

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**“ACCIONAMIENTO SECUENCIAL AUTOMATIZADO DE LOS  
ELEMENTOS DE RIEGO PARA LA REDUCCIÓN DE LA DEMANDA  
HÍDRICA EN EL PARQUE JOSÉ ABELARDO QUIÑONES, DISTRITO DE  
SAN ISIDRO-LIMA-PERÚ”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

VILCHEZ CERNA, JORDAN

**Villa El Salvador**

**2017**

### **DEDICATORIA:**

Dedico mi Proyecto de Ingeniería a mis padres, mis hermanos y toda mi familia por su apoyo incondicional, para culminar con éxito mis estudios profesionales.

**AGRADECIMIENTO:**

A Dios, a mis padres y mis maestros de la UNTELS por sus sabios consejos y orientación para obtener mi título profesional.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática .....	12
1.2. Justificación del Proyecto .....	13
1.3. Delimitación del Proyecto .....	13
1.3.1. Teórica .....	13
1.3.2. Espacial .....	13
1.3.3. Temporal .....	14
1.4. Formulación del Problema .....	14
1.4.1 Problema General .....	14
1.4.2 Problemas Específicos .....	14
1.5. Objetivos .....	15
1.5.1 Objetivo General .....	15
1.5.2 Objetivos Específicos .....	15
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes .....	16
2.2 Bases Teóricas .....	19
2.3 Marco Conceptual .....	54
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	
3.1 Descripción del Sistema Automatizado .....	57
3.2 Desarrollo del Automatismo .....	63
3.3 Revisión y consolidación de resultados .....	70
<b>CONCLUSIONES</b> .....	72
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	73
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	74
<b>ANEXOS</b> .....	75

## LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Estructura del PLC.
- Figura N° 02: Estructura del PLC.
- Figura N° 03: Señales digitales.
- Figura N° 04: Señales analógicas.
- Figura N° 05: PLC nano (logo).
- Figura N° 06: Estructura del PLC modular.
- Figura N° 07: Aplicación del PLC.
- Figura N° 08: Partes de la turbobomba.
- Figura N° 09: Clasificación de las turbobombas.
- Figura N° 10: Elementos de la bomba centrífuga.
- Figura N° 11: Vista seccional de una bomba con cierre por empaquetadura.
- Figura N° 12: Diámetro de Tuberías.
- Figura N° 13: Nuevo Esquema Hidráulico.
- Figura N° 14: Distribución de los elementos de riego sobre el área del parque  
José Abelardo Quiñones – San Isidro.
- Figura N° 15: Estructura del sistema automatizado.
- Figura N° 16: Programación del controlador lógico programable: Turno 1 –  
Turno 2.
- Figura N° 17: Programación del controlador lógico programable: Turno 3 -  
Turno 4 – Turno 5.
- Figura N° 18: Programación del controlador lógico programable: Turno 6 -  
Turno 7 – Turno 8.

Figura N° 19: Programación del controlador lógico programable: Turno 9 -  
Turno 10 – Turno 11.

Figura N° 20: Comparación de la demanda hídrica.

## **LISTADO DE TABLAS**

- Tabla N° 01: Entradas del proceso automatizado.
- Tabla N° 02: Salidas del proceso automatizado.
- Tabla N° 03: Direccionamiento de entradas.
- Tabla N° 04: Direccionamiento de salidas.
- Tabla N° 05: Secuencialidad de accionamiento de elementos de riego.
- Tabla N° 06: Datos obtenidos del sistema de riego automatizado.
- Tabla N° 07: Datos obtenidos del sistema de riego sin automatizado.

## INTRODUCCIÓN

La irrigación de parques y jardines públicos no tiene por qué representar un gasto excesivo de agua para los municipios. Actualmente existe una diversidad de alternativas que permiten controlar el paso del líquido en función de la geografía y tipo de vegetación que existe en los parques.

El cambio climático, la falta de organización en las áreas encargadas de zonas verdes y parques públicos y la disminución en el consumo de agua, son algunos de los factores que contribuyen a la instalación de sistemas de riego automatizados en el país.

Los sistemas de riego disponibles en el mercado incluyen emisores, que son los dispositivos encargados de aplicar la cantidad exacta de agua a la planta; dependiendo del largo de la tubería se les pueden adaptar válvulas para que abran y cierren el paso del líquido. Asimismo, en función de la complejidad geográfica, hidrológica y la situación financiera de cada municipio, se pueden diseñar esquemas para hacer más eficiente el uso del agua de riego.

En ese sentido y con la finalidad de reducir la demanda hídrica en el parque José Abelardo Quiñones, ubicado en el distrito de San Isidro, es que a continuación presento mi proyecto de ingeniería, el cual está dividido en 3 capítulos.



En el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, que está relacionado con la alta demanda hídrica debido a que el actual procedimiento de regadío se realiza por inundación a través de mangueras y tuberías, accionadas de forma manual, generando un deficiente uso del recurso hídrico, evidenciado inclusive áreas sin recubrimiento de vegetación.

En el Capítulo II, se describe el marco teórico en la cual se sustenta la propuesta de solución, relacionado a las características del controlador lógico programable a utilizar, así como de los elementos utilizados para el proceso de riego.

En el Capítulo III, se describe las condiciones sobre el cual se desarrolla el automatismo del sistema de riego, luego se desarrolla la integración de los sensores y actuadores con el controlador lógico programable y finalmente se describe la consolidación de los resultados obtenidos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Actualmente en el parque José Abelardo Quiñones del distrito de San Isidro - Lima, que tiene un área total de aproximadamente 1.074 Ha y un área verde total de aproximadamente 0.91 Ha, se realiza el procedimiento de regadío por inundación a través de mangueras y tuberías, accionadas de forma manual, generándose una alta demanda hídrica, alrededor de 1,552.8 m<sup>3</sup> de consumo mensual.

Este valor está muy por encima de lo registrado en otros parques de otros municipios de dimensiones similares, los cuales utilizan técnicas de riego basados en procesos automatizados, cuyo valor de su demanda hídrica promedio es de 381 m<sup>3</sup>.

Y es que la infraestructura de riego existente contempla canalización de concreto para transportar aguas de un reservorio de 50 m<sup>3</sup> de capacidad, para que a través de una cámara se deriven por medio de tuberías y

mangueras a canales de tierra que conducen por gravedad a las áreas verdes, mostrando este procedimiento deficiencias, ya que se evidencia áreas sin recubrimiento de vegetación.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se justifica en que a partir del accionamiento secuencial de los elementos de riego de un nuevo esquema hidráulico desarrollado sobre el parque José Abelardo Quiñones del distrito de San Isidro, se conseguirá precisar los espacios y tiempos de riego, consiguiendo así optimizar el consumo de agua, reduciendo la demanda actual del recurso hídrico y mejorando en general el ornato del distrito.

## **1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.3.1 TEÓRICA**

El proyecto de ingeniería desde el punto de vista teórico abarca solo la integración de los sensores y actuadores del sistema de riego con el controlador lógico programable, así como el desarrollo de la programación del PLC. No se precisa detalles sobre el sistema de riego a nivel hidráulico, entiéndase por dimensionamiento de ductos y ubicación de los elementos de riego.

### **1.3.2 ESPACIAL**

El automatismo de los elementos de riego se desarrolla en el parque José Abelardo Quiñones, ubicado en el distrito de San Isidro, provincia de Lima.

### **1.3.3 TEMPORAL**

El proyecto de ingeniería comprende del 21 de marzo al 21 de Abril de 2017.

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1 PROBLEMA GENERAL**

¿En qué medida se reduce la demanda hídrica a partir del accionamiento secuencial automatizado de los elementos de riego, en el parque José Abelardo Quiñones, distrito de San Isidro – Lima – Perú?

### **1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuáles los sensores y actuadores del sistema de riego para establecer el dimensionamiento del controlador lógico programable con la finalidad de reducir la demanda Hídrica en el parque José Abelardo Quiñones, distrito de San Isidro – Lima – Perú?
- ¿Cuál es la demanda hídrica de los elementos de riego luego de ser automatizados, del parque José Abelardo Quiñones, distrito de San Isidro – Lima – Perú?

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar en qué medida se reduce la demanda hídrica a partir del accionamiento secuencial automatizado de los elementos de riego, en el parque José Abelardo Quiñones, distrito de San Isidro – Lima – Perú.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los sensores y actuadores del sistema de riego para establecer el dimensionamiento del controlador lógico programable, con la finalidad de Mejorar la demanda Hídrica en el parque José Abelardo Quiñones, distrito de San Isidro – Lima – Perú.
- Determinar la demanda hídrica de los elementos de riego luego de ser automatizados, en el parque José Abelardo Quiñones, distrito de San Isidro – Lima – Perú.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Taipe (2016), en su tesis titulada “Implementación de un sistema automático para riego y fertilización de zonas verdes en el área de recreación de la Universidad Técnica de Cotopaxi” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Electromecánica en la Universidad Técnica de Cotopaxi de Latacunga, concluye que: “Con la implantación de este sistema se mejoró el tiempo de riego a 1,17 horas y se redujo la cantidad de agua utilizada a 8.46 m<sup>3</sup> para el mismo”.<sup>1</sup>

Cunia (2015), en su tesis titulada “Diseño de automatización para riego tecnificado y su interfaz en un SCADA para el fundo de f & f servicios asociados SAC” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Nacional De Piura de Castilla, concluye que:

---

<sup>1</sup>TAIPE, A. (2016). Implementación de un sistema automático para riego y fertilización de zonas verdes en el área de recreación de la Universidad Técnica de Cotopaxi. (Tesis de Pre Grado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.

“Con este proyecto se intenta disminuir la pérdida de agua por hectárea de cultivo, ya que se está gestionando de forma automatizada el riego. Se concluye que el proyecto es viable y realizable ya que se han detallado y diseñado todos los componentes para una posible implementación”.<sup>2</sup>

De Francesch (2015), en su tesis titulada “Implementación de una red de supervisión para riego mecanizado con protocolo Modbus, PLCS y Matlab”, para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad de Piura, concluye que: “El ahorro de agua es una característica del sistema de riego por aspersión, también lo es la uniformidad y eficiencia en la distribución de este recurso. El beneficio económico es atractivo para el proyecto, pero esto no es simplemente eligiendo otros equipos. El PLC instalado en el proyecto es el menor en su gama pero es suficiente y aborda todos los requerimientos”.<sup>3</sup>

Ogata (2003), en su libro titulado “Ingeniería de Control Moderna” señala que: “ Las ventajas de la representación mediante diagramas de bloques general de todo el sistema con solo conectar los bloques de los componentes de acuerdo con el flujo de señales y en que es posible evaluar la contribución de cada componente al desempeño general del sistema”.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup>CUNIA, E. (2015). Diseño de automatización para riego tecnificado y su interfaz en un SCADA para el fundo de f & f servicios asociados SAC. (Tesis de Pre Grado). Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.

<sup>3</sup>DE FRANCESCH, L. (2015). Implementación de una red de supervisión para riego mecanizado con protocolo Modbus, PLCS y Matlab. (Tesis de Pre Grado). Universidad de Piura. Piura, Perú.

<sup>4</sup>OGATA (2003). Ingeniería de Control Moderna. Madrid, España: PEARSON

Kuo (2010), en su libro titulado “Sistemas de control Automático”, señala que: “En años recientes, los sistemas de control han asumido un papel cada vez más importante en el desarrollo y avance de la tecnología. Los sistemas de control se encuentran en gran cantidad en todos los sectores de la industria, tales como control de calidad de los productos manufacturados, línea de ensamble automático, control de máquinas y herramienta y muchos otros”.<sup>5</sup>

Romera (2010), en su libro titulado “Automatización”, señala que: “La automatización de los procesos industriales actualmente es una realidad, ya que las exigencias de hoy en día van más allá de solo elaborar un producto. Los procesos deben ser capaces de abastecer a una gran población que exige calidad y economía en los productos que compra. Estas exigencias solo se pueden lograr si los costos de producción son bajos, la producción es alta y existe un riguroso control de calidad en los productos desde la materia prima hasta el producto terminado”.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> KUO, B. (2010). Sistemas de control Automático. Barcelona, España: PEARSON

<sup>6</sup>ROMERA, P. (2010). Automatización. Barcelona, España: PARANINFO



## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

El objetivo de un automatismo es controlar una planta o sistema sin necesidad que un operario intervenga directamente sobre los elementos de salida. El operario solo debe intervenir sobre las variables de control y el automatismo es el encargado de actuar sobre las salidas mediante los accionamientos con el fin de poder llevar a efecto el control de la planta.

