

Sistema automatizado de captación y distribución de agua lluvia y procesos  
limpios para uso racional del consumo en viviendas de interés social.

José Eusebio López Junco

Universidad Nacional Abierta y a Distancia  
Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingeniería  
CEAD José Acevedo y Gómez  
Bogotá Cundinamarca

2019

Sistema automatizado de captación y distribución de agua lluvia y procesos  
limpios para uso racional del consumo en viviendas de interés social.

José Eusebio López Junco

Proyecto para obtener el título de Ingeniero electrónico

Presentado al profesor:  
Leonardo Pérez Cortés

Universidad Nacional Abierta y a Distancia  
Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingeniería  
CEAD José Acevedo y Gómez  
Bogotá Cundinamarca

2019

## **DEDICATORIA**

Muy especial a mi esposa por acompañarme en el camino de la vida y tener mucha paciencia en estos 5 años de labor como estudiante universitario, dándome amor, comprensión y ánimo para dar un paso en el transcurso de mi vida.

Como lo que impulsa una acción es un motor, así son mis hijos Paula López, Camilo López y Karol López que en muchas ocasiones me levantaron, generándome pasión por conseguir mis metas, entre ellas la ingeniería Electrónica. Son todo mi mundo por consiguiente mi esfuerzo es todo para ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Muy especial a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por darme la oportunidad de pertenecer al selecto grupo de estudiantes y principalmente por esa gran labor de llevar conocimiento a todos los rincones de Colombia. Siempre será mi alma mater por generar en mí un ciudadano social antes que un profesional.

A Oscar Yesid Quevedo por su invaluable amistad y compromiso ya que fuimos compañeros de carrera en esta hermosa universidad y me apoyo en momentos duros en el transcurso de la carrera.

Al profesor Leonardo Pérez Cortés por su consejos y compromiso con mi proyecto ya que me orientó de manera eficaz hasta lograr lo esperado.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	13
1. MARCO DE REFERENCIA	16
1.1. OBJETIVOS GENERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.4. JUSTIFICACIÓN	18
1.5. ALCANCES DEL PROYECTO	19
1.6. MEJORAS DEL PROYECTO	19
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1. ELEMENTO CONTROLADOR	21
2.1.1. PLC UNITRONICS	21
2.2. TRANSDUCTORES Y SENSORES	31
2.2.1. TRANSDUCTOR	31
2.3. BOMBA DE AGUA CENTRIFUGA	35
2.4. TRATAMIENTO PRIMARIO	36
2.4.1. EL INTERCEPTOR	36
2.4.2. RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA LLUVIA	37
2.5. DISPOSITIVOS DE CONTROL MECÁNICO	38
2.6. DATOS TÉCNICOS DEL SISTEMA RECOLECTOR	38
2.6.1. ÁREA DE CAPTACIÓN.	38
2.6.2. PENDIENTE DEL TEJADO	39
2.6.4. DEMANDA DE AGUA EN EL MES "I" (DI)	40
2.6.5. OFERTA DE AGUA EN EL MES "I" (AI)	41
2.6.6. VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO.	41
2.6.7. POTENCIAL DEL AHORRO DEL AGUA	42
2.7. SISTEMA DE BOMBEO	42

2.7.1.	BOMBA CENTRÍFUGA:	42
2.7.2.	ELEMENTOS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO	43
2.7.3.	POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO	44
2.7.4.	COSTES DE BOMBEO:	44
2.7.5.	EL CONSUMO DE BOMBEO	44
2.7.6.	COSTES DE BOMBEO	45
<b>3.</b>	<b>CÁLCULOS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA ELECTROHIDRAULICO</b>	<b>46</b>
3.1.	CÁLCULOS PARA EL SISTEMA RECOLECTOR DE AGUA.	46
3.1.1.	AREA DE CAPTACIÓN	46
3.1.2.	PROMEDIO DE PRECIPITACIONES	47
3.1.3.	DEMANDA MENSUAL	47
3.1.4.	OFERTA DE AGUA MES	48
3.1.5.	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO	48
3.1.6.	CONSUMO HIPOTÉTICO	49
3.1.7.	EL POTENCIAL DE AHORRO	49
3.2.	CÁLCULOS PARA LA HALLAR LA POTENCIA DE LA BOMBA.	49
3.2.1.	POTENCIA DE LA BOMBA	50
3.2.2.	POTENCIA DE BOMBEO	53
3.2.3.	COSTO CONSUMO DE LA BOMBA	53
3.3.	MODELAMIENTO TANQUES ALMACENAMIENTO AGUA LLUVIA	54
3.4.	SELECCIÓN Y CALCULO SISTEMA DE CONTROL PARA LOS TANQUES.	58
3.4.1.	CONTROL ON/OFF	58
3.4.2.	CONTRO PROPORCIONAL	59
<b>4.</b>	<b>DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>62</b>
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO ELECTROHIDRÁULICO	62
4.2.	DISEÑO DEL PCB EN ARES DE PROTEUS DEL CONTROL DE NIVEL.	65
4.3.	DESCRIPCION DEL TABLERO ELECTRICO	69
4.4.	DESCRIPCIÓN Y USO DEL SENSOR DE ULTRASONIDO.	70
4.4.1.	TRANSMISOR DE NIVEL ULTRASÓNICO ORION ECH 201	70
4.4.2.	DATOS TÉCNICOS	71
4.4.3.	CORRECTA INSTALACIÓN	72
4.4.4.	ESQUEMA DE CABLEADO PARA SU USO CORRECTO	72
4.4.5.	ESQUEMA DE CABLEADO PARA LA COMUNICACIÓN CON RS232 / 485	73
4.4.6.	PROGRAMACIÓN DEL SENSOR	73

4.5.	DISEÑO PCB CAPTADOR DE SEÑALES DEL CAUDALIMETRO	75
4.6.	DISEÑO PCB CONTROL BOMBA DOSIFICADORA	76
5.	MANTENIMIENTO DEL PROYECTO	78
5.1.	INSPECCIÓN	78
5.2.	LIMPIEZA	79
5.3.	AJUSTE Y CALIBRACIÓN	80
6.	ANÁLISIS ECONÓMICO	81
6.1.	EQUIPOS Y COMPONENTES	81
6.2.	PRESUPUESTO	81
6.3.	ANÁLISIS RELACIÓN COSTO BENEFICIO	85
7.	CONCLUSIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA	89
	ANEXOS	93

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. PLC Unitronics V570.....	22
Figura 2 Conexión físicas de las entradas digitales .....	22
Figura 3 Asignación de entradas digitales en Visilogic 8.6 .....	23
Figura 4 Asignación de salidas digitales en Visilogic 8.6 .....	24
Figura 5 Conexión física salidas digitales en PLC Unitronics V570 .....	24
Figura 6 Conexión potencia entradas Análogas PLC V570 .....	25
Figura 7 Configuración entradas Análogas en Visilogic 8.6 .....	26
Figura 8 Conexión física de entradas análogas en PLC V570 .....	26
Figura 9 Panel de programación en Lader en Visilogic 8.6 .....	27
Figura 10 Panel de Configuración de la interfaz en Visilogic 8.6 .....	27
Figura 11 Programación de contactos en Lader .....	28
Figura 12 Programación de Memorias Bit.....	28
Figura 13 Programación de salidas virtuales .....	29
Figura 14 Programación de funciones de comparación .....	29
Figura 15 Linealización de una entrada Análoga .....	30
Figura 16 Sensor de caudal Arduino YF-s201 .....	35
Figura 17 Tanque de recolección primario de agua lluvia .....	37
Figura 18 Filtro lento de arena sistema recolector agua lluvia .....	37
Figura 19 Promedio de precipitaciones en Bogotá desde el 2009 .....	39
Figura 20 Funcionamiento Bomba centrífuga .....	43
Figura 21 Predio utilizado en el diseño recolector de agua lluvia.....	46
Figura 22 Plano simbólico del sistema de control de los tanques .....	54
Figura 23 Respuesta del sistema en estado estable.....	57
Figura 24 Respuesta del sistema ante abertura Válvula Tk cisterna .....	57
Figura 25 Respuesta del sistema control ON-OFF .....	58
Figura 26 Respuesta del sistema ante un control proporcional.....	60
Figura 27 Interfaz visual del sistema recolector de agua lluvia .....	62
Figura 28 Descripción física de los tanques del proyecto .....	63
Figura 29 Descripción física del sistema recolector agua lluvia .....	64
Figura 30 Descripción física del sistema de control con válvulas .....	65
Figura 31 Latch- RS.....	66
Figura 32 Detector de nivel con 74LS02 .....	67
Figura 33 Tanque Recolecto de agua lluvia primario .....	68
Figura 34 PCB Control de nivel con 74LS02.....	68
Figura 35 Diseño gráfico del control de nivel .....	69
Figura 36 Layout tablero Eléctrico del proyecto .....	69
Figura 37 Correcta instalación del sensor de Ultrasonido .....	72
Figura 38 Conexión de sensor de ultrasonido.....	72
Figura 39 Conexión comunicación para programar sensor .....	73
Figura 40 Calibración sensor ultrasonido.....	73
Figura 41 Descripción parámetros de configuración sensor de ultrasonido .....	74



Figura 42 Interfaz de los caudalímetros .....76  
Figura 43 PCB control motor Paso a Paso .....77  
Figura 44 Relación Costo Beneficio del proyecto aplicado .....86

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valor de los aditamentos de la tubería PVC.....	52
Tabla 2. Tabla de verdad de un Latch S-R .....	66
Tabla 3. Tabla de verdad sistema control de nivel con 74LS02 .....	67
Tabla 4. Descripción de los elementos del tablero eléctrico .....	70
Tabla 5. Costo de componentes electrónicos .....	82
Tabla 6. Costo de componentes Eléctricos.....	83
Tabla 7. Costo de componentes Hidráulicos.....	84
Tabla 8. Costo final del proyecto.....	85

## ANEXOS

Anexo 1 Video sistema recolector de agua lluvia como propuesta de grado .....	93
Anexo 2 Planos Eléctricos del sistema de captación de agua lluvia .....	93
Anexo 3 Código del programa .....	97

## **ABSTRACT**

The saving of water is essential to preserve the existence of humanity. A recent study from University of La Sabana revealed that 43% of this liquid is wasted in Colombia caused by leaks in pipes or misuse in homes and industry. One way to mitigate this waste is to make more control of water consumption and look for alternatives that reuse and collect the liquid from natural sources, such as rain. In this sense, this project presents the development of an automated platform, which includes hardware-software, capable of collecting and distributing water from rain to multiple applications in home. The hardware involves the integration of electro valves, water pumps, electronic boards, sensors, storage tanks and pipes. The software corresponds to the programming of logic controllers in order to supervise and control the entire process of water collection and distribution. The content of this report describes the stages of design and development of the platform, including sizing calculations, power consumption, controllers for tank level, etc., and development through various low-cost technologies available in the market. The final development was implemented in a house located in Bogotá, showing the expected results in terms of cost-benefit and positive environmental impact. The exploration of the problem and to understand what elements are useful in the handling and control of rainwater is essential to provide optimal solutions to save water.

## RESUMEN

El ahorro del agua es fundamental para preservar la existencia de la humanidad. Según un estudio de la Universidad de la Sabana, el 43% de este líquido se desperdicia en Colombia debido a fugas en tuberías o mal uso en los hogares y la industrial. Una forma de mitigar este desperdicio es hacer un mayor control del consumo de agua y buscar alternativas que reúso y recolección el líquido de fuentes naturales, tales como la lluvia. En ese sentido, este trabajo de grado presenta el desarrollo de una plataforma automatizada, que incluye hardware-software, capaz de recolectar y distribuir el agua proveniente de la lluvia y procesos limpios hacia múltiples lugares con llaves de agua en el hogar. El hardware involucra la integración de electroválvulas, bombas de agua, tableros electrónicos, sensores, tanques de almacenamiento y tuberías. El software corresponde a la programación de autómatas con el fin de supervisar y controlar todo el proceso de recolección y distribución del agua. El contenido de este informe describe las etapas de diseño y desarrollo de la plataforma, incluyendo los cálculos de dimensionamiento, consumo de potencia, controladores para nivel de los tanques, etc., y desarrollo a través de diversas tecnologías de bajo costo disponibles en el mercado. El desarrollo final fue implementado en una vivienda en la ciudad de Bogotá, mostrando los resultados esperados en términos de costo-beneficio y e impacto ambiental positivo. Conocer la problemática y pasar a entender que elementos son útiles en la manipulación y control del agua lluvia es fundamental para dar soluciones óptimas al ahorro de agua.

## INTRODUCCION

El desperdicio de agua potable es un problema que viene creciendo en las grandes ciudades del mundo. En muchas viviendas no se tiene conciencia del recurso como el agua proveniente de la lavadora, lavaplatos u otros lugares, lo cual significaría un ahorro sustancial en el consumo del líquido. Este proyecto presenta el diseño automatizado de captación y distribución de agua lluvia y procesos limpios para racionalizar el consumo en viviendas de interés social. Este prototipo hará posible, en estudios posteriores, evaluar su viabilidad e implementación en conjuntos de casas o apartamentos para beneficio del ciudadano y del medio ambiente.

El desarrollo del proyecto es visto como una necesidad de ahorrar agua potable en los hogares de viviendas sociales por motivos económicos, culturales y de ahorro; también busca que se piense en alternativas visibles, pero sordas ante la sociedad ya sea por ignorancia o por descuido que incrementen la cultura del ahorro en beneficios de mermar la contaminación, retardando vertimiento de la mezcla de agua lluvias con la del alcantarillado. Del problema planteado surge la necesidad de diseñar y construir un sistema de automatización y recolección para el agua lluvia y los procesos limpios del agua potable en el barrio Villa Alexandra con la dirección Cra 99 B No. 40-31 sur donde se realizó el montaje, pruebas y funcionamiento del diseño las cuales se presenta en videos, cálculos, descripción del mismo y se muestra todo lo concerniente a los elementos que se necesitan para construir de la propuesta.

El documento se ha organizado para presentar el diseño del prototipo automático, de la de la siguiente manera, comenzando por el Marco Referencia, donde se plantea el problema a resolver, el objetivo del proyecto, la justificación del proyecto, los alcances y mejoras futuras; después mencionaremos el Marco teórico o capítulo 2 que aborda los conceptos necesario que se necesitan para construir el prototipo. Entre ellos se menciona las características físicas del PLC Unitronics como las entradas análogas, digitales, su conexión de potencia y como se configura los puentes que permiten elegir el tipo de entrada análoga. También se muestra las características de los sensores de presión, sensores de ultrasonido, que son las Bombas centrifugas, de que se compone un sistema de recolector de agua lluvia y finalmente se consigna las ecuaciones con sus respectiva identificación de las variables que son importantes para hallar los valores necesarios para calcular el sistema recolector de agua lluvia.

Cálculos para implementar el sistema electrohidráulico es una de las más importantes secciones en que se divide el proyecto debido a que se muestra

todos los cálculos necesarios para hallar la cantidad de agua lluvia teniendo en cuenta las instalaciones de recolección, los valores para escoger la potencia de la Bomba, el comportamiento de los tanques versus las cisternas y finalmente se analiza el mejor sistema de control para manipular el proyecto.

Diseño y Desarrollo del proyecto forma parte del capítulo 4, donde Menciona la aplicación de los conceptos propuestos en el capítulo 3, describiendo el prototipo desde la parte física y comparándola con la interfaz que se programó en el PLC Unitronics, mediante imágenes reales de la ubicación del proyecto se visualiza la construcción de la parte hidráulica, eléctrica y electrónica. En él también se hace referencia y detalla componentes adicionales como la interfaz de los caudalímetros, programación del sensor de ultrasonido y PCB del control del motor paso a paso de la Bomba dosificadora de Cloro; Adicionalmente a lo anterior se muestra el capítulo 5 el mantenimiento del proyecto como un breve procedimiento para el sostenimiento del prototipo de los componentes de que está compuesto y de programación. Finalmente se presenta el análisis económico que es de gran importancia para evaluar los costos del proyecto, el presupuesto necesario para su construcción y así poder sacar las conclusiones obtenidas de todo el proceso de diseño y construcción del prototipo de recolección de agua lluvia.

## **1. MARCO DE REFERENCIA**

### **1.1. OBJETIVOS GENERAL**

Diseñar un sistema automatizado de captación y distribución de agua lluvia y procesos limpios para la racionalizar el consumo en viviendas de interés social

### **1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Planificar las actividades necesarias para corregir la problemática identificada
- Analizar las variables relevantes que respondan a la problemática planteada
- Diseñar la solución a la problemática expuesta
- Validación del diseño planteado a través de una relación costo beneficio.



### 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El 90% de la tierra esta cubierta de agua pero muy poca es dulce y accesible al ser humano, según datos de Naciones Unidas. El 60 % de este recurso esta distribuido en 9 países entre ellos Colombia. Nuestro país a pesar de ser privilegiado por sus reservas de agua no esta exento de las consecuencias que a traido el calentamiento global, es por ello que en la actualidad departamentos como la Guajira carecen de este preciado líquido o como otros que son ricos en este preciado elemento, pero hacen mal uso de él. [1]

El agua está ligada a la cultura del hombre, haciendo parte de su entorno y por consiguiente le es fundamental en todas las actividades; pero desconoce cómo se transporta para que llegue a su casa, todos los tratamientos para que sea apta para el consumo y esto ocasiona que no se le de valor económico, social ecológico que se requiere. En Colombia la gente no piensa en este recurso porque lo tiene en abundancia y al ser así no le importa botarlo, mal gastarlo o contaminarlo cuando vierten aceite o elementos no biodegradables. Algo más preocupante es cada día las fuentes hidrográficas están más contaminadas y para ahondar en este problema el agua se está volviendo un recurso negociable por grandes multinacionales que buscan enriquecerse con un elemento que es vital para el ser humano. [2]

Otro aspecto que merece ver es que el metro cúbico de agua tiene un valor de 13453 pesos lo cual es muy caro comparado con otros países y a eso súmele dos cosas que son el consumo promedio de los ciudadanos que está en 11.3 metros por vivienda y la penalización por sobrepasarse de la tarifa mínima que son 17 metros lo cual acarrea sobrecostos en la factura; Esto afecta en gran medida o restringe a familias que viven en viviendas de interés social las cuales no tienen los recursos económicos para solventar los gastos por consumir agua potable, teniendo que trasladar parte de su salario hacia servicios y descuidando otros como recreación, salud, educación y bienestar familiar [3]

El agua lluvia es un factor a tener en cuenta aún más por los fenómenos climáticos que generan inundaciones, deslizamientos en predios cercanos a muchos centros de viviendas de interés social los cuales se ven afectados en transporte, daños materiales y muertes de seres de estas comunidades por el crecimiento de arroyos, quebradas y otras formas de transporte de este recurso.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN

Según la ONU la escasez del agua a nivel mundial debido al calentamiento global, la tala de árboles indiscriminada, el ataque a los páramos está afectando a la población mundial en un 40% y lo preocupante es que más de 1000 niños mueren a causa de la escasez de este elemento. Para ello pide a la comunidad internacional mirar otras alternativas tecnológicas de tratamiento o recolección que ayuden a mitigar la falta y provean de este servicio [4].

El vínculo que existe entre el ser humano y el agua se debe ver como una forma de unión inseparable la cual se mueve en su entorno tanto económico, social y cultural. El Ahorro de esta es necesaria; Ello significa aprender a vivir en la diversidad cultural de los bienes comunes como el agua [2]. Es obligatorio que este recurso sea utilizado de manera correcta y se le pueda dar vía libre a métodos técnicos como la recolección del agua lluvia y su proceso autónomo de captación para que pueda mitigar los efectos de mala práctica sobre el agua potable, permitiendo el ahorro consiente, generando bienestar y salud.

La recolección de agua lluvia es una alternativa para disminuir el consumo de agua que proviene de los acueductos que es 13 metros cúbicos por familia donde las personas de estratos 1, 2,3 la utilizan en lavamanos y lavaplatos y los estratos 5,6 en baños y duchas, lo que es muy alto comparado con el número de familias que se estima en 2 millones y los periodos de verano que son aproximadamente de 150 días [5]. Tomado lo anterior el costo de la factura golpea con más rigor sobre la sociedades más vulnerables y aún más sobre predios de interés social que se ven abocados a recurrir a prácticas poco saludables que afectan su salud y entorno

S: Mejorar la calidad de vida de los integrantes de las familias al disminuir los pagos por concepto de servicio de agua así como disminuir los vertimientos de aguas contaminadas a la fuentes hidrográficas.

M: Lograr un porcentaje de ahorro de agua, el cual se podrá ser medido en la reducción del costo mensual del servicio de agua, con un valor estimado del 30% en las épocas del año en las cuales no se presente sequía.

R: Aprovechar el agua lluvia con un sistema de almacenamiento y distribución casero, con control electrónico de fácil manipulación el cual se podrá realizar debido a que se posee los elementos necesarios para su implementación como

son; Conocimiento en sistema de automatización, el costo del proyecto será asumido en su totalidad por el proponente en aras de ayudar a evitar la contaminación y que el proyecto con el tiempo el mismo se pagara por el ahorro en agua potable.

## **1.5. ALCANCES DEL PROYECTO**

Este proyecto de diseño está delimitado por los recursos y la disponibilidad de una comunidades que este dispuestas a cambiar la metodología de consumo de agua potable por recursos alternos de uso como el uso racional del agua lluvia; además busca implementar método para el ahorro del agua pluvial por medio de tecnologías de bajo costo y fácil manipulación, enfocadas en viviendas de interés social en barrios que tengan como parte de su infraestructura tejado recolector.

## **1.6. MEJORAS DEL PROYECTO**

Como se mencionó en el marco conceptual ya en la actualidad existen muchos métodos que buscan recolectar el agua lluvia como el existente en la universidad Javeriana para el lavado de fachadas y jardines. En el expone los beneficios, pero también los impedimentos económicos que hacen ver que es viable pero no sacan todo el provecho al sistema recolector [6].

Otro propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia tiene un carácter de investigación enfocada en análisis de captación y diseño mostrando los beneficios de esta alternativa pero va más allá que mencionar la importancia de uso racional [7].

Siguiendo con propuestas se menciona otra como la implementada por [8] grupo de investigación de estudios ambientales donde le da un enfoque de investigación y propone más donde se puede implementar, este recurso dando las ventajas y desventajas del mismo.

Hay otros que son más técnicos sin tener en cuenta los apartados anteriores como el estudio de los sistemas recolectores, dedicándose más al desarrollo del proyecto en forma física como [9] donde se enfocan en la parte técnica e implementación del proyecto.

