



**UNIVERSIDA DE PAMPLONA**  
**Formando líderes para la construcción de un**  
**Nuevo país en paz**



# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA REDES HIDRÁULICAS DOMÉSTICAS UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)**

**Autor**

**ALEXIS ENRIQUE LOPEZ ORTIZ**

**Director**

**YUSETH FLORES TABORDA**  
MsC. (C) Ingeniería Electrónica

**Ingeniería Electrónica**  
**Departamento de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Sistemas y**  
**Telecomunicaciones**  
**Facultad de Ingenierías y Arquitectura**  
**Universidad de Pamplona**  
**Pamplona, Norte de Santander**

**Universidad de Pamplona Facultad de Ingenierías y  
Arquitectura Departamento de Ingenierías  
Eléctrica, Electrónica, Sistemas y  
Telecomunicaciones**

**Programa de Ingeniería Electrónica**

**Trabajo presentado para optar por el título de  
Ingeniero Electrónico**

**TEMA:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA  
REDES HIDRÁULICAS DOMÉSTICAS UTILIZANDO UN CONTROLADOR  
LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)**

**Fecha de inicio del trabajo: agosto ,2017**

**Fecha de culminación del trabajo: marzo, 2018**

**Nombres y firmas de autorización para la sustentación:**

---

Alexis Enrique López Ortiz

**Autor**

---

MSc. (C). Yuseth Flores Taborda  
**Director**

---

MSc. (C). Luiz Alberto Muños  
**Director de programa**

**Jurado calificador**

---

MSc. (C). Diego Pelaez

MSc. (C). Gustavo Clemen

MSc. (C). Yuseth Flores Taborda

**PAMPLONA – NORTE DE SANTANDER  
COLOMBIA  
Mayo, 2018**

*“Para las personas más bellas que DIOS me ha dado.  
Los que llevan años dándome la fuerza necesaria para no desfallecer  
encomendándome en sus oraciones para que a mí me vaya bien.  
A mis papás y mi familia, con todo el amor del mundo*

# AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de vivir, de tener una hermosa familia, por darme la oportunidad de estudiar y llegar al final de mi carrera profesional.

A mis padres María del Rosario Ortiz y Arsenio López robles, por traerme a este mundo, por darme palabras de aliento todos los días para que pudiera llegar a cumplir mis sueños. Gracias por enseñarme a ser una buena persona y por ser quien soy hoy. Gracias por darme la oportunidad de estudiar, por ese apoyo incondicional aun en los momentos más difíciles, gracias por sacrificarse a cada momento para que a mí nunca hiciera falta nada.

A mi tía mama y su esposo, Felicita Ortiz Osorio, Abel Pardo Beltrán gracias por el apoyo que día tras día me has brindado, por siempre creer en mí. Por apoyarme y por todas y cada una de esas cosas que hizo para que yo siguiera estudiando. Gracias por siempre cuidar de mí.

Gracias al ingeniero Yuseth Flores Taborda, por creer en este proyecto, por su apoyo y colaboración como director de trabajo de grado. Y también agradecer a todos y cada uno de los docentes que me brindaron sus conocimientos y me formaron como profesional de la ingeniería electrónica.

A mi familia, a mis amigos, a mis profesores y a todas esas personas que creyeron en mí, muchas, pero muchas gracias por creer desde el primer momento que empecé como estudiante de Ingeniería Electrónica brindándome siempre ese apoyo incondicional. Hoy doy un paso satisfactorio para mi vida y una meta para mis padres, Dios los bendiga.

# TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1	PROBLEMA .....	10
1.2	Objetivo general.....	11
1.2.1	Objetivos específicos.....	11
1.3	RESUMEN .....	12
1.4	DISTRIBUCIÓN DE LA BIOGRAFIA.....	12
2	MARCOTEÓRICO.....	13
2.1	El fluido .....	15
2.1.1	Densidad del fluido .....	15
2.1.2	Velocidad de un fluido .....	16
2.1.3	Flujo laminar .....	16
2.1.4	Flujo turbulento .....	17
2.2	LA HIDRÁULICA.....	17
2.2.1	Volumen .....	18
2.2.2	Masa.....	18
2.2.3	Fuerza.....	18
2.2.4	Presión.....	18
2.2.5	Caudal.....	19
3	PLANOS Y DIAGRAMAS DE CONTROL P&DI PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DOMESTICO.....	20
3.1	Instrumentación sanitaria.....	20
3.1.1	Norma ISA (Instrument Society of America).....	20
3.2	Diagrama de instrumentación P&DI .....	21
3.3	Diagrama de tuberías.....	22
3.4	DIAGRAMA ELÉCTRICO DE POTENCIA Y DE MANDO .....	23
3.4.1	Diagrama de potencia .....	23
3.4.2	Diagrama de mando.....	24
4	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	25
4.1	Fundamentación para el sistema de control .....	25
4.2	Control de dos posiciones (on -off).....	26
4.2.1	Selección del tipo de control.....	26
4.3	Función de transferencia del llenado.....	27

4.3.1	Lazo de control del llenado .....	28
4.4	Componentes del sistema de control .....	29
4.4.1	Electroválvulas .....	29
4.4.2	Sensor de nivel de líquidos .....	30
4.4.3	Sensor de flujo .....	31
4.5	DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE PRESIÓN .....	32
4.5.1	Cálculos para el sistema de tubería .....	32
4.5.2	Velocidad de agua en varias secciones .....	33
4.5.3	Presión del agua en el sistema hidráulico.....	34
4.5.4	Capacidad mínima para el tanque de reserva .....	35
4.5.5	Sensor de presión.....	36
4.5.6	Curva característica del sensor de presión .....	37
4.6	INSTRUMENTACIÓN PARA EL SENSOR DE PRESIÓN .....	37
4.6.1	Encendido de bomba .....	37
4.6.2	Apagado de bomba .....	37
5	SISTEMA DE CONTROL DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICO AUTOMÁTICO.....	39
5.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO DOMESTICO .....	39
5.1.1	Controlador lógico programable (plc) zelio soft SR3 B261BD.....	39
5.1.2	Contactador.....	40
5.1.3	Guarda motor.....	41
5.1.4	Interruptor térmico .....	43
5.1.5	Electroválvulas .....	44
5.1.6	Sensor de nivel .....	45
5.1.7	Tubos de PVC (cloruro de polivinilo).....	46
5.2	MOTORES Y BOMBAS.....	46
5.2.1	ELECTROBOMBAS PERIFÉRICAS (QB-60).....	48
5.3	EL Tanque de Reserva .....	49
5.4	Sistema Hidroneumático Compacto .....	50
6	DISEÑO DE SUMINISTRO ELECTRICO FOTOVOLTAICO .....	51
6.1	GENERADOR FOTOVOLTAICO (PANELES SOLARES). .....	51
6.1.1	Delimitación del sistema fotovoltaico.....	52
6.1.2	Modelo de utilidad fotovoltaico .....	53
6.1.3	Regulador de carga. ....	54

6.1.4	Batería o acumulador de carga .....	56
6.1.5	Inversor de corriente.....	59
7	EVALUACION DE LA EFICIENCIA, ALCANCE Y VIABILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA .....	60
7.1	Eficiencia del sistema hidráulico domestico .....	60
7.1.1	Eficiencia del sistema solar .....	60
7.1.2	Eficiencia del sistema presión .....	61
7.1.3	Eficiencia general del sistema .....	61
7.2	ALCANCE Y VIABILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA .....	62
7.3	Gastos generales .....	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Residencia para el Baño en Mohenjo-Daro, Pakistán[1].	13
Figura 2.Sistema de Acueducto Romano[1].	14
Figura 3. Flujo Laminar en el Tubo.	16
Figura 4.Tasa de Flujo Volumétrico.	19
Figura 5.Diagrama P&DI realizado en el software EDRAW.	21
Figura 6.Diagrama de Tuberías realizado en el software EDRAW.	22
Figura 7. Circuito de potencia con el software cade_simu.	23
Figura 8. Circuito demando con el software cade_simu.	24
Figura 9. Diagrama de Llenado del Tanque realizado en el software EDRAW.	28
Figura 10. Sistema de Control de Nivel realizado en el software EDRAW.	28
Figura 11.Electrovalvula solenoide.	29
Figura 12. Sensor de nivel.	30
Figura 13.Sensor de flujo.	31
Figura14.Diagrama de Flujo llenado del tanque en el software en el software EDRAW.	32
Figura 15. Sensor de presión.	36
Figura 16. Comportamiento del Sensor de Presión realizado en el software Microsoft Excel.	37
Figura 17.Circuito de instrumentación diseñado en proteus.	38
Figura 18.Circuito de instrumentación en 3D diseñado en software proteus.	38
Figura 19.Circuito de instrumentación final.	38
Figura 20.Foto del plc zelio logic SR3 B261BD.	39
Figura 22. Foto del contactor	40
Figura 23. Características de corriente del contactor	41
Figura 24.Foto del guarda motor GV2ME21.	42
Figura 25.Características del guarda motor	42
Figura 26.Foto de interruptor automático	43
Figura 27.Características de interruptor	43



Figura 28 .Foto de la electroválvula. ....	44
Figura 29.Foto del sensor de nivel. ....	45
Figura 30.Tubos PVC. ....	46
Figura 31 .Foto de Bomba periférica (QB 60). ....	48
Figura 32. Foto del tanque de reserva. ....	49
Figura 33.Foto de sistema hidro compacto. ....	50
Figura 34.Panel solar policristalino 55w. ....	51
Figura 35. Coordenadas geográficas. ....	52
Figura 36.Irradiación solar por mes. ....	52
Figura 37.Controlador de carga solar.....	55
Figura 38.Imagen de batería 12v-20Ah.....	56
Figura 39.Inversor de corriente. ....	59
Figura 40.tabla de eficiencia del motor MEMA .....	61
Figura 41.Sistema hidráulico doméstico.....	63

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de los Tipos de Control. ....	26
Tabla 2. Características del zelio soft SR3 B261BD. ....	40
Tabla 3. Características de la electroválvula 2W-160-10. ....	44
Tabla 4. Características de la Bomba Periférica (QB 60). ....	48
Tabla 5. Datos y Cálculos de Consumo del Sistema. ....	53
Tabla 6. Comparacion de eficiencias. ....	62
Tabla 7. Gastos del sistema hidráulico en I software Microsoft Excel. ....	64
Tabla 8. Gastos del sistema eléctrico en I software Microsoft Excel. ....	64
Tabla 9. Gastos del sistema hidráulico en I software Microsoft Excel. ....	65
Tabla 10. Gastos del sistema solar en I software Microsoft Excel. ....	65
Tabla 11. Gastos del sistema hidráulico en I software Microsoft Excel. ....	66

## LISTA DE ECUACIONES

Densidad de flujo. ....	¡Error! Marcador no definido.
Volumen específico.....	¡Error! Marcador no definido.
Densidad relativa. ....	15
Ecuación de Reynolds.....	¡Error! Marcador no definido.
Fórmula para hallar la masa.....	¡Error! Marcador no definido.
Fórmula para hallar la presión. ....	¡Error! Marcador no definido.
Fórmula para hallar el caudal.....	¡Error! Marcador no definido.
Ecuación de Transferencia del llenado .....	¡Error! Marcador no definido.
Velocidad.....	¡Error! Marcador no definido.
Presión. ....	¡Error! Marcador no definido.
Volumen mínimo de agua. ....	35
Fórmula para hallar la corriente eléctrica del motor.....	¡Error! Marcador no definido.
Eficiencia del sistema .....	¡Error! Marcador no definido.
Potencia del panel.....	¡Error! Marcador no definido.
La capacidad en amperios.....	¡Error! Marcador no definido.
Capacidad de carga .....	¡Error! Marcador no definido.
Potencia para una batería.....	¡Error! Marcador no definido.
Eficiencia de una batería.....	¡Error! Marcador no definido.
Eficiencia del panel solar.....	¡Error! Marcador no definido.
De la Eficiencia .....	¡Error! Marcador no definido.

# 1 INTRODUCCIÓN

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

### 1.1 PROBLEMA

Actualmente en Colombia las regiones cuya topografía es plana, los sistemas de suministros por gravedad no son viables y por ende es necesario optar por otras alternativas, como es el caso particular de la región caribe. Los servicios públicos domiciliarios presentan racionamientos siendo estos más agudo en la época de verano. Como se reportó por parte del ministerio de vivienda en septiembre del 2015, que 64 municipios de la costa tienen escases del vital líquido, equivalente al 32% en la región de costa. [1]

De igual forma el crecimiento desmesurado de las zonas urbanas acrecientan aún más la problemática, incrementando los racionamientos del agua potable, obligando a los usuarios del sistema a mantener grandes reservas de agua para suplir sus necesidades, preparándose previamente a cualquier eventualidad, teniendo en cuenta los servicios públicos manejan horarios variantes y en general los suministros son nocturnos esto hace que los usuarios están obligados a estar en constante monitoreo para abastecerse cuando el suministro sea habilitado. Los medios para extraer el agua de reserva no son los idóneos y los depósitos de reserva no están asociados al sistema hidráulico doméstico.

## 1.2 Objetivo general

- Diseñar e implementar un sistema de control para redes hidráulica domesticas utilizando un controlador lógico programable (plc).

### 1.2.1 Objetivos específicos

- Documentar la fenomenología de los sistemas hidráulicos domésticos utilizados para sectores vulnerables según la necesidad.
- Diseñar los planos y diagramas de control P&ID para el sistema hidráulico.
- Diseñar la etapa de control del flujo a partir de un plc, sensores de flujo y presión.
- Implementar un sistema de control de distribución hidráulico automático.
- Realizar la implementación de un sistema de suministro eléctrico para la etapa de control utilizando energías alternativas.
- Evaluar la eficiencia, alcance y viabilidad económica del sistema diseñado.