Entre los principales componentes de un automatismo se encuentran los transductores y los captadores de información, los preaccionamientos y los accionadores, así como los órganos de tratamiento de la información y elementos de interfaz entre el hombre y la máquina.

Los tipos de automatización de los sistemas de producción son:

#### **a) Fija**

Utiliza equipos específicamente diseñados para resolver un proceso determinado. El objetivo es obtener la máxima eficiencia. Los procesos en los que se emplea tienen las siguientes características:

- Producción alta.
- Poca diversidad de productos. Poca flexible para variar producción.
- Etapas fijas.

- Gran inversión inicial en equipos a medida.
- El alto coste se reparte en la gran cantidad de unidades fabricadas.

#### **b) Programable**

Utiliza los mismos equipos para diferentes sistemas de producción con el objetivo de abaratar costes y proporcionar mayor flexibilidad en el tipo de producción.

Los procesos en los que se emplea tienen las siguientes características:

- El equipo tiene la capacidad de cambiar la secuencia de operación mediante programa para adaptarse a variaciones del producto.
- Equipos de propósito general.
- Producción baja media.
- Posibilidad de gran variedad de productos.
- Inversión en equipos de propósito general.

En el caso en el que sea necesario realizar pequeñas modificaciones en la cadena de producción hay que tener en cuenta (realizados al finalizar la fabricación del lote actual):

- Reprogramación de robots, máquinas de control numérico, autómatas programables, etc.
- Modificación física de las herramientas.

### **c) Flexible**

Término medio entre las anteriores. Permite reconfiguraciones para variar la producción. Cierta nivel de parametrización. Los procesos en los que se emplea tienen las siguientes características:

- Equipos de propósito general más específicos o sofisticados que la anterior
- Producciones medias
- Alta inversión en equipos a medida.
- Producción continua de mezclas variables de productos.
- Flexibilidad para acomodar variaciones en el diseño del producto.

Las razones para automatizar son las siguientes:

- Mejorar la productividad
- Disminuir costes
- Eliminar labores rutinarias
- Aumentar la seguridad de los trabajadores que pasan a labores de supervisión.
- Aumentar la calidad de los productos
- Disminuir el tiempo de espera en la producción
- Realizar operaciones de alta precisión. (Circuitos integrados).

Existen procesos para los cuales la automatización es una tarea difícil o incluso imposible, para ello se tiene que mantener la producción manual.

Estos procesos tendrán alguna o varias de las siguientes características:

- Tareas tecnológicamente difíciles de automatizar
- Productos con cortos periodos de vida
- Productos a medida
- Productos con grandes variaciones en la demanda
- Reducir pérdidas ante el fracaso de un producto.

Además, existen tareas que los sistemas automatizados no pueden atender y que serán realizadas por un operador cualificado. Estas tareas son por ejemplo:

- Mantenimiento de equipos.
- Programación de sistemas.
- Equipos de ingeniería.
- Dirección y supervisión de plantas.

### 2.2.1.1 AUTÓMATAS PROGRAMABLES

#### a) Sistemas de control

- Sistema: Combinación de componentes que actúan juntos y realizan objetivo determinado.

Un sistema se comunica con el exterior mediante sus entradas y salidas. Internamente puede estar compuesto de varios subsistemas

- Variable controlada: Es la cantidad o condición perteneciente al sistema cuyo comportamiento se pretende controlar. Normalmente corresponden a la salida del sistema.
- Variable manipulada: Es la cantidad o condición del sistema sobre la que se puede actuar, influenciando la variable controlada. Normalmente corresponden a las entradas.
- Control: Llevar el sistema a un régimen deseado actuando sobre las variables manipuladas.
- Controlador: Sujeto externo al sistema cuya misión es controlar dicho sistema. El controlador es automático si consigue controlar el sistema sin intervención humana.
- Órdenes: Normalmente definen un objetivo respecto las variables controladas.

- Controlador en bucle cerrado: Controlador que define el valor de las variables manipuladas en función de las órdenes y el valor de las variables controladas.

## **b) Sensores**

Cualquier dispositivo que permita medir variables físicas. Se componen en sensor; detecta la variable física a medir y transductor; convierte la variable física a una forma alternativa (Señal eléctrica). Su clasificación en función tipo de variable a medir es:

- Continuos: Proporcionan una señal analógica función de la variable física medida.
- Discretos:
  - Binarios: Proporcionan dos estado diferentes, on-off.
  - Discretos: La medida viene codificada en un conjunto de bits que se transmiten en paralelo o serie. Sólo pueden proporcionar un número discreto de medidas.

Características deseables de los sensores:

- Alta precisión. Las medidas deben contener poco error y ser robustas ante posibles ruidos.
- Gran rango de operación. Permitir medir valores muy diferentes de la variable física.

- Alta velocidad de respuesta. El dispositivo responde rápidamente a cambios en la variable.
- Fácil calibración.
- Poca pérdida de precisión a lo largo del tiempo.
- Poco coste

Sensores de movimiento o presencia.

- Variables a medir: Aceleración, velocidad y desplazamiento (Posición, distancia, proximidad, tamaño).
- Finales de carrera: Interruptores electromecánicos de conmutación electromecánica.
- Potenciómetros: Posiciones lineales o angulares.
- Inductivos: Basados en las influencias de piezas metálicas en campos magnéticos.
  - Detectan cambios en el campo electromagnético.
  - Conmutan sin esfuerzo mecánico.
  - No sufren desgaste.
  - Tiene larga duración.
  - Gran precisión en punto de conmutación
  - Existen detectores inductivos con salidas analógicas indicando distancias.

- Capacitivos: Detección de materiales conductores (metales) y no conductores. Basados en la variación de la capacidad de los condensadores ante la presencia de piezas.

### **c) Actuadores**

Dispositivo que convierte una señal de control en un cambio en una variable física. La señal de control suele ser de bajo nivel energético, por lo que el actuador necesita de una fuente de energía.

- Los actuadores neumáticos; son dispositivos que utilizan como fuente de energía el aire comprimido. Necesitan por tanto de una máquina compresora que genere el aire comprimido. Se utilizan principalmente para operaciones que impliquen desplazamientos rectilíneos. Se accionan mediante electroválvulas.
- Actuadores hidráulicos; sustituyen el aire comprimido por un fluido, generalmente aceite o agua.
- Motores eléctricos; motores que utilizan como energía la corriente eléctrica.
  - Motor de corriente continuo; motor electromagnético rotacional. Se alimenta de



corriente continua. El movimiento rotacional se puede convertir en lineal mediante el uso de ruedas dentadas.

- Motor de corriente alterno; motor electromagnético rotacional. Se alimenta con corriente alterna. Tiene un menor coste, facilidad de construcción y alimentación.
- Relés; sistema mediante el cual se puede controlar una potencia mucho mayor con un consumo en potencia muy reducido.

### 2.2.1.2 ESTRUCTURA DEL PLC

Un Controlador Lógico Programable es un dispositivo usado para controlar. Este control se realiza sobre la base de una lógica, definida a través de un programa.

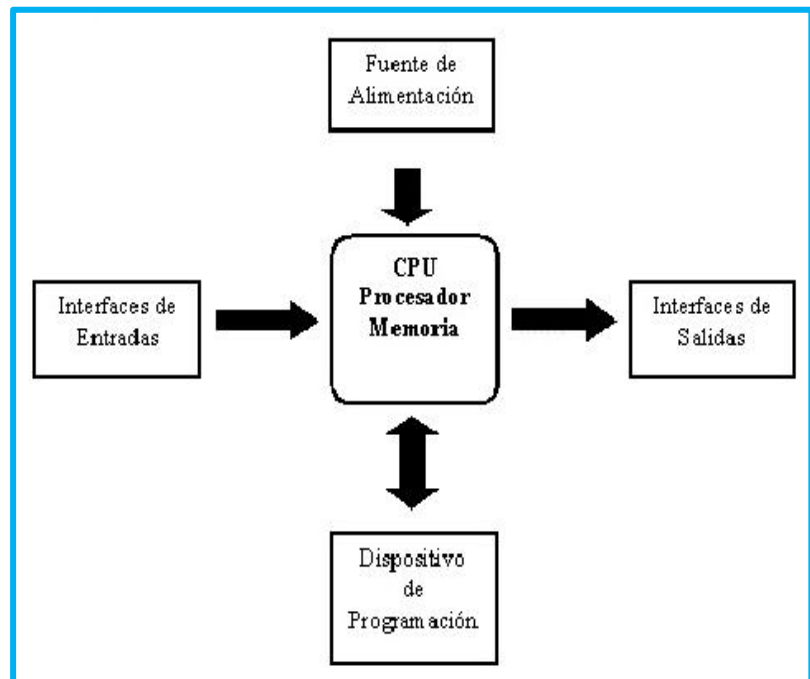


FIGURA Nº 01: ESTRUCTURA DEL PLC

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos. El controlador Programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora.

La estructura básica del hardware de un controlador Programable propiamente dicho está constituido por:

#### **a) Fuente de alimentación**

La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía a la CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC. + 5 V para alimentar a todas las tarjetas. + 5.2 V para alimentar al programador. + 24 V para los canales de lazo de corriente 20

#### **b) Unidad de procesamiento central (CPU)**

Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el cerebro del controlador.

La unidad central está diseñada a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores,

memorias internas tipo relé, imágenes del proceso  
entradas/salidas, etc.

Su misión es leer los estados de las señales de las  
entradas, ejecutar el programa de control y gobernar  
las salidas, el procesamiento es permanente y a  
gran velocidad.

### **c) Módulos de interfaces de entradas/salidas (E/S)**

Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del  
controlador y los dispositivos de campo del sistema.  
A través de ellos se origina el intercambio de  
información ya sea para la adquisición de datos o la  
del mando para el control de máquinas del proceso.

#### **Tipos de Módulos de Entrada y Salida**

Debido a que existen gran variedad de dispositivos  
exteriores (captadores, actuadores), encontramos  
diferentes tipos de módulos de entrada y salidas,  
cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo  
de señal (discreta o análoga) a determinado valor  
de tensión o de corriente en DC o AC.

- Módulos de entradas discretas
- Módulos de salidas discretas
- Módulos de entrada analógica

- Módulos de salida analógica

#### d) Módulo de memorias

Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente

Se cuenta con dos tipos de memorias:

- Volátiles (RAM)
- No volátiles (EPROM y EEPROM)

#### e) Unidad de programación

Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización.

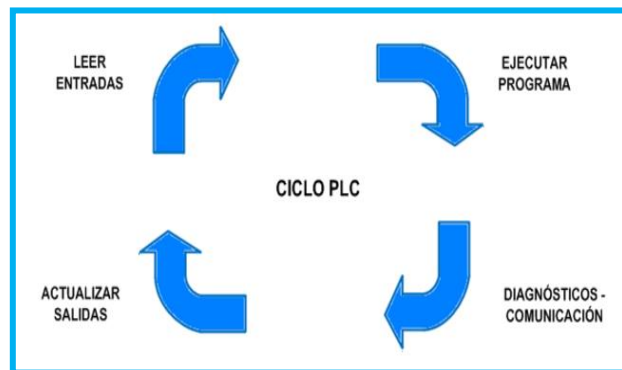


FIGURA Nº 02: ESTRUCTURA DEL PLC

#### 2.2.1.3 PARTES DE UN PLC

Cada Controlador Lógico Programable se compone de dos partes básicas:

- Sección operativa (SO)
- Sección de comando (SC)

### **a) Sección operativa (so)**

Es la que opera la materia prima y el producto en general. Se compone de: Los medios y herramientas necesarias para transformar la materia prima, por ejemplo: bombas, utensilios, taladros, etc. Los accionadores destinados a mover y poner en funcionamiento estos medios, por ejemplo:

- Motores eléctricos para accionar una bomba.
- Gatos hidráulicos para cerrar una válvula.
- Gatos neumáticos para taladrar un cabezal de perforación.

