

DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, RECIRCULACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS, GRISES Y NEGRAS DEL EDIFICIO REPOTENCIADO Y DEL NUEVO EDIFICIO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES (E3T)

ESTEBAN ARDILA RUBIANO

LUIS CARLOS FUENTES VALBUENA

***UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO –MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES***

BUCARAMANGA

2014

DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, RECIRCULACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS, GRISES Y NEGRAS DEL EDIFICIO REPOTENCIADO Y DEL NUEVO EDIFICIO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES (E3T)

ESTEBAN ARDILA RUBIANO

LUIS CARLOS FUENTES VALBUENA

*Trabajo de Grado para optar por el título de:
Ingeniero Electricista*

Director:

GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA
Ingeniero Electricista, Ph.D

Co- director:

MANUEL JOSÉ ORTIZ RANGEL
Ingeniero Electricista, Msc.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO –MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2014

Es dedicado a las personas que siempre fueron una guía y un instrumento para poder terminar mi trabajo de grado.

A mi familia que con su apoyo soy hoy en día capaz de hacer lo que me propongo.

A mis amigos que les estoy agradecido por ser un gran apoyo estando cerca o lejos.

A mi compañero de trabajo Luis Carlos Fuentes por ser paciente y trabajador.

Y a la vida por permitirme estar en este punto.

Gracias

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.

Thomas Chalmers

ESTEBAN ARDILA RUBIANO

A Dios, por todas las bendiciones recibidas.

A mis padres, hermanos y demás familiares por su apoyo incondicional.

A Manuel Ortiz y Gabriel Ordoñez por sus conocimientos y apoyo en este proceso.

A mi compañero de proyecto Esteban Ardila por sus aportes y dedicación.

A mi novia Andrea Flórez por ser parte de mi vida y por todo su amor y comprensión.

A mis amigos por sus consejos, y apoyo en momentos difíciles.

A todos quienes hicieron posible este logro.

LUIS CARLOS FUENTES VALBUENA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	17
1. JUSTIFICACIÓN.....	19
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. MARCO REFERENCIAL.....	21
3.1 LOCALIZACIÓN	21
3.2 PARÁMETROS HIDRÁULICOS	23
3.2.1 Características tanque 1	23
3.2.2 Características tanque 2.....	24
3.3 INTERPETACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA E3T	25
3.3.1 Diseño de distribución de aguas.	25
3.3.2 Análisis de diseños.	27
3.4 GENERALIDADES	28
3.5 NORMATIVIDAD ELÉCTRICA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO	28
3.5.1 Condiciones generales	28
3.5.2 Dimensionamiento de la sala de bombas	29
3.5.3 Acometida en baja tensión	29
3.5.4 Instalaciones eléctricas internas.	30
3.5.5 Sistema de alumbrado.	31
3.6 SISTEMA DE BOMBEO.....	31
3.6.1 Bombas.....	31
3.6.2 Selección de bombas.....	32
3.7 COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO	32
3.7.1 El motor impulsor.....	33
3.7.2 Válvulas	33
3.7.3 Dispositivos de medición y control	33
3.8 NORMATIVIDAD ELÉCTRICA Y DINÁMICA EN LOS EQUIPOS DE BOMBEO	34
3.9 MÉTODOS DE SELECCIÓN	36
3.10 CRITERIOS A TENER EN CUENTA.	36
3.11 CURVAS	37
3.11.1 Definiciones.....	38