### 1.3 RESUMEN

En la elaboración de esta tesis se realizó una implementación de un sistema de control para redes hidráulicas domésticas, partiendo de las necesidades del recurso hídrico domiciliario. Atendiendo las causas y efectos se analizaron los fenómenos hidráulicos en las redes domiciliarias, procediendo a la explicación del funcionamiento de las redes hidráulicas doméstica por medio de un diagrama P&DI en cual estarán señalizados por etapas. Describiendo las características y funcionamiento de cada elemento y la función de la programación. Utilizando diferentes dispositivos asociados para suplir la necesidad:

### 1.4 DISTRIBUCIÓN DE LIBRO

Este libro está organizado en 6 capítulos concernientes a la Introducción, Marco Teórico, Desarrollo del proyecto, Resultados y Conclusiones.

Cada capítulo tiene los ítems correspondientes al tema de interés.

## 2 MARCO TEÓRICO

---

### CAPÍTULO 1

Los seres humanos han almacenado y distribuido el agua durante siglos. En la época en que el hombre era cazador y recolector el agua utilizada para beber era agua del río. Cuando se producían asentamientos humanos de manera continuada estos siempre se hacían cerca de los lagos y ríos. Cuando no existen lagos y ríos las personas aprovechan los recursos de agua subterráneos que se extraen mediante la construcción de pozos profundos. Cuando la población humana comienza a crecer de manera extensiva, y no existen suficientes recursos disponibles de agua, se necesita buscar otras fuentes diferentes de agua. Hace aproximadamente 7000 años en Jericó (Israel) el agua almacenada en los pozos se utilizaba como fuente de recursos de agua, además se empezó a desarrollar los sistemas de transporte y distribución del agua. Este transporte se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas [2].



Figura 1. Residencia para el Baño en Mohenjo-Daro, Pakistán[2].

En la antigua Grecia el agua de pozos y agua de lluvia eran utilizadas en épocas muy tempranas. Debido al crecimiento de la población se vieron obligados al almacenamiento y distribución (mediante la construcción de una red de distribución).



Figura 2. Sistema de Acueducto Romano[2].

Los sistemas de suministro y almacenamiento de agua potable a una vivienda o comunidad se pueden realizar mediante depósitos de alimentación, por gravedad o presión utilizando redes de distribución de alimentación directa, estas han evolucionado a medida que las sociedades han desarrollado cada vez más y por consiguiente han ampliado su territorio. Cuando no existen lagos y ríos cerca de las zonas conurbana. la medida más viable es la de aprovechar los recursos de aguas subterráneas que se extraen por medio de la construcción de pozos o también por captación de aguas lluvias, estas son almacenadas en grandes depósitos con el fin de proveer la solvencia de agua potable en sus diferentes usos, es una práctica interesante, tanto ambiental como económicamente[5]. Los sistemas automáticos han evolucionado a través del tiempo brindando soluciones a las necesidades del hombre, como es el caso del sistema hidráulico doméstico, el cual poseen sistemas mecánicos para su funcionamiento o de forma manual proveyendo directamente de la reserva, para ello se implementó un sistema automático controlados por medio de un plc y sensores para su instrumentación, gracias a la formación en ingeniería electrónica con su alta acreditación me permitió adquirir una capacidad para investigar, diseñar, simular apropiar y aplicar en las implementaciones del sistema, dando una solución apropiada a los usuarios de las zonas afectadas por deficientes suministros de agua potable teniendo un nivel básico de consumo de agua para la población colombiana que se rige actualmente. (0 hasta 20 m<sup>3</sup>) /suscriptor/mes para un consumo básico con un aproximado. Esta puede variar de (0 hasta 3m<sup>3</sup>)/usuario/mes con variables tales como temperatura promedio que registra una ciudad, el número de personas por hogar, el porcentaje de apartamentos existente[6].



## 2.1 El fluido

Un fluido es una sustancia (considerada como un medio continuo) que carece de forma propia, entre cuyas moléculas solo hay una fuerza de atracción débil, o conjunto de partículas que se mantienen unidas entre sí por fuerzas cohesivas débiles capaz de fluir, el fluido puede cambiar de forma sin que aparezcan en su seno fuerzas sustitutivas tendentes a recuperar la forma original, el término engloba a los líquidos y los gases, pues justamente fluyen. Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propias [7].

### 2.1.1 Densidad del fluido

La densidad  $\rho$  de una sustancia se define como la cantidad de masa  $m$  por unidad de volumen que ocupa  $V$ , Donde:  $\rho$ = La densidad de una sustancia,  $A$ = área,  $V$ = unidad de volumen.

$$\rho * V * A = cte. \quad (1)$$

Una variante de la densidad de un fluido es el volumen específico la densidad presenta la cantidad de masa de una sustancia que hay en cada unidad de volumen lo que obtendremos será un número que nos indica la cantidad de volumen que es necesario coger para tener en él la unidad de masa del sistema[7][8]. Dónde:  $V_e$ = volumen específico,  $V$ = volumen de la sustancia,  $M$ = masa de la sustancia.

$$V_e = \frac{V}{m} \quad (2)$$

Las unidades en el S.I. son  $(kgm)^3$ . En los fluidos es muchas veces útil definir la densidad relativa  $\rho_r$  con respecto a la densidad del agua a 4 °C,  $\rho_{agua} = 1000 (kgm)^3$ . Donde:

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_{agua}} \quad (3)$$

$\rho_r$  = La densidad relativa.

$\rho$ = La densidad de una sustancia.

$\rho_{agua}$ = La densidad del agua.

### 2.1.2 Velocidad de un fluido

La resistencia al flujo de un líquido puede ser caracterizada en términos de la viscosidad del fluido si el flujo es suave. En el caso de una placa moviéndose en un líquido, se ha encontrado que hay una capa o lámina que se mueve con la placa, y una capa que está esencialmente estacionaria, si está próxima a una placa inmóvil. Hay un gradiente de velocidad a medida que se va desde la placa estacionaria a la placa móvil, y el líquido tiende a moverse en capas con velocidades sucesivamente mayores. A esto se llama flujo laminar este se cumple siempre que el módulo de Reynolds sea inferior a 2100 [9][8].

### 2.1.3 Flujo laminar

Cuando un fluido circula por un circuito hidráulico, cada una de sus partículas describe una trayectoria lineal bien definida. Estas líneas reciben el nombre de trayectorias de flujo o de corriente. Se dice que el régimen de circulación es laminar cuando la velocidad del fluido no rebasa ciertos límites y como consecuencia el movimiento de las partículas de fluido tiene lugar entre capas paralelas que no se entremezclan, siendo prácticamente paralelas las líneas de flujo a las paredes de los conductos[8].

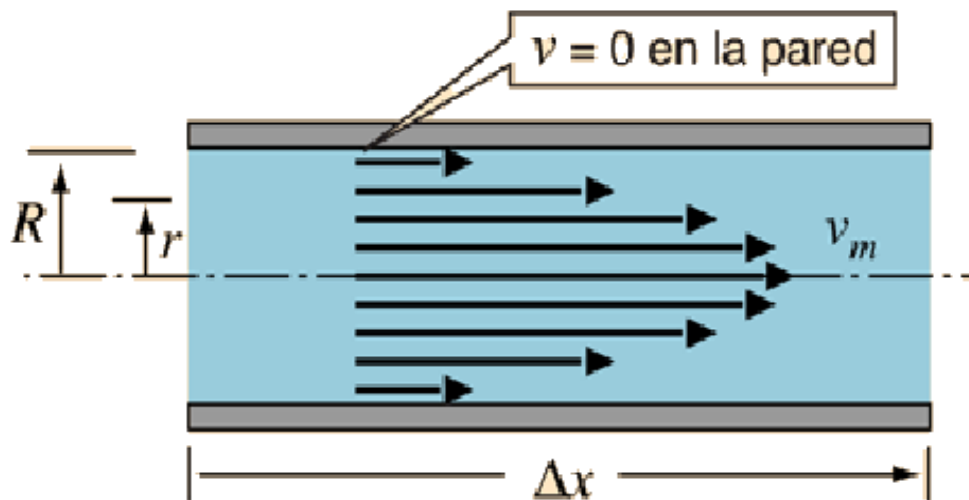


Figura 3. Flujo Laminar en el Tubo.  
Fuente: Imagen tomada de hyperphysics.

## 2.1.4 Flujo turbulento

Si la velocidad de circulación del fluido dentro la conducción supera un cierto valor, llamado velocidad crítica, las capas de fluido se entremezclan y las trayectorias se complican, dando lugar a la aparición de remolinos, en este caso se dice que el régimen es turbulento[9]. El tipo de flujo dentro de una conducción se puede prever a través un coeficiente llamado **número de Reynolds (NR)**. Este valor se define [8]. Donde:

$$NR = \frac{\rho \cdot v \cdot \phi}{\mu} \quad (4)$$

$\rho$  = es la densidad del fluido [kg/m<sup>3</sup>]

$v$  = es la velocidad del fluido [m/s]

$\phi$  = es el diámetro del conducto [m]

$\mu$  = es la viscosidad del fluido [N.s/m<sup>2</sup>]

## 2.2 LA HIDRÁULICA

Etimológicamente “La palabra Hidráulica viene del latín hidráulico y ésta del griego hidráulico que corresponde al término femenino de hidráulicas, que a su vez se deriva de hydraulis, cuya traducción al español podría ser tubo de agua, pues se compone de dos palabras: hydor = agua, y aulos = tubo[10]. Hidráulica, aplicación de la mecánica fluidos en ingeniería para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. La hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bomba y turbinas. Su fundamento es el principio de Pascal, que establece que la presión aplicada en un punto de un fluido se transmite con la misma íntegramente a todos los puntos del fluido y en todos los sentidos, así como a las superficie en contacto con el fluido[11][9]. Puede verse como una red interdependiente, cuidadosamente equilibrada. La idea básica detrás de cualquier sistema es muy simple, la fuerza que se aplica en un momento dado en un punto se transmite a otro punto en forma de fluido[12][13].Rigiéndola así unos principios fundamentales como lo son:

### 2.2.1 Volumen

Este representa el espacio que ocupa un cuerpo, en tres dimensiones espacio en lo ancho largo y alto y se representa en unidad de medida con el  $m^3$  sistema internacional, 1 litro =  $10^{-3} [m^3]$ , 1 litro = 0,2642 [galones].

$$V = \rho w A l \quad (5)$$

### 2.2.2 Masa

Es una de las propiedades intrínsecas de la materia, se dice que esta mide la resistencia de un cuerpo a cambiar su movimiento (desplazamiento o reposo) es decir; su inercia. La masa es independiente al medio que rodea el cuerpo. En palabras muy sencillas se puede expresar como la cantidad de materia que forma un cuerpo con una representación sistema internacional Kilogramo [Kg][14].equivalencias como lo son :1 [Kg] = 2,2046[ lb].

$$m = \rho w * A * l \quad (6)$$

### 2.2.3 Fuerza

Es una acción que permite modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo con representación sistema internacional Newton [N], equivalencias donde:

$$F = m * g \quad (7)$$

$$1 \text{ N} = 1[\text{Kg} * \text{m}/\text{s}^2]$$

$$1 \text{ N} = 0,22481 [\text{lb}]$$

### 2.2.4 Presión

Una columna de líquido ejerce por su propio peso, una presión sobre la superficie en que actúa. La presión, por lo tanto, estará en función de la altura de la columna (h), de la densidad y de la gravedad los fluidos en reposo la fuerza ejercida sobre una superficie debe

ser siempre perpendicular a la superficie, ya que, si hubiera una componente tangencial, el fluido fluiría. En el caso de un fluido en movimiento, si éste es no viscoso tampoco aparecen componentes tangenciales de la fuerza[11]. Dónde:

$$P = \rho w * l * g \quad (8)$$

P = Presión (Pascal = 1 [N/m<sup>2</sup>])

l = Altura [m]

$\rho$  = Densidad del agua

g = Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

### 2.2.5 Caudal

Se define como el volumen de fluido que atraviesa una determinada sección transversal de un conducto por unidad de tiempo. Unidades en sistema Internacional lb/min.[14] donde:

$$Q = A * V \quad (9)$$

*Q = caudal*

*V = velocidad*

*T = tiempo*

*d = es el ancho de la porción de fluido.*

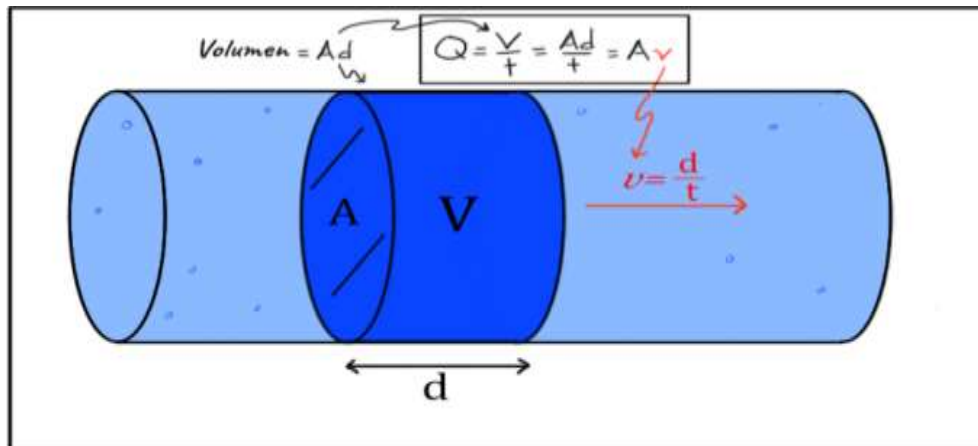


Figura 4. Tasa de Flujo Volumétrico.  
Fuente: Imagen tomada de. Khanacademy.

## CAPÍTULO 2

### 3 PLANOS Y DIAGRAMAS DE CONTROL P&DI PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DOMÉSTICO

En este capítulo partiré con la construcción del diagrama P&DI con el objeto de tener una idea completa del equipo elaborado en este proyecto, describiendo el proceso de control de acuerdo con la técnica descritas en la norma isa5.1, ya que este tipo de planos se utiliza para describir instrumentos y equipos que forman parte de nuestro trabajo visualizando los lazos de control implementados.