### **b) Sección de comando (SC)**

Es la que emite las órdenes hacia la sección operativa (SO) y recoge las señales de retorno para sus acciones. Cada vez más, la sección de comando (SC) se basa en técnicas de lógica programada. Como parte central de la sección de comando (SC) está el tratamiento, que conste en la unión de tres diálogos:

- **El Diálogo con la Máquina:**

Consiste en el comando de los accionadores, (motores, gatos) a través de los pre-accionadores (contadores, distribuidores, variadores), y de la

adquisición de las señales de la retroalimentación provenientes de los sensores que dependen de la evolución del proceso.

- El Diálogo Hombre-Máquina:

Para manejar, regular, calibrar la máquina, el personal introduce mensajes y comandos y recoge informaciones del autómata.

- El Diálogo con otras Máquinas:

Varias máquinas pueden operar en una misma producción. Su coordinación está asegurada por el diálogo entre las secciones de comando.

#### **2.2.1.4 COMPONENTES DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

##### **a) Entradas**

Constituyen la etapa de entrada del PLC. Desde la parte externa del PLC lucen como una bornera donde se deben colocar los cables con las señales que provienen de los transductores, pero internamente están conformadas por circuitos electrónicos que acoplan esas señales a las especificaciones de señales que el PLC puede manipular.

Según la naturaleza de la señal que se recibe de los transductores, las entradas se clasifican en:

- **Entradas digitales**

Estas entradas se diseñan para recibir señales cuantizadas de los sensores de campo. Dichas señales varían sólo entre dos estados. El PLC codifica estas señales según su amplitud en: 1 lógico para el valor de amplitud mayor, y 0 lógico para el nivel de amplitud menor.

Los niveles de amplitud que el PLC entenderá son definidos por el fabricante. Este tipo de señales generalmente provienen de transductores como: interruptores, botoneras, sensores de fin de carrera, etc.

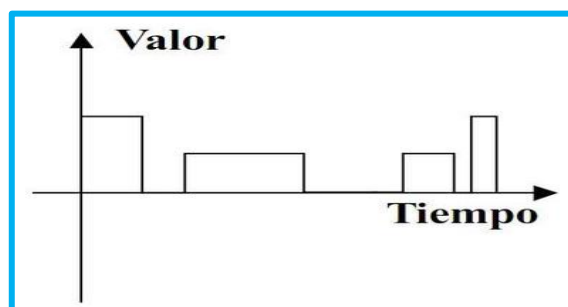


FIGURA Nº 03: SEÑALES DIGITALES

- **Entradas analógicas**

Son las que reciben señales analógicas de los transductores de campo. Estas señales generalmente provienen de sensores que miden el valor instantáneo de una variable física. Ejemplos de este tipo de señales son: la salida de una tacométrica, de un fotosensor o de un sensor de nivel.

El valor de la señal analógica se transforma en una señal digital de tal forma que el procesador la pueda manipular. Un aspecto importante de esta transformación es la resolución con que se realiza en el interior del PLC.

Por resolución se entenderá la cantidad valores cuantizados disponibles para representar una señal analógica. Por ejemplo, si se tiene sólo dos valores cuantizados para representar una señal que varía de 0 a 5 V, se dice que se tiene una resolución de dos.

La resolución depende de las características de la entrada. La cantidad de valores cuantizados es igual a  $2^n$ , con  $n$  el número de bits del registro donde se almacena la variable digital que resulta



de la transformación. Generalmente, en los controladores más sofisticados, se asocia un registro de 16 bits a cada una de las entradas analógicas, con lo que se tiene una resolución de 2<sup>16</sup>.

Según el tipo de señal eléctrica que reciban, las entradas también se clasifican en: de corriente y de voltaje. A las entradas está asignado un espacio de memoria del PLC llamado imagen de entradas, el cual contiene la información de todas las entradas en todo momento.

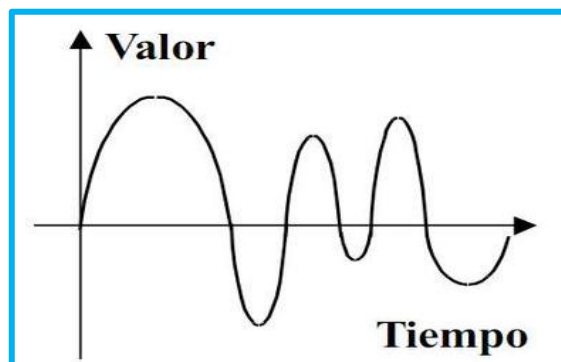


FIGURA N° 04: SEÑALES ANALÓGICAS

## b) Salidas

Internamente son circuitos electrónicos que realizan el acople entre las señales digitales utilizadas por el PLC y las señales analógicas o cuantizadas que utilizan los actuadores.

Externamente lucen como una bornera donde se realizan las conexiones entre el PLC y los actuadores. Las salidas se clasifican, al igual que en el caso de las entradas, en digitales y analógicas. Las salidas digitales se aplican a actuadores como bobinas de contactores, electroválvulas, etc.

Existen salidas digitales: de voltaje y de relé. Las salidas de voltaje asignan una magnitud de voltaje, que depende del fabricante, al estado 1 lógico y de 0 V al estado 0 lógico. Las salidas de relé consisten en un contacto seco que se cierra en el estado 1 y se abre en el estado 0.

En el caso de salidas analógicas, los valores de salida están generalmente entre 0 Vdc a 10 Vdc para las salidas de voltaje y de 4 mA a 10 mA para las de corriente, aunque estos valores varían según el fabricante. Estas señales comandan actuadores como válvulas solenoides, servomotores, etc. A las salidas se les asigna un espacio de memoria del PLC llamado imagen de salida, el cual contiene la información de todas las salidas en todo momento.

### **c) Unidad central de proceso**

CPU por sus siglas en inglés. Es el elemento principal de procesamiento del PLC. Una vez digitalizadas, las señales de entrada son pasadas al CPU, el cual les aplica el algoritmo de control para generar las salidas. El algoritmo de control está almacenado en la memoria interna del PLC en forma de un programa, el cual es creado y almacenado por el usuario.

Además de ejecutar el programa, el CPU realiza acciones como verificación del sistema, actualización de las imágenes de entrada y salida y la medición del tiempo de ejecución del programa.

### **d) Memoria del PLC**

Es el lugar físico donde residen el sistema operativo, el programa, los datos de ejecución y las imágenes de entrada y salida. El sistema operativo es un programa que utiliza el PLC para iniciar su operación y realizar las configuraciones propias de su funcionamiento.

La memoria del PLC se clasifica en diferentes clases dependiendo de su modo de acceso y volatilidad.

- **EEPROM:** es una memoria de sólo lectura que puede ser escrita por medios electrónicos. No necesita de una fuente de poder para mantener sus datos. Por su característica no volátil, se utiliza para guardar datos esenciales, tal como el sistema operativo y el programa.
- **RAM:** es una memoria reescribible de acceso aleatorio que se utiliza para guardar los datos generados mientras se ejecuta el programa. Es volátil, por lo que los datos almacenados se pierden si se le suspende la alimentación.

#### **e) Fuente de poder**

Es el elemento que brinda la alimentación a todos los componentes del PLC. Generalmente los componentes funcionan a bajos voltajes de corriente continua. La fuente realiza la transformación de los voltajes corriente alterna de las líneas de potencia a esos niveles corriente continua.

#### **2.2.1.5 CLASIFICACION DEL PLC**

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto

físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías.

### a) PLC tipo Nano

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU e I/O integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

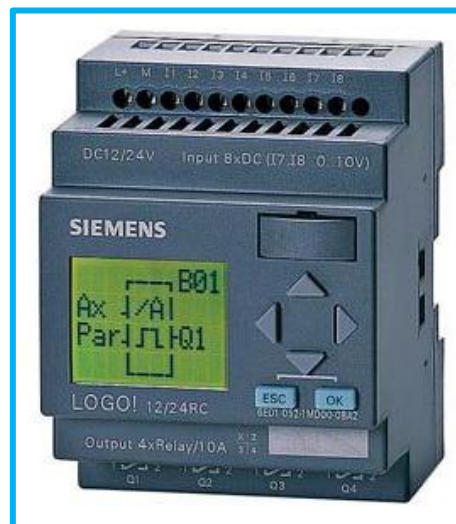


FIGURA Nº 05: PLC NANO (LOGO)

### b) PLC tipo Compactos

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos (alrededor de 500 I/O), su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan

una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas
- Módulos contadores rápidos
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de operador
- Expansiones de i/o

### c) PLC tipo Modular

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- Rack
- Fuente de Alimentación
- CPU
- Módulos de I/O

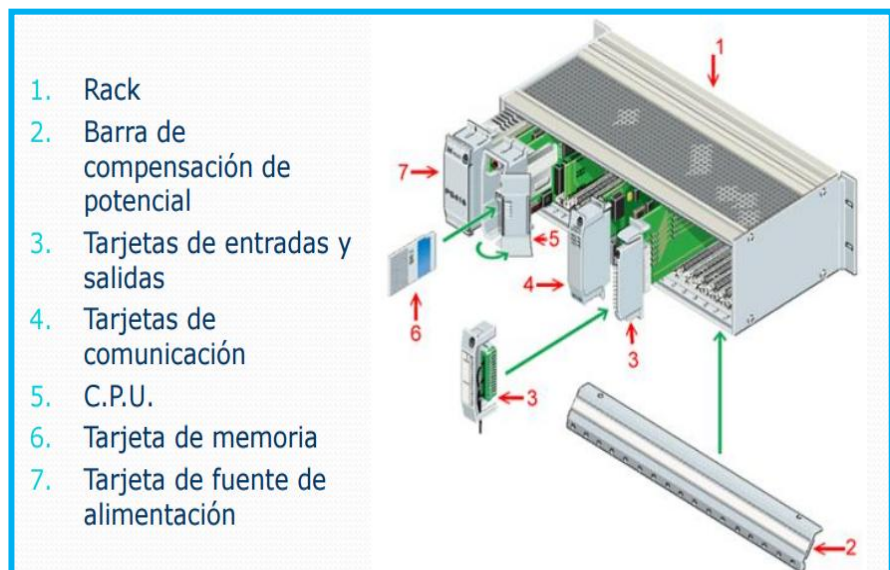


FIGURA Nº 06: ESTRUCTURA DEL PLC MODULAR

### **2.2.1.6 APLICACIONES DEL PLC**

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso.

La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalación de procesos complejos y amplios.

- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Su uso se da en:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones:
- Instalación de aire acondicionado, calefacción...
- Instalaciones de seguridad
- Señalización y control:
- Chequeo de programas
- Señalización del estado de procesos

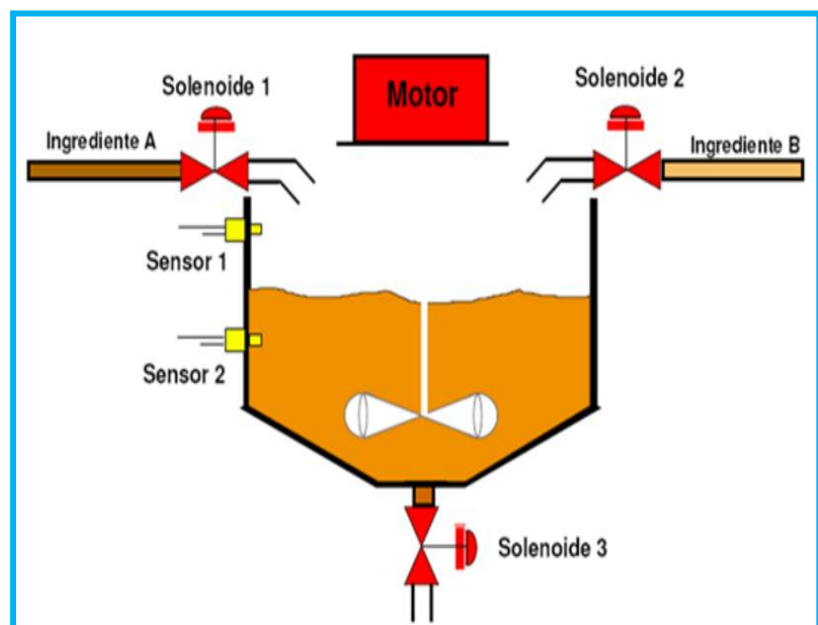


FIGURA Nº 07: APLICACIÓN DEL PLC



### **2.2.2 BOMBAS**

Convertidores de energía mecánica (procedente del motor que los arrastra) en energía hidráulica (fundamentalmente en forma de energía cinética y de presión). La energía mecánica puede tener origen: eléctrico, diesel, gas o vapor.