3.11.2	Lectura de la curva de trabajo de las bombas.	38
3.12	SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS	40
3.12.1	Principio de funcionamiento.....	40
3.12.2	Componentes y accesorios	40
3.12.3	Tanque presurizado.	41
3.12.4	Cálculo de tanques presurizados.	41
3.13	SISTEMA DE CONTROL.....	44
3.13.1	Presostato	44
3.13.2	Flotador eléctrico.....	44
3.14	TABLEROS DE CONTROL Y POTENCIA	44
3.14.1	Protecciones.....	45
3.14.2	Requisitos para una protección	45
3.14.3	Interruptores termomagnéticos	46
3.14.4	Contactores	46
3.14.5	Dispositivos de arranque para motores.....	47
3.14.6	Dispositivo Lógico programable PLC	50
3.14.7	Descripción de los componentes de un controlador compacto	51
3.14.8	Software Twido Suite	52
4.	CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES PARA EL SISTEMA DE BOMBEO.....	54
4.1	CÁLCULO DE POTENCIA TEÓRICA DE LAS BOMBAS.....	55
4.2	SELECCIÓN DE LAS BOMBAS.....	56
4.3	CURVAS CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULO DE TANQUES PRESURIZADOS	56
4.3.1	Bomba 1 y bomba 2	56
4.3.2	Bomba 3 y bomba 4	59
4.3.3	Resultados.....	62
4.4	SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COMPONENTES	63
4.4.1	Selección de elementos generales para el sistema de bombeo	63
4.4.2	Selección de componentes eléctricos.....	66
5.	MEMORIAS DE CÁLCULO DE LA ACOMETIDA Y CIRCUITOS ALIMENTADORES DEL SISTEMA DE BOMBAS.....	70
5.1	DEMANDA MÁXIMA	72
5.2	SELECCIÓN DEL CONDUCTOR PARA LOS CIRCUITOS RAMALES.....	73
5.3	SELECCIÓN DEL CONDUCTOR ACOMETIDA CUARTO DE BOMBAS.....	77
5.4	REDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	78

6.	AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO.....	81
6.1	DINÁMICA DE FUNCIONAMIENTO.....	83
6.1.1	Estado normal.	84
6.1.2	Estado de falla	87
6.1.3	Estado de mantenimiento.....	90
6.2	PROGRAMACIÓN.	97
6.2.1	Entradas del proceso en el PLC	98
6.2.2	Salidas del proceso en el PLC	98
7.	COSTO GENERAL DEL PROYECTO	99
7.1	BENEFICIOS DEL DISEÑO	99
7.2	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS	101
8.	CONCLUSIONES	111
9.	RECOMENDACIONES	113
	CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
	BIBLIOGRAFIA.....	117
	ANEXOS	119