#### 3.1 Instrumentación sanitaria

La instrumentación sanitaria como definición, es la técnica y equipos que se ocupan de medir, transmitir y/o regular de forma automática, aquellas magnitudes físicas y químicas cuyo conocimiento es importante para el funcionamiento de un proceso, en términos de calidad y seguridad, ya que, para automatizar un proceso, es necesario disponer de información sobre su estado en forma precisa y confiable. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de las magnitudes del proceso, ejemplo: presión, temperatura, caudal, nivel, etc.

Un sistema de control exige incluir determinados instrumentos: unidad de medición, unidad de control y elemento final de control. Las normas ISA S5.1 establecen de manera uniforme y estándar los medios de representación, la identificación y funciones propias de los instrumentos o dispositivos, sistemas de instrumentación utilizados para la medición, seguimiento y control, presentando un sistema de designación que incluye sistemas de identificación y símbolos gráficos[19][20][21].

##### 3.1.1 Norma ISA (Instrument Society of America)

ISA-S5.1 (Identificación y símbolos de instrumentación).

ISA-S5.2 (Diagramas lógicos binarios para operaciones de procesos).

ISA-S5.3 (Símbolos gráficos para control distribuido, sistemas lógicos y computarizados).

ISA-S5.4 (Diagramas de lazo de instrumentación).

ISA-S5.5 (Símbolos gráficos para visualización de proceso).

### 3.2 Diagrama de instrumentación P&DI

El diagrama de instrumentación P&DI es una herramienta que describe el proceso de control fundamentada en la norma isa5.1, este diagrama nos describe instrumentos y equipos usados lazos de control implementados. Fue realizado en el programa EDRAW MAX en una versión libre.

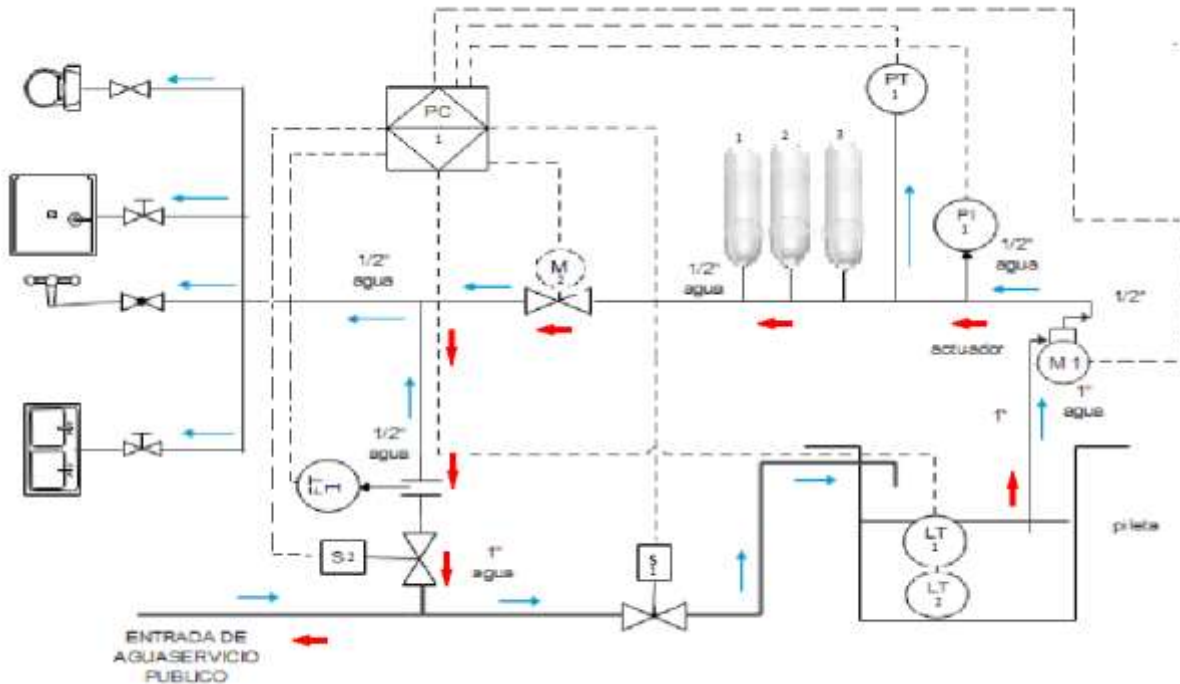


Figura 5. Diagrama P&DI realizado en el software EDRAW.  
Fuente: Diagrama diseñado por el autor.

#### ESPECIFICACIÓN:

- LT1= sensor trasmisor de nivel.
- LT2= sensor trasmisor de nivel.
- PC1= controlador programable.
- S1, S2=electroválvulas.
- M2= válvula motorizada.
- PI 1 =sensor de presión.
- PT1 = trasmisor de presión.
- FT1=trasmisor de flujo.
- M1= actuador.

### 3.3 Diagrama de tuberías

Diagrama de tubería P&ID (Piping and Instruments Drawings). Es un diagrama que muestra la interconexión de equipos de proceso e instrumentos utilizados para controlar el proceso. Representando diagramas de tuberías e instrumentos (P&ID) utilizando símbolos normalizados, mostrando la forma como está interconectado el sistema hidráulico construido con tubos PVC a 1/2" con presión máxima de 500 psi, partiendo de un suministro del agua por parte del servicio público a la vivienda donde se realizó la implantación, se conectó una electroválvula S1 y un sensor de flujo FT1 encargado de detectar si hay flujo o no, si este fuera el caso el sensor FT1 envía una señal al controlador PC1, este da la orden de cerrado la electroválvula S1 evitando el retorno de agua que se encuentra en el tanque de reserva, la red principal, provee de agua a la red hidráulica doméstica al mismo tiempo que al tanque de reserva, los sensores de nivel LT1 Y LT2 indican al controlador si el tanque de reserva demanda llenado, dando orden a la electroválvula S2 de llenado del tanque de reserva, si requiere de llenado o no, el sistema hidráulico de la vivienda, por otra parte se encuentra interconectada el actuador M1 acoplado directamente al sistema hidráulico doméstico en la succión de la bomba se encuentra a la entrada una válvula de sellado la cual evita la cavitación en el sistema, en la instrumentación se utilizó de manera general, tuberías, bombas, motores y otros elementos auxiliares. Los instrumentos del lazo de control abierto se representan por un círculo con las letras de designación del instrumento, así como el número identificativo del lazo de control al que pertenecen[20][21].

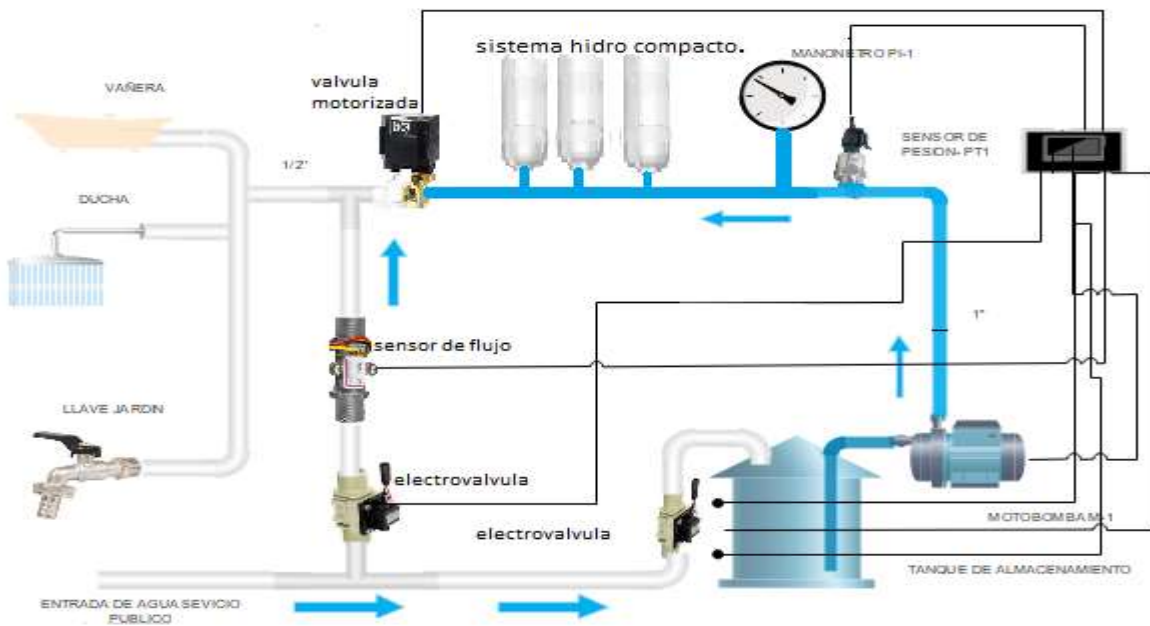


Figura 6. Diagrama de Tuberías realizado en el software EDRAW.

Fuente: Diagrama diseñado por el autor.



### 3.4 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE POTENCIA Y DE MANDO

#### 3.4.1 Diagrama de potencia

Para el diseño eléctrico de potencia fue implementado el diagrama el cual describe el proceso de funcionamiento eléctrico de los componentes utilizados para el sistema y su conexionado, siendo este una guía de conexión y configuración del cableado eléctrico.

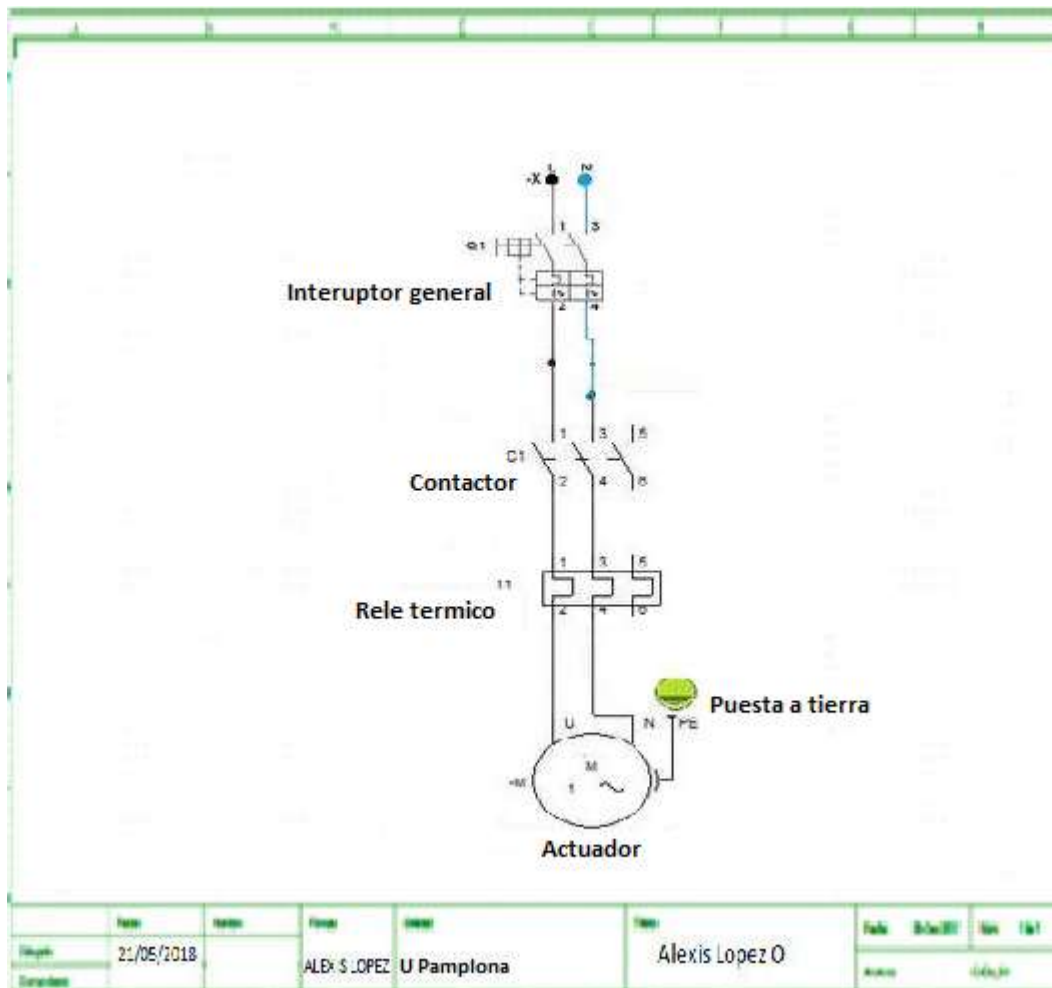


Figura 7. Circuito de potencia con el software cade\_simu.  
Fuente: Imagen realizada por el autor.