Para terminar y ver que este proyecto va más allá , valiéndose de los estudios anteriores va utilizar las cálculos, las ventajas y desventajas buscando mejorar el proceso de recolección por medio de la automatización completa en la captación, distribución de este recurso por medio de un PLC que hará más fiable a largo plazo el uso del agua lluvia; además por medio de sensores de presión y nivel se evitara que sistema colapse por descuidos humanos estando activo todo el tiempo. Algo novedoso para el diseño propuesto es que se va utilizar todo el tiempo no solo en invierno sino en verano, utilizando el agua de la segunda lavada en la lavadora u otro uso del agua que el cliente quiera recolectar.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ELEMENTO CONTROLADOR**

#### **2.1.1. PLC UNITRONICS**

Es un elegante HMI de 5.7 "a 65k colores integrado con un PLC completamente funcional y está disponible con un marco plateado o un frente negro liso. Los módulos de entrada y salida pueden acoplarse en la parte posterior, montarse localmente en el panel (hasta 20 m) o se puede distribuir por completo a través de CANbus. Las tres combinaciones se pueden usar por separado o juntas, ofreciéndole una flexibilidad real de configuración [10].

El PLC se beneficia de una gama de bloques de funciones integradas que incluyen control de recetas, conexión de dispositivos de terceros, PID, almacenamiento de datos de tarjetas SD, comunicaciones de módems, SMS y correo electrónico. Su pantalla de 5.7 "QVGA, 65k colores puede mostrar más de 1000 pantallas diseñadas por el usuario y admite comunicación a través de TCP / IP Ethernet, GSM / GPRS, MODBUS, DF1 y CANopen [10].

El desarrollo de software es rápido y fácil usando el software de programación Visilogic, además de un conjunto de herramientas de acceso remoto para fines de monitoreo y mantenimiento.

Figura 1. PLC Unitronics V570



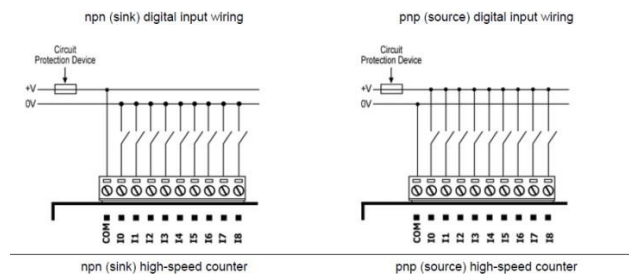
Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

### 2.1.1.1 V200-18-E4XB Modulo de entradas y salidas

#### Entradas digitales

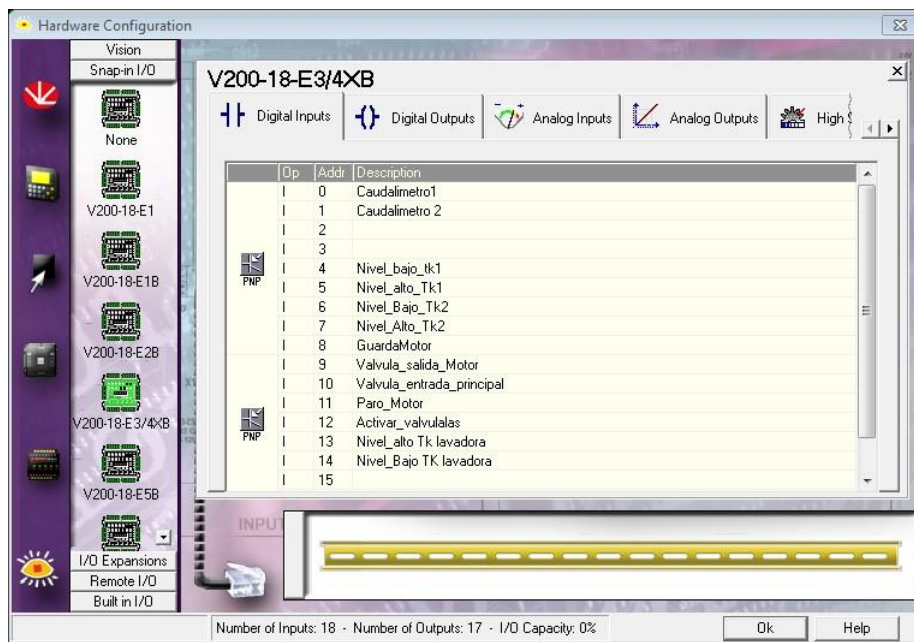
- Cada grupo de 9 entradas tiene una señal común. Cada grupo se puede utilizar como pnp (fuente) o npn (sumidero), cuando esté correctamente conectado como se muestra en las siguientes figuras.
- Las entradas I0 e I2 se pueden usar como entradas digitales normales, como contadores de alta velocidad o como parte de un codificador de eje.
- Las entradas I1 e I3 se pueden usar como entradas digitales normales, como restablecimientos de contador de alta velocidad o como parte de un eje codificador

Figura 2 Conexión físicas de las entradas digitales



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

**Figura 3 Asignación de entradas digitales en Visilogic 8.6**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

### 2.1.1.2. Salidas digitales

Utilice una fuente de alimentación de 24 VCC para todos los dispositivos digitales.

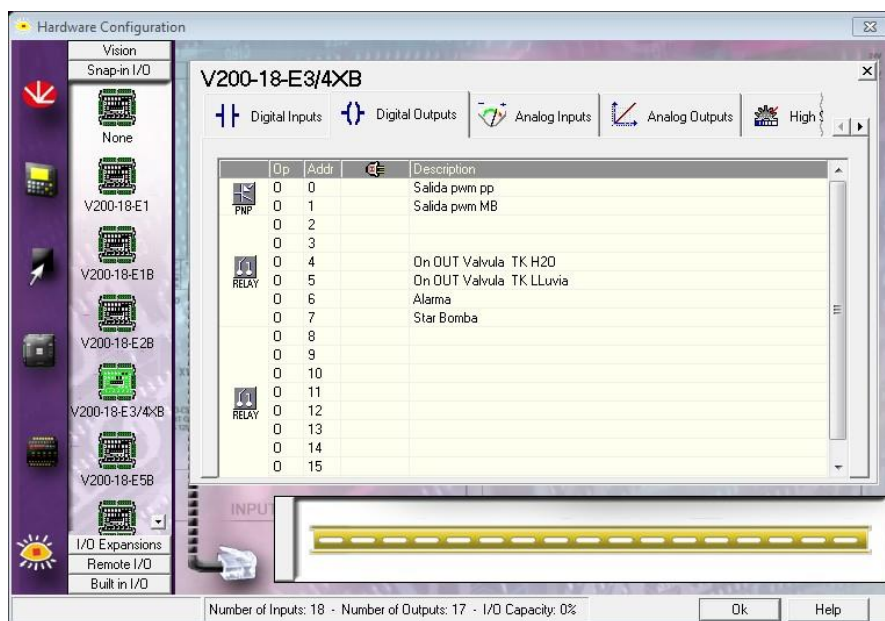
Conecte el cable "positivo" a el terminal "V0" y "V1", y el "negativo" conduce a la terminal común "0V".

V0 proporciona la fuente de alimentación para Salidas # 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

V1 proporciona la fuente de alimentación para Salidas # 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, y 16.

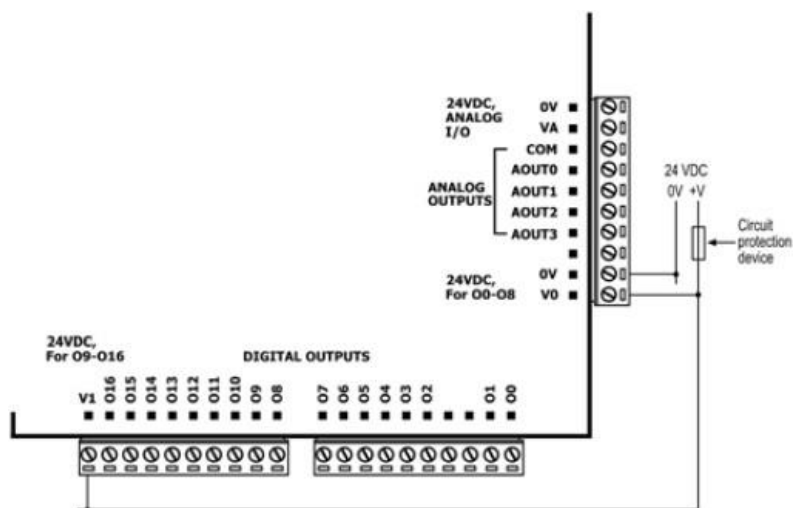
En caso de tensión las fluctuaciones o no conformidad con la fuente de alimentación, conecte el dispositivo a una fuente de alimentación regulada.

**Figura 4 Asignación de salidas digitales en Visilogic 8.6**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

**Figura 5 Conexión física salidas digitales en PLC Unitronics V570**

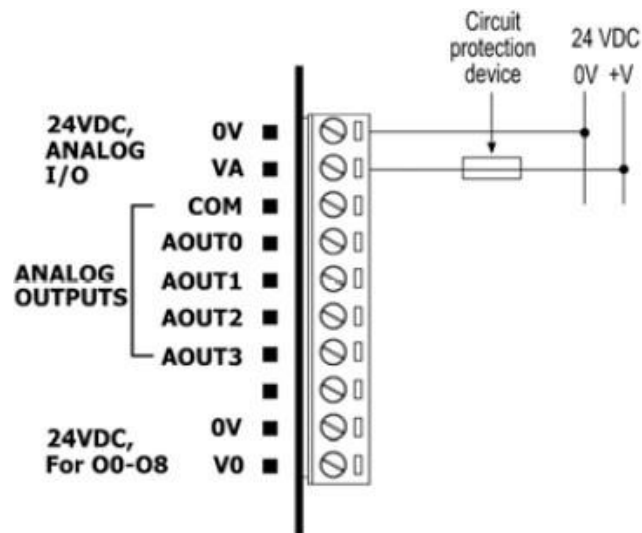


Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD



- Use una fuente de alimentación de 24 VCC para todos los modos de entrada y salida analógica.
- Conecte el cable "positivo" al terminal "VA" y el "negativo" al terminal "0V".
- En caso de fluctuaciones de voltaje o no conformidad con las especificaciones de la fuente de alimentación de voltaje, conecte el Dispositivo a una fuente de alimentación regulada.
- Dado que la fuente de alimentación de E / S analógica está aislada, la fuente de alimentación de 24 VCC del controlador también se puede usar para alimentar las E / S analógicas.
- La fuente de alimentación de 24 VCC debe encenderse y apagarse simultáneamente con el controlador fuente de alimentación.

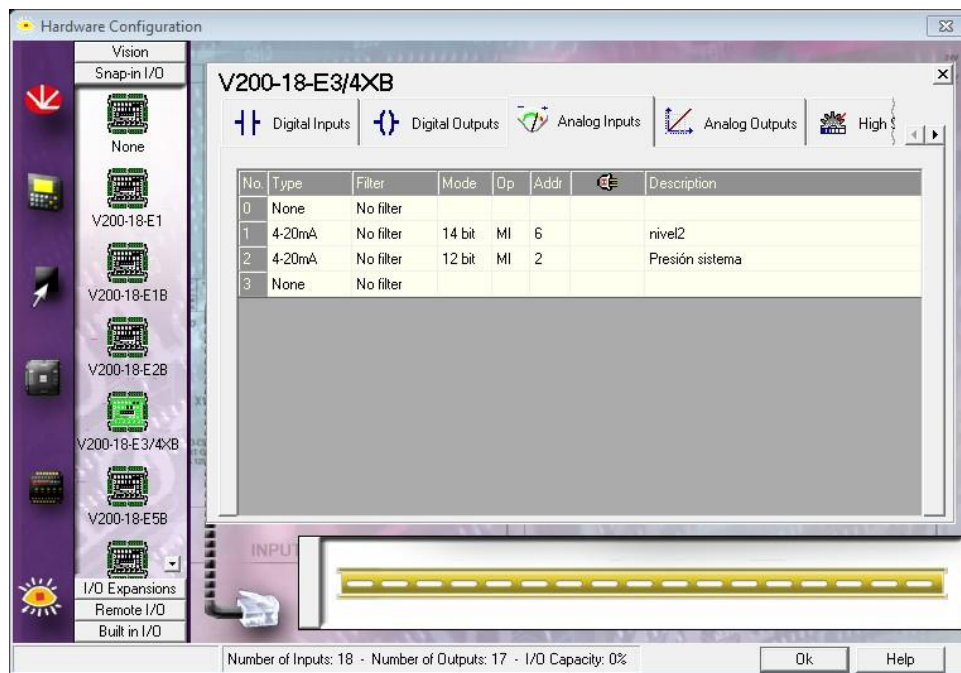
**Figura 6 Conexión potencia entradas Análogas PLC V570**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

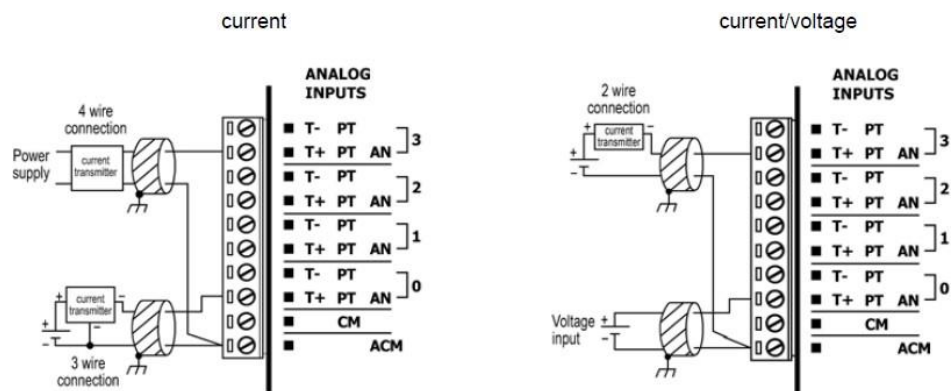
Las entradas pueden cablearse para funcionar con corriente o voltaje. Cuando se configura en corriente / voltaje, todas las entradas comparten una señal ACM común.

**Figura 7 Configuración entradas Análogas en Visilogic 8.6**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

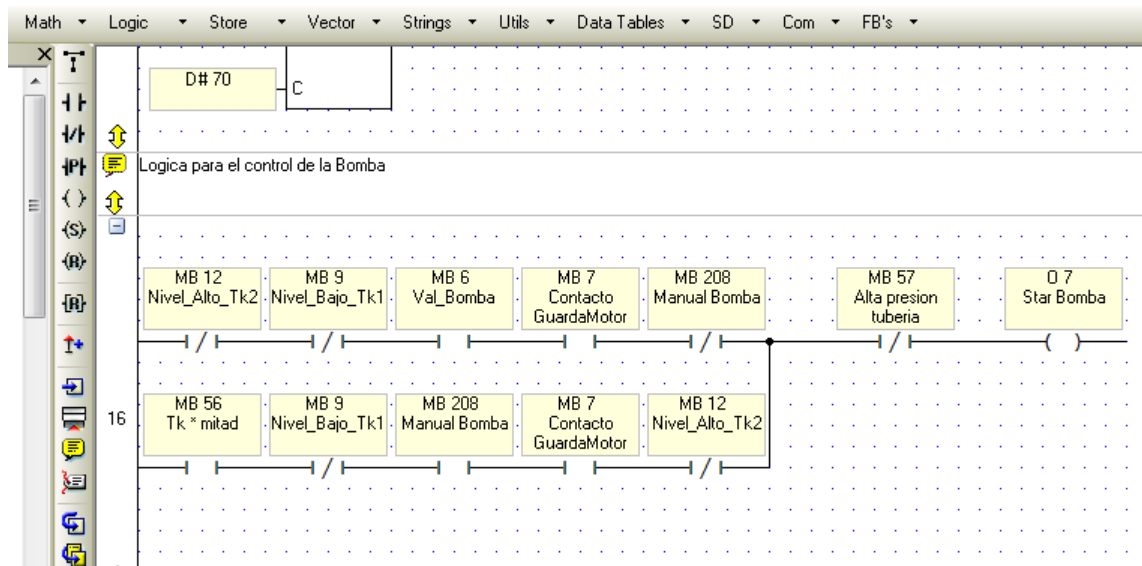
**Figura 8 Conexión física de entradas análogas en PLC V570**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

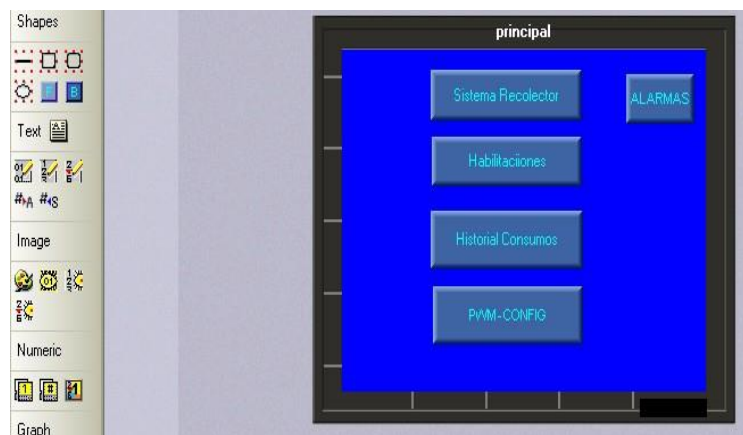
**2.1.1.3. Visilogic:** El software tiene una sensación intuitiva familiar e incorpora muchas funciones avanzadas, como rutinas discretas de programas, bloques de funciones, tablas de datos para recetas, tendencias y manejo de alarmas. Todas las funciones estándar de matemáticas están disponibles y se puede desarrollar una fórmula compleja sin la necesidad de tener un título en ciencias de la computación [10].

**Figura 9 Panel de programación en Lader en Visilogic 8.6**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

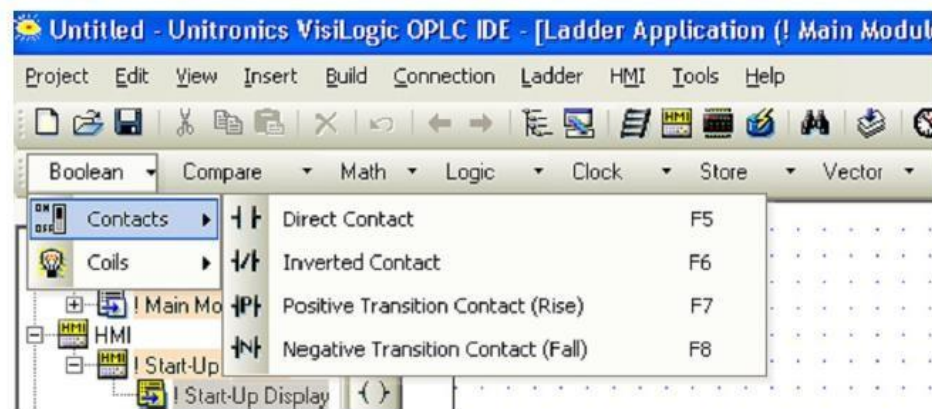
**Figura 10 Panel de Configuración de la interfaz en Visilogic 8.6**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

- **Instrucciones del software** : Este programa se basa en lenguaje lader y bloques de control que permitirán la realización del programa de control y entre lo más común esta:

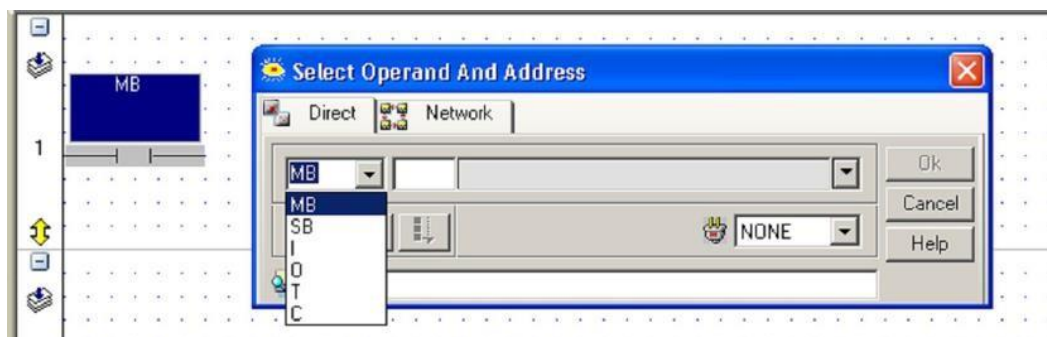
**Figura 11 Programación de contactos en Lader**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

Dentro del grupo de contacto podemos configurarlos como si fueran una entrada, una memoria interna, un bit de sistema, contacto de un contador o temporizador, etc...como se puede observar en la siguiente imagen:

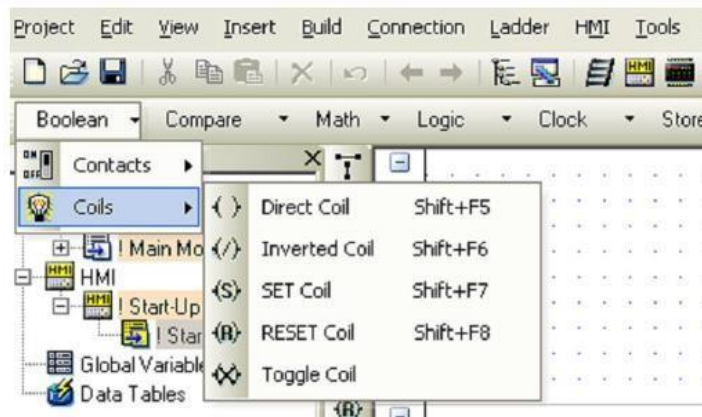
**Figura 12 Programación de Memorias Bit**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

Este elemento nos permite relacionarnos con el exterior, en si permite el accionamiento de un actuador o una bobina interna permitiendo realizar varias formas de control interno.