En principio existen dos grandes grupos de bombas:

#### **a) Turbomáquinas (Rotodinámicas)**

Son aquellas en las que en el rotor de la bomba (parte móvil), se transfiere momento cinético al fluido y luego, dentro del propio cuerpo de la bomba, en el difusor y el caracol, se transforma el exceso de energía cinética en energía de presión.

#### **b) De desplazamiento (Reciprocantes)**

Son aquellas en las que se aplica una determinada fuerza (o par si son rotativas) a una serie de cámaras de trabajo que se van llenando y vaciando en forma periódica. En resumen utiliza la energía transmitida por un elemento móvil (pistón) dentro de un receptáculo cerrado (cilindro).

### 2.2.2.1 TURBOBOMBAS

La turbobomba es una máquina hidráulica que cede energía al fluido mediante la variación del momento cinético producido en el impulsor o rodete.

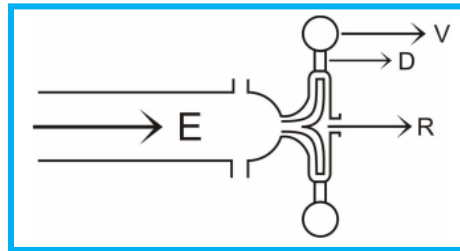


FIGURA Nº 08: PARTES DE LA TURBOBOMBA

Atendiendo a la dirección del flujo a la salida del rodete, pueden clasificarse en:

- Centrífugas: el flujo a la salida del rodete tiene dirección perpendicular al eje (flujo radial).
- Axiales: dirección del flujo a la salida es paralela al eje (flujo axial).
- Helicocentrífugas: el flujo es intermedio entre radial y axial (flujo mixto).

La forma del rodete y de la carcasa son variables según el tipo de bomba centrífuga. En las bombas de flujo radial el líquido entra axialmente en el rodete por la boquilla de aspiración y se descarga radialmente hacia la carcasa. En las bombas de flujo mixto el líquido entra axialmente en el rodete y se descarga en una dirección entre la radial y la axial. En las bombas

de flujo axial el líquido entra y sale del rodete axialmente.

Básicamente una bomba centrífuga consta de:

- Una entrada E unida a la tubería de aspiración
- Un rodete móvil R que entrega cinética al fluido por arrastre
- Un difusor D que tiene por objeto reducir la velocidad absoluta del fluido. En bombas de media y baja potencia no existe.
- Una voluta o caracol que recoge todos los filetes fluidos salientes de la periferia del difusor (o del rodete) y los conduce hasta el punto donde empalme la bomba y la tubería de impulsión.



FIGURA N° 09: CLASIFICACIÓN DE LAS TURBOBOMBAS

### 2.2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS

En función de la trayectoria que siga el fluido a lo largo del rodete se pueden clasificar en:

- Centrífugas ( $Q$   $\frac{1}{2}$  y  $H$  grandes)

- Mixtas (helicocentrífugas)
- Axiales (Q grandes a H moderadas)

Según el número de rotores:

- Monocelulares
- Multicelulares

Según la carcasa externa:

- Monobloc (pieza única)
- Cámara partida (dos piezas)

Según la orientación del eje

- Horizontales
- Verticales

### **2.2.2.3 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS**

Una bomba centrífuga se compone de dos elementos principales:

- Un rodete o impulsor, constituido por álabes que producen un cambio en el momento cinético del fluido, de modo que su velocidad y presión a la salida son superiores a las de la entrada.

- Voluta, encargada de conducir al fluido desde la salida del rodete hasta la brida de descarga. Está formada por un conducto cuya sección aumenta gradualmente hasta alcanzar la salida de la bomba. En ella, parte de la energía de velocidad se transforma en energía de presión, reduciéndose las pérdidas por fricción. Es frecuente la existencia a la salida del rodete, de un difusor constituido por álabes fijos y cuya misión es la de contribuir a esta transformación de energía cinética en energía de presión.

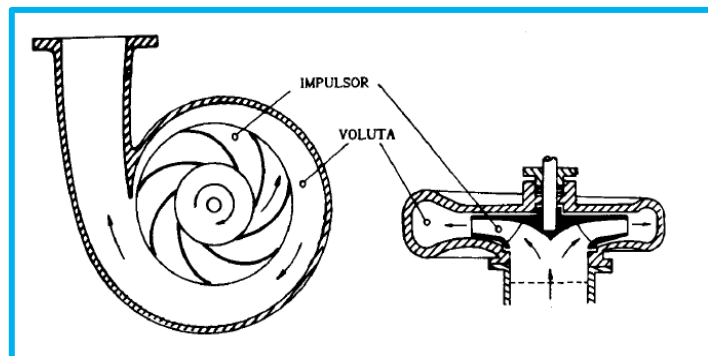


FIGURA N° 10: ELEMENTOS DE LA BOMBA CENTRÍFUGA

El sellado del eje constituye un elemento de gran importancia en el funcionamiento de una bomba, pues evita de forma completa o parcial, la evolución del fluido bombeado al exterior. Existen dos tipos fundamentales de dispositivos para sellar el eje de una bomba: el sellado o cierre por empaquetadura, consistente en un prensaestopas que ajustado

adecuadamente, limita el caudal de fluido que sale al exterior a una pequeña cantidad, que resulta, por otra parte, necesaria pues de lo contrario no habría refrigeración de la estopa, se quemaría y resultaría inservible.

La otra posibilidad la constituye el cierre mecánico, que se compone de dos elementos uno fijo a la carcasa que recibe el nombre de asiento y otro móvil que gira con el eje de la bomba y que se denomina cara. Por medio de un resorte y la propia presión del fluido bombeado, la cara desliza sobre el asiento de forma que no existe ningún escape de fluido al exterior.

El inconveniente de este tipo de cierres es que dejan la bomba inutilizada cuando se estropean, con los problemas que ello puede ocasionar en estaciones de bombeo destinadas a operar ininterrumpidamente. En el caso de cierre por empaquetadura, si la fuga de fluido aumenta eventualmente, bastará con actuar sobre el prensaestopas, lo que permitirá a la máquina seguir funcionando.

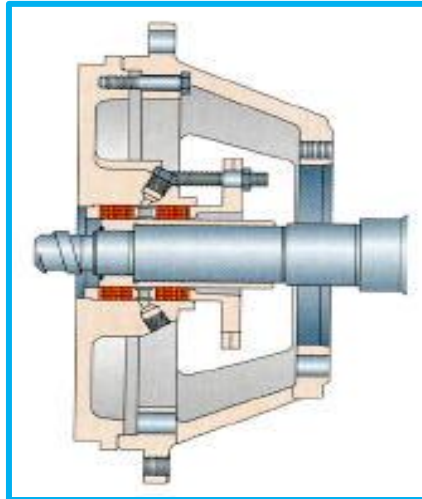


FIGURA N° 11: VISTA SECCIONAL DE UNA BOMBA CON CIERRE POR EMPAQUETADURA

#### 2.2.2.4 DATOS FUNDAMENTALES QUE CARACTERIZAN EL FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA (Q, H, N)

Las curvas características de una bomba centrífuga son:

- Altura en función del caudal  $H = H(Q)$
- Potencia en función del caudal  $P = P(Q)$
- Rendimiento en función del caudal  $n = n(Q)$

Solo 2 de ellas son correspondientes pues  $P = \frac{\gamma H Q}{n}$

La curva  $H = H(Q)$  nos indica las distintas alturas manométricas que proporciona una bomba para cada uno de los caudales de paso que atraviesan el rodete también muestra la capacidad de transferir energía al fluido. Para saber qué clase de motor se requiere se necesita saber la potencia requerida.

## **2.2.3 PRINCIPIOS HIDRULICOS PARA REGADIOS**

### **2.2.3.1 TUBERIAS**

El riego de los jardines se realiza habitualmente usando sistemas de aspersion o de riego localizado, en los que el agua debe circular por las instalaciones con cierta energía para que los emisores funcionen correctamente. En las instalaciones de riego a presión es importante conocer los conceptos de caudal circulante y presión, así como el de pérdidas de carga que se producen al paso del agua por los diferentes elementos de la instalación.

En jardinería es muy frecuente disponer de caudal y presión limitados para efectuar los riegos, por lo que es importante conocer cuáles son sus valores y diseñar y programar los riegos con tales limitaciones.

En situaciones de caudal limitado el riego debe dividirse en sectores; cuando la presión es excesiva puede disponerse un regulador de presión a la entrada de la instalación. Cuando la instalación de riego requiera mayor presión y/o caudal de los que suministra la toma de agua, debe instalarse un equipo de bombeo que dote al agua de la energía necesaria.



La altura de elevación que se requiere en el sistema está formada por la altura manométrica de aspiración, la altura geométrica de impulsión, la altura por pérdidas de carga y la altura por la presión de trabajo de los emisores más alejados de la bomba, en lo que se denomina altura manométrica total. Los equipos de bombeo más habituales son los compuestos por un motor eléctrico y una bomba hidráulica, de eje horizontal o de eje vertical, en superficie o sumergida. Las prestaciones que deben suministrar las bombas por separado o agrupadas en serie o en paralelo, así como los rendimientos del grupo de bombeo son datos esenciales para calcular la potencia necesaria del motor que acciona la bomba.

En el proceso de elección como de instalación del grupo de bombeo es preciso seguir ciertas recomendaciones que redundarán en un mejor aprovechamiento del equipo.

En los sistemas de riego a presión, a medida que el agua circula por la red de distribución (tuberías y piezas especiales) y atraviesa distintos elementos singulares (válvulas, contadores, reguladores, etc.) pierde parte de dicha presión debido al rozamiento.

Esta pérdida de presión se denomina pérdida de carga y se expresa en unidades de presión, siendo lo más habitual que se utilicen metros de columna de agua (m.c.a.). La pérdida de carga en el sistema depende principalmente de los siguientes factores:

- Diámetro interior de la tubería, teniendo en cuenta o interior de la tubería que a menor diámetro la pérdida de carga es mayor para el mismo caudal circulante.
- Longitud de la tubería, Longitud de la tubería sabiendo que a mayor longitud de la tubería también es mayor la pérdida de carga para el mismo diámetro y caudal circulante.
- Caudal, Caudal siendo mayor la pérdida de carga a mayor caudal para el mismo diámetro.
- Tipo de material de material de la tubería y rugosidad de sus paredes interiores (PVC, polietileno, aluminio, fibrocemento, etc.).
- Velocidad del agua a su paso por la tubería, siendo mayor la pérdida de carga cuanto mayor es la velocidad (está relacionada con el caudal y el diámetro de la tubería).
- Piezas especiales y elementos singulares instalados en la red.