### 3.4.2 Diagrama de mando

Para el diseño eléctrico de potencia fue implementado el diagrama de mando el cual describe el proceso de control eléctrico y su conexionado

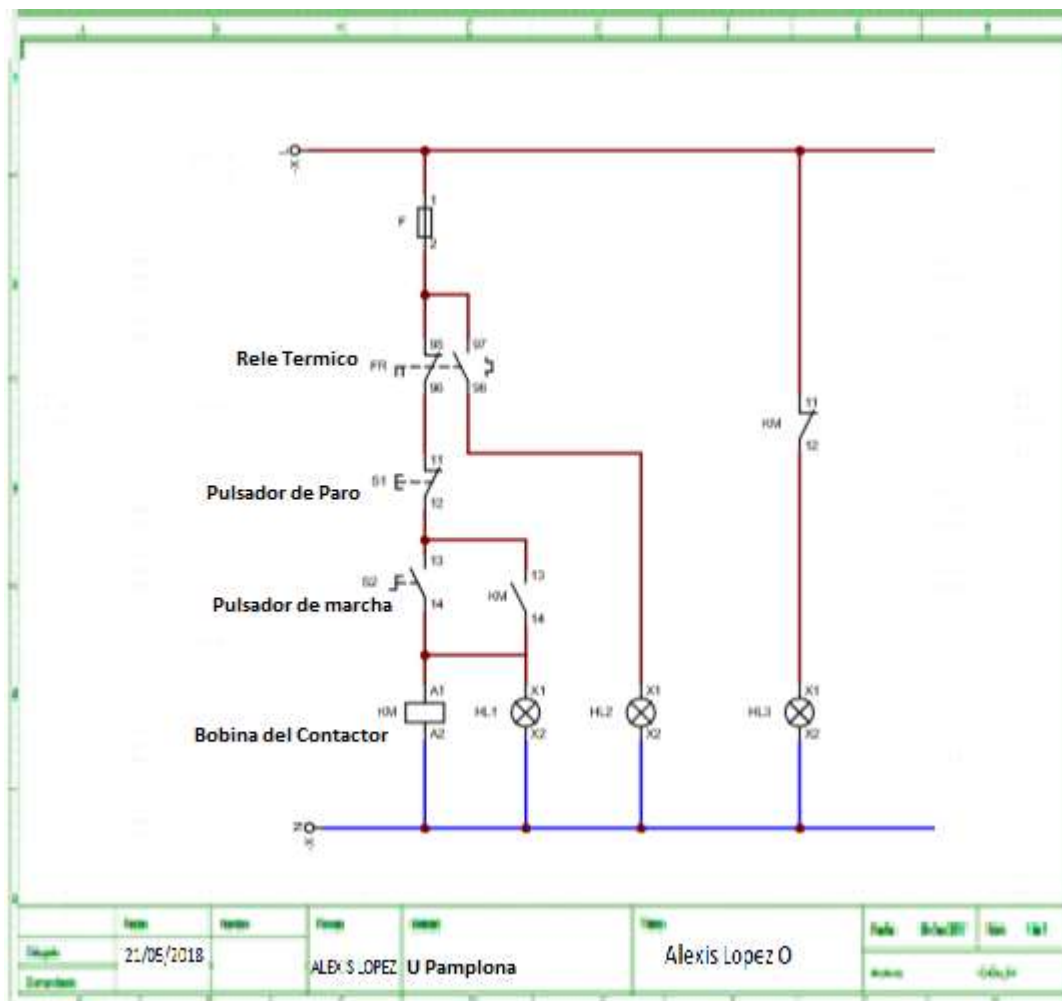


Figura 8. Circuito demanda con el software cade\_simu.  
Fuente: Imagen realizada por el autor.

## CAPÍTULO 3

### 4 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

En este capítulo se explica detalladamente cada componente, adquirido para el desarrollo del sistema de control. Durante el diseño e implementación del control automático, se tuvieron en cuenta las variables a controlar tales como: presión, nivel y flujo. Secuencia operativa del sistema, entradas, salidas del controlador y cada una de las características físicas de actuadores, sensores y otros. En todo proceso industrial donde existan variables que controlar tales amerita realizar un control que dependiendo de la complejidad de dicho proceso, consiguiendo pasar desde manual hasta complicados sistemas automáticos de control[23]. El sistema implementado hasta este momento no contaba con algún sistema de control automático. Con los avances actuales en los equipos de automatización, se puede implementar de manera inteligente y óptima el control del sistema hidráulico doméstico dando la solución idónea supliendo de una manera óptima ala necesidades de agua para el hogar a partir de una reserva de agua que se disponga.

#### 4.1 Fundamentación para el sistema de control

Un sistema de control automático es una interconexión de elementos que forman una configuración denominada sistema, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlarse por sí mismo. Un sistema o componente del sistema susceptible de ser controlado, al cual se le aplica una señal  $r(t)$  a manera de entrada para obtener una respuesta o salida  $y(t)$ , puede representarse mediante bloques[24][25]. En los sistemas de control existen dos grandes grupos de métodos: control en lazo abierto y control en lazo cerrado. Transmisor. El transmisor envía esta señal al controlador. El controlador compara la señal con el set point, y basado en la desviación, decide cual es la acción adecuada a realizar. La señal de salida del controlador posiciona el elemento final de control. El elemento final de control responde a la señal de salida cambiando el valor de la variable manipulada[26][23][25].

## 4.2 Control de dos posiciones (on -off)

El control de dos posiciones se basa en la apertura o cierre de un elemento final de control que va a regular o controlar la variable de entrada del proceso dependiendo de la magnitud en cada variable de salida del proceso llegue al set- point tanto en sentido ascendente como descendente.[25][26]

### 4.2.1 Selección del tipo de control

Al seleccionar apropiada del tipo de control a utilizar se consideraron las características de varios tipos de control mediante una tabla de comparación.

Tabla 1. Características de los Tipos de Control.

CONTROL	PROCESO		CAMBIO DE ESTADOS	APLICACIONES
	CAPACITANCIA	RESISTENCIA		
todo o nada	Grande	Cualquiera	cualquiera	Control de nivel y presión flujos procesos de gran capacidad
flotante	media	cualquiera	cualquiera	Procesos con pequeños tiempos de retardos
proporcional	Pequeña a media	pequeña	moderado	Presión, nivel donde el offset no es inconveniente
Proporcional +integral	cualquiera	Pequeña	cualquiera	En la mayor parte de aplicaciones
Proporcional +derivativa	media	pequeña	cualquiera	Cuando es necesario una gran estabilidad con un offset mínimo sin necesidad de acción integral
Proporcional + derivativa+ integral	cualquiera	grande	rápido	Procesos con cambios rápidos

De acuerdo con la descripción de la tabla el tipo de control más adecuado es el todo o nada (on-off), debido a que en éste proceso el offset no es inconveniente, también la capacitancia la resistencia del proceso son relevante, los cambios en la carga van a ser significativos para el este tipo de control, este proceso es de uso doméstico y el tipo de control no se lo debe implementar de otra manera ya que el sistema no lo requiere y por ende su costo incrementaría.

### 4.3 Función de transferencia del llenado

Para la ecuación de transferencia del llenado tenemos que:

$$Q_i = Q_c + V \quad (10)$$

Como la salida del agua no es constante entonces.

$$1) Q_c = 0$$

Quedando la entrada por la velocidad de entrada del agua.

$$V = A * h \quad (11)$$

$$2) Q_i = V, \quad 3) V = A * h$$

En la ecuación que se refiere a la entrada del flujo de agua donde está delimitada el área por la altura del tanque.

$$4) Q_i = A * h$$

Donde  $Q_i$  es el cambio con respecto al tiempo.

$$5) Q_i(t) = A \frac{dh}{dt}$$

Como resultado tenemos la ecuación la de transferencia que nos describe de la variación de la altura con respecto al tiempo del llenado del tanque del sistema hidráulico.

$$6) \frac{dh}{dt} = \frac{Q_i(t)}{A}$$

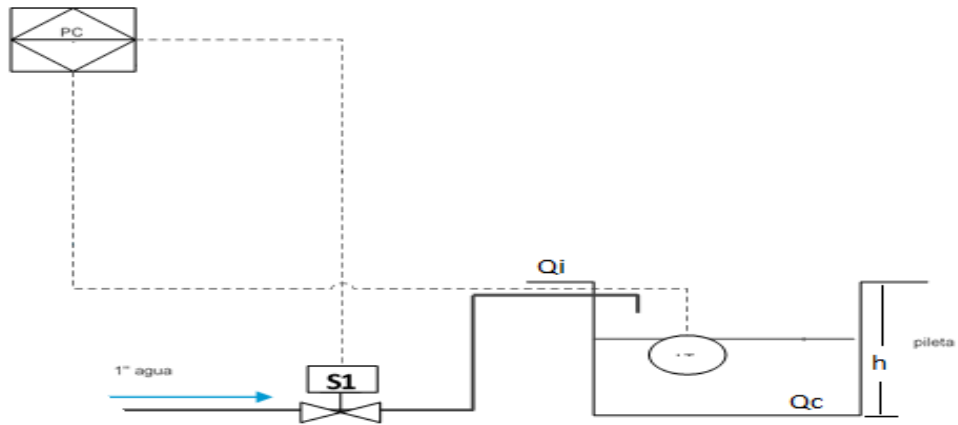


Figura 9. Diagrama de Llenado del Tanque realizado en el software EDRAW.  
Fuente: Diagrama diseñado por el autor.

#### 4.3.1 Lazo de control del llenado

El suministro de agua proveniente de los servicios públicos pasa por medio de una electroválvula hasta un tanque o pileta donde se almacena, el nivel de agua es censado por medio de dos interruptores de nivel (alto y bajo) y dicha información es enviada hasta un PLC zelio, éste toma decisiones dependiendo de los valores de set-point almacenados y controla la electroválvula hasta conseguir los valores deseados en el proceso.



Figura 10. Sistema de Control de Nivel realizado en el software EDRAW.  
Fuente: Diagrama diseñado por el auto.

## 4.4 Componentes del sistema de control

### 4.4.1 Electroválvulas

En el diseño para el control de llenado del tanque y transferencia se estipulo la utilización de electroválvulas las cuales son las que permitirán el flujo o paso del agua en la red hidráulica atreves de ellas, para el llenado, o para la utilización de la red pública en el caso contrario impidiendo que retorne el agua del almacenamiento a la red pública. Cumpliendo estas con los requisitos de diseño de acuerdo con su voltaje de operación y presión de trabajo.



Figura 11. Electrovalvula solenoide.  
Fuente: Imagen tomada de vistronica.

#### ESPECIFICACIÓN:

Gama de presión: 0.2MPa

Material: Metal + plástico

Voltaje: 12V DC

Presión: 0.02- 0.8Mpa

Conector: diámetro exterior 1/2

Diámetro interior: 14 mm / 0.55"

Tipo de válvula: diafragma solenoide

Modo de operación: normalmente cerrado

#### 4.4.2 Sensor de nivel de líquidos

De acuerdo con la necesidad de controlar el nivel de llenado del tanque de almacenamiento se eligió el sensor de nivel siendo este el más idóneo para el sistema cumpliendo con las expectativas y exigencias de diseño, encontrándose dispuestas en el nivel alto y bajo del tanque de reserva.



Figura 12. Sensor de nivel.  
Fuente: Imagen tomada de vistronica.

#### ESPECIFICACIÓN:

Material: PVC

Contacto Max: 10 W

Tensión de conmutación máx.: 100 V DC

Corriente de conmutación máx. 0.5A

Tensión de ruptura máx.: 220 V DC

Corriente de transporte máx.: 1a

Resistencia de contacto máx.: 100mΩ

Temperatura máxima: -30 ~ + 125 °



### 4.4.3 Sensor de flujo

Para el monitoreo del flujo se escogió el componente de instrumentación el sensor de flujo cual posee las características adecuadas, teniendo el comportamiento de operación necesario para la exigencia del sistema hidráulico domestico será quien monitoree la velocidad adecuada del agua en la tubería censando el paso de agua, quien detecta si en la red de agua publica se encuentra en servicio o de lo contrario da paso a la transferencia habilitando la reserva que se activa por una electroválvula.



Figura 13. Sensor de flujo.  
Fuente: Imagen tomada de vistronica.

#### ESPECIFICACIÓN:

Conector: G1/2"

Resistencia a presión de agua: > 1.75MPa

Resistencia de aislamiento: > 100M

Precisión:  $\pm 10\%$

Caudal: 1 ~ 30L /min

Flujo características del pulso:  $(5 * Q) Q = l / \text{min} \pm 3\%$

Salida: > DC 4.7V

Voltaje de entrada DC 5V

## 4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE PRESIÓN

Este diagrama describe los posibles estados en que se encuentra el sistema de presión obtenida de la respuesta del sensor, ya que por medio de este habilita o inhabilita la bomba de agua, la cual provee presión y caudal al sistema.

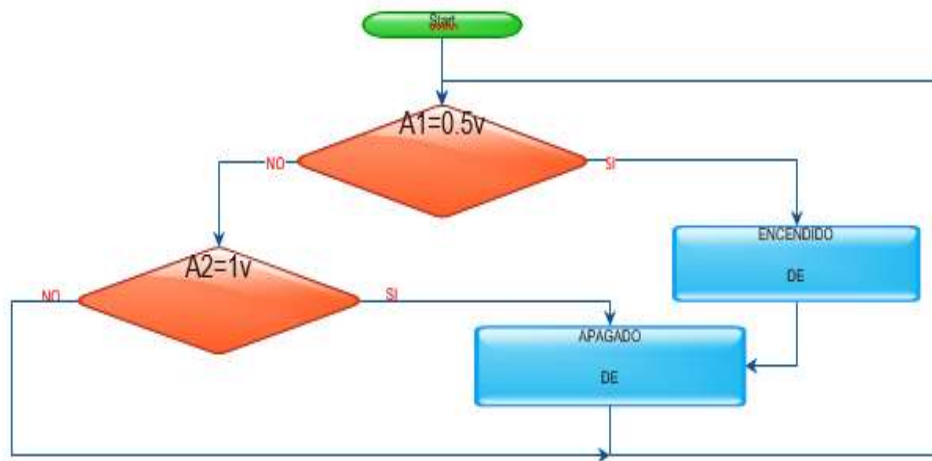


Figura14. Diagrama de Flujo llenado del tanque en el software en el software EDRAW.

Fuente: Diagrama diseñado por el auto.

### 4.5.1 Cálculos para el sistema de tubería

El sistema de distribución de suministro de agua para una vivienda es diseñado de tal manera que establezca los aparatos y equipos con la mínima cantidad de agua necesaria para obtener un funcionamiento que satisfaga los requisitos de salubridad con presiones y velocidades adecuadas contemplados en la Norma NTC1500. [13]

Tubos PVC de presión

Diámetro 1/2", 21mm

r=10.5mm

Presión máxima 3,45Mpa ,500.13  $\frac{lb}{pul^2}$  [psi]

Caudal = Qmax 35 l/mi

$$1) Q = V * A$$

Donde:

$$2) A = \pi r^2$$

$$3) \pi = 360$$

$$4) 35 \frac{lt}{min} = V * (360 * 10.5^2 mm^2)$$

$$5) 35 \frac{lt}{min} * \frac{1 cm^3}{0.001 lt} * \frac{60s}{1min} = V * (360 * 10.5 \frac{mm^2}{1} * \frac{cm^2}{10mm^2})$$

$$6) 583.33 \frac{cm^3}{s} = V * (360 * 1.05 cm^2)$$

$$7) \frac{583.33 \frac{cm^3}{s}}{(360 * 1.05 cm^2)} = V$$

$$8) V = 1.080 \frac{cm}{s}$$

#### 4.5.2 Velocidad de agua en varias secciones

$$1) \rho * V * A = cte.$$

$$2) \rho * V * A = \rho_1 * V_1 + \rho_2 * V_2$$

Siendo la densidad del agua igual tenemos que

$$3) V * A = V_1 * A_1 + V_2 * A_2$$

Las secciones del tubo son todas iguales tenemos

$$4) V = V_1 * V_2$$

$$5) V = nV_2$$

A= área

V=velocidad de flujo

$\rho$ = densidad dl agua

N= número de salidas

Los cálculos para la velocidad es la apropiada para la conducción de agua en la red de tubería de polietileno (PVC), contemplada en la Norma NTC 4585 (ISO 4427) Tubos de polietileno para la distribución de agua [13].