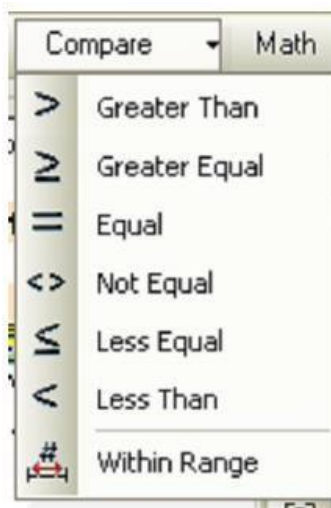
**Figura 13. Programación de salidas virtuales**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG Unad

Dentro de las comparaciones encontramos:

**Figura 14 Programación de funciones de comparación**



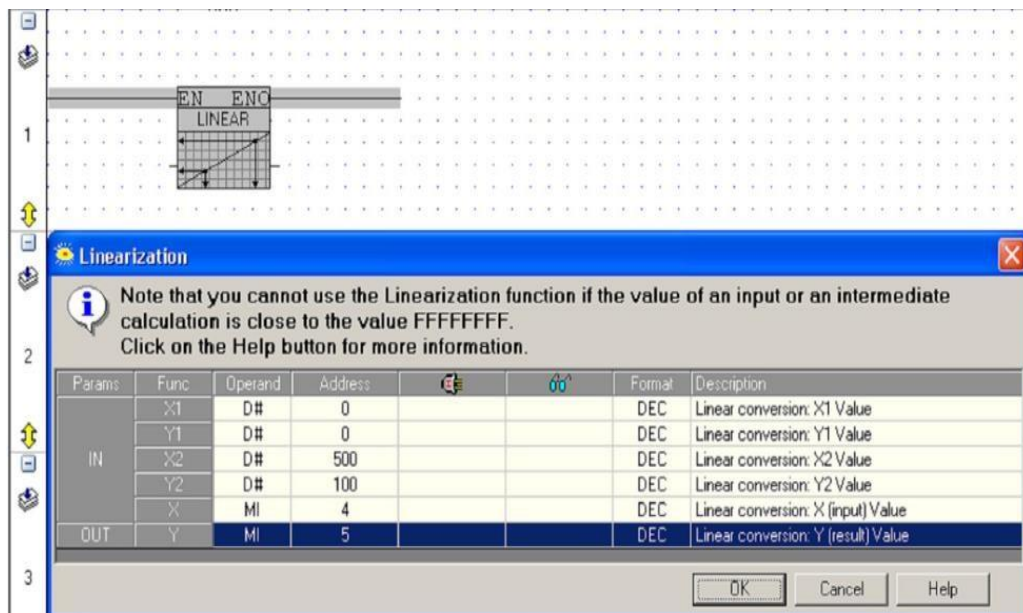
Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

Dentro del grupo de comparaciones podemos encontrar mayor, mayor e igual, igual, no igual, menor e igual, en rango. Estas permiten como lo dice su nombre comparar estados de entradas como análogas, contadores, temporizadores y constantes para permitir en nuestro caso verificar o accionar el estado de los tanques y ejecutar alguna acción sobre los actuadores.

- Bloques matemáticos

Dentro de estos se encuentra una serie de instrucciones que actúan sobre el valor de una variable al incrementarla, decremento, adicionarle, restarle, multiplicarla y por ultimo hay una de suma importancia que es de linealizar una entrada análoga para obtener un valor cercano a la realidad, es decir pasar un valor en mA, mV o el valor de una PT100 a un valor entendible y manipulable.

Figura 15 Linealización de una entrada Análoga



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

## 2.2. TRANSDUCTORES Y SENSORES

### 221. TRANSDUCTOR

Dispositivo que convierte un tipo de energía de entrada en otra de salida.

Por lo general hace uso de un sensor, el cual es el encargado de tomar magnitudes físicas (Luz, sonido, calor, magnetismo, presión, etc.) y convertirlas en valores medibles.

**221.1. Sensores de nivel :** Son instrumentos que miden la altura del material (líquido o material a granel) dentro de un espacio confinado, se dividen en dos tipos de acuerdo a su funcionamiento [11]

- Nivel de punto: Funciona como alarma, indicando cuando el nivel a alcanzado un punto predeterminado específico de acuerdo a la necesidad, por ejemplo de llenado, de rebose, entre otros.
- 
- Nivel continuo: Producen una salida analógica que se relaciona con la altura del líquido en cualquier momento, suelen ser más especializados, en donde la señal de salida está vinculada a un bucle de control de proceso y/o a un indicador visual.
- Los principales tipos de sensores de nivel son los que se basan en:
- Medición directa: Se encuentran mecánicos y manuales, se basan como su nombre lo indica en la medición directa de la altura del líquido.
- Presión hidrostática: Su funcionamiento se basa en la presión que ejerce el líquido, siendo variables de esta el nivel, densidad y presión atmosférica.
- Desplazamiento: Se basan en medir por diferencia de potencial, potenciómetros lineales o emisión de señales como luz o sonido; comparando con un valor de referencia para dar un valor exacto de la posición del líquido.

**221.2 Sensores ultrasónicos:** Un sensor de ultrasonidos funciona básicamente con el envío de sonidos ultrasónicos, (sonidos por encima del espectro auditivo), a través de un emisor de forma tal que revoten en los objetos y

son recibidos por un receptor, el retardo en la captación del eco depende del nivel del depósito, la precisión de estos puede estar en el intervalo de 1 a 3 % [11].

Se pueden dividir en dos grupos:

- **Sensor de nivel ultrasónico sin contacto:** El sensor detecta el eco en la superficie y la envía de regreso al medidor para una representación digital de la distancia entre el sensor y el nivel de la superficie, la actualización de la señal es constante por cuanto permite establecer mediante este método la altura del líquido en cualquier momento.

Cuando el eco de nivel no vuelve al sensor la señal de salida cae, lo que indica que el contenedor se encuentra vacío.

- **Sensor de nivel ultrasónicos con contacto:** El nivel de detección está en el medio a lo largo del espacio donde el sensor se encuentra montado en horizontal, la señal ultrasónica controla los interruptores del relé interno cuando el medio contiene líquido, a medida que el líquido cae la señal ultrasónica se atenúa hasta que finalmente conmuta el relé interior de sensor.

Estos sensores se utilizan en conductos para operar automáticamente bombas o válvulas de solenoide, alarmas de alta/baja, no se ven afectados por revestimientos, sin embargo su funcionamiento si puede verse comprometido por los líquidos con alta aireación o viscosos que puedan obstruir la luz del sensor.

- **Sensor ultrasónico con Arduino (hc-sr04) :** Este sensor tiene como dos ojos por donde emite y recibe los ultrasonidos a una frecuencia de 40KHz (inaudible para los seres humanos), uno es el Trigger nivel alto de 10 (emisor), que se conectará a un pin digital en modo OUTPUT y por donde emitiremos el ultrasonido, y el otro es el Echo (receptor), que se conecta a un pin digital en modo INPUT y se encargará de detectar o recoger la onda ultrasónica [12]. [13]

Por su arquitectura es capaz de detectar y calcular la distancia sin contacto directo con la magnitud a medir.



Este sensor se basa en medir cuanto tiempo tarda en viajar una onda ultrasónica desde que sale del sensor hasta que regresa.

( 1 )

Teniendo en cuenta que la velocidad del sonido = 343 m/s y que la onda ha viajado de ida y regreso

( 2 )

Características de funcionamiento

Tensión de operación: 5

Distancia eficaz de medición: 2 cm – 500 cm /1" – 16 ft

Corriente de operación: 15 mA

Corriente en estado de suspensión: <2 mA

Ángulo efectivo: <15°

Resolución: 0.3 cm

Dimensiones del módulo: 40 mm x 20 mm x 15 mm

Peso: 7.7 g

Costo: 7000COP aproximadamente

**2213. Sensores de presión:** Los sensores de presión responden a la presión de un vacío perfecto, ya sean sensores de presión absoluta, a la presión atmosférica, sensores de presión manométrica o la presión de un segundo sistema. La presión puede ser generada por un ventilador, una bomba o condensador, una caldera u otros medios [11].

La presión es la fuerza ejercida por un medio, sobre una unidad de área, generalmente expresada en Pascal (Pa) [N/m<sup>2</sup>]. Usualmente estos instrumentos registran una diferencia de presiones tomando como referencia a la atmosférica, y se le denomina "presión manométrica" [14]

## 2214. Medidores de Caudal

Sensor de Flujo YF-S201 para Agua:

El sensor de Flujo YF-S201 es adecuado para medir el flujo del agua, o por ejemplo de un invernadero, o en su casa como en un proyecto. Es adecuado conocer la cantidad de agua que se está ahorrando. Este sensor se instala en la línea del agua, y utiliza un sensor de efecto Hall. Sirve para medir la cantidad de líquido que se ha movido a través de él. El aspa del sensor tiene un pequeño imán atado, y hay un sensor magnético de efecto Hall, en el otro lado del tubo de plástico se puede medir la cantidad de vueltas de la aspa de viento que ha hecho a través de la pared de plástico. Este método permite que el sensor permanezca seguro y seco [15].

El sensor viene con tres cables: rojo (potencia 5-24VDC), negro (a tierra) y amarillo (salida de impulsos de efecto Hall). Al contar los pulsos de la salida del sensor, puede seguir fácilmente el movimiento del fluido: cada pulso es de aproximadamente 2,25 mililitros.

- Sensor de Flujo YF-S201.
- Tipo de sensor: Hall effect
- Voltaje de funcionamiento: 5 a 18 V DC
- Max consumo de corriente: 15 mA a 5 V
- Tipo de salida: 5V TTL
- Trabajo Caudal: de 1 a 30 litros / minuto
- Temperatura de funcionamiento: -25 a 80 °C
- Humedad de trabajo Rango: 35% -80% de humedad relativa
- Precisión:  $\pm 2\%$
- Rango de flujo: 1-30L/min
- Modo de detección: Vertical
- Presión máxima del agua: 2,0 MPa
- Ciclo de trabajo de la salida: 50% + 10%
- Tiempo de subida de la salida: 0.04us

- Tiempo de caída de la salida: 0.18us
- Velocidad de flujo características del pulso: Frecuencia (Hz) = 7,5 \* Caudal (L / min)
- Pulsos por litro: 450
- Durabilidad: un mínimo de 300.000 ciclos
- Longitud del cable: 15cm
- 1/2 "conexiones nominales de tubería, 0.78" de diámetro exterior, 1/2 "de la rosca
- Tamaño: 2.5 "x 1.4" x 1.4

**Figura 16. Sensor de caudal Arduino YF-s201**



Fuente: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo> [15]

### **2.3. BOMBA DE AGUA CENTRIFUGA**

La bomba centrífuga, también denominada bomba roto dinámica, es actualmente la máquina más utilizada para bombear líquidos en general.

Las bombas centrífugas son máquinas denominadas "receptoras" o "generadoras" que se emplean para hacer circular un fluido en contra de un gradiente de presión. Para que un fluido fluya desde donde hay mayor presión hasta donde hay menos presión no se necesita ningún gasto de energía (Por ejemplo: un globo

desinflándose, o un líquido desplazándose desde donde la energía potencial es mayor hasta donde es menor) pero, para realizar el movimiento inverso, es necesaria una bomba, la cual le comunica al fluido energía, sea de presión, potencial o ambas. Para esto, necesariamente se tiene que absorber energía de alguna máquina motriz, ya sea un motor eléctrico, uno de combustión interna, o una turbina de vapor o gas.

## **2.4. TRATAMIENTO PRIMARIO**

Sedimentados primarios: El objeto de este tratamiento es básicamente la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación [8].

Componentes de un sistema de captación de agua lluvia .El agua se considerada como el recurso natural más crítico del planeta. Numerosos estudios realizados a nivel mundial demuestran que los sistemas de recolección de aguas lluvias han sido necesarias para para suplir diferentes necesidades básicas [16].

Los elementos utilizados para la recolección del agua lluvia son Canales y Bajantes los cuales deben estar diseñados para conducir el caudal generado por la intensidad máxima característica de lluvia de la zona donde se desarrolla el proyecto.

### **24.1. EL INTERCEPTOR**

Se encarga de acumular la primera agua lluvia que cae sobre la cubierta, la cual realiza un lavado, en el instante en que se llene el interceptor se crea un bypass para que el agua sea conducida al tanque de almacenamiento directamente. El volumen del interceptor se calcula como 1 litro por cada metro cuadrado de cubierta, el diseño del interceptor debe adaptarse al diámetro de la bajante.

En esta etapa también se puede aplicar filtros de arena, material particulado como carbón activado que permiten retirar las partículas más pequeñas que provienen de los tejados, contaminación, como se observa en la figura (17) este ingresa por la parte superior y por gravedad se hace pasar por los filtros para luego ir hacia la salida. Este sistema necesita que sea de fácil manipulación para poder realizar el respectivo aseo o cambio del material filtrante. [17]

**Figura 17 Tanque de recolección primario de agua lluvia**

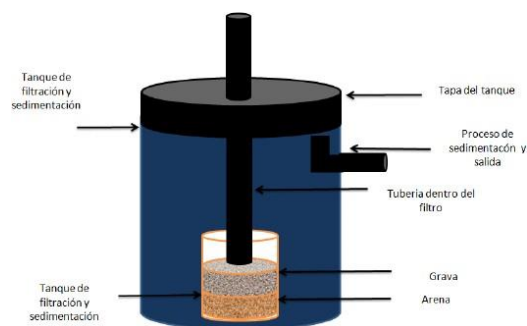


Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

## **242 RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA LLUVIA**

Es una red paralela a la red de suministro, pero solo llega a los puntos hidráulicos donde se utilizará el agua lluvia, así que debe protegerse la red de suministro de agua potable con un cheque para evitar que el agua lluvia se mezcle con el agua potable.

**Figura 18 Filtro lento de arena sistema recolector agua lluvia**



Fuente: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/7912> [17]

Sí la ubicación del tanque de almacenamiento no proporciona la suficiente cabeza para el funcionamiento adecuado de los aparatos, es necesario dotar a la instalación de una bomba para impulsar el agua hacia los puntos hidráulicos. Cuando hay disponibilidad de agua lluvia y un punto hidráulico demanda agua, es necesario asegurar que el agua que se suministre sea agua lluvia, esto se logra manteniendo la red de agua lluvia a una mayor presión que la red de suministro en todos los puntos hidráulicos [8].

El cálculo del tanque depende de la cantidad de agua que se desea ahorrar, el número de personas, elementos de uso y altura ya que un tanque muy grande se dificulta su mantenimiento y requiere un área grande para su instalación y uno pequeño sería útil si se dedica a usos que no requieren mayor consumo como regado de plantas o lavado de pisos que no son frecuentes y por consiguiente el sistema sería inadecuado [8].

## **2.5. DISPOSITIVOS DE CONTROL MECÁNICO**

Entre ellos encontramos flotadores mecánicos, válvulas de cierre, válvulas de retención y uniones universales; son indispensables para el adecuado funcionamiento y mantenimiento del sistema. Para el control del equipo de bombeo existen dispositivos como: sensores de presión, sensores de flujo, tableros de control, indicadores de nivel, etc., los cuales se hacen necesarios en la medida que se quiera automatizar y mejorar el funcionamiento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia.

## **2.6. DATOS TÉCNICOS DEL SISTEMA RECOLECTOR**

La siguiente información es extraída de [8] donde nos relaciona una serie de procedimientos, formulas y descripciones sobre cómo realizar el estudio y cálculos para un sistema recolector de agua lluvia.

### **26.1. ÁREA DE CAPTACIÓN.**

El área de captación es una de las variables más importantes para conocer los litros recolectados en determinada lluvia se calcula el área del tejado.

() () ()

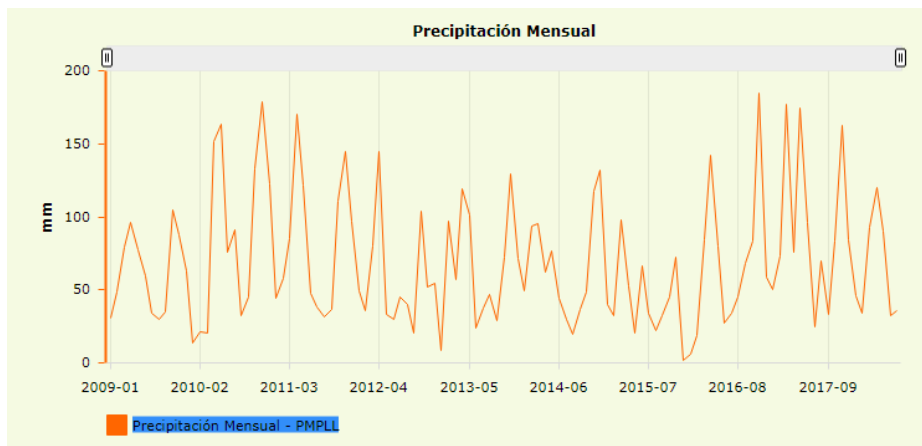
## 26.2 PENDIENTE DEL TEJADO

La pendiente del tejado es un factor importante en el sistema recolecto debido a que un Angulo mayor hace que el agua llegue rápido al interceptor produciendo que el sistema colapse porque aumenta la velocidad del agua saturando las tuberías y reventado las uniones lo mismo que aumenta el arrastre sedimentos, provocando el aumento de lodos a los tanques.

En lo posible se requieren ángulos moderados que permitan que el agua recolectada no desborde de las canales y permita que esta pase en su totalidad por los filtros, para calcular el Angulo nos valemos del teorema de Pitágoras.

## 26.3 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA.

Figura 19 Promedio de precipitaciones en Bogotá desde el 2009



Fuente <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=512&v=l> [18]

Este valor es necesario para poder diseñar adecuadamente nuestro sistema de recolección de agua lluvia pues este valor nos identifica el consumo necesario para atender la demanda en esta vivienda.

Promedio de precipitaciones (Figura 19)

$$\Sigma-$$

( 4 )

Donde Ppi. Precipitación promedio mensual del mes “i” todos los años evaluados (mm/mes)

n = Número de precipitaciones

Pi = Promedio de precipitaciones por año

#### **264. DEMANDA DE AGUA EN EL MES “I” (DI)**

La demanda de agua se puede estimar de diferentes maneras, una de ellas, como la plantea el [7] es la siguiente: a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de las personas a ser beneficiadas en cada uno de los meses [7].

( 5 )

Dónde:

Di: demanda mensual (m<sup>3</sup>)

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema (variable, según el mes)

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona/día)

Para determinar la demanda requerida únicamente para los sistemas sanitarios y para los lava-escobas se deber afectar la anterior ecuación por el 20% y el 5%, porcentajes estimados por el Departamento Nacional de Planeación [8].



( 6 )

---

Dónde:

Di: demanda mensual (m<sup>3</sup>)

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema (variable, según el mes).

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona/día)

25%: porcentaje de consumo de sanitarios más lava-escobas.

### **265. OFERTA DE AGUA EN EL MES "I" (AI)**

Teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes [8].

( 7 )

---

Dónde:

Ai: oferta de agua en el mes "i" (m<sup>3</sup>)

Ppi: precipitación promedio mensual (L/m<sup>2</sup>)

Ce: coeficiente de escorrentía

Ac: área de captación (m<sup>2</sup>)

### **266. VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO.**

( 8 )

---

Este factor es importante ya que este depende el ahorro que se quiere tener, y algo más es que se debe tener el espacio para su ubicación y todos los elementos que se necesitan utilizar para el montaje del mismo [8].

## **26.7. POTENCIAL DEL AHORRO DEL AGUA**

Esta variable expresa por medio de la cantidad de agua que se puede captar en un mes y la demanda de agua de dicha vivienda en un determinado mes, de esta manera el potencial de ahorro se calcula de la siguiente manera.

( 9 )

En donde:

PPWS es. Potencial de Ahorro de Agua Potable (por sus siglas en inglés) (%)

VR. Volumen mensual de agua lluvia que puede ser recolectado (m<sup>3</sup>/mes)

VW. Demanda mensual de agua potable (m<sup>3</sup>/mes).

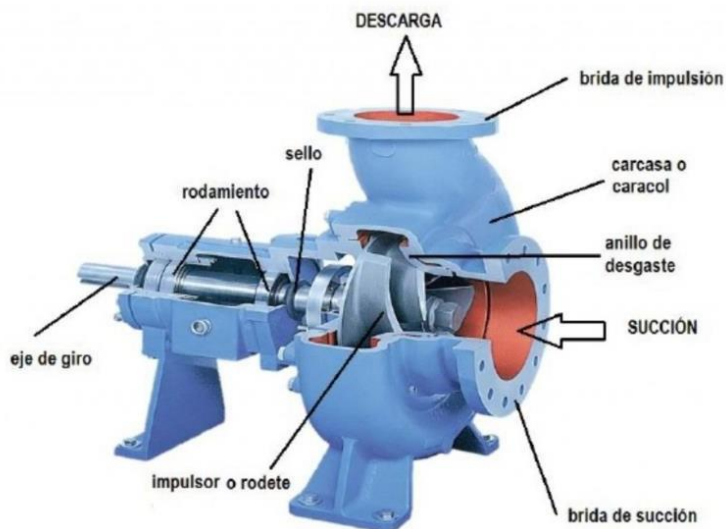
## **2.7. SISTEMA DE BOMBEO**

### **2.7.1. BOMBA CENTRÍFUGA:**

La bomba centrífuga consiste de un elemento móvil, denominado impulsor, donde un cierto número de alabes, dirigen el movimiento de las partículas de líquido. El impulsor gira en una cámara cerrada denominada caja o carcasa debido a la energía conferida por un motor, que puede ser eléctrico o de combustión interna. El líquido contenido entre los alabes, por efecto de la fuerza centrífuga, incrementa su energía cinética la cual se transforma parcialmente en energía potencial en la carcasa de la bomba [19].

Para la conversión de velocidad en presión, se emplean los difusores, las volutas o los tazones, dependiendo del diseño de la bomba. Cuando se emplea un difusor, este consta de varios canales de sección variable que rodean al impulsor, fabricados en una sola pieza. Cuando el canal es único, este tiene generalmente la forma de un espiral de sección variable y recibe el nombre de "caracol" o voluta, tal como se muestra en la Figura 1b. En el caso de los tazones, los canales además de servir como medio para la conversión de caudal en presión, se utilizan como medio de conducción del líquido para la etapa siguiente [19].

**Figura 20 Funcionamiento Bomba centrífuga**



Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/161esp-diseno-estbombeo.pdf>. [20]

## **272 ELEMENTOS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO**

Los componentes básicos de una estación de bombeo de agua potable son los siguientes [19]:

- Caseta de bombeo.
- Cisterna de bombeo.
- Equipo de bombeo.
- Grupo generador de energía y fuerza motriz.
- Tubería de succión.
- Tubería de impulsión.
- Válvulas de regulación y control.
- Equipos para cloración.
- Interruptores de máximo y mínimo nivel.
- Tableros de protección y control eléctrico.
- Sistema de ventilación, natural o mediante equipos.
- Área para el personal de operación.
- Cerco de protección para la caseta de bombeo.