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Dimensionamiento tanque 1.....	23
Tabla 2. Datos sistema Hidráulico 1.....	23
Tabla 3. Dimensionamiento Tanque 2	24
Tabla 4. Datos sistema Hidráulico 2.....	24
Tabla 5. Dimensionamiento Tanque Séptico	25
Tabla 6. Porcentajes de regulación en Baja tensión	30
Tabla 7. Factor k método europeo.....	43
Tabla 8. Calculo del tamaño óptimo tanque hidroneumático 1	59
Tabla 9. Calculo del tamaño óptimo tanque hidroneumático 2	62
Tabla 10. Fichas Técnicas de componentes para el sistema hidroneumático	63
Tabla 11. Fichas Técnicas de componentes eléctricos de control	66
Tabla 12. Cuadro de cargas, regulaciones y protecciones inicial.....	71
Tabla 13. Carga para alumbrado general.....	72
Tabla 14. Cuadro de cargas y regulaciones sobredimensionadas	80
Tabla 15. Cuadro de regulaciones totales.....	80
Tabla 16. Resumen de funcionamiento estados de trabajo VS señales	96
Tabla 17. Costo Vs beneficios	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de tanques de acopio y cuarto de bombas en los planos de la E3T	21
Figura 2. Plano de planta hidráulica N -3.00 (sótano)	22
Figura 3. Diagrama de distribución de aguas diseño 1	26
Figura 4. Diagrama de distribución de aguas diseño 2	27
Figura 5. Partes de una bomba centrífuga de alimentación de agua	32
Figura 6. Descripción de la curva característica de una bomba.	39
Figura 7. Esquema de los componentes de un sistema hidroneumático	41
Figura 8. Aspecto físico del interruptor termomagnético	46
Figura 9. Aspecto físico del contactor	47
Figura 10. Evolución Típica de la corriente y par de arranque de un motor trifásico de inducción.	48
Figura 11. Comparación entre métodos de arranque.	49
Figura 12. Evolución del par reducido del motor durante el arranque suave	49
Figura 13. Funcionamiento de los tiristores con contactos de Bypass integrados.....	50
Figura 14. Partes de un controlador compacto	52
Figura 15. Plataforma TwidoSuite.....	52
Figura 16. Tipo de bomba de succión positiva.....	54
Figura 17. Curva característica Cpm 610	57
Figura 18. Curva característica EH-203 Tipo Caracol	57
Figura 19. Curva característica 2HME075	58
Figura 20. Curva característica 1510 HCE-2	60
Figura 21. Curva Característica 3062 AA6-3.....	60
Figura 22. Curva característica 5HME 200A.....	61
Figura 23. Automatización del sistema de bombeo	81
Figura 24. Diagrama topológico del sistema de bombeo	83
Figura 25. Diagrama de flujo del funcionamiento en estado normal del sistema 1	84
Figura 26. Diagrama de bloques del funcionamiento en estado normal del sistema 1	85
Figura 27. Diagrama de flujo del funcionamiento en estado normal del sistema 2.....	86
Figura 28. Diagrama de bloques del funcionamiento en estado normal del sistema 2	86
Figura 29. Diagrama de flujo del funcionamiento en estado de falla para el sistema 1.....	88
Figura 30. Diagrama de bloques del funcionamiento en estado de falla del sistema 1	88
Figura 31. Diagrama de flujo del funcionamiento en estado de falla para el sistema 1.....	89
Figura 32. Diagrama de bloques del funcionamiento en estado de falla del sistema 2	90
Figura 33. Diagrama de flujo del mantenimiento de una bomba para el sistema 1.....	91
Figura 34. Diagrama de flujo del mantenimiento de una bomba para el sistema 2.....	91
Figura 35. Diagrama de flujo del mantenimiento del sistema 1	92
Figura 36. Diagrama de bloques del mantenimiento de bombas para el sistema 1	93
Figura 37. Diagrama de flujo del mantenimiento del sistema 2	93
Figura 38. Diagrama de bloques del mantenimiento de bombas para el sistema 2	94
Figura 39. Diagrama de entrada y salidas del PLC	95
Figura 40. Posible cableado de entradas y salidas físicas	97
Figura 41. Asignaciones de entradas de la programación en Twido Suite	98
Figura 42. Asignaciones de salidas de la programación en Twido Suite	98

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS.

ANEXO B. LISTADO DE CATÁLOGOS Y PRECIOS.

ANEXO C. PLANOS DE DISEÑO, CONTROL E INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

ANEXO D. PROGRAMACIÓN.

NOTA: Véase anexos en carpeta adjunta en CD-ROM.

RESUMEN

TITULO:

DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, RECIRCULACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS, GRISES Y NEGRAS DEL EDIFICIO REPOTENCIADO Y DEL NUEVO EDIFICIO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES (E3T).*

AUTORES:

Esteban Ardila Rubiano

Luis Carlos Fuentes Valbuena.**

PALABRAS CLAVE:

Repotenciado, reutilización, recirculación, URE, Sistema, Bomba, Automatización, costo, presupuesto, ahorro, unitarios, caracterización.

DESCRIPCIÓN:

En este trabajo de grado se realiza el diseño eléctrico del sistema de bombeo en el enfoque del uso racional de la energía (URE) para la recirculación y reutilización de las aguas lluvias y grises, y tratamiento de las aguas negras captadas en el edificio repotenciado y en el nuevo edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (E3T), basados en parámetros definidos por el marco normativo reglamentario vigente a nivel nacional cumpliendo con los requisitos arquitectónicos de las obras civiles, teniendo como propósito mejorar la gestión del consumo de agua y energía eléctrica, disminuyendo el impacto ambiental y económico que representa la utilización de estos recursos.

Se expone el análisis de diferentes alternativas de recirculación de los diferentes tipos de aguas, atendiendo las necesidades de consumo en los sanitarios y riego de jardines entre otros, y el tratamiento de las aguas negras mediante el tanque séptico, para lograr el mejor diseño del sistema eléctrico y de automatización de los motores del sistema de bombas, caracterizando componentes eléctricos y electrónicos de alta calidad teniendo en cuenta información importante acerca de los parámetros de los equipos de bombeo resaltando la importancia de sus curvas características, atendiendo las necesidades de ahorro energético.

