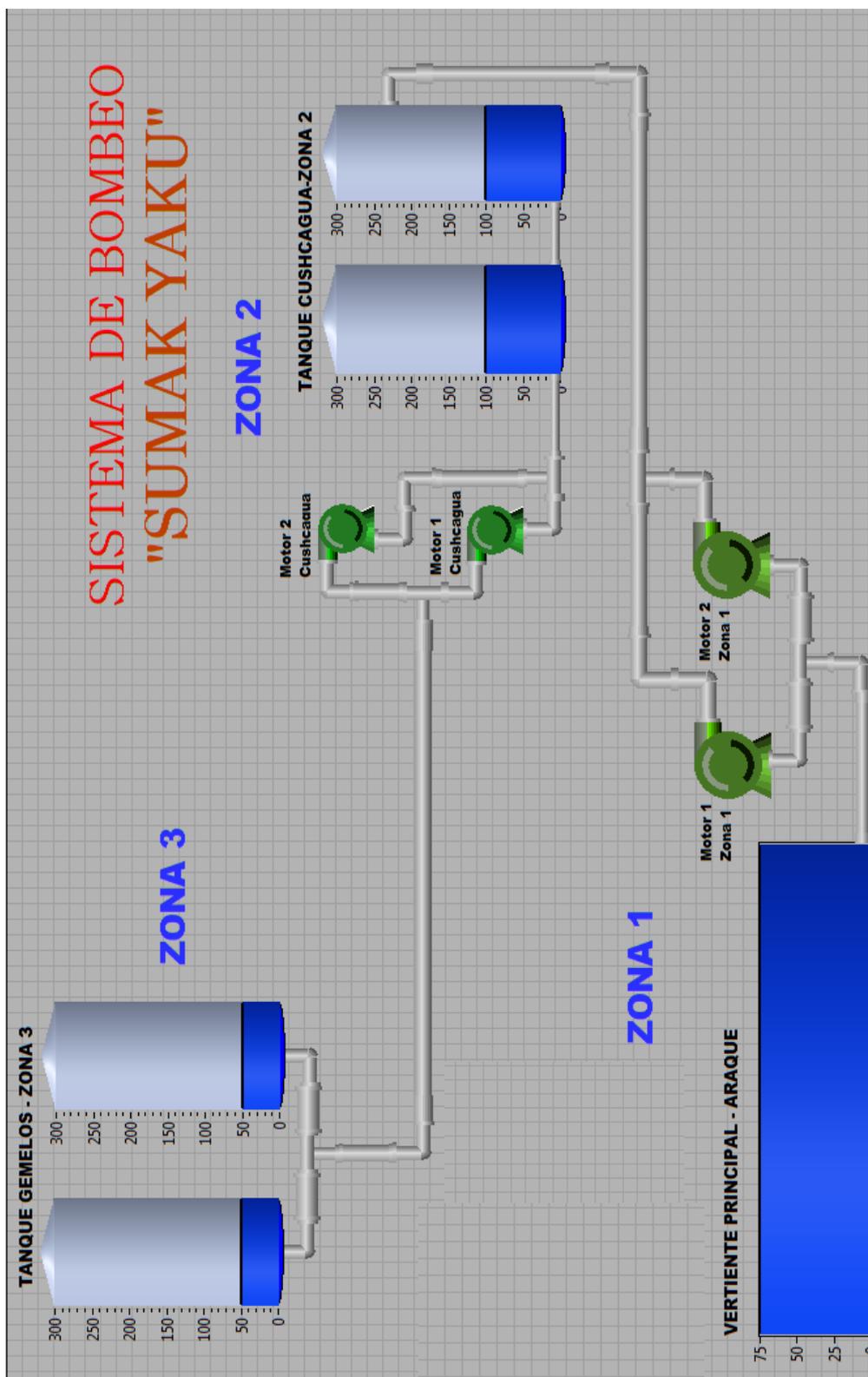
## ANEXO H. PARTES DEL SUJETADOR DE TUBO Y SENSOR.

Diseño	Construcción	Nombre	Material
		Collarin	Plástico
		Brazo	Tubo Galvanizado
		Sujetador de escalera	Tubo Galvanizado

## ANEXO I. DISEÑO COMPLETO DEL SUJETADOR DE TUBO Y SENSOR.



## ANEXO J. INTERFACE HMI PARA LA OFICINA DE LA JUNTA DE AGUA DE SUMAK YAKU



**ANEXO K. FOTOGRAFÍAS DEL CAMINO A RECORRER DEL PERSONAL DE SUMAK YAKU.**



**ANEXO L. SOBRE NIVEL DE AGUA EN LOS TANQUES.**

**ANEXO M.**

**PROGRAMACIÓN DE LOS PLC'S, ZONA Y ZONA 2  
EN EL PROGRAMA LOGO SOFT**

**ANEXO N.**

**ARQUITECTURA DEL TABLERO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA  
ZONA 1 Y ZONA 2 INSTALADA**

**ANEXO O.****DIAGRAMA DE CONTROL DE LOS MOTORES DE SUMAK YAKU  
Y DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL TABLERO DE  
AUTOMATIZACIÓN DE LA ZONA 1 Y ZONA 2**

**ANEXO O.****MANUAL DE USUARI**