### 273. POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO

El cálculo de la potencia de la bomba y del motor debe realizarse con la siguiente fórmula:

$$\text{-----} \quad (10)$$

Dónde:

Pb = Potencia de la bomba y del motor (HP).

Qb = Caudal de bombeo (l/s).

Hb = Altura manométrica total (m).

= Eficiencia del sistema de bombeo

### 274. COSTES DE BOMBEO:

Es fácil calcular el consumo de bombeo en una instalación equilibrada trabajando a caudal constante. Cuando se trabaja con caudal variable en la distribución, los costes de bombeo decrecen hasta alcanzar un valor inferior al 50% de los valores aquí calculados.

### 275. EL CONSUMO DE BOMBEO

$$\text{-----} \quad (11)$$

( )

H = altura de bomba en metros de columna de agua.

q = caudal de agua en Kg/h = caudal de agua aproximado en l/h.

$\eta_p$  = rendimiento de la bomba = 0.75 por ejemplo (puede ser menor que 0.4 en instalaciones pequeñas).

$\eta_m$  = rendimiento del motor = 0.85 por ejemplo y finalmente.

El rendimiento de una bomba de velocidad variable, incluido el motor y el variador de frecuencia, puede, por ejemplo, caer hasta un valor de 0.67 al 50% de la carga y hasta 0.35 al 15%.

## 27.6. COSTES DE BOMBEO

La energía perdida en el motor

( )

( 12 )

El resto de la potencia se convierte en calor, que se transmite al agua.

( )

( 13 )

El coste de esta energía =  $\eta_m \times P_c \times t \times C_w / 1000$ .

( 14 )

t = tiempo de funcionamiento, en horas

C<sub>w</sub> = precio de la electricidad por kWh

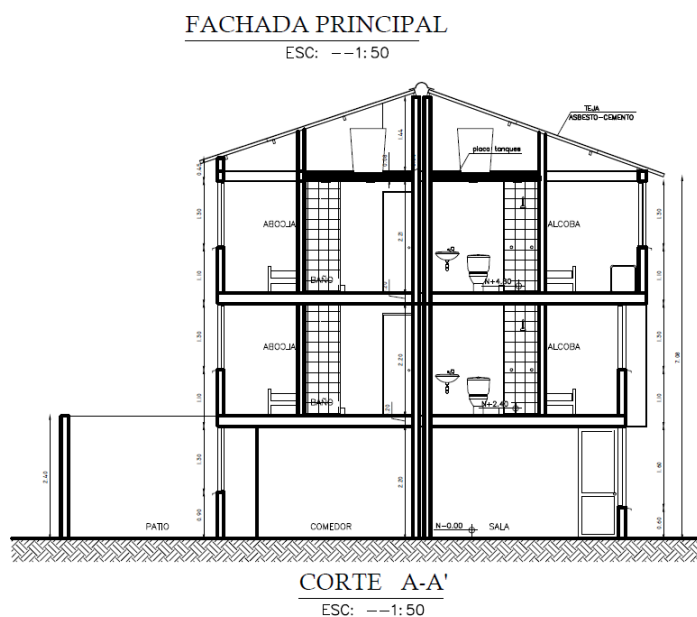
## 2.8. AUTOMATIZACIÓN

La técnica de la Automatización es una ciencia que implica el trabajo conjunto de varias especializaciones por tanto recurre a varios conocimientos de las ramas de la ingeniería, buscando que un sistema en particular se comporte de determinada manera relacionando entradas con condiciones netas de estados con el fin de obtener determinadas salidas que buscan controlar el sistema, este implica la utilización de sensores, actuadores y controladores. Todo lo anterior está relacionado con solucionar un problema y para eso debe pensar en qué condiciones actúan sobre el defecto y qué condiciones de salida se anhelan; sin embargo este paso necesita de realizar diseños eléctricos o mecánicos, esquemas de distribución, diagramas de flujo y cálculos con simulaciones para determinar si la técnica es la correcta o requiere ajustes [21]

### 3. CALCULOS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA ELECTROHIDRAULICO

#### 3.1. CÁLCULOS PARA EL SISTEMA RECOLECTOR DE AGUA.

Figura 21 Predio utilizado en el diseño recolector de agua lluvia



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

#### 3.1.1. AREA DE CAPTACIÓN

En en si es el todo el tejado que sirve para captar el agua lluvia. Este sistema se tiene un tejado de 7 metros de largo por una altura de 1.44 metros con un abscisa de 3.89 m.

( ) ( ) ( ) ( )

La pendiente del tejado es de 27 grados

√ \_\_\_\_\_

Como nuestro tejado tiene un ángulo un poco más alto para evitar reboses en las canaletas se corregirá con un diámetro mayor de tubería de bajantes.

### 3.1.2. PROMEDIO DE PRECIPITACIONES

En este encontramos el promedio de precipitaciones anuales con la fórmula 4 y se realiza una sumatoria, para encontrar el promedio anual.

$$\Sigma \frac{\text{---}}{\text{---}} \quad ( )$$

Si deseamos saber la cantidad de litros, conociendo los milímetros de precipitaciones se debe multiplicar por . Donde un :

Viendo el resultado se observa que cayó un promedio de 66 litros por año.

### 3.1.3. DEMANDA MENSUAL

Luego pasamos a utilizar la ( Fórmula 2.8) a saber la demanda del hogar, en este se tiene 4 personas, dos mayores y dos menores que es el promedio de las familias actuales en las ciudades.

$$\text{---} \quad ( )$$

Dónde:

Di: demanda mensual (m3)

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema (variable, según el mes).

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona/día)

25%: porcentaje de consumo de sanitarios más lava-escobas.

\_\_\_\_\_

La dotación se toma según la resolución 2320 del 2009 donde se especifica para climas fríos un mínimo de 90 litros /día [22].

### 3.1.4. OFERTA DE AGUA MES

Utilizamos la ecuación (7) y encontramos el agua que se puede captar en un mes.

\_\_\_\_\_

( )

\_\_\_\_\_

Esto nos puede dar una idea de que recolectando agua y sabiéndola aprovechar podemos ahorrar más de un 50 % ya que la demanda está en un 2.79 m<sup>3</sup>

El volumen de almacenamiento que se necesita si se quiere recoger todo el promedio de precipitaciones 1.80 m<sup>3</sup>, por lo general siempre se tiene un tanque de 500 litros para agua potable, y 1 tanque adicional de almacenamiento.

### 3.1.5. VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

( )



### 3.1.6. CONSUMO HIPOTÉTICO

Se basa en experiencia personal donde en la vivienda se consume un promedio de 11 con 5 personas que van al baño en aproximadamente 2 veces al día generando un consumo de 60 litros/día para un consumo mensual de 1.8 fuera de del lavado de pisos y limpieza en general.

( 15 )

( )

### 3.1.7. EL POTENCIAL DE AHORRO

Se calcula con la fórmula 2.12, donde se puede ver de la siguiente forma:

( )

En donde:

PPWS es. Potencial de Ahorro de Agua Potable (por sus siglas en inglés) (%)  
VR. Volumen mensual de agua lluvia que puede ser recolectado (m3/mes)  
VW. Demanda mensual de agua potable (m3/mes).

### 3.2. CÁLCULOS PARA LA HALLAR LA POTENCIA DE LA BOMBA.

Los datos Técnicos para implementar el diseño y poder hayar la potencia de la Bomba se extraen de [23] , [24] ,en el cual mirando los requerimientos de almacenamiento vemos que en el mercado se encuentran bombas económicas que me permiten caudales de 35 litros/ min y que se adaptan al medidor de caudal que tiene una capacidad de 30. Litros por minuto.

Nomenclatura:

### 3.2.1. POTENCIA DE LA BOMBA

Los datos de de cabeza neta se sacan de la ecuación de bernoulli

$$\text{---} \quad ( \quad )$$

( 16 )

$$\text{---} \quad \frac{\text{---}}{\text{---}} \quad \text{---}$$

( 17 )

Pasamos el caudal teorico de la bomba a metros cubicos.

\_\_\_\_\_

Encontramos las dimensiones comerciales de la tuberia en PVC. Se piensa utilizar un tubo de 1 pulgada que tiene diametro interior de 29.4 mm

\_\_\_\_\_

Encontramos la velocidad del agua

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

( )

Encontramos la perdidas por fricción

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

( 18 )

Encontramos la fricción y como vemos  $Re$  es  $< 2000$  la formula que rige la fricción es :

\_\_\_\_\_

( 19 )

**Tabla 1. Valor de los aditamentos de la tubería PVC**

Aditamento	K	Aditamento	K
Ampliación gradual (*)	0.3	Te paso directo	0.6
Boquilla	2.8	Te salida bilateral	1.8
Codo de 45°	0.4	Te salida lateral	1.3
Codo de 90°	0.9	Válvula de ángulo abierta	5.0
Codo de retorno	2.2	Válvula de cheque de bisagra	2.5
Entrada de borda	1.0	Válvula de compuerta abierta	0.2
Entrada normal tanque tubo	0.5	Válvula de compuerta abierta(1/2)	5.6
Medidor de agua, disco	7.0	Válvula de globo abierta	10.0
Medidor Vénturi (**)	2.5	Válvula de pie	1.8
Reducción gradual (*)	0.2		

Fuente: Hurtado, E. (10 de 04 de 2019). *Aplicación del cálculo de la potencia de una Bomba de Agua para el suministro en casa* [23]

Nuestro diseño:

Codo 90° = 0.9  
 Válvula de Globo = 10

$$\sum K = 0.9 + 10 = 10.9$$

(20)

$$h_{\text{pérdidas}} = \sum K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

( )

Encontramos la cabeza neta de la bomba

$$H_{\text{bomba}} = H_{\text{estática}} - h_{\text{pérdidas}}$$

( )

Definitivamente encontramos la potencia de la Bomba

$$P_b = \frac{P_c}{\eta_m} \quad (10)$$

En el mercado se encuentran bombas económicas que permiten ser implementadas.

### 3.2.2. POTENCIA DE BOMBEO

$$P_b = \frac{P_c}{\eta_m} \quad (11)$$

$$P_b = \frac{P_c}{\eta_m} \quad (12)$$

### 3.2.3. COSTO CONSUMO DE LA BOMBA

Para hallar el consumo de la bomba se utilizan las ecuaciones (12), (13) y (14)

La energía perdida en el motor =  $(1 - \eta_m) P_c \times t \times C_w / 1000$

$$E_{perdida} = (1 - \eta_m) P_c \times t \times C_w / 1000 \quad (13)$$

El resto de la potencia ( $\eta_m \times P_c$ ) se convierte en calor, que se transmite al agua.

$$P_{calor} = \eta_m \times P_c \quad (14)$$

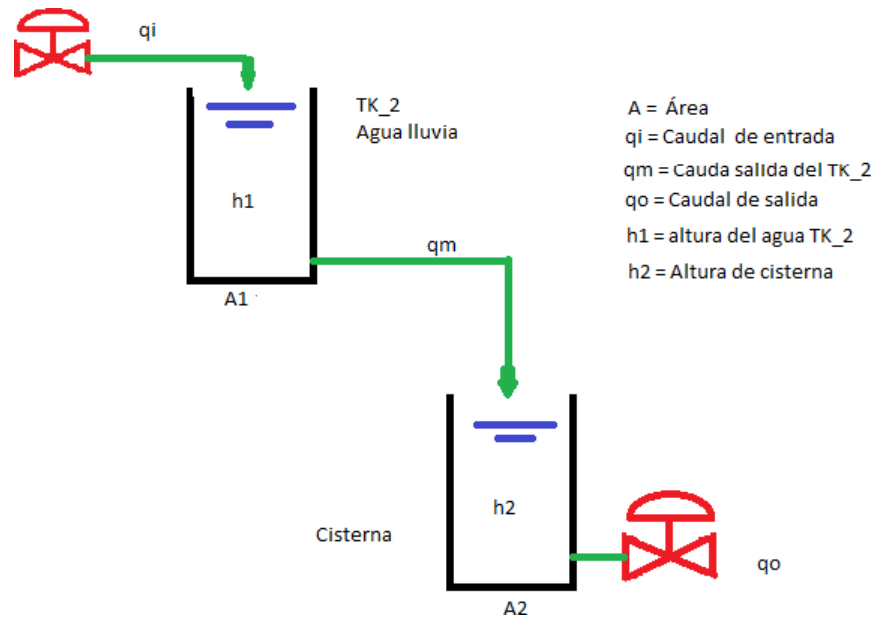
El coste de esta energía =  $\eta_m \times P_c \times t \times C_w / 1000$ .

$$C_{energía} = \eta_m \times P_c \times t \times C_w / 1000 \quad (15)$$

t = tiempo de funcionamiento, en horas  
 Cw = precio de la electricidad por kWh

### 3.3. MODELAMIENTO TANQUES ALMACENAMIENTO AGUA LLUVIA

Figura 22 Plano simbólico del sistema de control de los tanques



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

$$\dot{m}_1 = q_i - q_m \tag{21}$$

$$\dot{m}_2 = q_m - q_o \tag{22}$$

$$\dot{V}_1 = \frac{1}{\rho} \dot{m}_1 \tag{23}$$

$$\dot{V}_2 = \frac{1}{\rho} \dot{m}_2 \tag{23}$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\sqrt{h}} \quad (24)$$

**Ecuación de comportamiento del sistema tanque de Cisternas**

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\sqrt{h}} \quad (25)$$

**Encontrando puntos de equilibrio.**

Ponemos la derivadas 3.4 a cero y hallamos el valor que queremos ver como la altura del tanque en estado estable

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\sqrt{h}} \quad [ \text{---} ] \quad (26)$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\sqrt{h}} \quad [ \text{---} ] \quad ( )$$

**Linealización de las ecuaciones 3.4 por series de Taylor 3.3**

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\sqrt{h}} \quad ( ) \quad ( )$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\sqrt{h}} \quad [ \text{---} ] \quad ( ) \quad [ \text{---} ] \quad ( ) \quad (27)$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\sqrt{h}} \quad \frac{1}{\sqrt{h}} \quad ( )$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\sqrt{h}} \quad ( )$$

**Realizamos transformada de laplace**

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\sqrt{h}} \quad ( )$$

$$\frac{(\quad)}{(\quad)} \frac{\quad}{\sqrt{\quad}} \quad (28)$$

**Linealización de la fórmula 3.5 por series de Taylor**

En esta parte se tiene en cuenta la parte lineal, como su nombre lo indica vamos a linealizar la ecuación 3.5

$$- \sqrt{\quad} \quad \sqrt{\quad} \quad (\quad) \quad - \quad (\quad)$$

$$(\quad) \quad (\quad) \quad [ \rightarrow ] \quad (\quad) \quad [ \rightarrow ] \quad (\quad) \quad (29)$$

$$(\quad) \quad \sqrt{\quad} \quad - \quad \sqrt{\quad} \quad \frac{\quad}{\sqrt{\quad}} \quad \frac{\quad}{\sqrt{\quad}} \quad (\quad)$$

$$(\quad) \quad \frac{\quad}{\sqrt{\quad}} \quad (\quad)$$

Reemplazamos ( ) del tanque 1:

$$(\quad) \quad \frac{\quad}{\sqrt{\quad}} \quad \frac{\quad}{\sqrt{\quad}}$$

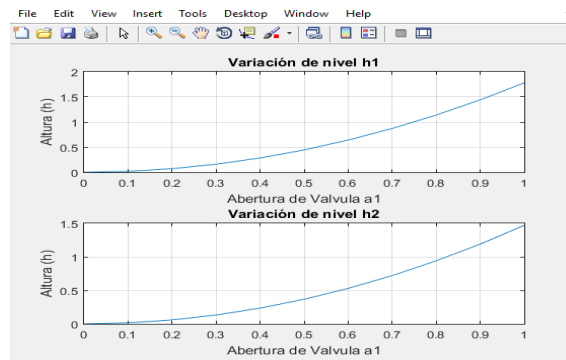
$$(\quad) \quad \frac{(\quad)}{(\quad)} \frac{(\quad) \frac{\quad}{\sqrt{\quad}}}{(\quad) \frac{\quad}{\sqrt{\quad}} (\quad) \frac{\quad}{\sqrt{\quad}}} \quad (30)$$



En pruebas con el software matlab 2015 se evidencia según las figura 23 que el caudal de la entrada del TK\_2 según figura 24 es constante, es decir esta dictado por el metraje que la bomba da, viendose que no se afecta el nivel aunque la salida del tanque de la cisterna esta abierta al máximo. Esto implica que no es necesario aplicar un sistema PID para controlar el TK\_2 ya que no se ve afectado por la descargar de las cisternas.

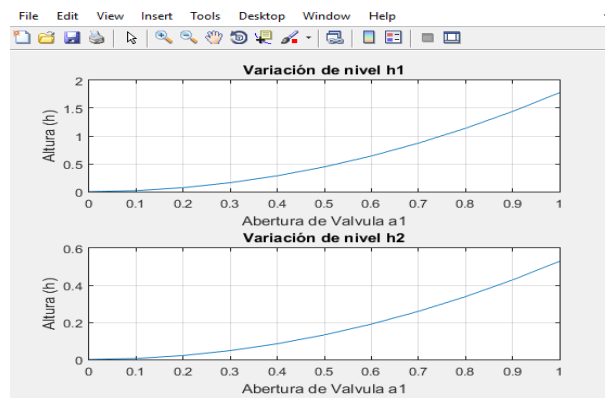
Es un sistema estable en todo sentido y no necesita sino solo un control ON OF

**Figura 23 Respuesta del sistema en estado estable**



Fuente: Código de simulación <http://controlautomaticoeducacion.com/> [25]

**Figura 24 Respuesta del sistema ante abertura Válvula Tk cisterna**



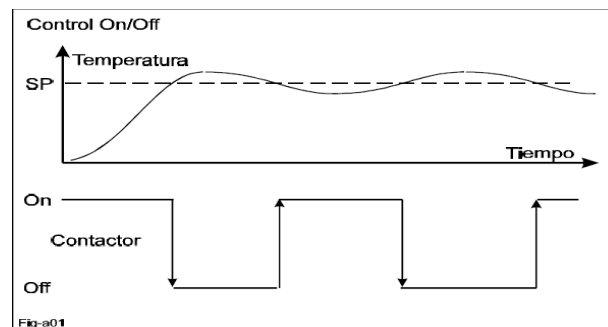
Fuente: Código de simulación <http://controlautomaticoeducacion.com/> [25]

### 3.4. SELECCIÓN Y CALCULO SISTEMA DE CONTROL PARA LOS TANQUES.

Como el sistema no esta en total funcionamiento todo el día, debido a que este no tiene el consumo frecuente como es el abastecimiento de agua potable, es por eso que un sistema de control PID generaria gastos de consumo electrico debido a que la bomba estaria prendida todo el tiempo controlando el nivel de tanque, por eso el control mas recomendable sería un control ON/OFF y contro proporcional [26].

#### 3.4.1. CONTROL ON/OFF

Figura 25 Respuesta del sistema control ON-OFF



Fuente: <https://www.coursehero.com/file/13551688/Control-PID-1-1/>

Este sistema es óptimo cuando no se requiere que el sistema no active la potencia de la bomba frecuentemente, como se observa este proyecto de control no requiere un manejo con PID debido a que las fluctuaciones son mínimas. Este prendera cuando esté por debajo del SP y se apagara cuando esté por encima. En nuestro caso se utiliza un tanque de 1.20 m de alto y un diámetro de 1 metro para una capacidad de 500 litros, al cual se pretende que el setpoint este en el rango de 0.70 a 1 m y como las descargas de los sanitarios no afecta tanto el nivel, ya que se consume por cada una cisterna aproximadamente 6 litros que es 1.2% del volumen total. Para que la bomba prenda se necesitaría que el nivel este por debajo de 0.70 metros ocasionado por un consumo de 150 litros o mejor de 50 litros diarios por un grupo familiar de 4 personas, información extraída de experiencia personal tomada de predio ubicado en la Cra. 99B No. 40-31 sur familia López.

Con todo lo anterior se puede decir que la bomba prendería cada 3 días dependiendo de la intensidad de las lluvias y de la capacidad de recolección por minuto de la canal.

### 3.4.2. CONTROL PROPORCIONAL

El controlador proporcional entrega una potencia que varía en forma proporcional al error (SP-PV). PV = lectura del proceso o sensor y SP es el valor deseado.0

Para poner en marcha un controlador proporcional se deben fijar los siguientes parámetros:

El nivel deseado SP = 100  
 La banda proporcional Pb = 20  
 El Tiempo de ciclo = tc  
 Error = E

La banda proporcional Pb se programa en el controlador como un porcentaje del SP. Corresponde a una banda de nivel situada por debajo del SP a lo largo de la cual, la potencia de salida variará proporcionalmente al Error (SP-PV). Disminuyendo cuanto más cercana sea el nivel al SP.

Internamente el controlador realizará el cálculo del porcentaje de salida ‘Out’ mediante la siguiente fórmula:

( 31 )

— ( 32 )

( ) ( 33 )

El paréntesis [ ] se usa para indicar saturación es decir que si al evaluar el nivel, resulta mayor de 100 se deja en 100% y si resulta 0 o negativo, se deja en 0%.

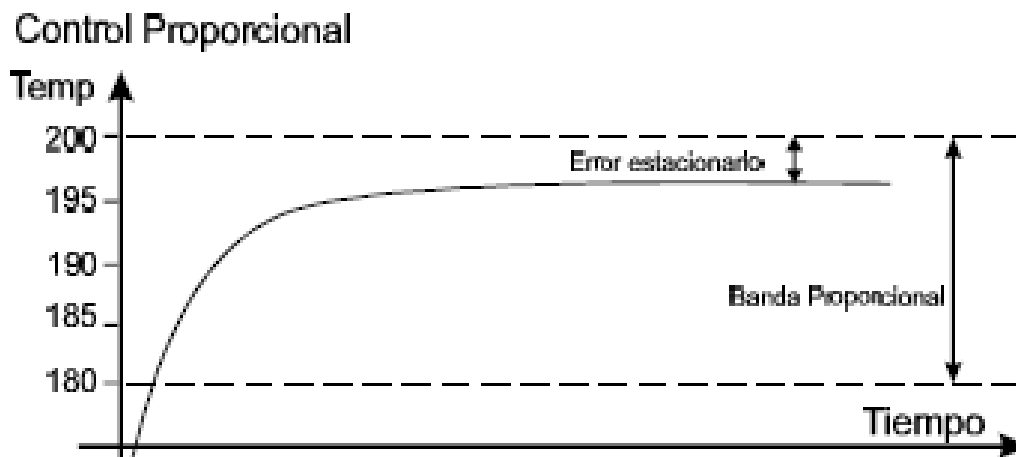
Para los valores de nuestro caso SP=100 cm y Pb 10%. La potencia determinada por el control variara a lo largo abajo del SP.