Se plantea el presupuesto de inversión mediante la metodología vista en la materia GESTIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERIA que consiste en la formulación de análisis de costos unitarios donde se discrimina de forma detallada los costos directos e indirectos de la infraestructura eléctrica propuesta.

Se obtiene como resultado un sistema de bombeo automatizado, funcionando de manera eficiente, acorde a las necesidades del uso de aguas no potables, logrando optimizar el uso de las mismas.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Gabriel Ordoñez Plata. Ingeniero Electricista, Ph, D. Codirector: Manuel José Ortiz Rangel. Ingeniero Electricista, Msc.

ABSTRACT

TITLE:

ELECTRICAL SYSTEM DESIGN COLLECTION, TREATMENT WATER CIRCULATION AND RAINS, GRAY AND BLACK REPOWERED BUILDING AND NEW BUILDING ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATION (E3T).*

AUTHORS:

Esteban Ardila Rubiano.

Luis Carlos Fuentes Valbuena.**

KEYWORDS:

Repowered, reuse, recycle, URE, system, pump, Automation, cost, budget, savings, unit characterization.

DESCRIPTION:

In this paper grade electric pump system design approach in the rational use of energy (RUE) for recirculation and reuse of rain and gray water treatment and sewage captured in the building is done and repowered in the new building of Electrical, Electronic and Telecommunications (E3T) based on parameters defined by the policy and regulatory framework in force nationwide meeting the architectural requirements of civil works, having as purpose to improve the management of water consumption and energy electricity, reducing the environmental and economic impact resulting from use of these resources..

Analyzing different alternatives recirculation different types of water is exposed, serving the needs of consumer health and irrigating gardens among others, and the treatment of sewage by septic tank, to achieve the best system design electrical and automation system pump motors, electrical and electronic components characterizing high quality considering important information about the parameters of the pumping equipment highlighting the importance of its characteristic curves, meeting the needs of energy saving.

The investment budget is proposed by the methodology seen in PROJECT MANAGEMENT ENGINEERING matter that involves the formulation of unit cost analysis where it is discriminated in detail the direct and indirect costs of the proposed electrical infrastructure.

As result an automated pump, running efficiently, according to the needs of the use of non-potable water, thus optimizing the use thereof.

* Degree Work.

** Faculty of Physical – Mechanical Engineering. Electric, Electronic and Telecommunications School. Director: Gabriel Ordoñez Plata. Electrical Engineer, Ph, D. Co-Director: Manuel José Ortiz Rangel. Electrical Engineer, Msc.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico e industrial alcanzado por la humanidad en los últimos siglos ha dejado una traza negativa en el medio ambiente que ha contrastado con intensas campañas lideradas por las mismas naciones causantes de las consecuencias del excesivo uso de los recursos naturales. En la actualidad conceptos como la huella ecológica, el calentamiento global y el efecto invernadero han trascendido desde las retóricas conceptuales de los escenarios de alto nivel para formar parte de la realidad cotidiana de muchas sociedades y comunidades.

En los Estados Unidos y la Unión Europea, se han liderado campañas de impacto mundial para incentivar el cambio de los patrones antropogénicos, haciendo formas de vida que incluyan los aspectos ambientales como parte de una problemática de impacto global. Colombia no ha sido ajena a esta iniciativa y con el propósito de unirse al gran desafío contra el cambio climático ha promovido la expedición de políticas para lograr una adecuada gestión de los recursos como el agua, el suelo y el aire.

El agua es un recurso esencial para garantizar condiciones vitales. En un ámbito institucional garantiza las condiciones de salubridad e higiene de las instalaciones. Sin embargo la naturaleza de los servicios hídricos y sanitarios no garantiza el uso racional de la misma. Esto conlleva una serie de riesgos ambientales y motiva la exploración de alternativas para lograr la eficiencia en el manejo y uso de este recurso.