Cada elemento del sistema genera un valor diferente de pérdida de carga, dato que debe ser facilitado por el fabricante. Igualmente, la pérdida de carga en las tuberías debe ser solicitada al fabricante, aunque para ciertos tipos de materiales y diámetros más usuales pueden encontrarse valores en publicaciones referidas a sistemas de riego a presión. La pérdida de carga en tuberías de una sola salida puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pérdida de carga} = \frac{\text{Pérdida de carga por cada 100 m de tubería} \times \text{longitud de la tubería}}{100}$$
$$PC(m) = \frac{J (m/100 m) \times L (m)}{100}$$



FIGURA N° 12: DIAMETRO DE TUBERÍAS

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

- Analógico: Cualquier tipo de entrada o salida que tiene más de dos estados; conectado y desconectado.
- Automatización: Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.
- Bit: Un solo dígito que tiene solamente dos valores posibles 0 ó 1.
- Bomba: Genera caudal de fluido en el sistema
- Bus: Dispositivo no cíclico cuyo fin es asegurar las transferencias de información simultáneas entre diferentes subconjuntos de un sistema informático según sus especificaciones físicas y lógicas comunes.
- Caudal: Volumen de fluido que circula en un tiempo determinado
- Control: El control es un proceso mediante el cual se cerciora si lo que ocurre concuerda con lo que supuestamente debiera ocurrir, de lo contrario, será necesario que se hagan los ajustes o correcciones necesarios.
- Corriente alterna (AC): Se denomina corriente alterna a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente.
- Corriente continua (CC): La corriente continua es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial.
- Corriente eléctrica: Es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe a un movimiento de electrones en el interior de un material.

- Digital: Cualquier tipo de señal de entrada o salida que tiene exactamente dos estados, conexión y desconexión.
- Hardware: Término del inglés que se utiliza generalmente para describir los artefactos físicos de una tecnología.
- HMI: Interfaz de usuario se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas.
- Interfaz: Es el dispositivo hardware o protocolo de programación encargado de realizar la adaptación que haga posible la conexión entre dos sistemas o elementos de la unidad central de procesamiento, entre unidades o con el usuario.
- Lógica: Una serie de instrucciones o límites creados para permitir el control de un proceso.
- Microcontrolador: Microprocesador que comprende elementos fijos, como la unidad central y sus memorias, y elementos personalizados en función de la aplicación.
- PLC: (Programmable Logic Controller en sus siglas en inglés) o Controlador de lógica programable, son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial.
- Presión: Fuerza por unidad de área.
- Potencia: Cantidad de trabajo realizada en una unidad de tiempo. La potencia de un motor se mide en caballos de vapor (CV) o en kilovatios (Kw) en el sistema internacional.

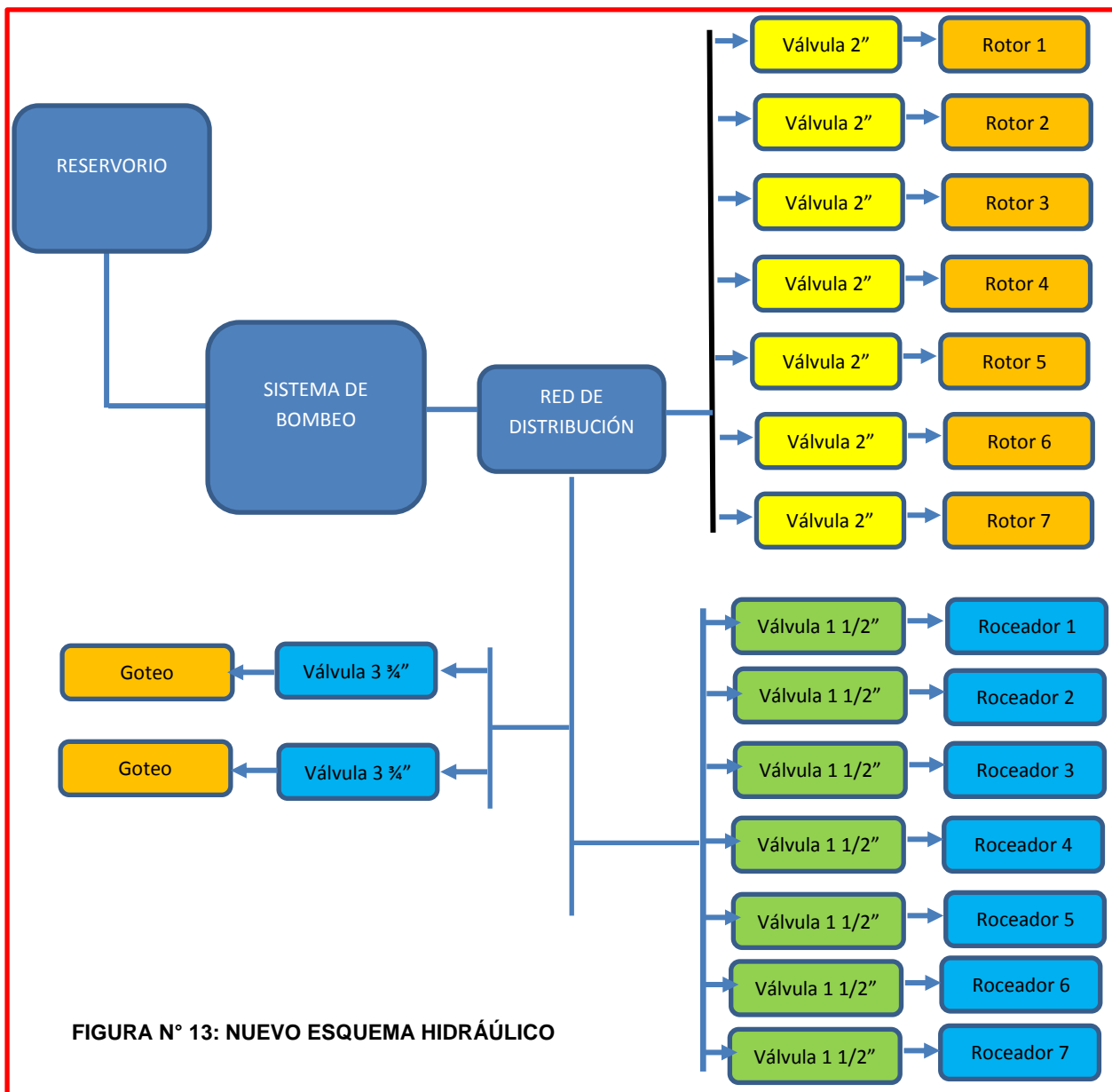
- Sensor: Es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.
- Software: componentes intangibles de un ordenador o computadora, es decir, al conjunto de programas y procedimientos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica.
- Red: Varios dispositivos conectados juntos a través de dispositivos eléctricos para adquirir y/o controlar datos.
- Registro: Un área de almacenamiento, en el PLC, para información. Los registros pueden tener una capacidad de una o dos (o más) palabras.
- Sensor: Un elemento de detección. El elemento básico que cambia habitualmente un parámetro físico en una señal eléctrica.
- Sistema de control: es un conjunto de dispositivos de control de entrada lógicos y de salida que sirven para controlar procesos.

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DEL PROYECTO**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO**

El nuevo esquema hidráulico a desarrollar sobre el Parque José Abelardo Quiñones del distrito de San Isidro, presenta como parte de su estructura de riego los siguientes elementos: Reservorio, sistema de bombeo, red de distribución y elementos de riego.



A continuación, se describe las condiciones sobre la cual se desarrolló la automatización de los elementos de riego.



- En el caso del reservorio tiene una capacidad de 100 m<sup>3</sup>, está construido de concreto el cual soporta peso del agua y del suelo, y tiene aditivos adecuados para soportar la humedad existente. Este reservorio presenta un acceso a través de un buzón para poder realizar la inspección y su mantenimiento.
  
- El sistema de bombeo es de concreto de 4.00mts de largo por 2.00mts de ancho y 2.00 mts. de alto. Contiene una bomba centrífuga que otorgue un presión de 4.5 bar y un caudal de 3.33 lps con una potencia de 7.5 HP. Esta electrobomba cuenta con un tablero de control con conexión arranque en directa.
  
- El sistema de conducción y distribución mediante tuberías PVC son de 2", 1 ½", 1", ½" y ¼", de acuerdo al caudal de operación de cada tramo. La tubería es de 2" es de clase 5, la tubería de 1 ½" es de clase 7.5, y la tubería de 1", ½" y ¼" son de clase 10; todas con un espesor de 1.8mm. Los accesorios de conexión tales como codos, Tees son también de clase 10.
  
- Las válvulas eléctricas son las que realizan la apertura del paso de agua hacia los emisores, poseen solenoides que se activan a través de un pulso eléctrico.
  
- Los emisores de riego, están formador por rotores, rociadores y goteo, los cuales brindaran al gras del parque una adecuada cantidad de

agua. Todos son del tipo pop up, el cual se eleva cuando las válvulas se accionan.



**FIGURA N° 14: DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE RIEGO SOBRE EL ÁREA DEL PARQUE JOSE ABELARDO QUIÑONES – SAN ISIDRO**

Ahora tomando como referencia el enfoque de la lógica programa, el sistema automatizado presenta los siguientes componentes dentro de su estructura:

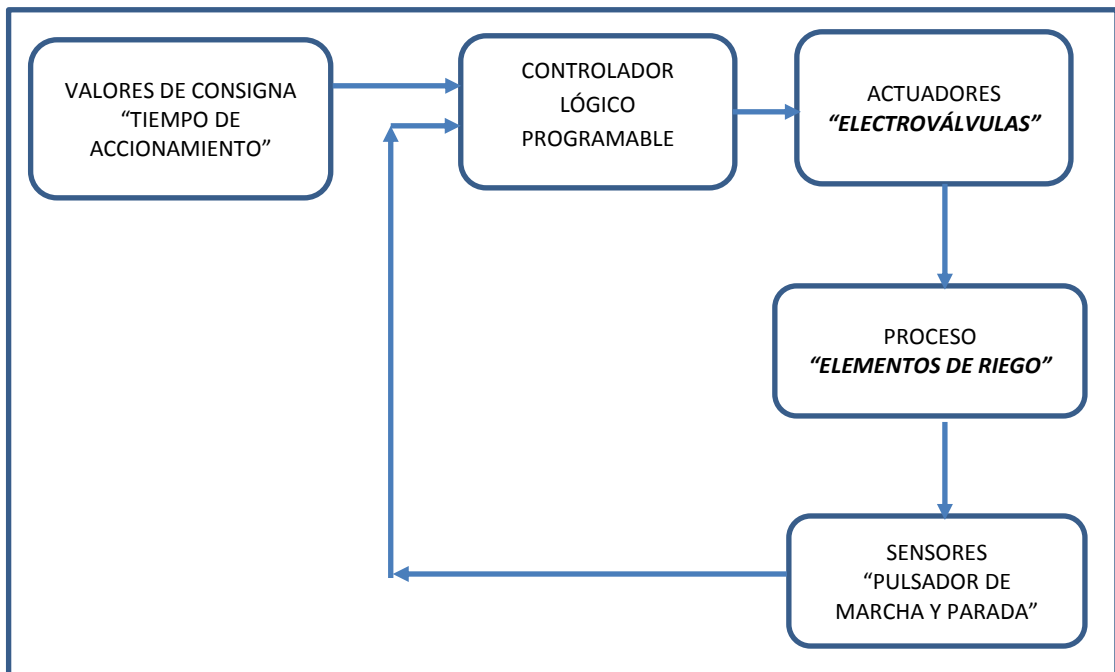


FIGURA N° 15: ESTRUCTURA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

En base a lo señalado en los párrafos anteriores procedo a identificar los elementos de entrada y salida del proceso con la finalidad de realizar el dimensionamiento del controlador lógico programable que permitirá el automatismo de los sistemas de riego.

ENTRADAS DEL PROCESO		
N°	SENSORES	DENOMINACIÓN
1	Interruptor	IT
2	Pulsador de parada	PP
3	Pulsador de marcha	PM

TABLA N° 01: ENTRADAS DEL PROCESO AUTOMATIZADO

<b>SALIDAS DEL PROCESO</b>		
<b>N°</b>	<b>ACTUADORES</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>
1	Contactor_Electrobomba	KM1
2	Electroválvula _ Rotor1	ERT1
3	Electroválvula _ Rotor2	ERT2
4	Electroválvula _ Rotor3	ERT3
5	Electroválvula _ Rotor4	ERT4
6	Electroválvula _ Rotor5	ERT5
7	Electroválvula _ Rotor6	ERT6
8	Electroválvula _ Rotor7	ERT7
9	Electroválvula _ Roceador1	ERC1
10	Electroválvula _ Roceador2	ERC2
11	Electroválvula _ Roceador3	ERC3
12	Electroválvula _ Roceador4	ERC4
13	Electroválvula _ Roceador5	ERC5
14	Electroválvula _ Roceador6	ERC6
15	Electroválvula _ Roceador7	ERC7
16	Electroválvula _ Goteo1	EVG1
17	Electroválvula _ Goteo2	EVG2

**TABLA N° 02: SALIDAS DEL PROCESO AUTOMATIZADO**

A partir de la identificación de las entradas y salidas del proceso automatizado, se procederá a dimensionar las características del Controlador Lógico Programable.