#### 4.5.3 Presión del agua en el sistema hidráulico

La presión de agua en la tubería es quien me proporciona la velocidad de flujo que a su vez me brinda el agua en el lugar de necesidad por el usuario, este parámetro es monitoreado ya que es quien me proporciona los parámetros de operación.

$$P = F/A \quad (12)$$

Remplazando en la ecuación tenemos que:

$$1) \quad p = 1000 \frac{Kg}{m^3} * 5.2m * 9.81 \frac{m^2}{s}$$

Donde la fuerza es:

$$2) \quad F = m * g$$

$$3) \quad P = \frac{m + g}{A} = \frac{\rho w * A * l * g}{A}$$

$$4) \quad P = \rho w * l * g$$

$$5) \quad 510010 \frac{Kg}{m * s}$$

$$6) \quad 5.1 * 10^{-5} Mpas$$

Donde:

$$\text{Gravedad} = 9.81 \frac{m^2}{s}$$

$$\text{Densidad del agua} = 1000 \frac{Kg}{m^3}$$

Largo de la tubería = 5.2m.

De acuerdo con los cálculos realizados se escoge el sensor de presión para hacer el monitoreo de sistema hidráulico domestico haciéndolo trabajar dentro del régimen calculado que se encuentra en el orden de los  $5.1 * 10^{-5} \text{Mpas}$  que corresponde a la presión dentro de la red hidráulica de 5m cumpliendo con la norma NTC1500.[13]

#### 4.5.4 Capacidad mínima para el tanque de reserva

El mínimo vital de litros de agua para el gasto de una persona en un día está dispuesto en la norma NTC1500 ya que estipula que son 200 l/persona aproximados en este caso tenemos que la ecuación.

$$\text{VALM} = \text{CONSUMOPROMEDIO} * \text{NPERSONAS} \quad (13)$$

1)  $\text{Valm} = 200\text{lt} * 1$

200 l/persona aproximados.

**Valm**=volumen de almacenamiento.

**consumopromedio** = Consumo promedio por día por habitante.

**Npersonas**= Número de usuarios a quienes se les va a suministrar agua.

El tanque de reserva cumple con los requisitos mínimos para volumen de almacenamiento vital de una persona en un día, mediante la anterior ecuación se puede dar un estimado a la cantidad de agua que se necesitaría una familia u/o comunidad, dependiendo lo estipulado según la ley que nos dice que el consumo de una familia está (0hasta 20 m3) mensuales.

## 4.5.5 Sensor de presión

En la escogencia de los componentes de instrumentación se optó por el sensor de presión ya que tiene el comportamiento y características de operación adecuadas para la exigencia del sistema hidráulico domestico el cual será quien monitoree el estado de presión en la tubería y se describiendo su comportamiento en la gráfica 42 de presión vs voltaje.



Figura 15. Sensor de presión.  
Fuente: Imagen tomada por vistrónica.

### ESPECIFICACIÓN:

Voltaje de trabajo: 5V DC

Voltaje de salida: 0.5-4.5V DC

Material del sensor: aleación de acero al carbono

Corriente de trabajo: = 10mA

Rango de presión de trabajo: 0-1.2MPa

La presión más grande: 2.4MPa

Temperatura trabajando. Rango: 0-85%

Error de medición:  $\pm 1.5\%$  FSO

Error de rango de temperatura:  $\pm 3.5\%$  FSO

Tiempo de respuesta: = 2.0ms

Vida del ciclo: 500,000p

#### 4.5.6 Curva característica del sensor de presión

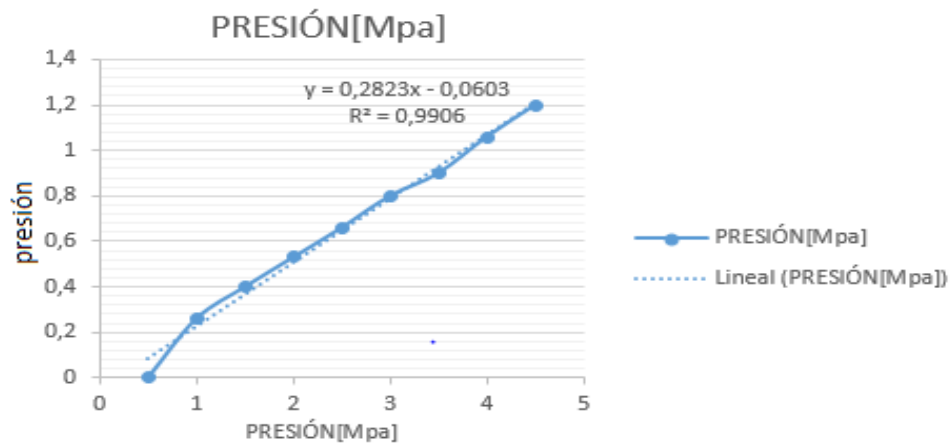


Figura 16. Comportamiento del Sensor de Presión realizado en el software Microsoft Excel.  
Fuente: Imagen diseñada por autor.

### 4.6 INSTRUMENTACIÓN PARA EL SENSOR DE PRESIÓN

#### 4.6.1 Encendido de bomba

En la instrumentación se utilizó amplificadores operacionales de tipo comparador de tal forma que cuando el sensor arroja su valor mínimo de 0.5 voltio siendo este voltaje comparado con un valor de referencia del mismo valor produciéndose a la salida del LM358 un alto el cual alimenta un transistor 3904 por su base para así aumentar el valor de la corriente de salida por el colector este activando un relé con 5 voltio en su bobina que activa contactos dando una orden de alto de 24 voltio señal que entiende el controlador lógico programable zelio para ejecutar la orden de encendido de la bobina del contactor dando paso al encendido de la bomba.

#### 4.6.2 Apagado de bomba

En la instrumentación para el apagado de la bomba se utilizó del mismo modo que el en el encendido amplificadores operacionales para comparar 1 voltio de la salida del sensor de presión el cual me censa una presión de 0,58Mpa y con el mismo valor para el voltaje de referencia, En la salida del amplificador operacional, la cual comunica por medio de un relé con salida de 24 voltios al controlador lógico programable para que mande la orden al contactor para el parado de la bomba.

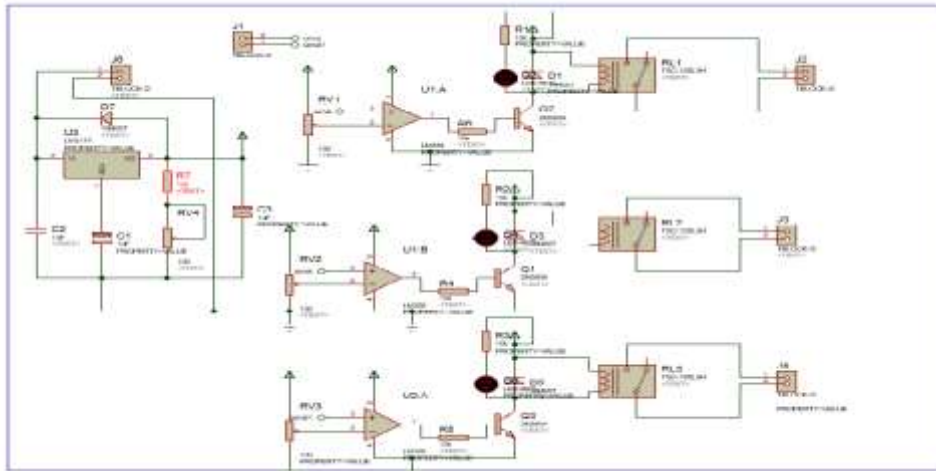


Figura 17. Circuito de instrumentación diseñado en proteus.  
Fuente: Imagen diseñada por el autor.

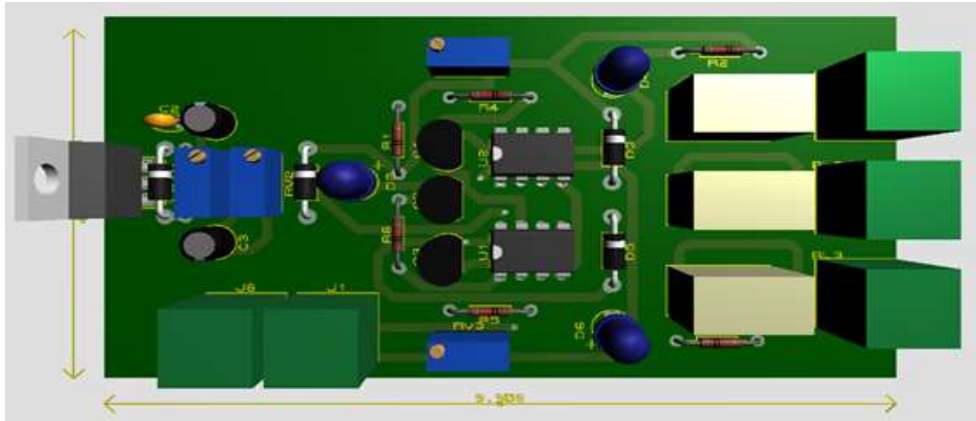


Figura 18. Circuito de instrumentación en 3D diseñado en software proteus.  
Fuente: Imagen diseñada por el autor.



Figura 19. Circuito de instrumentación final.  
Fuente: Foto tomada por el autor.



## CAPÍTULO 4

### 5 SISTEMA DE CONTROL DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICO AUTOMÁTICO.

En el presente capítulo se establecen las condiciones para la definición y estimación de los parámetros de diseño que se deben tener en la implementación y puesta en marcha, operacional del sistema de distribución hidráulico doméstico, limitándose a las redes de tipo convencional.

#### 5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO DOMESTICO

##### 5.1.1 Controlador lógico programable (plc) zelio soft SR3 B261BD

En la implementación se tuvieron en cuenta los cálculos y diagramas dispuestos en los capítulos anteriores con base a esto se escogió el controlador lógico programable zelio soft SR3 B261BD cumpliendo este con las características para la implementación del sistema de control on off. Por su fácil acceso, su bajo costo y confiabilidad en su estructura.

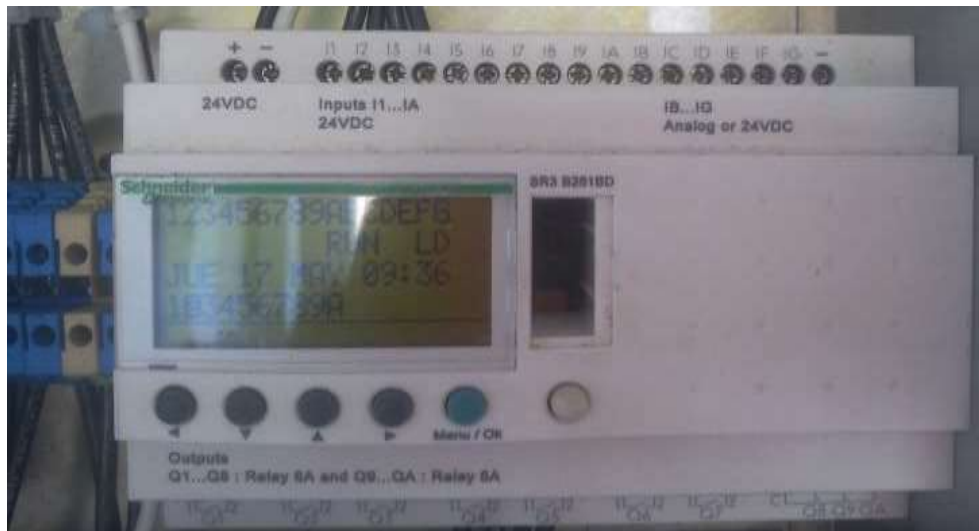


Figura 20. Foto del plc zelio logic SR3 B261BD.

Fuente: Foto tomada por el autor.

Tabla 2. Características del zelio soft SR3 B261BD.  
Fuente: Tabla realizada por el autor

<b>CARACTERÍSTICAS DEL PLC - SR3 B261BD</b>	
<b>Número de líneas esquema de control</b>	120 Lader 200 con FBD
<b>Tiempo de ciclo</b>	6...90ms
<b>Límites de tención de alimentación</b>	19..a 30 voltios
<b>Tención de entrada digital</b>	24 voltios
<b>Número de entradas digitales</b>	16
<b>Tipo entradas digitales</b>	Resistivo
<b>Potencia</b>	6w
<b>Corriente de alimentación</b>	200ma

### 5.1.2 Contactor

El tablero de control posee un contactor, que, a diferencia de los relés, manejan mayores corrientes y controlan a dispositivos de mayor potencia, aislando el sistema de control del sistema de potencia, son de estado normalmente abierto en esta implementación se usó el contactor para realizar el encendido de la bomba por medio de la orden directa del plc.



Figura 21. Foto del contactor  
Fuente: Foto tomada por el autor.