— ( )

Es decir que la banda a lo largo de la cual variará gradualmente la potencia será: 80 y 100. Si el nivel está por debajo de 80 la potencia de la bomba estará en 100%, si está en 90 será de 50 % y 0% cuando esté por encima de 100.

( ) ( )

**Figura 26 Respuesta del sistema ante un control proporcional**



Fuente: <https://www.coursehero.com/file/13551688/Control-PID-1-1/> [26]

No es difícil imaginar que un control proporcional se comporta como un control ON/OFF debido a que entre más corta sea la Banda este oscilará, generando gasto de potencia de la bomba por estar prendiendo y apagando el sistema de control, por eso este método es más efectivo en bandas medianas porque tiende a estar dentro del error estacionario; sin embargo si el error es muy grande el sistema se comporta de manera lenta ante cambios o perturbaciones.

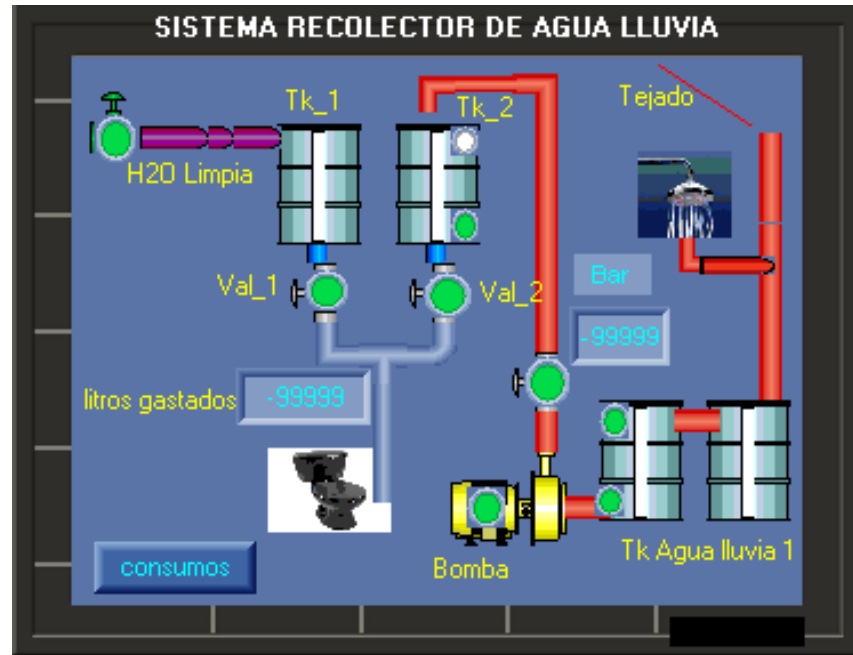
De acuerdo al sistema y los datos que se mencionan el sistema se acopla de manera eficiente debido a que no se gastará tanta energía en el control de la bomba y el nivel permanecerá estable debido a como se mencionó anteriormente el consumo no es muy alto porque este será solo utilizado en baños o limpieza en general. Este sistema tendrá otro factor como un tanque que dependiendo de su nivel mantendrá alimentado el tanque de suministro hacia los baños, este último no tendrá regulación debido a que es el tanque recolector primario del agua lluvia,

depende del estado medio ambiente, pero si tendrá que ver con la energización de la Bomba porque mientras esté por encima del nivel mínimo podrá funcionar.

## 4. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO ELECTROHIDRÁULICO

Figura 27 Interfaz visual del sistema recolector de agua lluvia



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

Este sistema recolector consta de los siguientes elementos los cuales se describen a continuación:

TK1 tanque recolector de agua potable que estará activo cuando el Tk2 este desocupado, este tiene una válvula de admisión.

Tk2 Tanque recolector de agua lluvia: Este tanque almacena el agua lluvia proveniente del tanque recolector TK 0, la cual es impulsada por la bomba.

**Figura 28 Descripción física de los tanques del proyecto**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio UNAD-JAG

Tk0 Tanque recolector primario: Este tanque tiene la función recaudar el agua del tejado por medio de la canal; este tanque contiene electrodos sensores de nivel que permiten o restringir el bombeo.

Litros gastados: Por medio de medidores de cauda o cuadalimetro se medirá la cantidad almacenada y consumida en los diferentes procesos.

Bar: Indicador de presión del sistema hidráulico para evitar daños de sobrepresión que pueden ocasionar ruptura de la tubería y daños en la Bomba.

**Figura 29 Descripción física del sistema recolector agua lluvia**



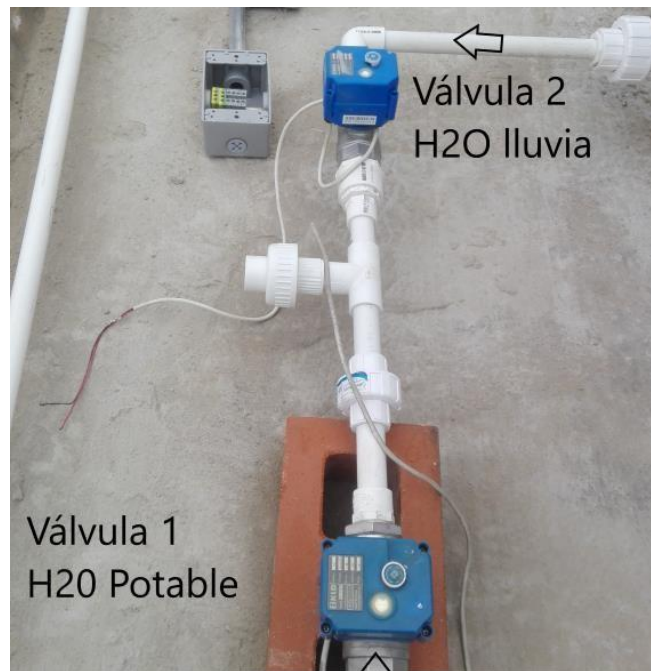
Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio UNAD-JAG

Val\_1: Válvula de alimentación de agua potable, activa cuando Tk\_2 este desocupado o cuando se active manualmente.

Val\_2: Válvula de alimentación de agua lluvia, y estará disponible cuando el Tk\_2 este en un valor de nivel de 10 cm el cual se medirá con un sensor de ultrasonido o cuando se desee activar manualmente.



**Figura 30 Descripción física del sistema de control con válvulas**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio UNAD-JAG

Val\_3: Esta es una válvula de seguridad que permite que la tubería no se desocupe y genere vacío en el sistema evitando cavitación, esta estará en ON cuando esté abierta.

Tk4 = Tanque de almacenamiento de procesos limpios, el cual se llena por disposición propia del cliente; es decir el cliente decide si la recolecta o no. Un ejemplo claro es si decide reciclar el agua de la lavadora u otro proceso.

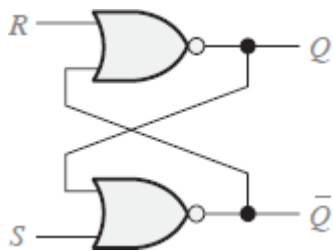
#### **4.2. DISEÑO DEL PCB EN ARES DE PROTEUS DEL CONTROL DE NIVEL.**

Debido a que solo se tiene un sensor de ultrasonido se decidió realizar un diseño de un control de nivel para el tanque recolector y estará pendiente de que el nivel esté en condiciones de realizar el bombeo hacia el tanque debido a que la bomba no puede trabajar en vacío o sin líquido, porque puede ocasionar daños mecánicos a la bomba y perjudicar el almacenamiento.

Como se menciona se necesita dos señales de 0 o 1 que permitan que el PLC vea el estado del tanque recolector y debe funcionar como sigue: en estado de 1 (activo el electrodo de bajo nivel y alto nivel) si contacto con el agua hacen que envíe una señal informando que no se puede activar la bomba hasta que esté la señal de mínimo nivel (1) en contacto con los electrodos de bajo nivel y alto. Esto nos permite dar seguridad al bombeo y referenciar el estado del tanque.

Para el diseño se tuvo en cuenta información proveniente de [27] , [19] donde se basa en un diseño con compuertas lógicas como latch S-R (SET-RESET) que es un dispositivo biestable con entrada en alto .

**Figura 31 Latch- RS**



Fuente: Floyd, T. L. (2006). En T. L. Floyd, *Fundamentos de sistema digitales* (págs. 412-415). Madrid: Pearson Educación S.A. [28]

Donde su comportamiento de las entradas y salidas es como sigue:

**Tabla 2. Tabla de verdad de un Latch S-R**

S	R	
0	0	
0	1	0
1	0	1
1	1	No permitido

Fuente: Floyd, T. L. (2006). En T. L. Floyd, *Fundamentos de sistema digitales* (págs. 412-415). Madrid: Pearson Educación S.A [28]

Como se observa si los dos electrodos están en contacto con el líquido no es permitido y no se podría utilizar el latch; por consiguiente para poder utilizarlo se

vale de otro latch RS y se combinan para poder utilizar las condiciones de contacto de los electrodos y anular el estado no permitido quedando como sigue el diseño lógico.

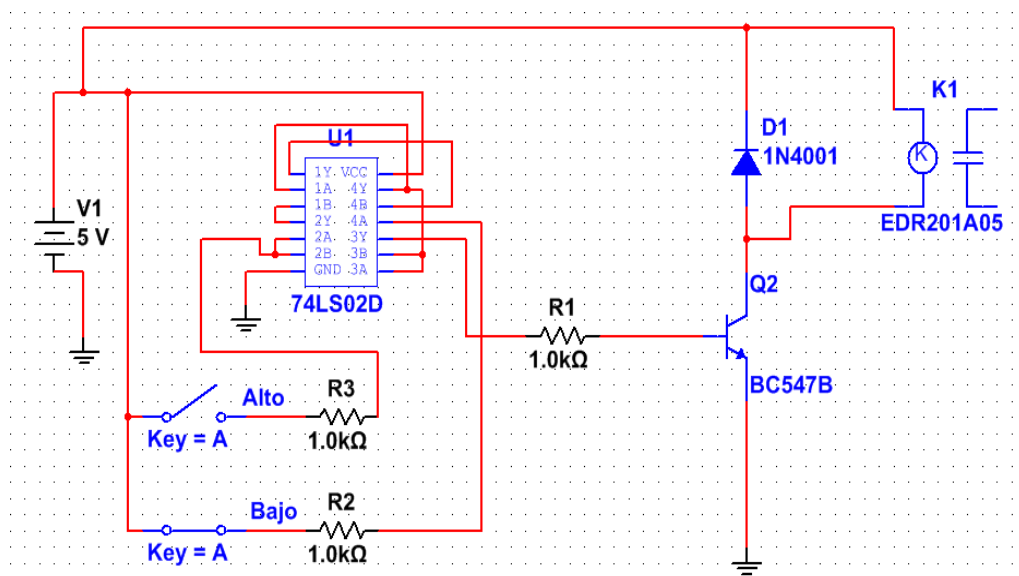
Como sabemos que un latch está compuesto de compuertas nor y se necesitan 4 de ellas, nos valemos de del circuito integrado 74LS02 y su tabla de la verdad nos da de la siguiente manera.

Tabla 3. Tabla de verdad sistema control de nivel con 74LS02

Electrodo Alto	No - alto	Electrodo Bajo	Activación	
0	1	0	0	1
1	0	0	0	
1	0	1	1	0
1	0	0	1	0
0	1	0	0	1

Fuente: Floyd, T. L. (2006). En T. L. Floyd, *Fundamentos de sistema digitales* (págs. 412-415). Madrid: Pearson Educación S.A.

Figura 32 Detector de nivel con 74LS02



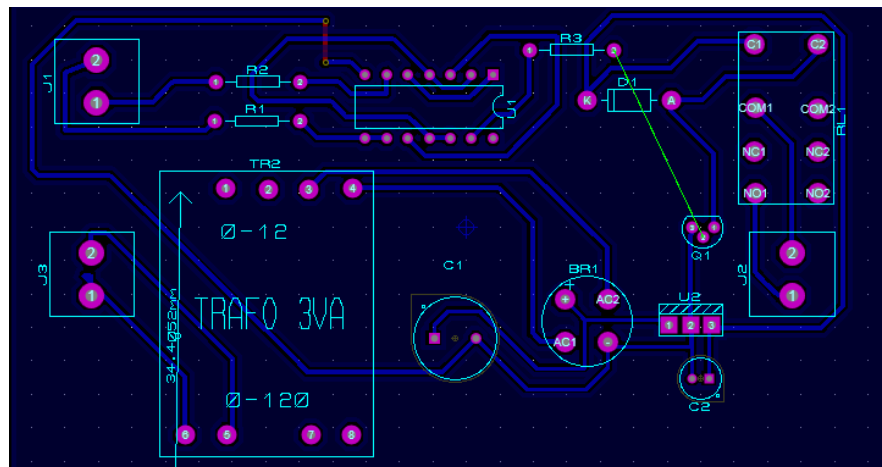
Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio UNAD-JAG

**Figura 33 Tanque Recolecto de agua lluvia primario**



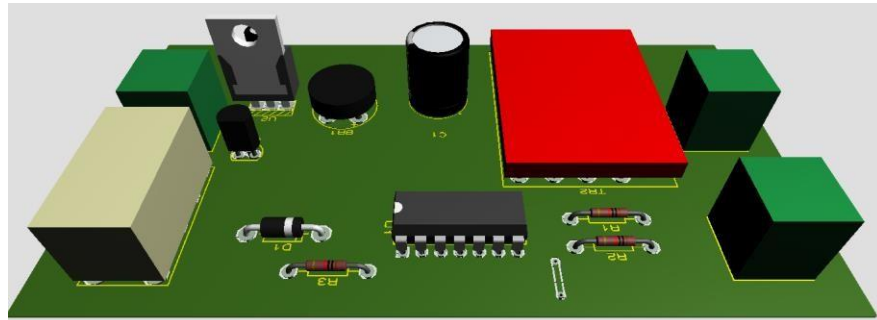
Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

**Figura 34 PCB Control de nivel con 74LS02**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

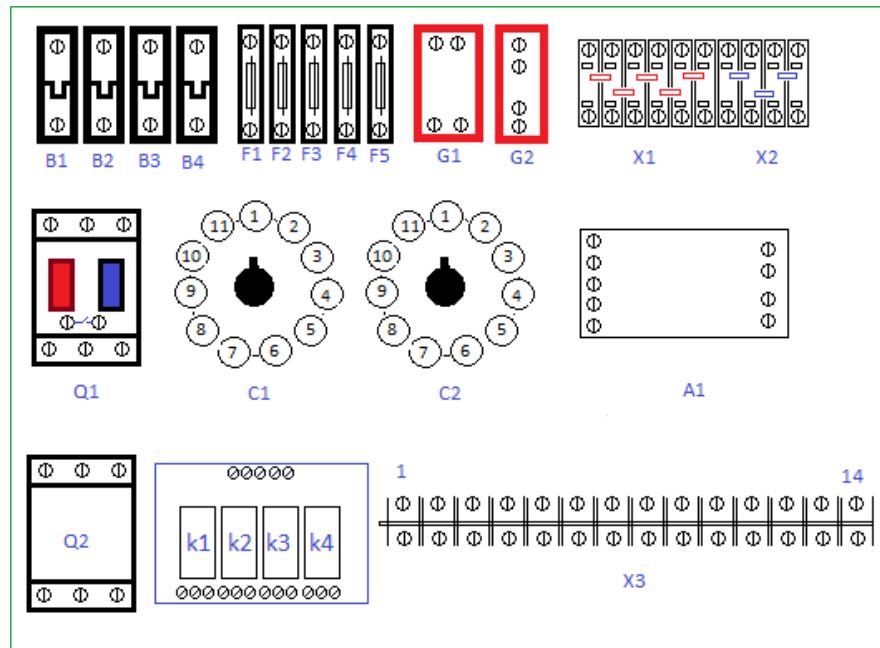
Figura 35 Diseño gráfico del control de nivel



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

### 4.3. DESCRIPCION DEL TABLERO ELECTRICO

Figura 36. Layout tablero Eléctrico del proyecto



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

**Tabla 4. Descripción de los elementos del tablero eléctrico**

Parte	Componente	Descripción
B1	Automático 10 A	Totalizador del tablero
B2	Automático 6 A	Interruptor magnético de la fuente 24VDC
B3	Automático 2 A	Interruptor magnético de la fuente 5VDC
B4	Automático 2 A	Interruptor magnético de las electroválvulas
F1	Borna Portafusible	Fusible de 2 A. Protección del PLC
F2	Borna Portafusible	Fusible de 2 A. Protección de la fuente 24VDC
F3	Borna Portafusible	Fusible de 2 A. Protección de las entradas digitales
F4	Borna Portafusible	Fusible de 2 A. Protección de las Salidas Digitales
F5	Borna Portafusible	Fusible de 2 A. Protección de la fuente de 5 VDC
X1	Borneras	Borneras puenteados para 24 VDC
X2	Borneras	Borneras puenteados para 0 VDC
Q1	Guarda Motor	Protección por sobre corriente del Motor de la Bomba
C1	Control de nivel	Control de nivel -3 electrodos del Tanque 3 recolector-lluvia
C2	Control de nivel	Control de nivel -3 electrodos del Tanque 4 recolector-lavadora
A1	Interfaz	Convierte señales de 5 a 24 VDC de los caudalímetros
Q2	Contactador	Permite el paso de potencia hacia la Bomba
K1	Relevo 24 VDC	Acciona Q2
K2	Relevo 24 VDC	Acciona luminaria de alarma
K3	Relevo 24 VDC	Acciona Electroválvula Alimentación Agua potable del TK1
K4	Relevo 24 VDC	Acciona Electroválvula Alimentación Agua lluvia del TK2
X3	Bornera	Permite la conexión de las salidas de los elementos del tablero

Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

#### **4.4. DESCRIPCIÓN Y USO DEL SENSOR DE ULTRASONIDO.**

##### **4.4.1. TRANSMISOR DE NIVEL ULTRASÓNICO ORION ECH 201**

- ECH\_0201\_DC transmisores de nivel ultrasónicos: El sensor ultrasónico, el transductor de señal, el controlador de nivel se encuentran dentro de la caja IP68 PP programada con interfaz de computadora.

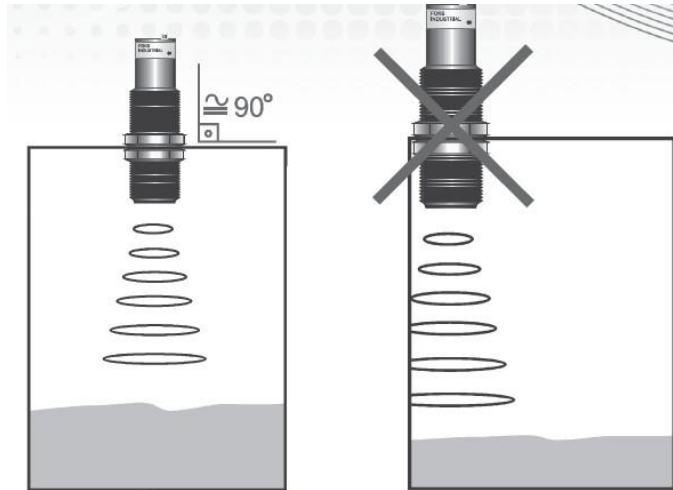
- El transmisor es alimentado con 15-30 V<sub>CD</sub> incluye una entrada digital / datos (Senc-latch), una salida de 4-20 mA.
- La función de filtro procesa el eco rotativo al controlar y eliminar las interferencias.
- Puede mostrar el valor medido como nivel o distancia.

#### **4.4.2. DATOS TÉCNICOS**

- Voltaje de alimentación: 24V DC + -% 30 / 2W Máx.
- Salida analógica: 4-20mA 2kv aislado 14bit
- Serial Com / Senc-Latch: entrada digital de + 24VDC con interfaz RS232
- Temperatura de funcionamiento: -10 °C a +60 °C
- Clase de protección de la sonda: IP68
- Resolución: 14Bit / 4-20mA
- Linealidad: mejor que 0,6%
- Velocidad de medición: 50 unidades por segundo según la distancia de medición (Máximo)
- Presión operacional: 3 Bar Máx. Máx.
- Medición: 20 cm (min), 4 m (máx.) (para la superficie del agua)
- Ángulo cónico del sonido: 10 grados máximos.
- Frecuencia del sensor: 75 KHz.