El controlador deberá tener como mínimo 3 entradas discretas de 220 VAC, 17 salidas discretas de 200VAC. Una opción por la cantidad de entradas y salidas es un NANO PLC con bloque de extensión a 17 salidas. Esto resultara económico en comparación a otras opciones (otra opción es utilizar un PLC de 24 salidas cuyo costo es 6 veces más). Ahora si considero el punto de vista comercial llegamos a que el controlador a utilizar será el NANO PLC LOGO 230RC.

### 3.2 DESARROLLO DEL AUTOMATISMO

Una vez conocido los elementos de entrada y salida del proceso y el controlador lógico programable a utilizar, procedo a realizar el direccionamiento del PLC, para luego desarrollar la programación del mismo.

DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS	
ENTRADAS DEL PROCESO	ENTRADAS DEL PLC
INT	I1
PP	I2
PM	I3

TABLA N° 03: DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS

<b>DIRECCIONAMIENTO DE SALIDAS</b>	
<b>SALIDAS DEL PROCESO</b>	<b>SALIDAS DEL PLC</b>
KM1	Q1
ERT1	Q2
ERT2	Q3
ERT3	Q4
ERT4	Q5
ERT5	Q6
ERT6	Q7
ERT7	Q8
ERC1	Q9
ERC2	Q10
ERC3	Q11
ERC4	Q12
ERC5	Q13
ERC6	Q14
ERC7	Q15
EVG1	Q16
EVG2	Q17

**TABLA N° 04: DIRECCIONAMIENTO DE SALIDAS**

Es importante tener en cuenta la secuencialidad de activación de los elementos de riego, según la siguiente tabla:

<b>SECUENCIALIDAD DE ACCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE RIEGO</b>		
<b>ELEMENTO DE RIEGO</b>	<b>TIEMPO DE RIEGO (horas)</b>	<b>PRIORIDAD DE ACTIVACIÓN</b>
Rotor1 (Válvula de 2")	0.43	TURNO 1
Rotor2 (Válvula de 2")	0.43	TURNO 2
Rotor3 (Válvula de 2")	0.43	TURNO 3
Rotor4 (Válvula de 2")	0.43	TURNO 4
Rotor5 (Válvula de 2")	0.43	TURNO 5
Rotor6 (Válvula de 2")	0.43	TURNO 6
Rotor7 (Válvula de 2")	0.43	TURNO 7
Roceador1 (válvula de 1 1/2")	0.13	TURNO 8
Roceador2 (válvula de 1 1/2")	0.13	TURNO 8
Roceador3 (válvula de 1 1/2")	0.13	TURNO 9
Roceador4 (válvula de 1 1/2")	0.13	TURNO 9
Roceador5 (válvula de 1 1/2")	0.13	TURNO 10
Roceador6 (válvula de 1 1/2")	0.13	TURNO 10
Roceador7 (válvula de 1 1/2")	0.13	TURNO 10
Goteo1 (válvula de 3/4")	0.44	TURNO 11
Goteo2 (válvula de 3/4")	0.44	TURNO 11

**TABLA N° 05: SECUENCIALIDAD DE ACCIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE RIEGO**

Tomando en cuenta las tres tablas anteriores desarrollaré la programación del PLC utilizando el entorno del LOGO SOFT COMFORT V8 en diagrama de contactos.

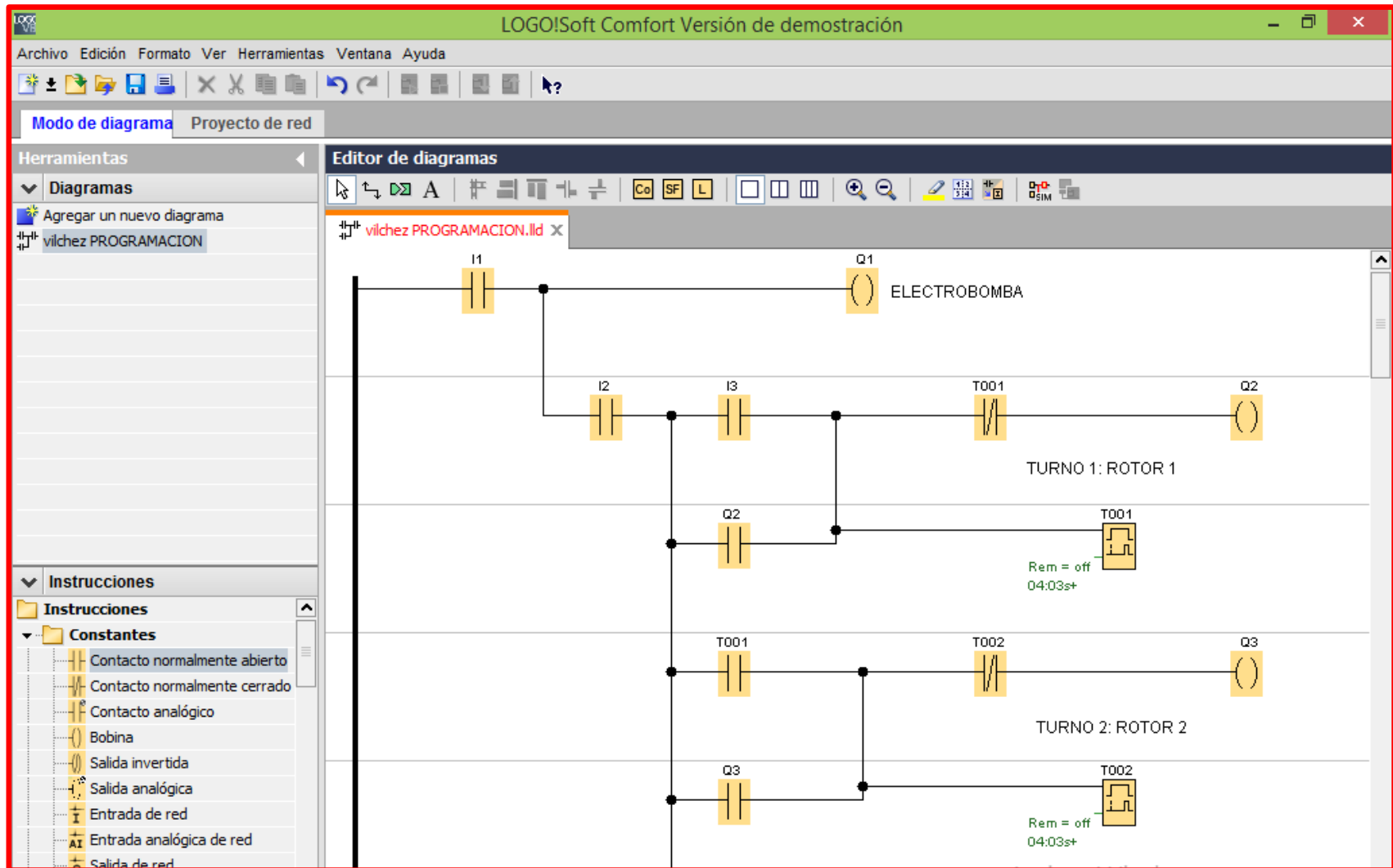


FIGURA N° 16: PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE: TURNO 1 – TURNO 2



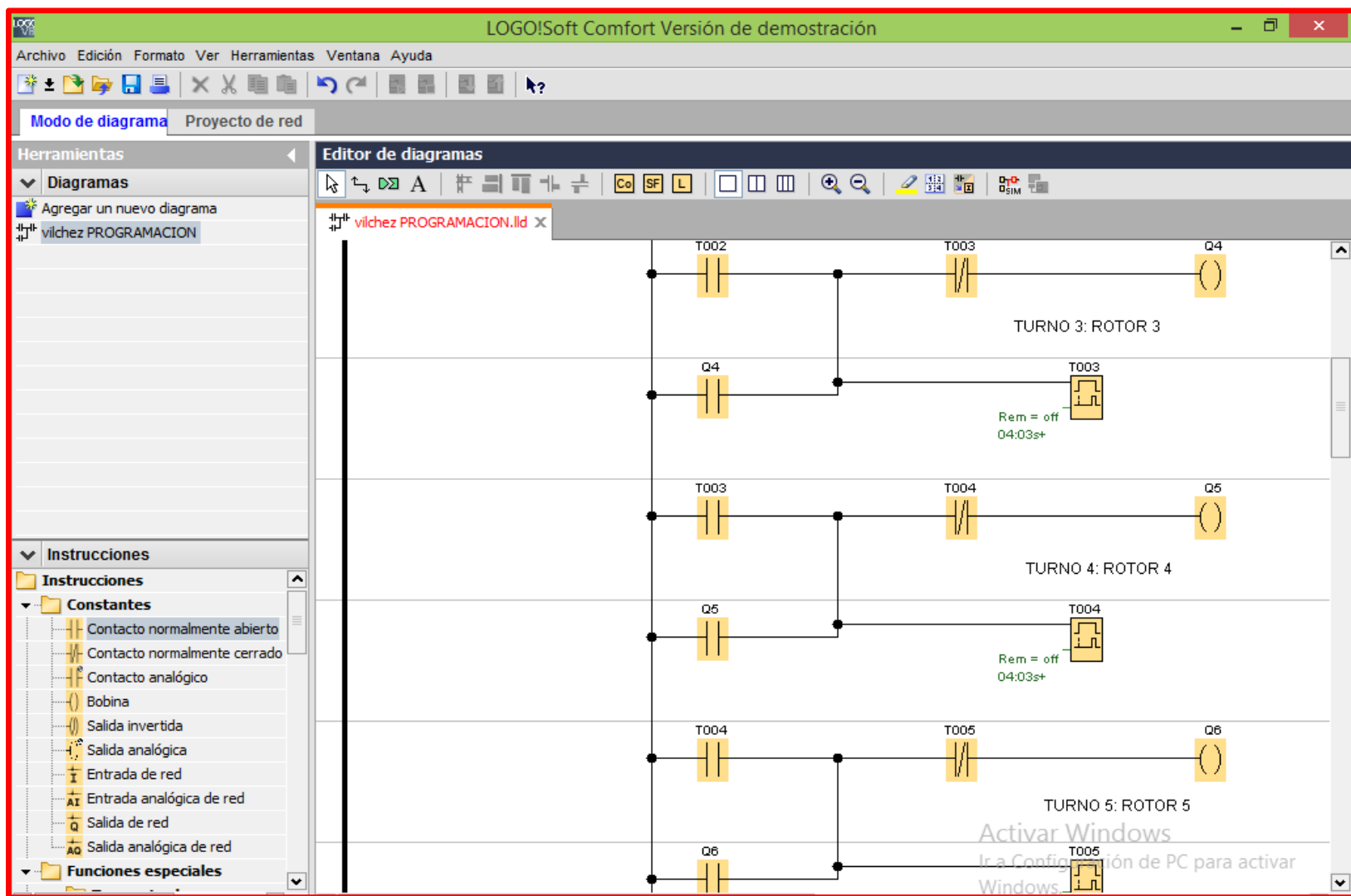


FIGURA N° 17: PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE: TURNO 3 - TURNO 4 – TURNO 5