## ESPECIFICACIÓN:

c8	09	10	p7
			<b>código bobinas</b>
		<b>cantidad de contacto</b>	
		10 :3NO +1NO (le=32A)	
		01: 3NO +1NC (le=32A)	
		11: 3NO +1NO+1NC (le=32A)	
		004:4NO(excepto le=18A & LE =32A)	
		008: 2NO+2NC(excepto le=18A & LE =32A)	
	<b>corriente nominal de trabajo en la</b>		
	09,12,18,25,32,40,50,65,80,95		
<b>Código de la serie</b>			

Nota: El contactor de la base y contacto con el servicio de asistencia técnica tienen colores blanco y negro para la selección

Figura 22. Características de corriente del contactor  
Fuente: Imagen tomada del datasheet 3sc1810.

### 5.1.3 Guarda motor

El tablero de control posee un guarda motor, el cual está conectado en paralelo con el contactor, brindado la seguridad por cortocircuito del sistema siendo un dispositivo que se activa mediante el paso de elevadas corrientes o el aumento de la temperatura, Este dispositivo aísla el sistema de potencia por cualquier eventualidad dando un paro de emergencia, son de un contacto on off, el trabajo realizado en esta implementación es de realizar la protección pertinentes por corto circuito ya que actúa sobre un rango de operación de 17 a 23 A y temperatura de -20 hasta 60°C. Cumpliendo con la corriente de consumo de la electrobomba.



Figura 23. Foto del guarda motor GV2ME21.  
Fuente: Foto tomada por el autor.

#### ESPECIFICACIÓN:

##### Descripción de polos 3P

Tipo AC

Categoría conforme a IEC 60947-2

Categoría de instalación AC conforme a IEC 60947-4-1

Frecuencia 50/60 conforme a IEC 60947-4-1

Rango de protección  
térmica 17....23 A

Temperatura de operación ambiente -4 ....140°F(-20...60°C)

Figura 24. Características del guarda motor.  
Fuente: Imagen tomada del datasheet GV2ME21.

## 5.1.4 Interruptor térmico

Se utilizó un interruptor térmico para proteger la fase de la energía de la entrada de corriente alterna monofásica, instalado en el tablero de control. Dicho interruptor térmico es de tipo unipolar C32. Siendo sus características las apropiadas para el sistema.



Figura 25. Foto de interruptor automático  
Fuente: Foto tomada por el autor

### Características técnicas

- Normas: IEC 60898-1
- Certificados CE. SEMKO, CB
- Rango de intensidad  $I_n(A)$ : 1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32
- Rango de tensión  $U_n(VAC)$ : 230/400
- Tensión de trabajo (VAC):  
Min :24  
Max:250/440
- Tensión de aislamiento(VAC):500
- Números de polos 1, 2, 3, 4
- Características de las curvas de disparo B, C, D  
Curva B( $I_n$ ):3-5  
Curva C ( $I_n$ ):5-10  
Curva D ( $I_n$ ):10-20
- Grado de protección IP20
- N° de maniobras eléctricas 4000
- N° de maniobras mecánicas 10000

Modelo	Tension (v)	Icu = Ics (KA)
3SB1-63	1P:120	6

Figura 26. Características de interruptor  
Fuente: Imagen tomada del datasheet 3SB1-63 - 6KA.

### 5.1.5 Electroválvulas

En la implementación se utilizaron tres electroválvulas para el control de flujo de agua por la tubería de la casa, se encuentra a cargo de una electroválvula, de tal forma que cuando el sensor detecte que hay agua proveniente del servicio público esta se abre suministrando el servicio en la casa y a su vez dando paso al llenado del tanque si este lo requiere por medio de la válvula interna de llenado, Ahora si no hay flujo externo se presenta el caso contrario y se abre la válvula de la sistema de respaldo.



Figura 27 .Foto de la electroválvula.  
Fuente: Foto tomada por el autor.

Tabla 3. Características de la electroválvula 2W-160-10.  
Fuente: por el autor.

<b>CODIGO</b>	251003
<b>REFERENCIA</b>	UW-10-NO
<b>DIMENSIÓN</b>	70 X 100 X 50mm
<b>CONEXION</b>	3/8" NPT /15mm
<b>CUERPO</b>	BRONCE
<b>TEMPERATURA DE FLUIDO</b>	-5 a 80 °C
<b>PRESION</b>	73.5PSI

### 5.1.6 Sensor de nivel

Este sensor cuenta con un imán permanentemente, cuando el flotador asciende y desciende con el nivel del líquido, el campo magnético, generado desde dentro del flotador, activa un interruptor magnético que se encuentra en su interior, herméticamente sellado (cerrando un circuito eléctrico) estos son instrumentos que trabajan como un interruptor de contacto (Reed switch). Con ellos, se consiguen soluciones versátiles y de bajo coste para la automatización y se usó en la implementación para el control del nivel del agua en el tanque de reserva con un voltaje de actuación de 0voltios para el llenado y 24voltios para el cerrado de la válvula, esta orden de abertura y de cerrado la manda el plc zelio logic SR3B261BD.

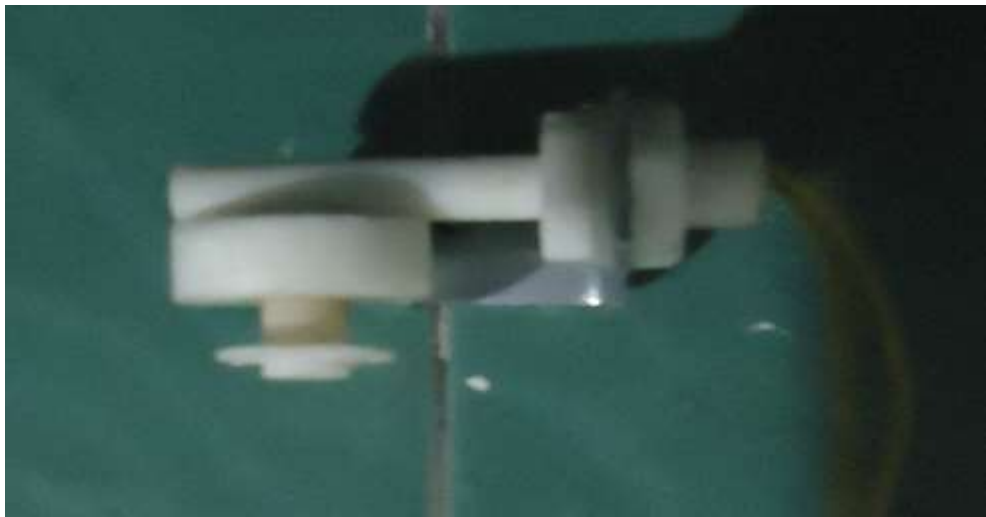


Figura 28. Foto del sensor de nivel.  
Fuente: Foto tomada por el autor.

#### ESPECIFICACIÓN:

Tensión de máxima: 100V DC.

Corriente de conmutación máxima: 0.5 A.

Corriente de carga máxima: 1.0 A.

Temperatura de trabajo: -30 ~ + 80 ° C

### 5.1.7 Tubos de PVC (cloruro de polivinilo).

Los tubos utilizados en la implementación son de tipo PVC para agua a presión. Estos ductos se utilizan para llevar el agua a diferentes puntos de la vivienda con un diámetro estandarizado de  $\frac{1}{2}$ " , cumpliendo con los requisitos calculados para el sistema de distribución para las REDES HIDRÁULICAS DOMÉSTICAS. En Colombia la tubería de polietileno está regulada en la Norma NTC 4585 (Antecedente ISO 4427) [31], [32].



Figura 29. Tubos PVC.  
Fuente: Imagen tomada de Pavco.

Especificación:

Medidas:  $\frac{1}{2}$ "

Presión: 500psi

Nombre funcional tubo: PVC.

## 5.2 MOTORES Y BOMBAS

El motor eléctrico son máquinas rotativas que convierte la potencia eléctrica en potencia mecánica de rotación que esta expresada en (rpm). Por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas, esta es la base del motor eléctrico. De modo que, en esencia, una misma máquina puede emplearse como generador o como motor; si se le aplica energía mecánica, generará electricidad, y si se le aplica electricidad, producirá energía mecánica[26][35][36].



Los parámetros para el cálculo de carga para motores eléctrico de la intensidad de corriente que consumen a carga plena.

$$I = \frac{W}{(VFF * FP * \sqrt{3})} \quad (14)$$

La equivalencia en vatios de un caballo de fuerza es:

$$1) 1HP = 746 W$$

Para una potencia de ½ HP

$$2) \frac{1}{2HP} = \frac{746}{2} W$$

Tenemos como resultado en vatios

$$2) \frac{1}{2HP} = 373W$$

Remplazando en la ecuación tenemos que la intensidad eléctrica es:

$$3) I = \frac{373}{(110 * 0.75 * \sqrt{3})}$$

Respuesta de la corriente a plena carga

$$4) I = 2.81 Am$$

Donde:

I = Corriente Eléctrica.

W = Carga Eléctrica.

Fp = Factor de potencia (0.75).

Vff = Tensión entre fase.

### 5.2.1 ELECTROBOMBAS PERIFÉRICAS (QB-60).

Las bombas periféricas QB-60 han sido diseñadas para bombear agua limpia. El cuerpo de bombas está construido en fundición gris y el impulsor en latón, confiriéndole a robustez y un buen comportamiento a las presiones desarrolladas por esta clase de bombas. Los parámetros para el cálculo de carga para motores y controladores determinaron la potencia con que operan las máquinas asumiendo carga plena de trabajo, la cual arrojo como resultado donde este tipo de bomba cumple con las exigencias y características necesarias para sistema de distribución hidráulica domestica donde mantendrá una presión, caudal constante en cada toma de agua en la vivienda.



Figura 30 .Foto de Bomba periférica (QB 60).  
Fuente: Foto tomada por el auto.

Tabla 4.Características de la Bomba Periférica (QB 60)

CARATERISTICAS A 60Hz	QB 60
VOLTAJE-FRECUENCIA	110V ~ 60Hz
VELOCIDAD EN VACIO	3450 rpm
POTENCIA (KW)	½ HP - 0.37 kw
CAUDAL MAXIMO (l/min)	33 l/min
ALTURA MANOMETRICA MAXIMA	25m – 82ft
PESO	4,0Kg - 8,8lb
GRADO DE PROTECCION	IP 44
DIAMETRO	1"
COLOR	VERDE
TEMPERATURA MAXIMA DEL AGUA	40°C

### 5.3 EL Tanque de Reserva

El tanque de reserva para el agua potable domiciliario está dispuesto en un lugar de la vivienda donde se tiene acceso directo a él, en caso de necesitar el agua que esta alberga tendrá una apertura donde se pueda extraer el líquido almacenado y está constituido por unas dimensiones determinadas por las necesidades del usuario en conjunto con la norma NTC1500[13] estipulando la cantidad mínima de agua para un usuario en un día de 230 Lt por persona , para la implementación de este proyecto se usó un tanque de almacenamiento en hormigón con unas medidas ideales para el respaldo de una persona en un día , el agua es succionada por la bomba la cual irriga la tubería de la vivienda brindando una presión de  $5.1 \cdot 10^{-5} \text{Mpas}$  y un caudal de  $V = 1.080 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$  a lo largo de la tubería dando a lugar al suministro en donde el usuario en la vivienda por medio de una llave da paso a la variación de la presión activando o desactivando el sistema.



Figura 31. Foto del tanque de reserva.  
Fuente: Foto tomada por el autor.

#### ESPECIFICACIÓN:

Ancho del tanque= 0.40 mt.

Largo del tanque= 0.60 mt.

Altura útil del tanque= 0.70mt.

El nivel básico consumo de agua para la población colombiana que rige actualmente es de (1 hasta 20 m<sup>3</sup>) /suscriptor/mes para un consumo básico con un aproximado esta puede variar por (1 hasta 3 m<sup>3</sup>) /usuario/mes.

## 5.4 Sistema Hidroneumático Compacto

El sistema hidroneumático (agua-aire) es una forma de mantener presión y respaldo de agua en el Sistema hidráulico doméstico, el tiempo de encendido o apagado de la bomba de agua se maneja de acuerdo a la cantidad de espacio que se deja en el recipiente donde se acumula aire creando una presión interna hasta de 700 kPa sin problemas., el sistema cuenta con un sensor de presión quien monitoriza las variaciones de presión en la tubería donde se encuentra conectada en serie con el sistema hidro compacto, este sistema permite ajustar la cantidad de recipientes aumentando la cantidad de agua de respaldo y a su vez el tiempo de encendido de la bomba ,este sistema es sumamente económico y una de las formas de contribuir con medio ambiente en reutilización de las botella de plástico corriente de refresco de dos o tres litros ya que en Colombia existen muy pocas empresas que se dedican a este tipo de reciclado es una alternativa para reciclar y optimizar el Sistema hidráulico domestico a bajo costo.



Figura 32. Foto de sistema hidro compacto.  
Fuente: Foto tomada por el autor.

# CAPÍTULO 5

## 6 DISEÑO DE SUMINISTRO ELECTRICO FOTOVOLTAICO

En el presente capítulo se conocerán, fundamentaran las condiciones, elementos y sistema para los parámetros de diseño del suministro eléctrico fotovoltaico que se deben tener en cuenta para la implementación y puesta en marcha operacional en sistema de distribución hidráulico doméstico ya que el suministro eléctrico fotovoltaico brindando soporte y estabilidad eléctrica permanente en la parte de control a su vez disminuyendo los costos de operación. De acuerdo a la ley 697 del 2001 la cual promueve la utilización de energías alternativas mediante el Programa de Uso Racional de la Energía (PROURE) y, siguiendo el plan de acción anual 2015, en el que se definen estrategias a desarrollar para permitir un resultado positivo en lo que se refiere a productividad, competitividad, disminución de la intensidad energética y de los impactos ambientales[39].

### 6.1 GENERADOR FOTOVOLTAICO (PANELES SOLARES).

El sistemas hidráulicos domestico dispone de un sistema fotovoltaico el cual se compone inicialmente por paneles solares y estos constituido por gran número de celdas interconectadas en serie y/o paralelo, son las encargadas de transformar la energía del Sol en energía eléctrica, estos módulos fotovoltaicos producen corriente continua, a una tensión nominal de 12 voltios lo cual es el voltaje con el que se encuentra trabajando el sistemas de control y será quien alimentara de manera permanente el sistema de control Es importante fijarnos siempre en la curva I-V que proporciona cada fabricante en sus hojas técnicas y en la influencia de la temperatura en la corriente y tensión del módulo a la hora de la escogencia de los paneles.