### 4.4.3. CORRECTA INSTALACIÓN

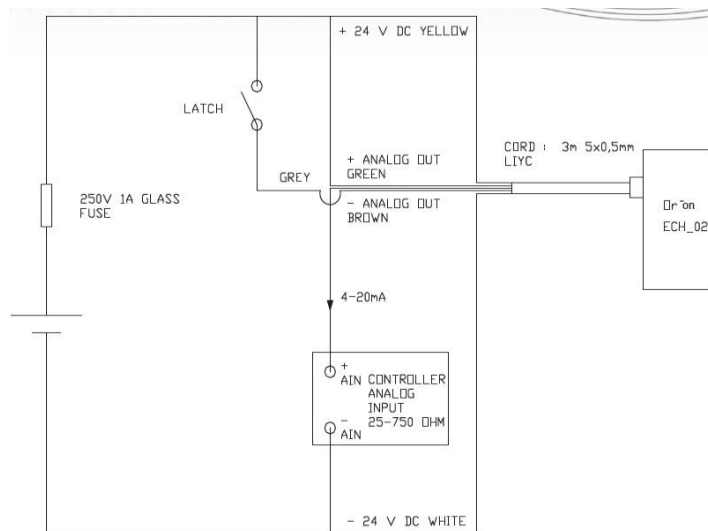
Figura 37 Correcta instalación del sensor de Ultrasonido



Fuente: Manual de instalación sensor ORION ECHO ver 1.03

### 4.4.4. ESQUEMA DE CABLEADO PARA SU USO CORRECTO

Figura 38 Conexión de sensor de ultrasonido

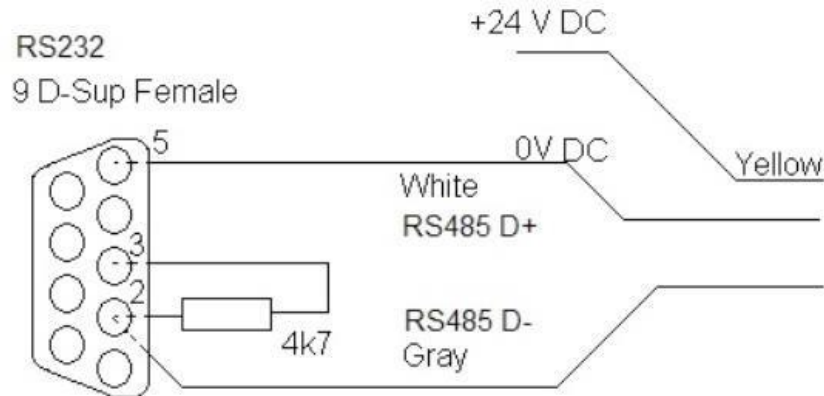


Fuente: Manual de instalación sensor ORION ECHO ver 1.03



#### 4.4.5. ESQUEMA DE CABLEADO PARA LA COMUNICACIÓN CON RS232 / 485

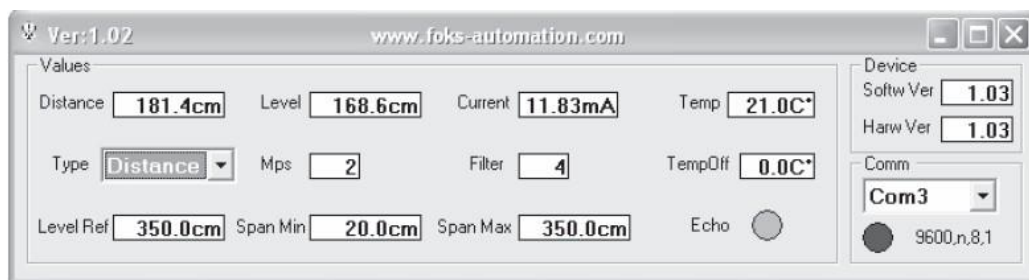
Figura 39 Conexión comunicación para programar sensor



Fuente: Manual de instalación sensor ORION ECHO ver 1.03

#### 4.4.6. PROGRAMACIÓN DEL SENSOR

Figura 40 Calibración sensor ultrasonido

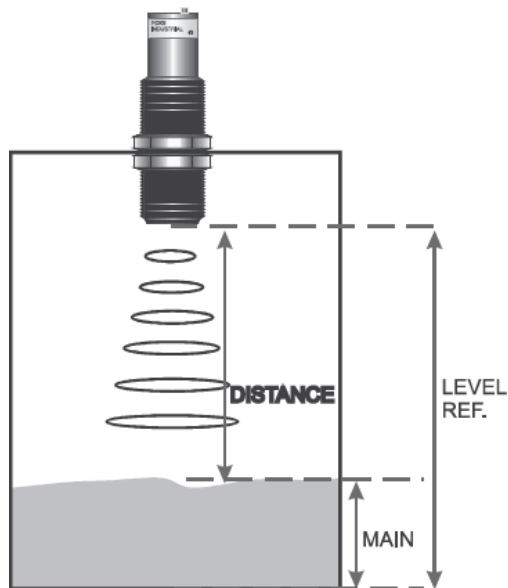


Fuente: Manual de instalación sensor ORION ECHO ver 1.03

Com: Permite la indicación del puerto serie y la conexión con ECH\_0201 y luego la selección del puerto correcto para realizar las calibraciones. Cuando la selección es correcta, la conexión se establece automáticamente con el dispositivo y se ven los valores en relación con Softw Ver, Harw Ver en la sección superior derecha.

Type: Estos son parámetros que pueden seleccionarse como Nivel o Distancia. Si se selecciona Nivel, la distancia se extrae del valor ingresado al Nivel de referencia y luego se calcula el Nivel. Dependiendo de la selección de este parámetro, la corriente de salida se calcula de acuerdo con el valor seleccionado.

**Figura 41 Descripción parámetros de configuración sensor de ultrasonido**



Fuente: Manual de instalación sensor ORION ECHO ver 1.03

Mps : Simboliza el número de ondas de sonido que se enviarán para medir por segundo. Se debe ingresar el número más bajo para los lugares donde la distancia está lejos. La actualización del valor actual en la salida se vuelve en un tiempo más corto cuando el número es alto. El valor máximo es 34.

Filter : Es el parámetro donde se indica el promedio de cuántos valores se deben tomar. Se toma el promedio de los valores agregados como resultado de las mediciones realizadas, por lo que se obtiene un resultado más preciso. El valor máximo permitido es 16.

Temp Off: Se utiliza para las situaciones en que el valor de la temperatura interna del sensor no es igual al ambiente exterior. Es el lugar del parámetro donde ingresará el valor de compensación para la compensación.

Level Ref : Es el valor permitido después de la selección del nivel desde la sección Tipo. Se utiliza para calcular el nivel de material existente en el interior.

Introduzca el nivel para el cual se realizará la medición. (Por ejemplo, el nivel del tanque que está lleno máximo es de 300 cm, etc.)

Los valores de nivel máximo y mínimo deben tenerse en cuenta cuando se ingresa el nivel a medir. (Max: 400cm- Min: 20cm)

Span min: Se ingresa el valor para el cual se ingresa el valor de 4 mA que pertenece a la salida actual que se desea ver. Pertenece al parámetro que se selecciona dependiendo de la selección del parámetro Nivel / Distancia en Tipo parámetro.

Span max: Valor por el cual se ingresa un valor de 20mA perteneciente a la salida de corriente que se desea ver. Pertenece al parámetro que se selecciona según la selección de Nivel / Distancia en Tipo de parámetro.

Distance: Indica la distancia desde el extremo del dispositivo a la superficie medida.

Level: Como resultado de la selección como Tipo de nivel, es el valor calculado al extraer Distancia del valor ingresado para la Referencia de nivel.

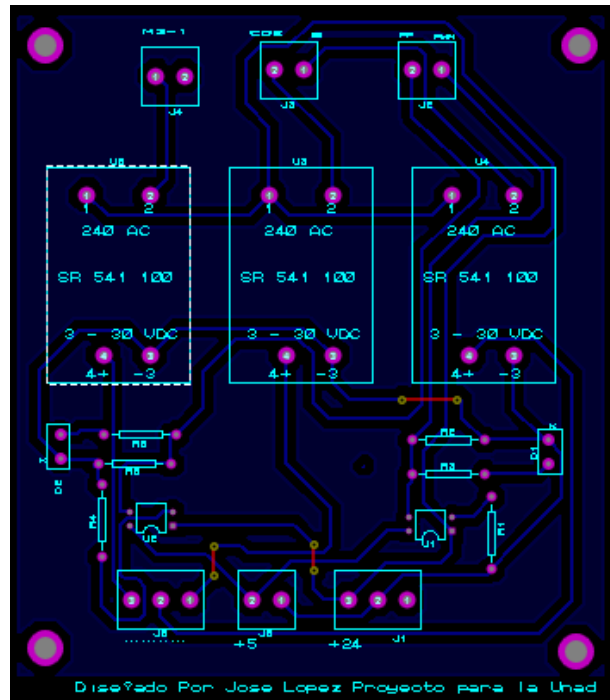
Current: Es el valor de la corriente de salida instantánea que se calcula en función de los valores de Mínimo de intervalo y Máx. De intervalo que tiene conexión con el Nivel o Distancia seleccionado en la sección Tipo. El intervalo entre el intervalo mínimo y el intervalo máximo se escalan, luego muestra la cantidad de valor de la corriente deseada en la salida instantánea.

#### **4.5. DISEÑO PCB CAPTADOR DE SEÑALES DEL CAUDALIMETRO**

Debido a que el cuadalimetro tiene una salida de 5 voltios DC y su alimentación de potencia es 5 a 30 VDC, no es apta para la entrada del PLC, la cual pide un voltaje de 24 VDC, para eso se diseña una interface en el sitio de recolección de los pulsos que miden el caudal proveniente del tanque de almacenamiento de agua lluvia.

Para eso nos valemos de un mini relevo marca Omron de 24 VDC el cual es activado por una señal que pasa por un optocoplador referencia 4N38 que es accionado por la señal que proviene del sensor de caudal.

Figura 42. Interfaz de los caudalímetros



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

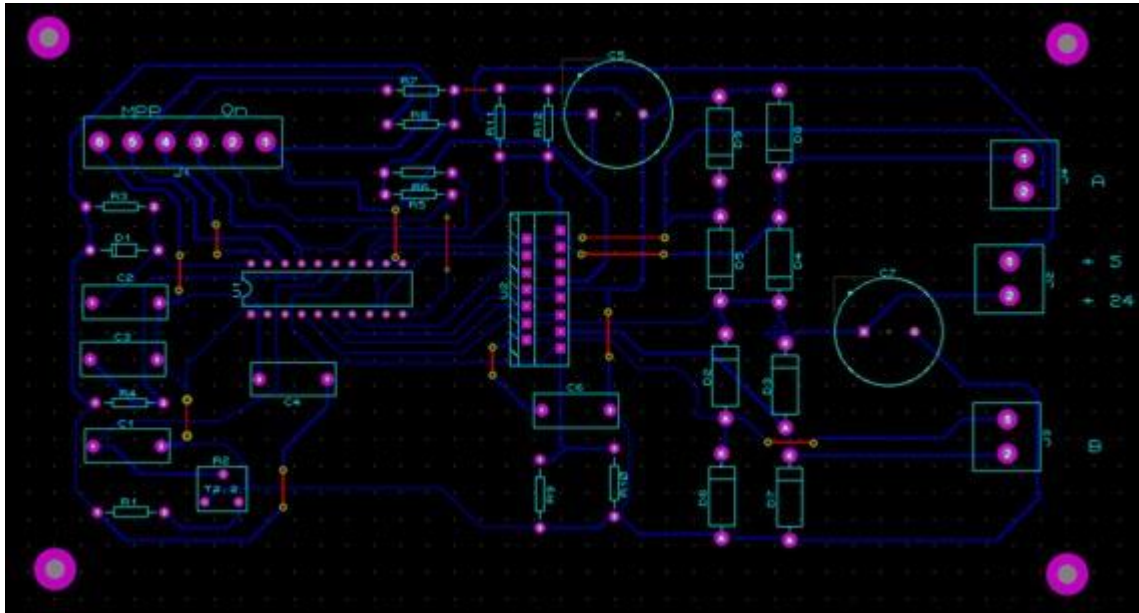
El diseño de esta tarjeta es pensado para poder recoger las señales de los caudalímetros que miden el agua recolectada y consumida. Esto se logra con relé de estado sólido que permiten leer señales de alta frecuencia; También tiene otra función que es servir de interface para las señales PWM provenientes del PLC y esto se logra con opto acopladores que permiten maniobrar las tarjetas de control de los motores de Paso a Paso y modulador de Fase.

#### 4.6. DISEÑO PCB CONTROL BOMBA DOSIFICADORA

Todo sistema recolector de agua lluvia necesita eliminar impurezas del agua y atacar elementos nocivos para el ser humano ya sea que el líquido este en contacto o no con el elemento. El proyecto necesita una tarjeta de control para mover un motor Paso a Paso con el ánimo de controlar su giro y torque y poder mover una Bomba dosificadora de 0.06 cc la cual tiene 4 salidas para dosificar cierta cantidad de cloro líquido según [22] donde informa que la cantidad requerida de cloro en gramos para el tanque de almacenamiento de 500 litros es 10 ml.

Esta tarjeta dispone de un integrado LM297 que realiza el control del motor paso a paso y otro integrado como el LM298 que tiene como misión alimentar las bobinas del motor unipolar y así generar su movimiento el cual es regulado por una señal PWM que proviene del PLC V570 de Unitronics.

Figura 43. PCB control motor Paso a Paso



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

El diseño es tomado de [29] donde le dan las pautas para el desarrollo y se adapta a las necesidades del proyecto como generando el PCB y cambiando algunas resistencias para dar más poder de amperaje al motor que lo necesita.

## **5. MANTENIMIENTO DEL PROYECTO**

Todo equipo o proceso de automatización requiere que sus componentes estén en óptimas condiciones para que sus componentes perduren en el tiempo, den seguridad al proceso como también al usuario y para eso debe cumplir los siguientes requisitos.

**Inspección:** Como todo proceso que manipula elementos líquidos como el agua necesita que se revise los depósitos en un periodo de 3 meses para garantizar que no se acumulen lodos en los filtros siendo necesario su limpieza inmediata de los mismos. Cada 6 meses se lavarán los tanques recolectores y depósito principal para el almacenamiento del agua lluvia.

**Limpieza:** Los tableros eléctricos se necesita que estén libres de polvo o cualquier sustancia que perjudique el óptimo desempeño de sus elementos; en cuanto al sistema hidráulico este se hará lavado con limpiadores caseros a los tanques y filtros instalados.

**Ajustes:** Los ajustes están enfocados en corregir sensibilidad de los detectores de nivel, sensores de presión y nivel para que los datos que esté recibiendo el PLC sea el correcto, evitando fallos como bloqueos eléctricos y daños en el motor de la Bomba.

### **5.1. INSPECCIÓN**

La inspección se debe hacer por personal autorizado, que tenga los conocimientos necesarios en electrónica, electricidad y mecánica. La persona que va a realizar la inspección debe utilizar herramientas como: Destornilladores, multímetro, computador, interface USB-232.

Procedimiento:

- Bajar la potencia de la red por medio del breaker automático de 10 Amp según planos anexo 1.1
- Levantar tapas de seguridad de tanques y revisar su interior, evaluando visualmente el estado de los sólidos disueltos en el agua.

- Verificar que el tanque TK\_0 según imagen 29, este con contenido para probar la bomba.
- Energizar nuevamente el tablero principal y verificar con el multímetro que las protecciones según plano anexo 1.1 estén con continuidad.
- Ver en el menú de falla según imagen para ver que alarmas están presentes.
- Probar manualmente la Bomba, escuchando y palpando su carcasa para descartar problemas de rodamientos o cortos en su bobinado interior.
- Verificar que el impeler de la Bomba tenga un movimiento suave y que no tenga fugas de agua en su revisión, de lo contrario se debe programar su mantenimiento.
- Generar lista de chequeo con la fecha y quien la realizó

## **5.2. LIMPIEZA**

La limpieza de componentes hidráulicos como eléctricos permite la longevidad del mismo por tanto se debe programar periodos de rutina de limpieza.

### **Procedimiento**

- Hacer un lavado de la tubería con un limpiador para retirar incrustaciones de sólidos y para eso se prende manualmente en panel de activación del PLC según imagen.
- Apagar la potencia de la red que alimenta el gabinete de control.
- Bajar y desocupar los tanques de almacenamiento y este trabajo se debe hacer cada 6 meses.
- Limpiar y lavar los tanques.
- Limpiar el impeler de la Bomba.
- Instalar los tanques
- Activar la potencia de alimentación del tablero de control.

### 5.3. AJUSTE Y CALIBRACIÓN

Para que el equipo sea eficiente y confiable se necesita una serie de actividades como:

- Apagar la potencia de la red que alimenta el tablero según plano anexo
- Ajustar todas las conexiones con destornillador
- Verificar continuidad en todas las protecciones
- Encender la potencia de la red
- Activar la protección del motor de la Bomba
- Tomar el consumo de corriente de la Bomba y calibrarla en el guarda Motor
- Activar manualmente los electrodos de nivel, observando su sensibilidad.
- Verificar la linealidad de las entradas análogas por medio de un generador de corriente de 4 a 20 mA
- Si en la inspección la Bomba presenta ruido o calor en exceso en los rodamientos, esta se debe intervenir con el reemplazo de los mismos y su posterior prueba.



## **6. ANÁLISIS ECONÓMICO**

En la construcción del prototipo electrohidráulico, se plantea la utilización de elementos electrónicos de bajo costo, componentes eléctricos de costo medio debido a que fueron adquiridos de segunda mano obtenida en chatarrerías y otros como los hidráulicos que ya estaban instalados en el predio donde se implementara el prototipo.

### **6.1. EQUIPOS Y COMPONENTES**

- Computador portátil, usado para realizar la simulación, los dibujos y el trabajo escrito. En la simulación es necesario la instalación de Proteus Isis, Proteus Ares, Unitronics, el paquete de office.
- Componentes electrónicos para el prototipo, ver tabla 6
- Componentes eléctricos para el prototipo, ver tabla 7
- Materiales para la construcción del prototipo electrohidráulico, ver tabla 8

### **6.2. PRESUPUESTO**

El costo de la investigación, diseño y construcción del proyecto, así como las herramientas y materiales adicionales necesarios, fueron soportados por el estudiante José Eusebio López Junco.

Los componentes electrónicos en su mayoría fueron suministrados por la tienda de electrónica Yahiko Electrónica ubicada en la Cl 20 No. 8-87 de Sogamoso y los componentes hidráulicos en el Homecenter de la calle Ciudad de Cali.

**Tabla 5. Costo de componentes electrónicos**

Ítems	Componente	Cantidad	Costo unidad	Costo Total
1	Resistencia de 10k	10	\$100,0	\$1.000,0
2	Resistencia de 2.2 K	10	\$100,0	\$1.000,0
3	Resistencia de 220	10	\$100,0	\$1.000,0
4	Circuito integrado Lm297	1	\$12.000,0	\$12.000,0
5	Circuito Integrado L298/N	1	\$7.977,0	\$7.977,0
6	Condensador cerámico 100 n	8	\$607,0	\$4.856,0
7	Condensador cerámico 3.3 n	4	\$500,0	\$2.000,0
8	Diodo 1N4148	1	\$1.000,0	\$1.000,0
9	Diodo Schottky Gi852	8	\$500,0	\$4.000,0
10	Trimmer 2k2	1	\$400,0	\$400,0
11	Circuito Integrado 74LS02	1	\$1.700,0	\$1.700,0
12	Bornera de 3 polos	4	\$1.200,0	\$4.800,0
13	Bornera de 2 polos	8	\$1.100,0	\$8.800,0
14	Circuito integrado 4N33	2	\$2.333,0	\$4.666,0
15	PCB interface caudal metro	1	\$13.000,0	\$13.000,0
16	PCB Motor Paso A Paso	1	\$13.000,0	\$13.000,0
17	Motor Paso a Paso 17hs4401	1	\$51.000,0	\$51.000,0
Total:				\$132.199,0

**Tabla 6. Costo de componentes Eléctricos**

Ítems	Componente	Cantidad	Costo unidad	Costo Total
1	Automático de 10 Amp	1	\$10.000,0	\$10.000,0
2	Automático de 6 Amp	1	\$6.000,0	\$6.000,0
3	Automático de 2	2	\$5.000,0	\$5.000,0
4	Fuente de 24 VDC 5 Amp	1	\$50.000,0	\$50.000,0
5	Fuente de 5 VDC 3 Amp	1	\$30.000,0	\$30.000,0
6	Cable 18	60	\$541,0	\$27.050,0
7	Baliza led	1	\$26.400,0	\$26.400,0
8	Bornera Wago	10	\$2.016,0	\$20.160,0
9	Botón Pulsador	1	\$30.000,0	\$30.000,0
10	Caja metálica	4	\$1.204,0	\$4.816,0
11	Canaleta plástica Ranurada	2	\$16.000,0	\$32.000,0
12	Contactador 24 VDC	1	\$24.000,0	\$24.000,0
13	Electrodo de nivel acero	3	\$15.000,0	\$45.000,0
14	Guarda Motor	1	\$39.985,0	\$39.985,0
15	Gabinete Metálico 50*40*25	1	\$92.000,0	\$92.000,0
16	Sensor de ultrasonido	1	\$3.850,0	\$3.850,0
17	PLC Unitronics V570	1	\$100.000,0	\$100.000,0
18	Tubo conduit EMT 1/2	4	\$13.900,0	\$55.600,0
19	Terminal EMT ½	7	\$2.400,0	\$16.800,0
20	Unión TMT ½	10	\$2.250,0	\$22.250,0
21	Caja rectangular ½	2	\$9.000,0	\$18.000,0
Total:				\$658.911,0

**Tabla 7. Costo de componentes Hidráulicos**

Ítems	Componente	Cantidad	Costo unidad	Costo Total
1	Bomba impulsora	1	\$65.000,0	\$75.900,0
2	Tubo de ½ PVC	2	\$10.000,0	\$20.000,0
3	Tubo de ¾ PVC	2	\$15.000,0	\$30.000,0
4	Tanque 500 litros	1	\$280.000,0	\$280.000,0
5	Unión Universal 1"	4	\$7.400,0	\$29.600,0
6	Unión Universal ½	2	\$2.150,0	\$4.300,0
7	Unión Universal ¾	1	\$5.400,0	\$5.400,0
8	T reducida de ¾ a ½	1	\$2.050,0	\$2.050,0
9	Tee ½	3	\$480,0	\$1.440,0
10	Codo de 90 x ¾	6	\$950,0	\$5.700,0
11	Codo de 90 x ½	5	\$400,0	\$2.000,0
12	Unión ¾	4	\$650,0	\$2.600,0
13	Buje roscado 1x3/4	1	\$2.500,0	\$2.500,0
14	Unión de ½	3	\$200,0	\$600,0
15	Válvula motorizada ¾	2	\$50.000,0	\$100.000,0
			<b>Total :</b>	<b>\$562.090,0</b>

Finalmente el costo del proyecto tiene en cuenta todos los puntos necesarios para implementar el proyecto.

**Tabla 8. Costo final del proyecto**

Costos del proyecto	Valor
Costos de papelería y consultas en internet	\$50.000,0
Costo de mano de obra	\$100.000,0
Costo de transportes	\$30.000,0
Costo de componentes electrónicos	\$132.199,0
Costo de componentes eléctricos	\$658.911,0
Costo de componentes hidráulicos	\$562.090,0
Total :	\$1.533.200,0

### 6.3. ANALISIS RELACIÓN COSTO BENEFICIO

Teniendo en cuenta los costos del metro cubico de agua en la residencia donde se instaló el proyecto que equivale a 2533, el valor del KWh que tiene un valor de 519 pesos, se realiza el siguiente análisis de viabilidad.