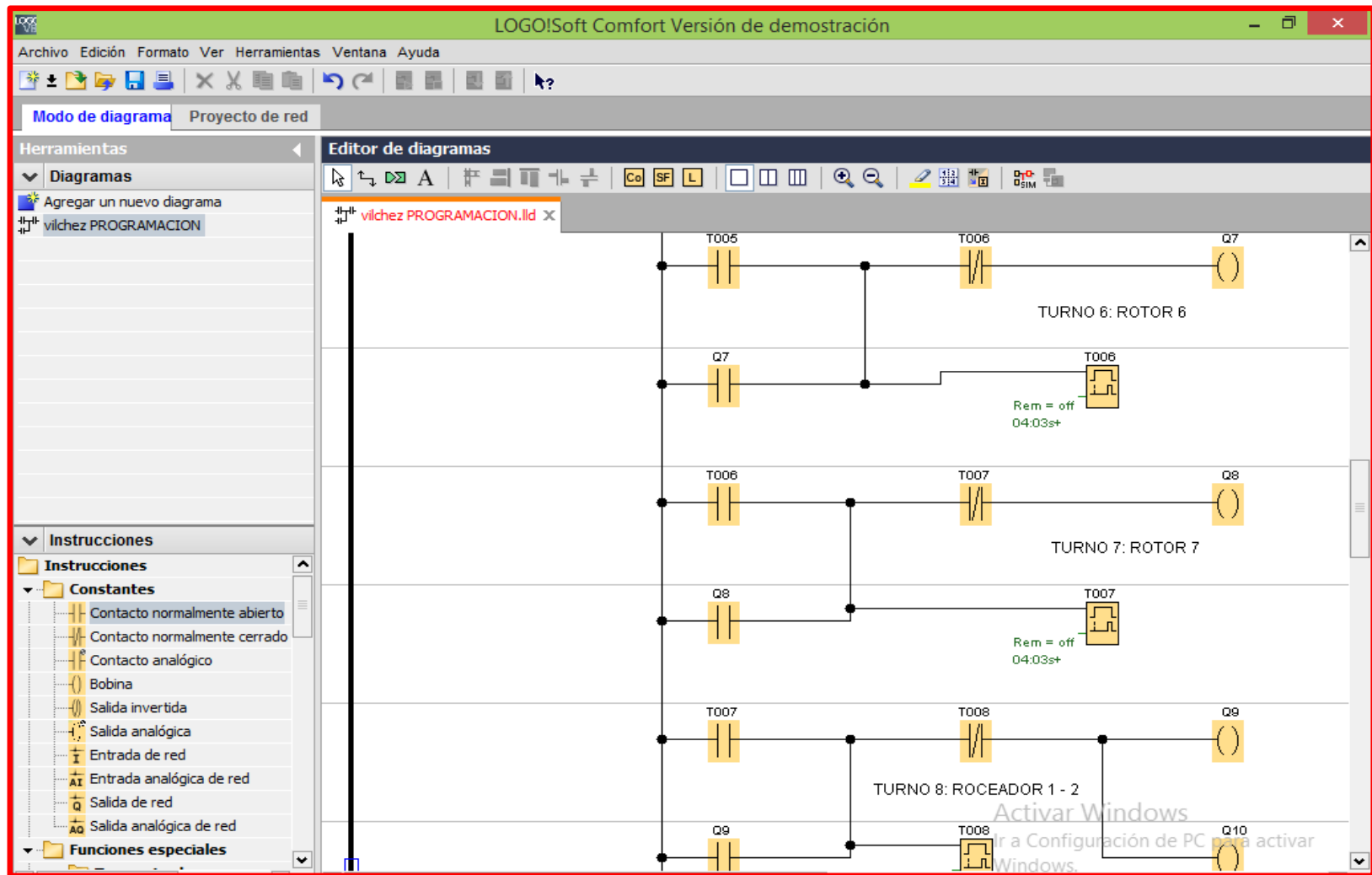


FIGURA N° 18: PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE: TURNO 6 - TURNO 7 – TURNO 8

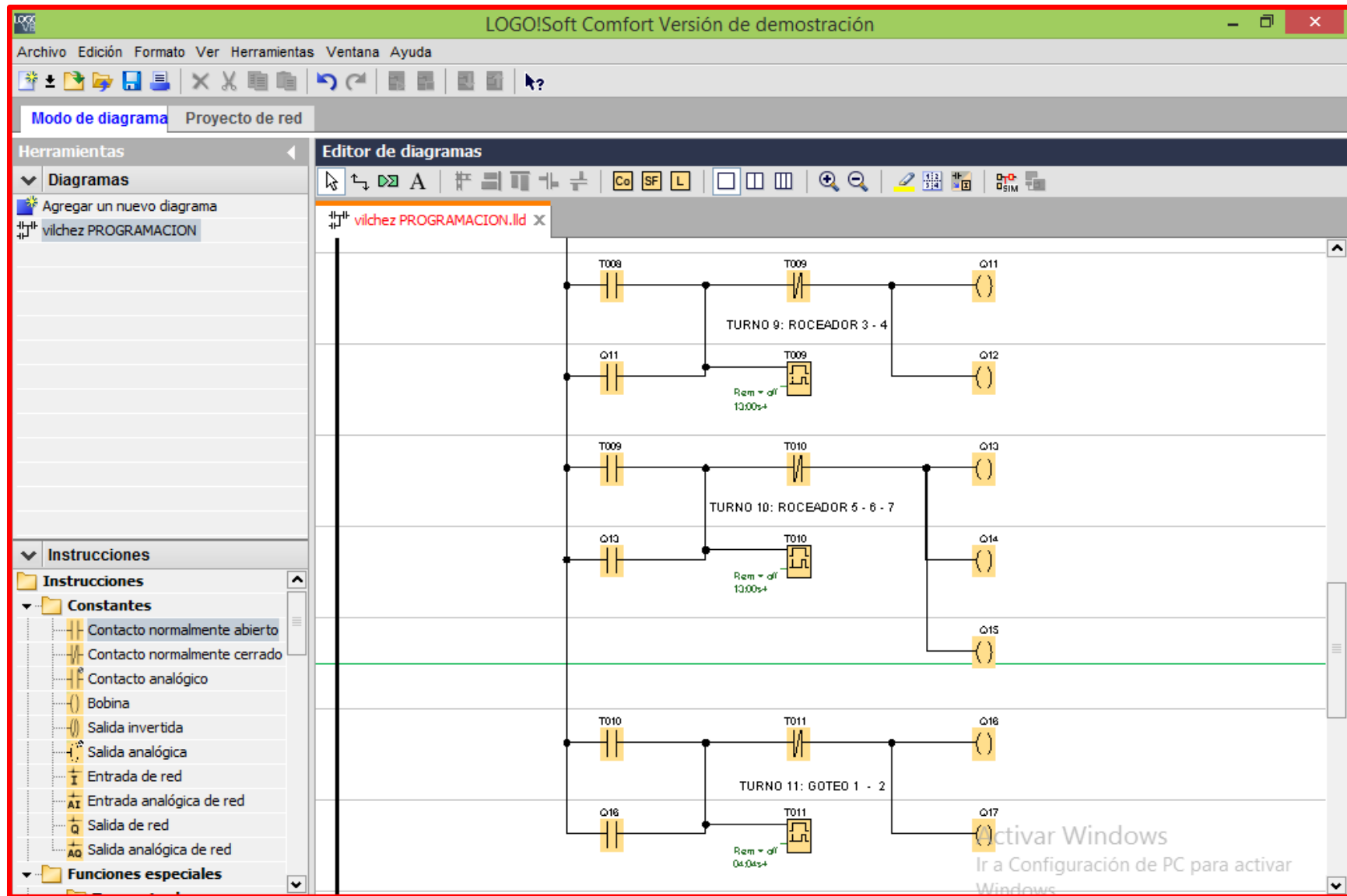


FIGURA N° 19: PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE: TURNO 9 - TURNO 10 – TURNO 11

### 3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS

Realizado el automatismo, y puesto en marcha el nuevo sistema secuencial de riego, se procede a establecer la toma de datos en relación a la demanda hídrica de cada uno de los elementos de riego, considerando el caudal y tiempo de operación durante su activación.

En la siguiente tabla se observa que la demanda total diario es de 47.1272 m<sup>3</sup>, pero considerando que los elementos de riego solo se accionan los días martes y jueves por un lapso de 4 horas y 48 minutos, se tiene que la demanda total es de 377.0176 m<sup>3</sup>.

<b>DEMANDA HÍDRICA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO</b>				
ELEMENTOS DE RIEGO	caudal (lps)	caudal (m <sup>3</sup> /h)	tiempo riego(h)	demanda (m3)
Rotor1 (Válvula de 2")	3.59	12.9	0.43	5.547
Rotor2 (Válvula de 2")	3.59	12.9	0.43	5.547
Rotor3 (Válvula de 2")	3.59	12.9	0.43	5.547
Rotor4 (Válvula de 2")	3.59	12.9	0.43	5.547
Rotor5 (Válvula de 2")	3.59	12.9	0.43	5.547
Rotor6 (Válvula de 2")	3.59	12.9	0.43	5.547
Rotor7 (Válvula de 2")	3.59	12.9	0.43	5.547
Roceador1 (válvula de 1 1/2")	1.3	4.67	0.13	0.6071
Roceador2 (válvula de 1 1/2")	1.3	4.67	0.13	0.6071
Roceador3 (válvula de 1 1/2")	0.77	2.77	0.13	0.3601
Roceador4 (válvula de 1 1/2")	2.62	9.41	0.13	1.2233
Roceador5 (válvula de 1 1/2")	2.62	9.41	0.13	1.2233
Roceador6 (válvula de 1 1/2")	3.59	12.9	0.13	1.677
Roceador7 (válvula de 1 1/2")	1.3	4.67	0.13	0.6071
Goteo1 (válvula de 3/4")	0.66	2.16	0.44	0.9504
Goteo2 (válvula de 3/4")	0.66	2.37	0.44	1.0428
<b>TOTAL DIARIO</b>			4 horas, 48 min	47.1272
<b>TOTAL MENSUAL</b>			326 horas, 24 min	377.0176

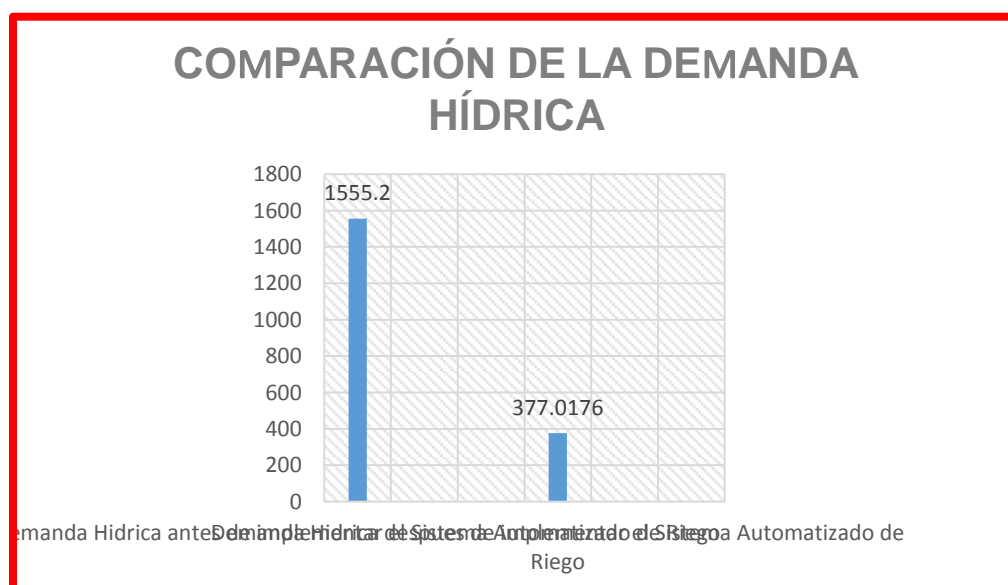
TABLA N° 06: DATOS OBTENIDOS DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO.

Ahora según información proporcionada por la misma municipalidad del distrito de San Isidro, la demanda hídrica antes de automatizar el sistema de riego, responde a la siguiente tabla:

<b><u>DEMANDA HÍDRICA ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO</u></b>	
Caudal promedio(m <sup>3</sup> /h)	16.2
caudal promedio (lps)	4.5
Días de riego - MENSUAL	8
Tiempo de riego - DIARIO (horas)	12
tiempo total de riego – MENSUAL (horas)	96
<b>DEMANDA TOTAL (m3)</b>	<b>1555.2</b>

**TABLA N° 07: DATOS OBTENIDOS DEL SISTEMA DE RIEGO SIN AUTOMATIZAR**

En relación al objetivo general planteado en el capítulo 1, a continuación procesado a realizar una comparación entre la demanda hídrica antes y después de la implementación del accionamiento secuencial automatizado de los elementos de riego.