Figura 33. Panel solar policristalino 55w.  
Fuente: Foto tomada por el autor.

### 6.1.1 Delimitación del sistema fotovoltaico

Para la correcta ubicación de los captadores solares se tienen en cuenta las orientaciones de latitud, longitud, e incidencia solar  $M^2$  ya que estos parámetros que me definen la posición correcta en el área de localidad a utilizar el sistema, podemos elegir diferentes métodos para la obtención de las coordenadas geográficas, en nuestro caso se escogió la herramienta de google mapas de acuerdo con estas coordenadas se garantiza la radiación en los paneles, según la tabla y sistemas meteorológicos de los meses de menos y mayor radiación solar tomando los valores.



Figura 34. Coordenadas geográficas.  
Fuente: Imagen Tomada de google mapas.

Ciudad: Pamplona norte de Santander

Latitud [°]: 7°.2231N

Longitud [°]:72°.3852W



Figura 35. Irradiación solar por mes.  
Fuente: Imagen tomada del software pvgis.

## 6.1.2 Modelo de utilidad fotovoltaico

En los parámetros de diseño en la implementación y puesta en marcha, para el sistema fotovoltaico de sistema hidráulico doméstico, se tuvo en cuenta la potencia de consumo eléctrico de los dispositivos de control e instrumentación, utilizados para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas alimentados por el suministro fotovoltaico, ya que este no incrementa el consumo eléctrico domiciliario manteniendo a el equipo en funcionamiento las 24 horas del día durante los siete días de la semana.

Tabla 5. Datos y Cálculos de Consumo del Sistema.

Fuente: por el autor.

Nombre del equipo	Cantidad	Voltaje [V]	Corriente [Amperios]	Horas uso	Potencia $P = V * I$ [W]	Energía $E = P * T$ Wh/día
Controlador lógico programable (plc)	1	24	0.341	24	8.2	196.8
Sensor de flujo	1	5	0.015	24	0.075	1.8
Sensor de presión	1	5	0.01	24	0.05	1.2
Electroválvula	3	12	0.25	24	9	216
Resultados			1.116	24	9.945	415.8

Para hallar la eficiencia del sistema se tener en cuenta que:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía}}{80\%} \quad (15)$$

Tomando el valor de la energía dividiendo en un 80% tomada de la eficiencia de la batería

$$1) \text{ Eficiencia} = \frac{415.8 \text{ wh/dia}}{80\%}$$

$$2) \text{ Eficiencia} = 519.75 \text{ wh/dia}$$

A partir de la eficiencia y las horas de luz solar tenemos

$$potencia\ del\ panel = \frac{Eficiencia}{Horas\ de\ sol} \quad (16)$$

$$1) \quad potencia\ del\ panel = \frac{519.75\ wh/dia}{6.3h}$$

Como resultado obtenemos la potencia necesaria para el sistema

$$2) \quad potencia\ del\ panel = 82[W]$$

### 6.1.3 Regulador de carga.

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y durabilidad de los componentes electrónicos, se utilizó un controlador de carga solar, el cual administra automáticamente el funcionamiento del panel solar y batería en el sistema solar ya que prolonga el ciclo de vida útil de la batería y mantiene así la carga de trabajo, protegiendo contra cortocircuitos y sobre cargas, las características son las más adecuadas por su autonomía en la carga y descarga, tomando los parámetros de consumo del sistema fotovoltaico calculados.

Además de evitar cargas o descargas excesivas. De un modo sencillo, un regulador se puede entender como un interruptor, cerrado y conectado en serie entre paneles y batería para el proceso de carga y abierto cuando la batería está totalmente cargada. Las intensidades máximas de entrada y salida del regulador adecuado para cada aplicación dependerán de la corriente de máxima que pueda producir el sistema de generación fotovoltaico para la entrada y la corriente máxima de las cargas para la salida. Para tener en cuenta los posibles picos de irradiación o los cambios de temperatura, es recomendable que, a la hora de escoger el regulador, sea aquel con un 15-25% superior a la corriente de cortocircuito que le puede llegar del sistema de generación fotovoltaico (I-entrada) o bien, de la que puede consumir la carga del sistema (I-salida). La elección del regulador solar será aquel que soporte la mayor de las dos corrientes calculadas. Las principales tareas que realiza son:

- Evita sobrecargas en la batería: cuando, una vez cargada la batería (EDC=100%), no continúe cargando. Así se evita la generación de gases y aumenta la vida de esta.



- Impide sobre-descargas de la batería en los periodos de luz solar insuficiente: cuando una vez la batería esté descargada no continúe suministrando corriente a la instalación; aumenta la vida de la batería.
- Asegura el funcionamiento del sistema en el punto de máxima eficacia.



Figura 36. Controlador de carga solar.  
Fuente: Imagen tomada de solar-energía.

**ESPECIFICACIÓN:**

Voltaje de carga: DC 12V

Autoconsumo: 10MA

Calificación Corriente de carga: 5A

Protección: 18,4 v

Rango de temperatura: -20~60°

Voltaje de Swicheo: 11,8v

Voltaje de protección de sobrecarga: 14V

Voltaje de protección de sobre descarga: 10,8V

## 6.1.4 Batería o acumulador de carga

Este acumulador guarda la energía producida por el campo fotovoltaico, para el sistema de control hidráulico doméstico, se caracteriza por su variabilidad tanto diaria como estacional. Manteniendo disponibilidad de la energía y por consiguiente su autonomía. Para evitar fluctuaciones y gastos eléctricos, fue necesario incluir en el sistema los acumuladores eléctricos o baterías[40].El uso de acumuladores eléctricos, o batería, permite:

- Dotar al sistema de una fuente eléctrica independiente de las condiciones de radiación solar existentes.
- Dotar al sistema de una autonomía de servicio de los módulos fotovoltaicos.
- Dotar al sistema de cierta capacidad de puntas de intensidad superiores a la nominal.
- Dotar al sistema de condiciones de estabilidad en la tensión aceptables para los elementos de consumo.



Figura 37. Imagen de batería 12v-20Ah  
Fuente: Imagen tomada de solar-energía.

Teniendo en cuenta los cálculos y las características del sistema fotovoltaico se calculó la cantidad de energía necesaria para mantener el sistema de control funcionando las horas donde no hay incidencia solar y así garantizar la eficiencia y el correcto funcionamiento del sistema.

Cálculos para determinar cuántos amperios requiere el sistema y el tiempo en horas que queremos que funcione de respaldo.

$$C = C \times t \quad (17)$$

Donde:

C= capacidad en amperios horas

t=tiempo requerido

1)  $C = 1.1 \times 24h$

2)  $C = 26.4 \text{ Ah}$

Cálculos para determinar la capacidad que necesitamos para que la batería no se descargue del todo ya que las descargas de más del 90 % de su capacidad acorta la vida útil de esta.

$$C^* = C / E_f \quad (18)$$

Donde:

C\*=capacidad de carga

Ef= eficiencia de la batería

1)  $C^* = 26.5 \text{ Ah} / 85\%$

2)  $C^* = 31.17 \text{ A}$

Para la potencia de la batería tenemos que:

$$P_{bateria} = V_{bateria} * I_{bateria} \quad (19)$$

$P_{bateria}$  = Potencia (watts)

$V_{bateria}$  = Voltaje (voltios)

$I_{bateria}$  = Corriente de la batería (Amperios)

Tomando el valor de la energía dividiendo en un 80% tomada de la eficiencia de la batería.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía}}{80\%} \quad (20)$$

$$1) \text{ Eficiencia} = \frac{415.8 \text{wh/día}}{80\%}$$

La potencia mínima para que el sistema tenga el correcto funcionamiento.

$$1) \text{ cap} = \frac{415.8 \text{wh/día}}{80\% * 12} * 1 \text{ día}$$

$$2) \text{ cap} = 43.31 \text{Amph}$$

### 6.1.5 Inversor de corriente

El inversor empleado en el sistema fotovoltaico se escogió de acuerdo con las exigencias eléctricas y parámetros de carga del sistema hidráulico doméstico, teniendo en cuenta la potencia de trabajo estimada y calculada anteriormente. Los inversores son los encargados de transformar la corriente continua en corriente alterna generada por los paneles solares.

Este suministrara la corriente eléctrica para alimentar el sistema de instrumentación y control por medios de convertidores AC/DC de 110 voltios corriente alterna a 24 ,12 y 5 voltios corriente continua, serán alimentados dispositivos como controlador lógico programable, electroválvulas y sensores de presión y flujo.



Figura 38. Inversor de corriente.  
Fuente: Imagen tomada de solar-energía.

#### Características:

- Requisito de energía de 20 amperios
- Detector de fallos de tierra
- Protección del circuito electrónico
- Voltajes de salida 120 AC, 5 V DC
- Potencia 200 vatios
- Potencia pico a pico 400 vatios
- Voltaje de alimentación 12 voltios
- 2 Puertos USV a 2.1 amperios

## CAPÍTULO 6

### 7 EVALUACION DE LA EFICIENCIA, ALCANCE Y VIABILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA

#### 7.1 Eficiencia del sistema hidráulico domestico

Para calcular la eficiencia del sistema hidráulico domestico se tuvo en cuenta cada subsistema que lo componen, partiendo con el solar, de presión, el eléctrico e hidráulico, cada subsistema le brinda la eficiencia necesaria para que en conjunto mantenga un correcto funcionamiento y una larga vida útil, el sistema hidráulico domestico brinda una solución práctica económica e ideal para dar fin al problema de desabastecimiento de agua en la vivienda, partiendo de una reserva, este sistema le provee al usuario la cantidad y lugar donde sea requerida el agua , de acuerdo con la necesidad. Este sistema se puede utilizar desde una vivienda compuesta de una familia hasta una comunidad compuesta por varias familias.

##### 7.1.1 Eficiencia del sistema solar

La eficiencia del sistema solar depende de un buen respaldo o batería para ello se tiene cuenta la capacidad de carga y descarga estipulado por el fabricante en cada tipo de producto si la carga y la descarga es más cercana a 100% mucho mejor pero es afectada la vida útil de esta , por otra parte los paneles solares generan solamente en condiciones óptimas la energía anunciada por el fabricante de 75 hasta el 85 % de su capacidad nominal, y se determinan a una temperatura de 25° Celsius de las celdas con una radiación solar de 1kW/m<sup>2</sup>, con una eficiencia que oscila desde 12 a 25%, La eficiencia de los paneles es variante ya que por cada grado de temperatura disminuyen su rendimiento con el calor entre 0.3% y 0.7% por cada grado Celsius adicional.

$$\eta = \frac{Pm}{E * Ac} \quad (21)$$

$Pm = potencia\ maxima$

$E = Irradiación\ \frac{W}{m^2}$

$Ac = area\ m^2$

1)  $\eta = 25\%$

### 7.1.2 Eficiencia del sistema presión

Para determinar la eficiencia del sistema de presión determinamos la eficacia de cada uno de sus componentes como la bomba de agua, la tubería y válvulas, los motores eléctricos construidos según NEMA diseño B debe de cumplir con las siguientes especificación velocidad individual de 3600 RPM a potencia 1/2HP que representa el 78% de eficiencia.

CABALLOS DE FUERZA (HP)	EFICIENCIA MINIMA NOMINAL
1 – 4	78.8%
5 – 9	84.0%
10 – 19	85.5%
20 – 49	88.5%
50 – 99	90.2%
100 – 124	91.7%
> 125	92.4%

Figura 39.tabla de eficiencia del motor MEMA  
Fuente.Power Factor in Electrical Energy Management-A.

### 7.1.3 Eficiencia general del sistema

El sistema hidráulico domestico brinda una eficiencia dividida en los cada uno de su subsistema los cuales en funcionan en conjunto por lo tanto es.

$$\text{Eficiencia total} = (\text{eficiencia sistema de presión} + \text{eficiencia de sistema solar}) / 3 \quad (22)$$

$$\begin{array}{r} \text{Eficiencia total} = \quad 78.8 \% \text{ motobomba} \\ \quad \quad \quad 85 \% \text{ ciclo de trabajo de la batería} \\ \quad \quad \quad 85 \% \text{ energía entregada por el panel solar} \\ \hline \quad \quad \quad 248.8 \%/ \end{array}$$

$$\text{Eficiencia total} = 248.8 \%/3$$

$$\text{Eficiencia total} = 82.93 \%$$

## 7.2 Eficiencia comparativa

El sistema cuenta con una eficiencia de acuerdo a los parámetros de los fabricantes por cada dispositivo, arrojando un valor del 82.3% total, el cual a modo de comparación con el sistema de tanque elevado el sistema hidráulico automático supera en una 21.1% a la eficiencia del tanque elevado.

Tabla 6.Comparacion de eficiencias.  
Fuente. Por el autor.

Nombre	Tanque elevado 100l/6m	Sistema automático
Presión	50%	100%
Precio Total	61%	39%
Caudal	50%	90%
Mantenimiento	60%	90%
Tiempo de respuesta	80%	100%
Eficiencia Total	60.2%	83.3%

## 7.3 ALCANCE Y VIABILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA

Este proyecto se centra en buscar la solución más apropiada y optima con la calidad suficientemente alta para brindar al usuario la confianza a la hora de implementar este tipo de sistema, descartando aquellos que no den la prestación de servicio adecuada. El sistema hidráulico domestico está compuesto por un controlador lógico programable el cual ordena de forma lógica y precisa las tareas previamente programadas, como lo son la apertura y cierre de válvulas cuando sea necesario en el llenado del tanque de reserva o cuando sea suministrado el agua de reserva por parte de la bomba periférica directamente al sistema hidráulico de la vivienda, esto con el fin de brindar al usuario el preciado líquido cuando sea requerido, cuenta con respaldo fotovoltaico que evita incrementar gastos eléctrico y provee de energía al controlador 24 horas seguidas aun así este nublado en conjunto a sus dispositivos de instrumentación el cual acompañan al sistema ejecutando ordenes con cada variación del sistema brinda una eficiencia del 82.93% calculado y una eficiencia de 98 % medido, cuenta con un sistema de transferencia el cual intercambia los diferentes suministros de agua a la vivienda y evita el retorno de agua hacia la red de agua publica .