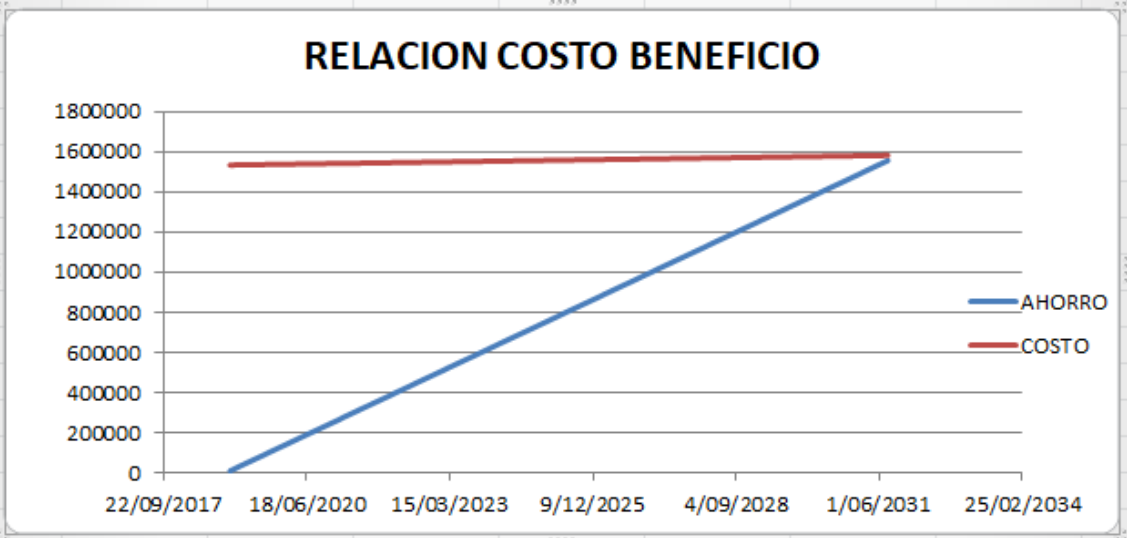
El consumo de energía es muy bajo debido a que se necesitan 3 horas para para almacenar 4 metros cúbicos de agua que es el estimado ahorrar en la propuesta que se presenta para el ahorro del agua. Teniendo que en cuenta que la bomba seleccionada es de ½ caballo o .377 kW y que el contador tiene una constante de 3200 imp. /kWh. Nuestro impulsor necesita 3 horas para consumir un kWh, que son suficientes para mover 4 lo cual demuestra que el consumo de energía es bajo.

En cuanto al consumo de agua se ve que se puede ahorrar 5186 x 4 metros cúbicos, dándonos un ahorro de 20477 pesos, siempre que el régimen de lluvias sea el más adecuado, como se ve el régimen de lluvias promedio 1.8 al mes en Bogotá, datos obtenidos en los cálculos sistema recolector, no da el promedio que se requiere conseguir que es 4 metros cúbicos, por tanto el ahorro mensual es 10235 pesos.

El proyecto como se muestra con el costo que se estima es \$1.500.000 en promedio no es viable para predios unifamiliares ya que se requiere un tiempo de 12.5 años para pagarse el proyecto, pero si se recurre a un conjunto multifamiliar donde se utilice un depósito de gran capacidad y tenga un área de captación más amplia, se puede reducir considerablemente el tiempo para que el proyecto sea

viable, dando para ahorrar una gran cantidad de agua y reducción de la factura en forma colectiva.

**Figura 44 Relación Costo Beneficio del proyecto aplicado**



Fuente: José Eusebio López, C. (2019) Datos de Estudio JAG-UNAD

## 7. CONCLUSIONES

En el proceso de realización del prototipo electrohidráulico para la recolección de agua lluvia salieron muchos inconvenientes técnicos, que fueron expuestos en el desarrollo del proyecto. Para la ejecución de la propuesta se empleó herramientas que toda persona involucrada en la ingeniería tiene en su casa, permitiendo afianzar las destrezas prácticas y teóricas que fueron beneficiosas para aprender a desarrollar habilidades programación, instalación y reconocimiento de PLC Unitronics; además de fortalecer los conocimientos de adquiridos en el transcurso de la carrera como control análogo, electrónica digital, instrumentación y muchos otros.

En cada una de las etapas para implementar el prototipo se presentaron una serie de situaciones que permiten destacar lo siguiente:

En la realización de las tarjetas PCB, se usó el programa de simulación Proteus ISIS que permitió modificar el diseño durante el proceso de creación de los esquemas el circuito, además de permitir simular el comportamiento del diseño electrónico, este mismo programa sirve para la realización de las tarjetas PCB, este simulador permite tener una vista en 3D para mejorar la estética del montaje. Luego de obtener la tarjeta esta se lleva a la construcción en físico, donde se usó la técnica de transferencia de calor y degradación con ácido ferroso.

En los cálculos matemáticos del sistema se tuvo en cuenta experiencias de otros actores los cuales sirvieron como guía, permitiendo plasmar lo teórico hacia lo físicos llevando horas de ensayos y simulación en programas como Proteus, Matlab y programas de automatización. Por último se menciona las correcciones frecuentes al programa principal debido a las calibraciones y Linealización de las variables a medir y controlar parte del PLC.

En el montaje de la parte hidráulica se tuvo en cuenta la experiencia por parte de las empresas proveedoras de los elementos, los manuales y el conocimiento propio del estudiante dando un producto esperado por parte del diseño y se acomoda a las necesidades de los clientes ya que no afecta el espacio y son componentes que hacen parte de toda infraestructura moderna. Es de notar que el diseño hidráulico se acomoda a los cálculos del prototipo permitiendo evidenciar que la potencia de la Bomba está muy corta pudiéndose por experiencia dejar un margen de %10 más por seguridad del equipo.

El sistema tiene unas seguridades como son presión del sistema, indicador de flujo, válvula de seguridad, guarda motor que buscan darle al sistema recolector de agua lluvia las protecciones necesarias que impidan el daño de equipos, personal que manipula y evidenciar fallas que hagan fácilmente la correcciones y mantenimiento de los equipos. La seguridad es un pilar en este proyecto ya que todos sus componentes se revisaron y fueron adquiridos en sitios confiables.

El plus del diseño es que el programa del PLC tiene muchas aplicaciones que pueden hacer más robusto la propuesta y por ende al prototipo, haciéndolo más inteligente, más versátil, con muchos más controles, escalable y masivo hacia muchos predios, pudiendo utilizar un tanque madre de mayor capacidad que alimente diversidad de predios.

El costo del proyecto es muy alto a corto plazo para solo un grupo familiar y donde el consumo no es muy alto por consiguiente este proceso de montaje puede aumentar su beneficio si se utiliza a gran escala como en grupo de apartamentos, conjuntos de casas de interés social, donde el consumo es alto. Al largo plazo tiene beneficios económicos teniendo presente que se requiere adecuar el proyecto en lo concerniente a la parte hidráulica de la vivienda proliferando puntos de consumo del agua lluvia. El cambio climático es un factor importante que afecta el acceso al servicio y el valor de la factura por las largas sequias donde el ahorro es primordial y se hace necesario captaciones pluviales o recolecciones de procesos limpios del agua potable.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. d. A. y. D. Sostenible, «Ministerio de Ambiente,» Ministerio de Ambiente, 12 2012. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/GUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>. [Último acceso: 18 11 2018].
- [2] Fondo para la Comunicación y la educación ambiental, [En línea]. Available: [https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico\\_001.pdf](https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf). [Último acceso: 20 10 2018].
- [3] El Tiempo, «El Tiempo,» 05 06 2010. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-7740549>. [Último acceso: 10 06 2018].
- [4] N. Unidas, «El agua,» 22 03 2006. [En línea]. Available: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001444/144409S.pdf>.
- [5] Ministerio de Vivienda , «Comisión de regulación de agua potable y saneamiento Básico,» 06 09 2015. [En línea]. Available: [https://www.cra.gov.co/documents/Documento\\_de\\_Trabajo\\_y\\_Participacion\\_Ciudadana\\_750.pdf](https://www.cra.gov.co/documents/Documento_de_Trabajo_y_Participacion_Ciudadana_750.pdf). [Último acceso: 17 06 2018].
- [6] J. A. L. Botero, A. E. Torres Abello, M. C. Campos Pinilla , L. Duarte Castro, J. I. Echeverry Robayo y P. A. Villegas Gonzalez, «Aprovechamiento de agua lluvia para riego y lavado de zonas duras y fachadas en el campus de la Universidad Javeriana,» *Redalyc.org*, pp. 193-201, 2007.
- [7] C. N. Palacio, «Trabajo de Monografía para optar al título de Especialista en Manejo y Gestión del Agua,» 2010. [En línea]. Available: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluvia.pdf>.
- [8] J. I. B. Cruz, «Estudio de un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvia para áreas urbanas en la ciudad de Bogotá,» 05 2016. [En línea]. Available: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/1773/2006>. [Último acceso: 05 12 2018].

- [9] D. A. C. Gomez, 2016. [En línea]. Available: [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4409/TTE\\_CarvajalGomezDannyAlejandro\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4409/TTE_CarvajalGomezDannyAlejandro_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 25 02 2019].
- [10] Unitronics, «Unitronics Vision 570,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.i4automation.co.uk/v570.aspx#manuals>. [Último acceso: 15 06 2018].
- [11] A. C. Solé, «Presión, Nivel y Transmisores,» de *Instrumentación Industrial*, México, Alfaomega, 2011.
- [12] J. R. S. A. Zamudio, «Tutorial Sensor Ultrasónico HC-SR04 y Arduino,» 11 05 2014. [En línea]. Available: <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/sensor-ultrasonico-hc-sr04-y-arduino/>. [Último acceso: 16 06 2018].
- [13] L. D. V. Hernández, «Sensor ultrasónico, mideindo la distancia en un sistema de aparcamiento,» 2017. [En línea]. Available: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-ultrasonico-arduino-medir-distancia/>. [Último acceso: 5 06 2018].
- [14] Instrumentos WIKA Colombia , «Transmisor de presión,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.wika.co/a\\_10\\_es\\_es.WIKA](https://www.wika.co/a_10_es_es.WIKA). [Último acceso: 15 06 2018].
- [15] Hetpro, «Sensor de Flujo YF-S201 para Agua,» [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo/>. [Último acceso: 05 11 2018].
- [16] G. Carmona y J. A. Bojalil, «El diseño de un sistema de captación de agua de lluvia,» de *Manual de Captación de aguas lluvias para centros Urbanos*, México, 2008, pp. 15-30.
- [17] Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, «Implementación de un sistema eficiente de recolección y aprovechamiento de agua lluvia para areas urbanas ciudad de Bogotá,» Unad, Bogotá, 2016.
- [18] Alcaldía Mayor de Bogotá, «Precipitaci[on mensual PMPLL,» [En línea]. Available: <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=512&v=l>. [Último acceso: 10 01 2019].

- [19] Organización Panamericana de la Salud, «Sistema de Bombeo,» de *Guía para la selección de equipos de Bombeo para sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento para el medio Rural*, Lima, Organización mundial de la Salud, 2007, pp. 1-44.
- [20] «Bombas de agua,» [En línea]. Available: <https://bombasdeagua.tech/centrifugas/>. [Último acceso: 2019 05 15].
- [21] Festo, «La técnica de la automatización como parte de las ciencias de Ingeniería,» de *Fundamentos de la técnica de automatización Libro técnico*, 0 Denkendorf, Alemania, Festo Didactic GmbH & Co. , 2008, pp. 19-37.
- [22] Ministerio de ambiente y vivienda y desarrollo territorial , «Resolución 2320 del 2009,» 27 11 2009. [En línea]. Available: <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/2320%20-%202009.pdf>. [Último acceso: 2018 11 03].
- [23] E. Hurtado, «Aplicación del cálculo de la potencia de una Bomba de Agua para el suministro en casa [Área: Mecánica de los fluidos],» 10 04 2019. [En línea]. Available: <https://steemit.com/stem-espanol/@eleonardo/aplicacion-del-calculo-de-la-potencia-de-una-bomba-de-agua-para-el-suministro-en-casa-or-area-mecanica-de-los-fluidos-or>.
- [24] Organización Panamericana de la Salud, «Guías para el diseño de estaciones de Bombeo de agua potable,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/161esp-diseno-estbombeo.pdf>. [Último acceso: 15 01 2019].
- [25] S. A. C. Giraldo, «Control Automático Educación,» [En línea]. Available: <https://controlautomaticoeducacion.com/analisis-de-sistemas/>. [Último acceso: 18 11 2018].
- [26] I.E.S. Santiago Apostol – Almendralejo, «Course Hero,» [En línea]. Available: <https://www.coursehero.com/file/13551688/Control-PID-1-1/>. [Último acceso: 18 11 2018].
- [27] S. R. C. González, «Control de temperatura PID para un Bioreactor de procesos Aeróbicos,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/7466>. [Último acceso: 18 12 2018].

- [28] T. L. Floyd, «Latches S-R,» de *Fundamentos sistemas digitales*, Madrid, Pearson Prentice Hall, 2006, pp. 412-419.
- [29] J. Michaus, «Control de motor a pasos con 555,» 01 08 2017. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Q9vFYqWGx5s>. [Último acceso: 15 02 2019].

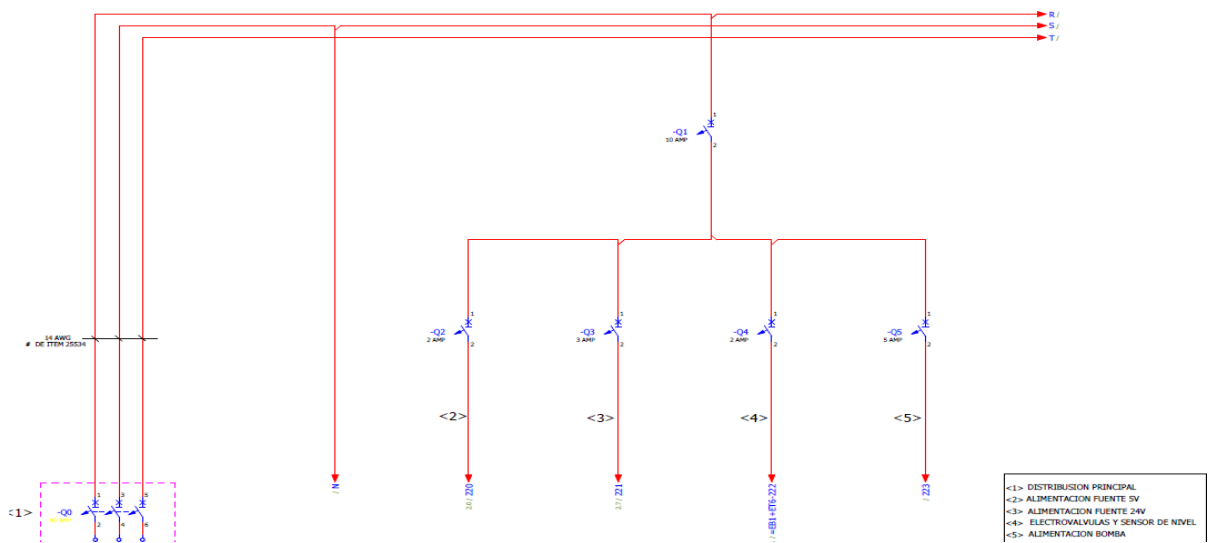
## ANEXOS

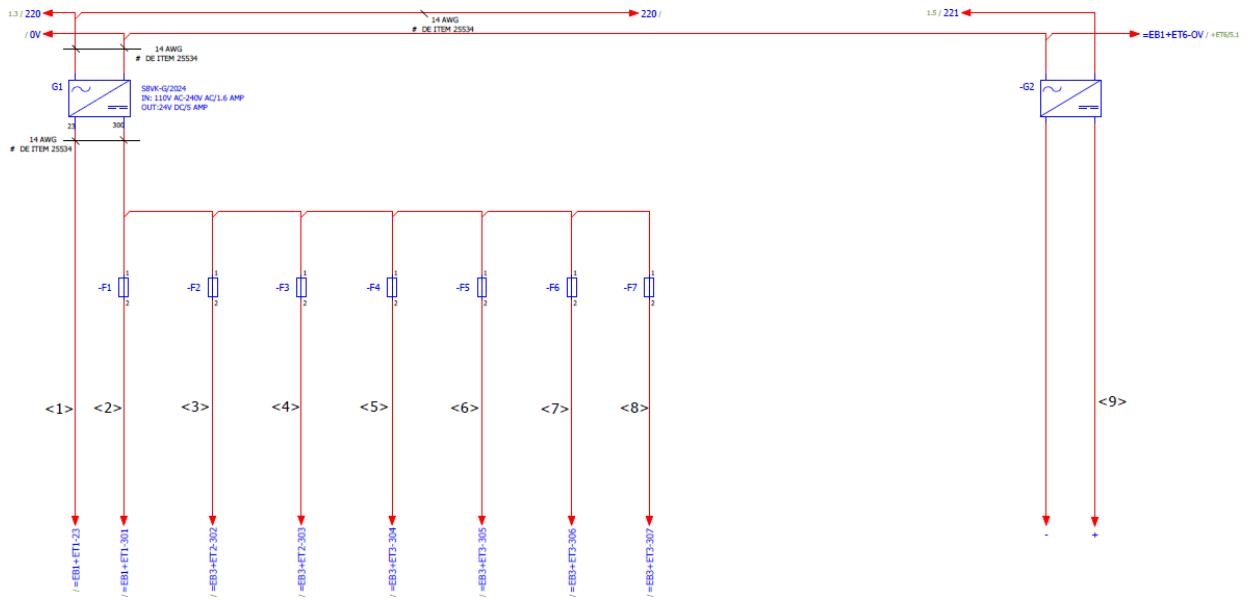
### Video sistema recolector de agua lluvia como propuesta de grado

<https://www.youtube.com/watch?v=n6cjNzgjFcU&feature=youtu.be>

Planos eléctricos del sistema automatizado de captación y distribución de agua lluvia y procesos limpios para uso racional del consumo en viviendas de interés social.

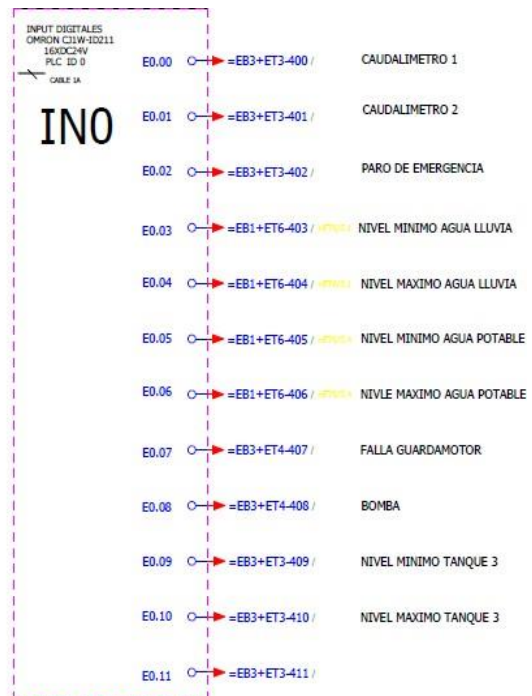
- Alimentación del tablero de control





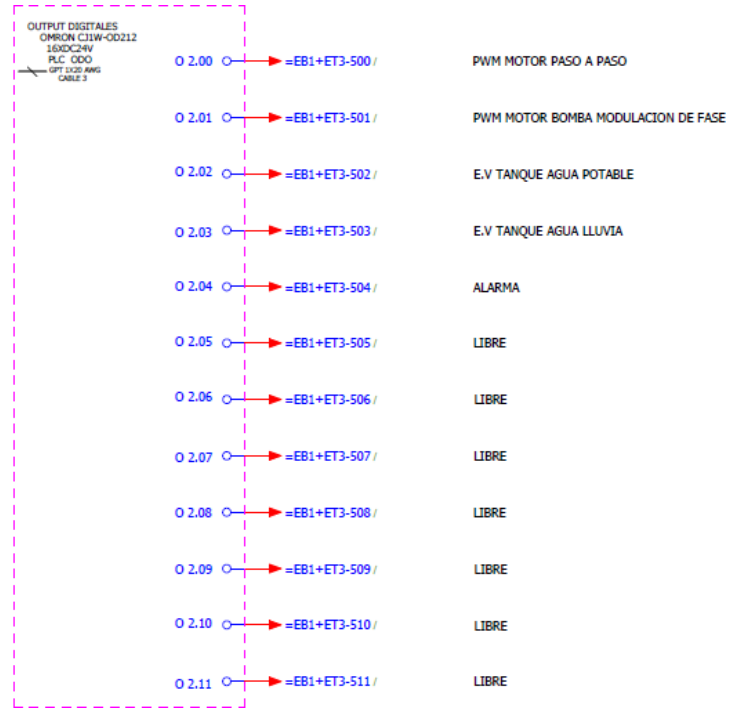
- Entradas digitales al plc

## ENTRADAS DIGITALES

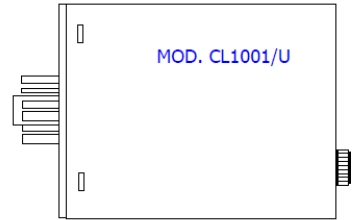
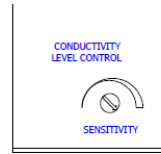
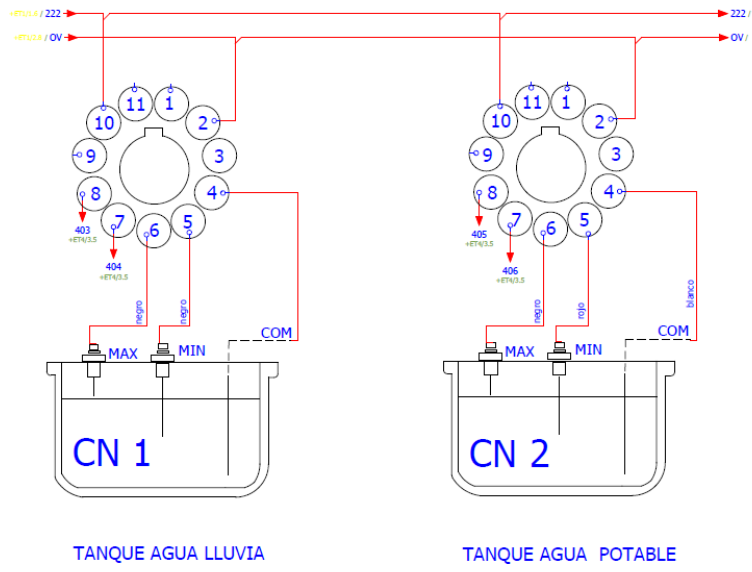