**FIGURA N° 20: COMPARACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA**

## **CONCLUSIONES**

### **CONCLUSIÓN GENERAL**

- Se concluye que mediante el accionamiento secuencial de los elementos de riego se reduce la demanda hídrica en 1178.18 m<sup>3</sup>, representando un 75.76% en referencia a la demanda hídrica antes de implementar el automatismo.

### **CONCLUSIONES ESPECÍFICAS**

- Se concluye que los sensores del sistema de riego automatizado son un interruptor de accionamiento general, un pulsador de marcha, un pulsador de parada y los actuadores son 7 rotores, 7 roceadores y 2 goteros; todos con alimentación de 220VAC, los mismos que definieron la utilización del NANO PLC Siemens LOGO 230RC y que permitieron reducir la demanda hídrica.
- Se concluye que la demanda hídrica de los elementos de riego, luego de ser automatizados es de 377.0176 m<sup>3</sup>, esto a razón de que diariamente se consume 47.1272 m<sup>3</sup>, y solo los días martes y jueves se acciona el sistema de riego por un tiempo de 4 horas y 48 minutos.

## RECOMENDACIONES

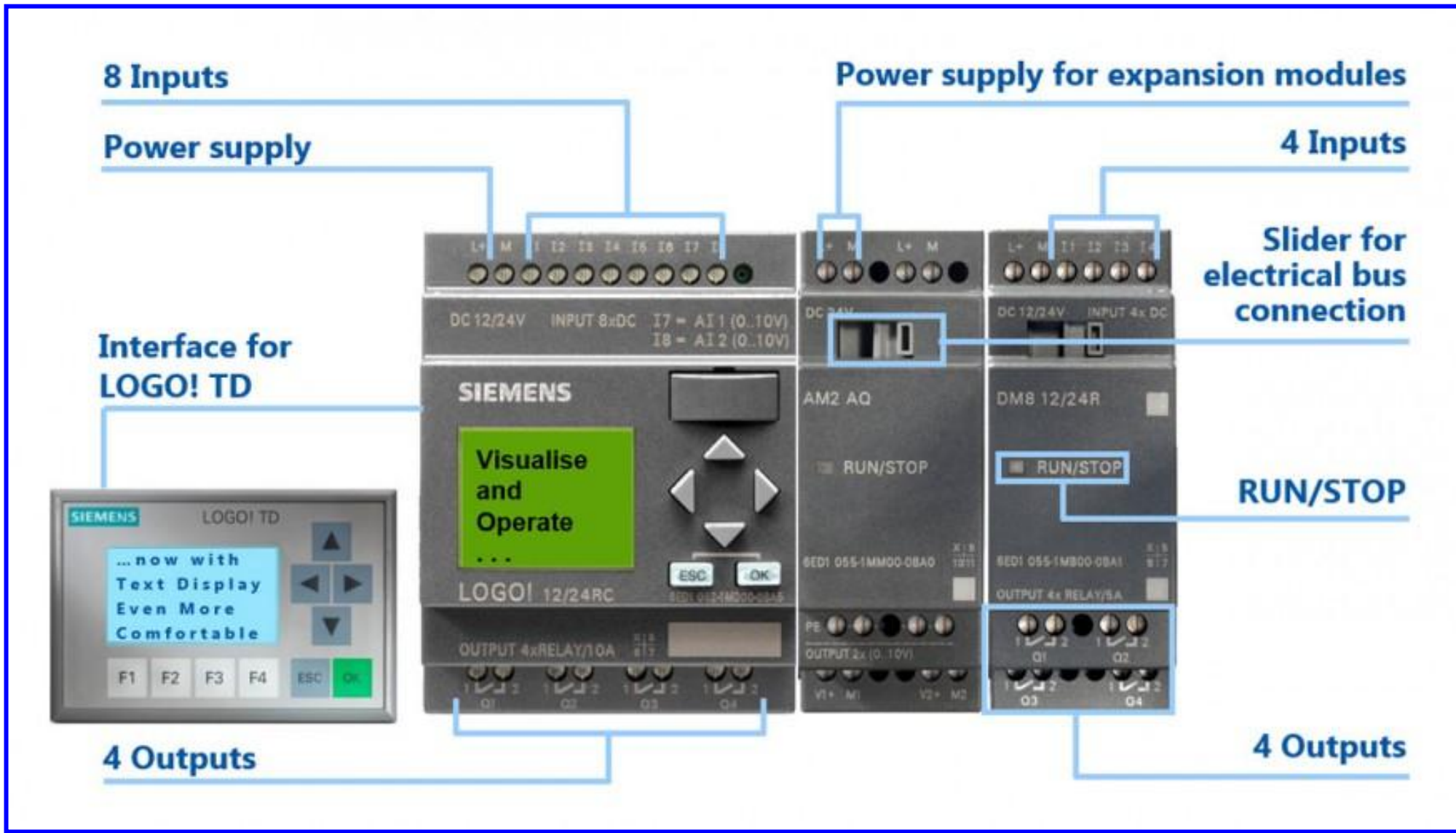
- En relación a la reducción de la demanda hídrica se recomienda mejorar aún más considerando sensores de humedad en el suelo, a fin de activar los elementos de riego cuando el sensor de humedad detecte que es necesario.
- En relación a los elementos de entrada y salida del sistema automatizado de riego, se recomienda agregar un panel de visualización al controlador lógico programable a fin de realizar el monitoreo de la demanda hídrica en tiempo real, lo que permitirá detectar si hay fugas o si algún elemento de riego está en mal estado.
- En relación a la reducción de la demanda hídrica obtenida luego del accionamiento secuencial automatizado de los elementos de riego se recomienda replicar este mismo análisis sobre otros parques ubicados dentro del distrito de San Isidro.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **TAIPE, A. (2016).** Implementación de un sistema automático para riego y fertilización de zonas verdes en el área de recreación de la Universidad Técnica de Cotopaxi. (Tesis de Pre Grado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
2. **CUNIA, E. (2015).** Diseño de automatización para riego tecnificado y su interfaz en un SCADA para el fundo de f & f servicios asociados SAC. (Tesis de Pre Grado). Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.
3. **DE FRANCESCH, L. (2015).** Implementación de una red de supervisión para riego mecanizado con protocolo Modbus, PLCs y Matlab. (Tesis de Pre Grado). Universidad de Piura. Piura, Perú.
4. **OGATA (2003).** Ingeniería de Control Moderna. Madrid, España: PEARSON
5. **KUO, B. (2010).** Sistemas de control Automático. Barcelona, España: PEARSON
6. **ROMERA, P. (2010).** Automatización. Barcelona, España: PARANINFO
7. **TESIS: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO**  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>



## **ANEXOS**



LOGO!Soft Comfort Versión de demostración

Archivo Edición Formato Ver Herramientas Ventana Ayuda

Modo de diagrama Proyecto de red

Herramientas

Diagramas

- Agregar un nuevo diagrama
- vilchez PROGRAMACION

Instrucciones

- Instrucciones
  - Constantes
    - Contacto normalmente abierto
    - Contacto normalmente cerrado
    - Contacto analógico
    - Bobina
    - Salida invertida
    - Salida analógica
    - Entrada de red
    - Entrada analógica de red
    - Salida de red
    - Salida analógica de red
  - Funciones especiales

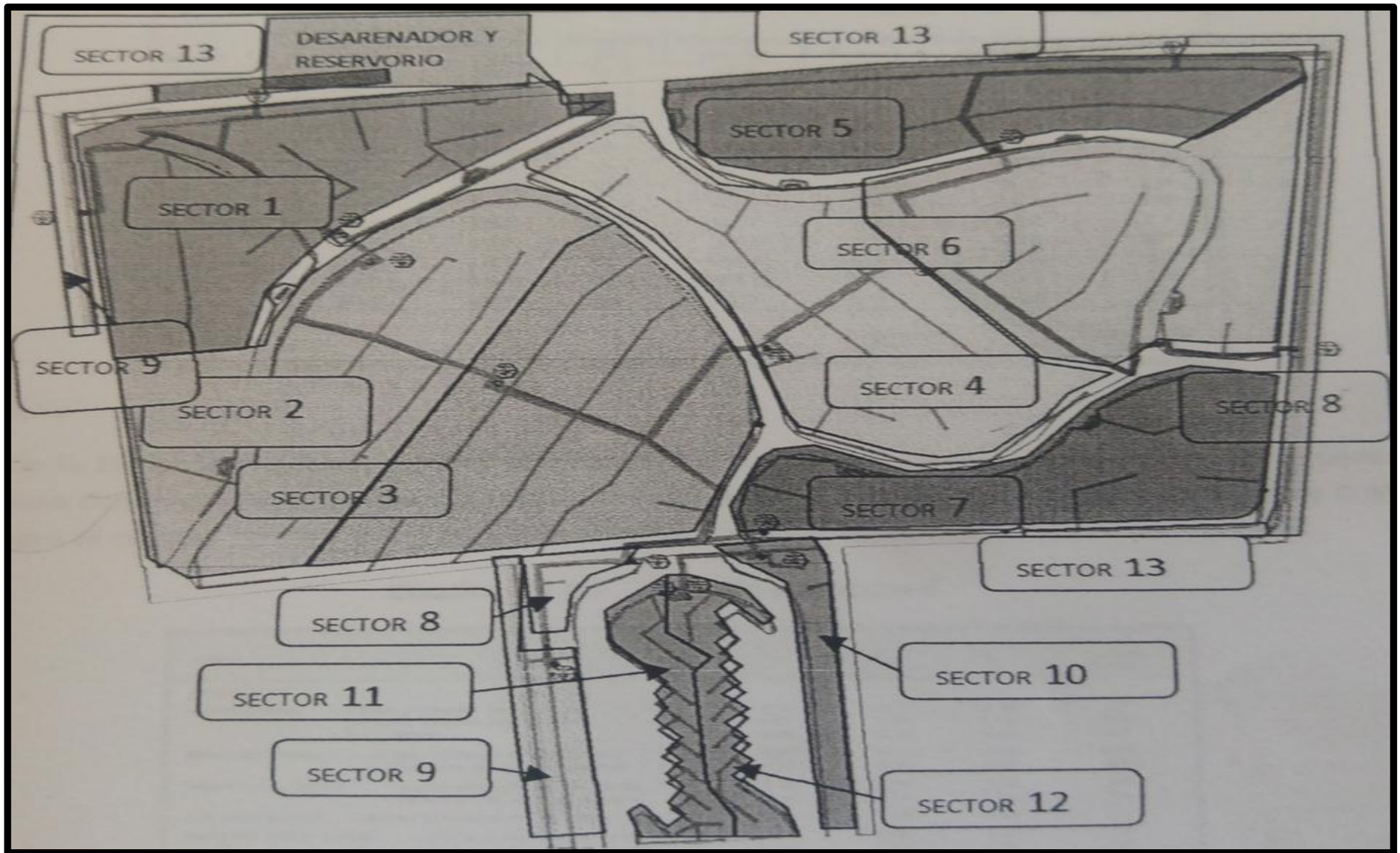
Editor de diagramas

vilchez PROGRAMACION.lid

Simulación

OBA8.Standard 75%

# ESQUEMA HIDRAULICO



## DATOS DE ENERGIA Y POTENCIA PARA EL DISEÑO DEL PLC

N°	DESCRIPCIÓN	POTENCIA
1	BOMBA CENTRIFUGA ( Presión 4.5 bar, caudal 3.33lps)	7.5 HP
2	ROTORES (Caudal 3.59 lps)	220 VAC – 0.25 HP
3	ROCIADORES (Caudal: 0.77, 1.3, 2.62, 3.59, lps)	220 VAC – 0.25 HP
4	GOTEO (Caudal 0.66 lps)	220 VAC – 0.25 HP
5	VALVULA SOLENOIDE	220 VAC – 0.25 HP