Figura 40. Sistema hidráulico doméstico.  
Fuente. Foto tomada por el auto.

#### 7.4 Gastos generales

Los gastos realizados en este proyecto se clasificaron en grupos, descritos a continuación por cada área en sistema hidráulico doméstico, con el fin de determinar la solvencia y viabilidad del sistema, dando paso a los gastos totales el cual tiene un valor de: \$ 1'860.500 pesos. Los cuales representan la solución a los problemas de abastecimientos de agua, por lo consiguiente el gasto representa la solución más viable y concreta a la problemática, siendo este sistema adaptable a cualquier sistema hidráulico doméstico existente al igual que se puede adaptar con gran facilidad a abastecimiento de una familia o una comunidad siempre y cuando se prevé con una reserva de igual magnitud, con solo unos pocos cambios en su estructura todo esto es posible a la robustez que brinda el controlador lógico programable plc.

Tabla 7. Gastos del sistema hidráulico en I software Microsoft Excel

Fuente: por el autor.

<b>GASTOS DE SISTEMA HIDRAULICO</b>				
	BOMBA DE AGUA PERIFÉRICA DE			
07/09/2017	1/2 HP	1	\$ 92.436.99	\$ 92.436.99
08/09/2017	CODO PRESIÓN 1-1/2" PVC	4	\$ 900	\$ 3.600
	TUBO DE ALTA PRESIÓN 1/2" X			
09/09/2017	6M PVC	1	\$ 11.500	\$ 11.500
15/09/2017	CODO PRESIÓN 1/2" PVC	10	\$ 400	\$ 4.000
16/09/2017	UNIÓN PRESIÓN 1/2" PVC	6	\$ 350	\$ 2.100
	UNIÓN MACHO PRESIÓN 1/2"			
17/09/2017	PVC	6	\$ 350	\$ 2.100
18/09/2017	TEE PRESIÓN 1/2" PVC	4	\$ 450	\$ 2.700
	REDUCCIÓN DE PRESIÓN 1-1/2			
19/09/2017	PVC	2	\$ 850	\$ 1.700
	UNIÓN UNIVERSAL PRESIÓN 1/2"			
20/09/2017	PVC	1	\$ 4.500	\$ 4.500
03/12/2017	LLAVE DE PASO PVC	2	\$ 3.500	\$ 7.000
04/12/2017	BOTELLAS TIPO PET	3	\$ 0	0
05/12/2017	REDUCTOR DE 1/2-3/4 PVC	4	\$ 1.000	\$ 4.000
06/12/2017	VÁLVULA ANTI RETORNÓ 1"	1	\$ 15.000	\$ 15.000
15/02/2018	TE ROSCADA PRESIÓN 1/2" PVC	2	1000	\$ 2.000
16/02/2018	CINTA DE TEFLÓN	1	\$ 3.000	\$ 3.000
17/02/2018	SOLDADURA PVC 1/4	1	\$ 15.000	\$ 15.000
			\$ 150.236	\$ 170.636

Tabla 8. Gastos del sistema eléctrico en I software Microsoft Excel

Fuente: Por el autor.

<b>Fecha</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Importe unitario</b>	<b>Importe total</b>
<b>GASTOS DEL SISTEMA ELECTRICO</b>				
20/03/2018	CABLE NEGRO #14	6m	\$ 1.000	\$ 6.000
21/03/2018	CABLES BLANCO #14	6m	\$ 1.000	\$ 6.000
22/03/2018	GUARDA MOTOR 20A	1	\$ 35.000	\$ 35.000
23/03/2018	CONTACTOR 20A	1	\$ 25.000	\$ 25.000
26/03/2018	RIEL TIPO DIM	1m	\$ 7.000	\$ 7.000
27/03/2018	TUBO CONDUIT PVC 1/2	6m	\$ 3.500	\$ 3.500
28/03/2018	TUBO FLEXY PVC	15m	\$ 1.000	15000
29/03/2018	BREAKER 20A	1	\$ 20.000	\$ 20.000
30/03/2018	AMARRAS PLÁSTICAS	1	\$ 2.500	\$ 2.500
30/03/2018	TORNILLOS	3 DOCENAS	\$ 5.000	\$ 5.000
30/03/2018	REGLETA RANURADA	1	\$ 10.000	\$ 10.000
30/03/2018	BORNE TIPO RIEL	15und	\$ 1.000	\$ 15.000
			\$ 112.000	\$ 150.000

Tabla 9. Gastos del sistema hidráulico en I software Microsoft Excel.  
Fuente: Por el autor.

Fecha	Cuenta	Cantidad	Importe unitario	Importe total
<b>GASTOS DEL SISTEMA DE CONTROL</b>				
02/04/2018	ZELIO SOFT SR3 B261BD	1	\$ 300.000	\$ 300.000
02/04/2018	ELECTROVÁLVULA 12V-DC	1	\$ 17.000	\$ 17.000
02/04/2018	ELECTROVÁLVULA 120 V-AC	1	\$ 70.000	\$ 70.000
05/04/2018	SENSOR DE FLUJO	1	\$ 15.000	\$ 15.000
05/04/2018	SENSOR DE PRESIÓN	1	\$ 50.000	\$ 50.000
05/04/2018	SENSOR DE NIVEL	1	\$ 15.000	\$ 15.000
05/04/2018	SENSOR FINAL DE CARRERA	1	\$ 2.000	\$ 2.000
05/04/2018	VÁLVULA MOTORIZADA	1	\$ 55.000	\$ 55.000
17/04/2018	INSTRUMENTACIÓN	1	\$ 20.000	\$ 20.000
			\$ 544.000	\$ 544.000

Tabla 10. Gastos del sistema solar en I software Microsoft Excel.  
Fuente: Por el autor.

Fecha	Cuenta	Cantidad	Importe unitario	Importe total
<b>GASTOS DEL SISTEMA SOLAR</b>				
17/04/2018	INVERSOR 200W 12V-DC/110V-AC	1	\$ 120.000	\$ 120.000
17/04/2018	BATERÍA 20A/ H	1	\$ 60.000	\$ 60.000
17/04/2018	PANEL SOLAR 80W/12V	1	\$ 160.000	\$ 160.000
17/04/2018	CONTROLADOR DE CARGA 5A/12V	1	\$ 3.000	\$ 3.000
17/04/2018	CABLE DÚPLEX #12	9m	\$ 1.500	\$ 13.500
17/04/2018	ESTRUCTURA METÁLICA	1	\$ 20.000	\$ 20.000
17/04/2018	FUENTE 24V/2A	1	\$ 20.500	\$ 20.500
			\$ 385.000	\$ 396.500

Tabla 11. Gastos del sistema hidráulico en el software Microsoft Excel.  
Fuente: Por el autor.

Fecha	cuenta	Importe unitario	importe total
<b>GASTOS TOTALES</b>			
17/02/2018	SISTEMA HIDRÁULICO	\$ 150.235	\$ 170.636
30/03/2018	SISTEMA ELÉCTRICO	\$ 112.000	\$ 150.000
17/04/2018	SISTEMA DE CONTROL	\$ 544.000	\$ 544.000
14/04/2018	SISTEMA SOLAR	\$ 385.000	\$ 396.500
23/05/2018	INSTALACIÓN	\$ 600.000	\$ 600.000
		\$ 1.791.235	\$ 1.860.500

## CONCLUSIONES

Se determinó la importancia de conocer los fenómenos y características en los sistemas hidráulicos domésticos, ya que por medio de estos se realizó la instrumentación para el sistema de control, de acuerdo con las necesidades del usuario se planteó y ejecuto soluciones eficientes como es el caso del sistema hidráulico domestico automatizado.

El desarrollo de este sistema logró disminuir las pérdidas de agua por extracción no convencionales por parte del usuario, los cuales fueron reemplazados por un sistema automático de control, monitoreando las diferentes variables que componen el sistema para así lograr una mejor eficiencia en el proceso, facilitando al usuario en la adquisición del recurso hídrico cuando este lo solicite, evitando riesgos para la vida humana y disminuyendo los costos de adquisición.

El sistema ejecuta de manera correcta y segura las tareas programadas con eficiencia en la hora de llenado y vaciado del tanque de reserva, permitiendo que este no se rebose ni cree retornos, aprovechando el flujo de agua de manera óptima. Así mismo el sistema cuenta con un respaldo eléctrico fotovoltaico el cual evita excedentes en el consumo eléctrico por parte del sistema de control permitiendo que este activo constantemente.

Al evaluar la eficiencia del sistema hidráulico doméstico en modo comparación con el sistema de tanque elevado, la eficiencia obtenida de sistema propuesto supera en un 21.1%, con el sistema comparado, evaluando presión, caudal, tiempo empleado en mantenimiento, costes y tiempo de respuesta.

# ANEXOS

Medición de voltaje del panel solar con el multímetro.



Fuente. Foto tomada por el autor.

Medición del voltaje en la batería con el multímetro.



Fuente. Foto tomada por el autor.

Válvula motorizada implementada por el autor.



Fuente. Foto tomada por el autor.

Medición del voltaje que entrega el controlador de carga con el multímetro.



Fuente. Foto tomada por el autor.

Visualización del funcionamiento del plc.



Fuente. Foto tomada por el autor.

Visualización del funcionamiento del sistema.



Fuente. Foto tomada por el autor.



## 6 BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] El heraldo (2016). 27 de septiembre de 2015, <https://www.elheraldo.co/barranquilla>
- [2] A. Estuarinas y D. E. L. A. Costa, «DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO Y DE CONTROL PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA», 2005.
- [3] «Departamento Administrativo Nacional de Estadística», 2012.
- [4] L. Granada C, «Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia», *Fac. Ciencias Soc. y Económicas.*, n.º 1, pp. 1-73, 2011.
- [5] G. C. E. Juan Luis González Santander, *Fundamentos De Mecánica De Fluidos*. 2008.
- [6] S. de las Heras, *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. 2011.
- [7] I. Martin, R. Salcedo, y R. Font, «Flujo interno de fluidos incomprensibles y comprensibles», *Mec. fluidos*, pp. 15-16, 2011.
- [8] M. Guevara, «Hidráulica», pp. 1-23, 1997.
- [9] A. M. Domingo, *MECANICA DE FLUIDOS*. 2011.
- [10] G. Sotelo Ávila, *Hidraulica II*. 1980.
- [11] C. te Ven, *Hidraulica De Canales Abiertos*. 1994.
- [12] INACAP, *Manual de Hidráulica y neumatica*. 2002.
- [13] I. NTC 1500, «NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería», *Bogotá, DC*, 2004.
- [14] C. Ivon y V. Ramírez, «CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE», 2016.
- [15] RAS, «SECCIÓN II, TITULO D: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Y Saneamiento Básico», 2000.
- [16] H. A. rodrigues Diaz, *Diseños Hidraulicos Sanitarios y de Gas en Edificaciones*. 2006.
- [17] D. R. L. JOHANA CARBALLO SIERRA DIEGO, «TUTORIAL NORMA ISA S5.1 Y DIAGRAMAS P&ID», 2011.
- [18] J. Roldan Castillo, *Simbología Y Diagramas De Instrumentación Normas Isa*. 2010.
- [19] A. Creus, *Instrumentacion industrial*. 2010.
- [20] Z. Logic, Z. Soft, y Z. Soft, «Autoformazione Zelio logic 1», pp. 1-45.
- [21] J. C. N. G. CHRISTIAN XAVIER TAPIA CADENA, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÒN DE UN

SISTEMA INTELIGENTE DE CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, TEMPERATURA Y FLUJO EN UN SISTEMA DE AGUA DE USO DOMÉSTICO», 2006.

- [22] R. Hernández, *Introducción a los Sistemas de Control: Conceptos, aplicaciones y simulación con matlab*. 2010.
- [23] K. Ogata, *Ingeniería de control moderna*. 2010.
- [24] J. C. N. G. C. CHRISTIAN XAVIER TAPIA, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, TEMPERATURA Y FLUJO EN UN SISTEMA DE AGUA DE USO DOMÉSTICO», 2006.
- [25] M. Moreno, «Controlador Lógico Programable», *Autom. Micromecánica s.a.i.c*, vol. I, p. 84, 2002.
- [26] sena, *Características del PLC*. 2005.
- [29] C. A. P. P. EL REGIMEN y D. C. S. RESISTENTES, «NSR-10», 1997.
- [30] Erick Amaury Argueta Méndez, «IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS RESIDENCIALES , VENTAJAS Y DESVENTAJAS», 2011.
- [31] P. N. S. A. D. C. V, *Criterios de Diseño para Redes de Agua Potable Empleando Tubería de PVC*. .
- [32] T. Hdpe y H. Pe, «Tubería HDPE norma DIN 8074-ISO 4427», vol. 100. .
- [33] S. B. Ras et al., *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y TÍTULO D Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y*. 2016.
- [35] A. G. Páscur, «TEORÍA Y ANÁLISIS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS», 2000.
- [36] J. M. Aller, *MÁQUINAS E LÉCTRICAS ROTATIVAS : Introducción a la Teoría General Departamento de Conversión y Transporte de Energía*. 2006.
- [37] JOSE CARLOS HUAYTA SUCASACA ELMER WILSON SUAÑA HUMPIRE, «“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE NIVEL DE AGUA PARA USO DOMOTICO MEDIANTE REDES INDUSTRIALES”», 2017.
- [38] Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA), «clasificación y tipos de bombas», *Univ. Zalamanca*, <http://cidta.usal.es/Cursos/redes/modulos/Libros/unidad 9/clasificacion.PDF>, n.º Universidad de Salamanca, pp. 1-14, 2013.
- [39] Grupo Simec Chile SRL, «Proyecto Simec Chile SRL», 2010.
- [40] I. Y. Piriz, «Energía solar térmica y fotovoltaica aislada para pequeñas comunidades en Perú», p. 80, 2013.