- Salidas digitales del plc

## SALIDAS DIGITALES

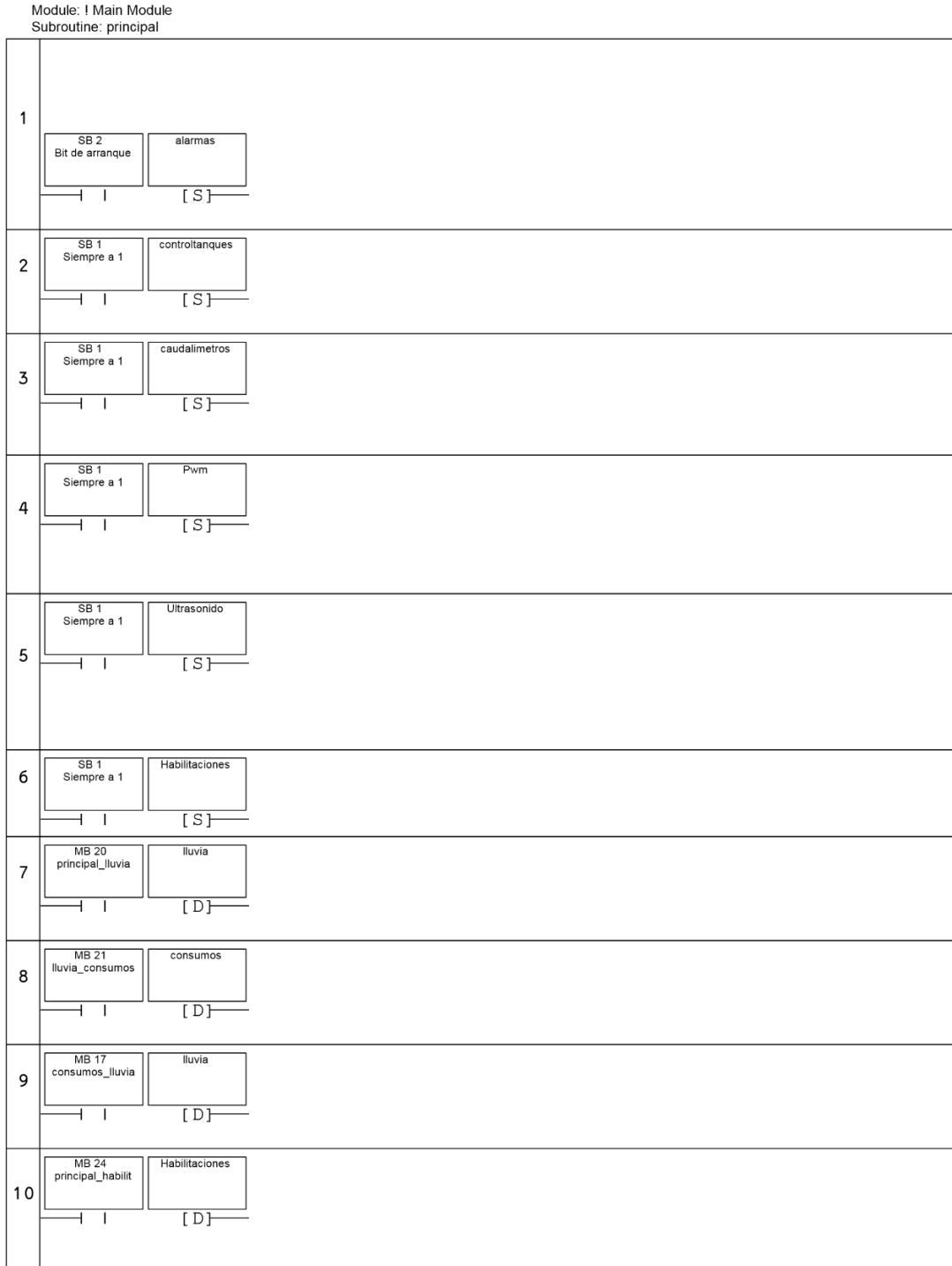


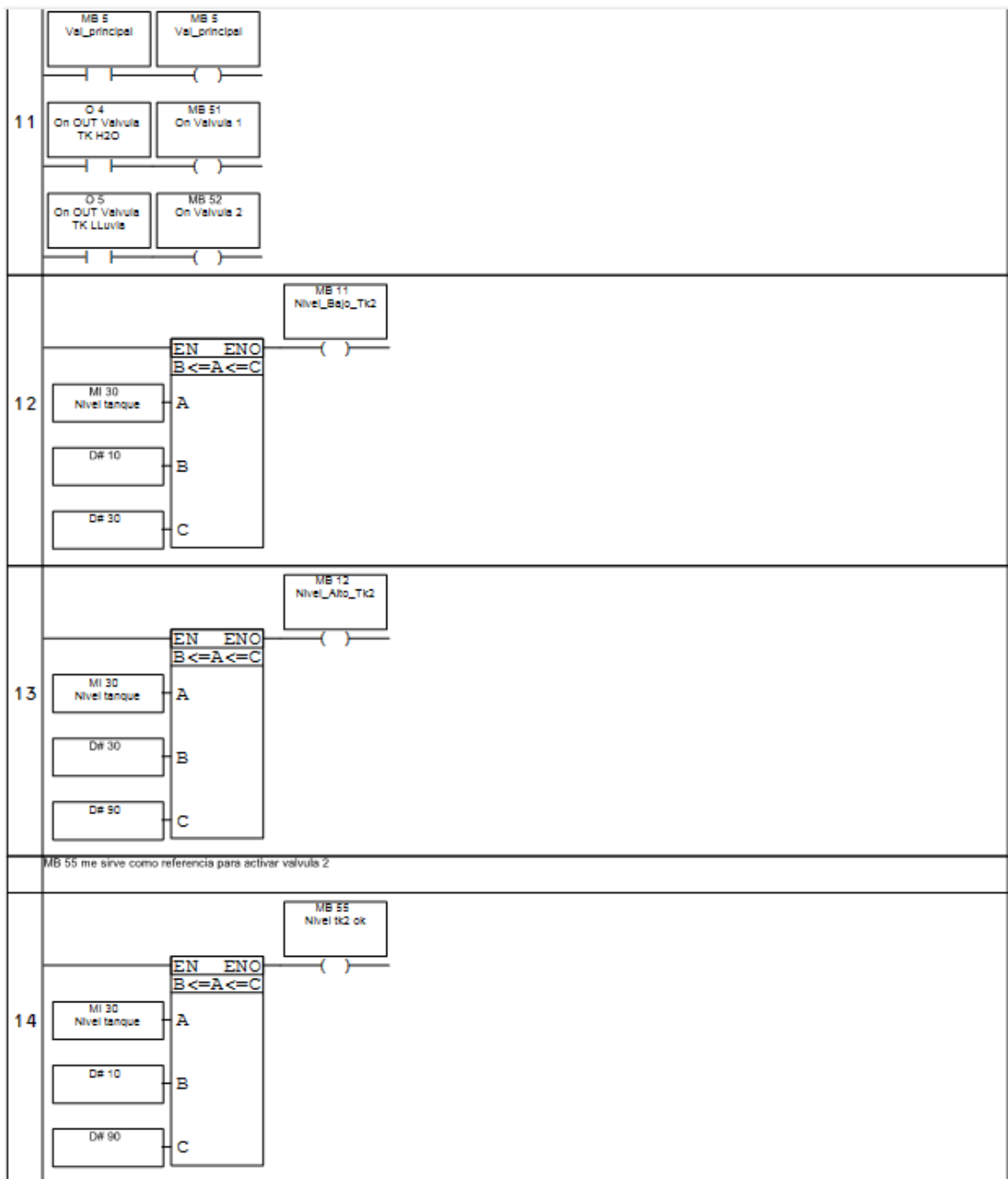
- **Controles nivel**

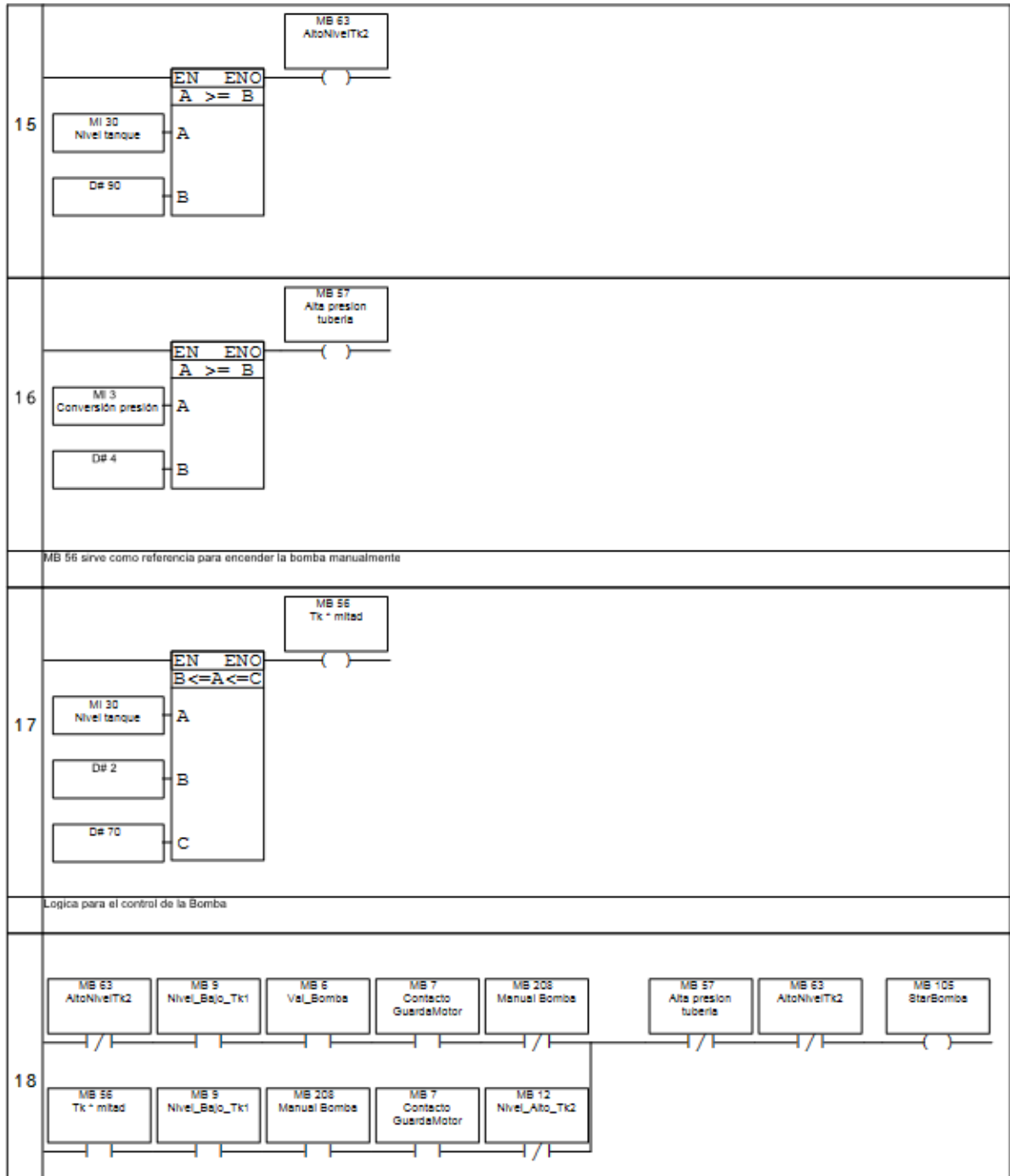


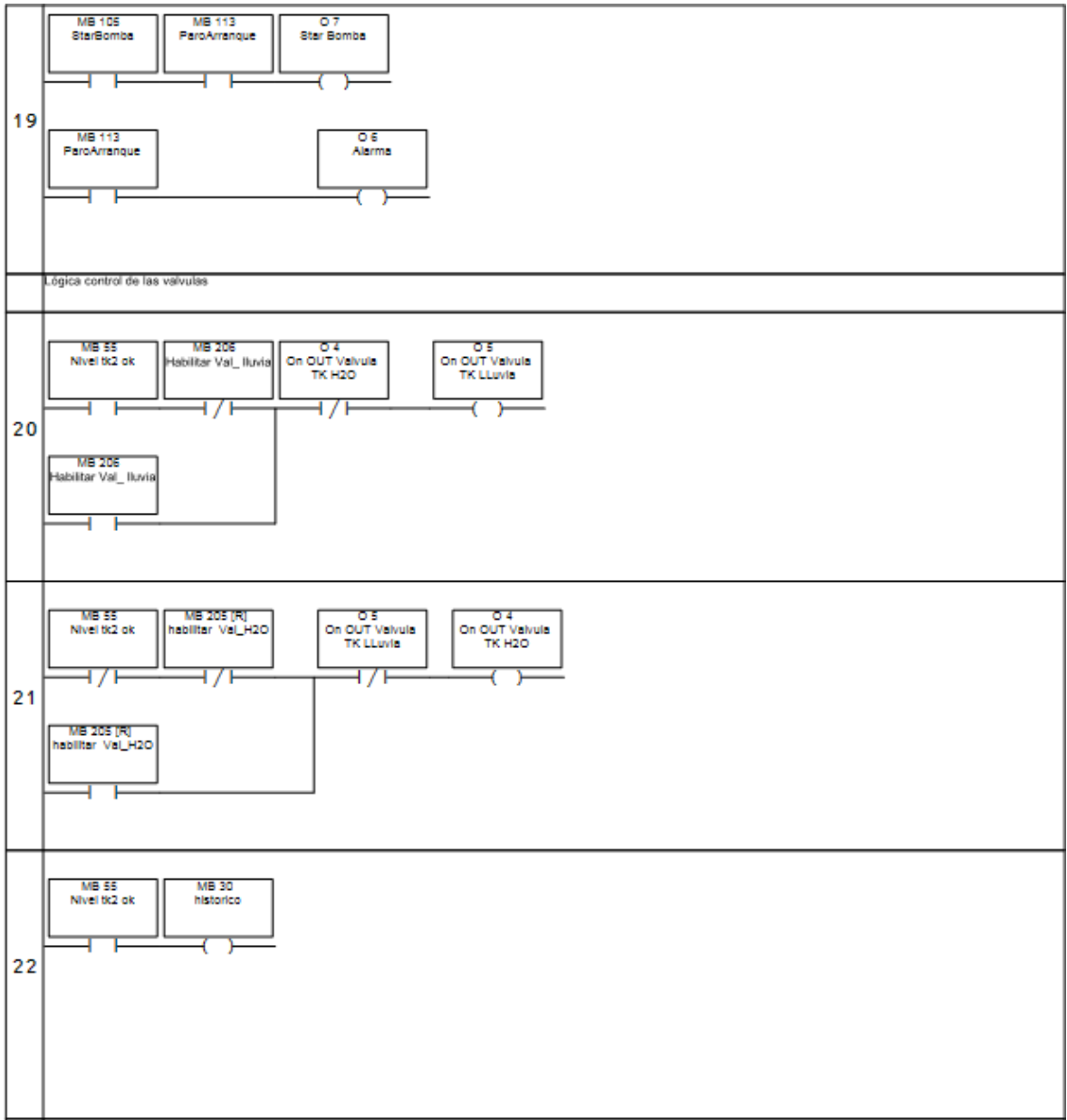


- **Subrutinas del programa PLC**

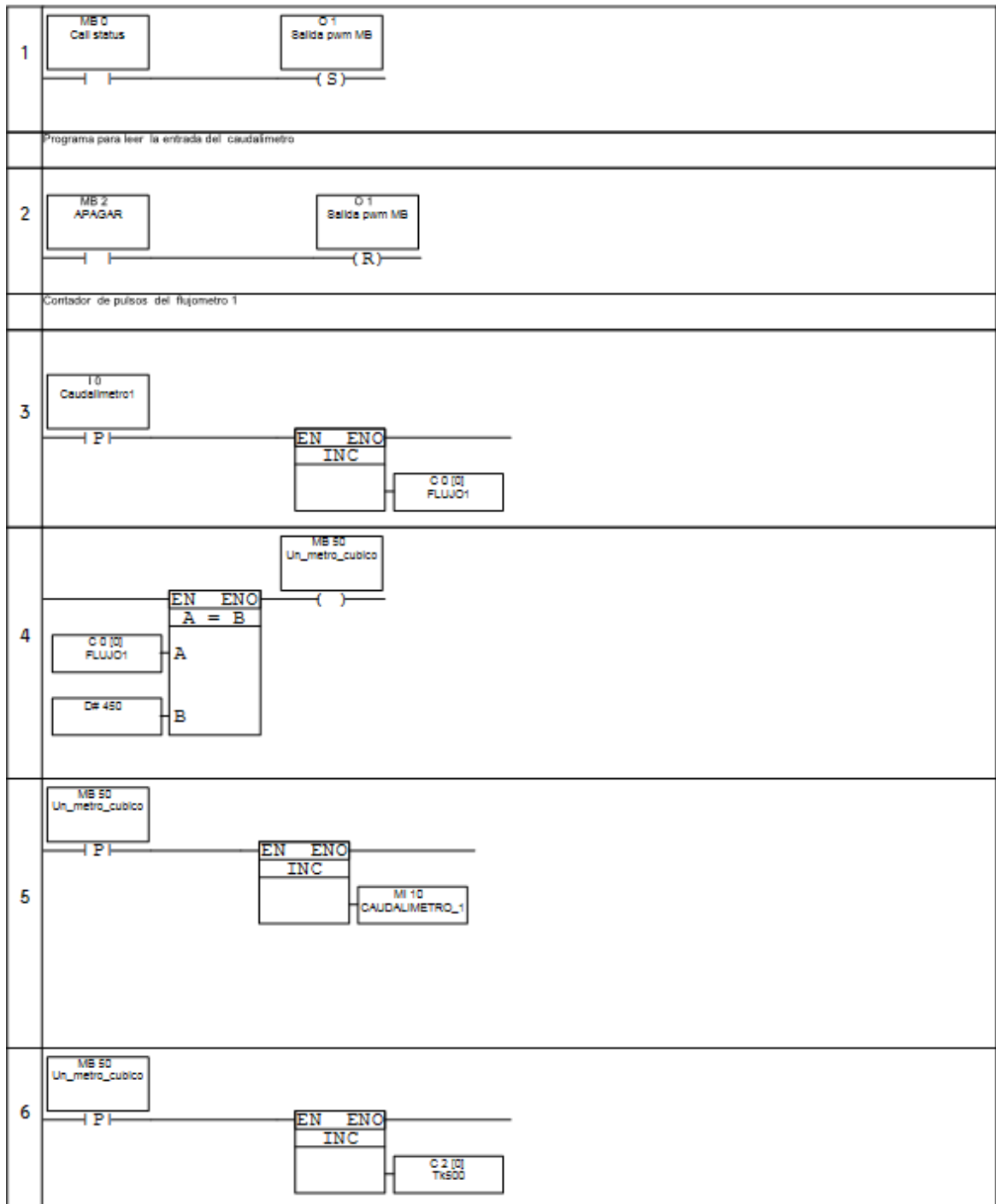


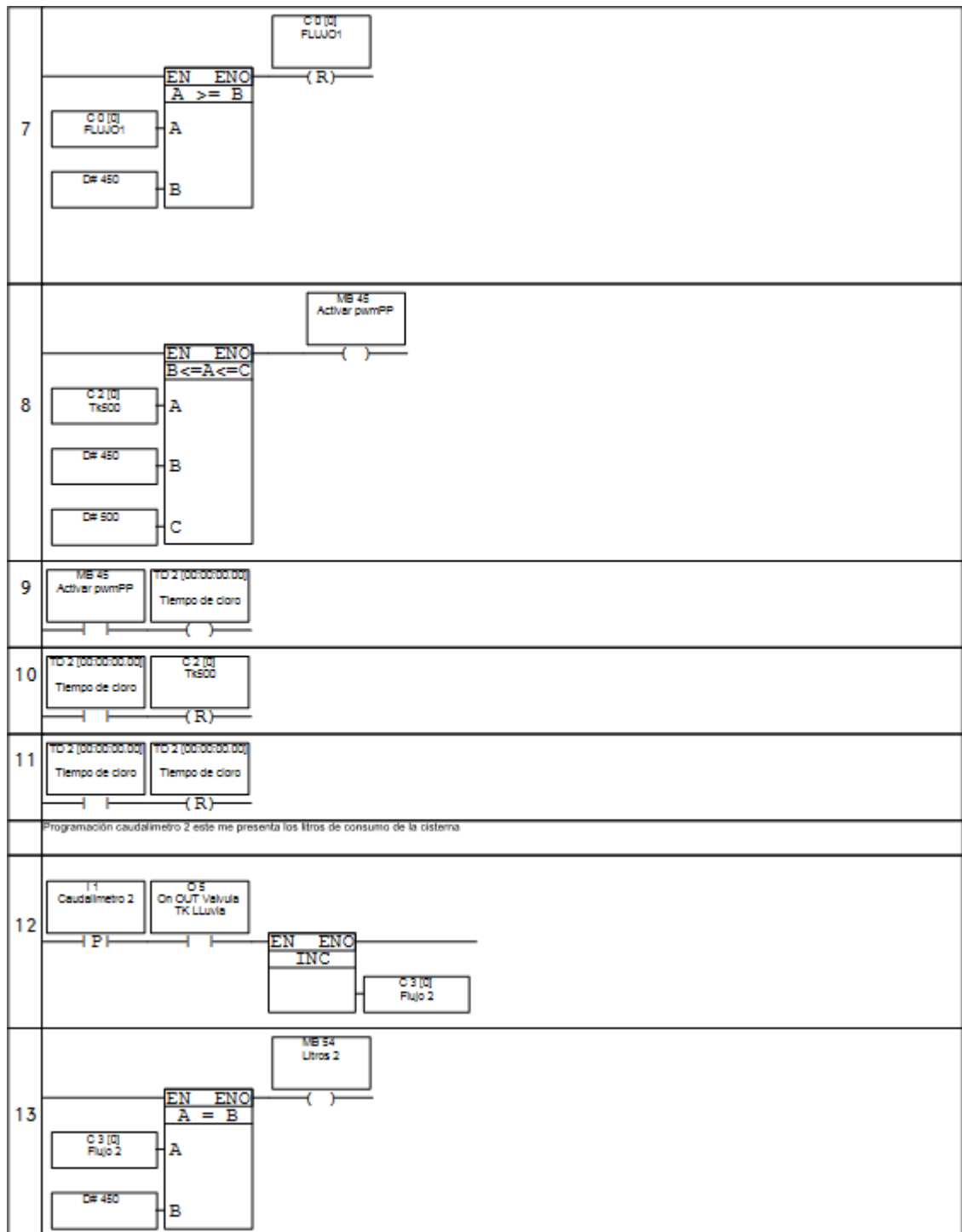






Subroutine: caudalímetros





Subroutine: Ultrasonido