Este trabajo de grado consiste en realizar para la Universidad industrial de Santander, el diseño eléctrico para el sistema de aprovechamiento de las aguas no potables en el edificio repotenciado y en el nuevo edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T) en el enfoque URE. Su propósito es la caracterización del sistema eléctrico y de bombas para atender las diversas alternativas de circulación de las aguas de las cubiertas y los servicios sanitarios que serán ubicados en las instalaciones ayudando a disminuir el consumo de este recurso.

El diseño será realizado basado en la normativa nacional como el código eléctrico colombiano NTC 2050 [1], el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013 [2] y la norma de la ESSA[3] que es la entidad encargada en el departamento de la distribución de energía eléctrica, la normativa establece parámetros para el cálculo de los calibres de los conductores, la acometida y los motores.

Este proyecto es parte de una experiencia formativa en las mejores prácticas de la perspectiva disciplinar de la ingeniería eléctrica y sustenta una alternativa innovadora para la gestión del agua y la energía en instalaciones de uso institucional. Se involucra la participación multidisciplinar de actores en la implantación de alternativas que contribuyan las campañas y propósitos ambientales

a nivel global. Por esta razón la UIS incluye dentro de los requisitos del diseño del edificio repotenciado y del nuevo edificio de la E3T diversas alternativas para la reutilización de las aguas lluvias, grises y negras.

En el capítulo 3 se define el marco referencial, en donde se establece la localización de los tanques de acopio y cuarto de bombeo, además se recopilan e interpretan los parámetros hidráulicos necesarios para realizar el diseño del sistema de bombas, luego se analizan posibles escenarios de circulación de las aguas en el sistema de tuberías recomendando el más apropiado teniendo en cuenta el uso final del líquido a bombear y posibles ampliaciones del sistema. Adicionalmente se abordan conceptos generales y específicos acerca de los diferentes tipos de bombas y sistemas de bombeo más comunes como también de sus elementos de control para su óptimo funcionamiento, teniendo en cuenta la normatividad vigente y los parámetros de diseño, por lo cual se decidió aplicar el modelo de sistema hidroneumático como el tipo de sistema de bombeo a utilizar.

En el capítulo 4 se caracterizan los componentes del sistema realizando el análisis de los diferentes equipos de bombeo disponibles en el mercado, seleccionando los más adecuados descritos por sus fichas técnicas, donde se muestran las características de los componentes mecánicos y eléctricos del sistema de bombas.

En el capítulo 5 se realizan las memorias de cálculo para la infraestructura eléctrica del sistema de bombeo, logrando dimensionar la red de alimentación eléctrica necesaria para el óptimo funcionamiento del mismo, haciendo de este sistema lo más eficiente y amigable con el medio ambiente.

En el capítulo 6 se diseña la automatización del proceso, explicado mediante su dinámica de funcionamiento y la realización de diagramas y planos unifilares de control y potencia para el control del sistema, caracterizado por el uso de componentes inteligentes a disposición del ahorro de la energía y mayor eficiencia., introduciendo la utilización de autómatas programables (PLC) y arrancadores suaves.

Al final, en el capítulo 7 se desarrolla el análisis de los costos y beneficios del proyecto, basados en la realización del formulario de cantidades y precios, el análisis de precios unitarios y el listado de recursos.

1. JUSTIFICACIÓN

Los avances tecnológicos de los últimos años han alimentado la idea en las personas de tener asegurado su bienestar dominando la naturaleza; a causa de ello han sucedido graves desequilibrios ecológicos y sociales, entre ellos, la crisis del agua ocasionada por el incremento de la población y del consumo excesivo de este recurso en muchas regiones del mundo. En la actualidad se afrontan graves problemas ambientales donde el agua tiene un papel esencial.

Consistente con esta problemática, la UIS debe comprometer esfuerzos hacia la preservación de este recurso. Aprovechando tanto en su fase 1 la repotenciación del edificio de la E3T como en su fase 2 los diseños del nuevo edificio de la E3T y teniendo en cuenta los resultados del proyecto presentado en la Escuela de Ingeniería Civil que tiene como título “DISEÑO DE UN SISTEMA EN EL ENFOQUE SOSTENIBLE PARA LAS REDES HIDRÁULICAS DEL TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUAS NO POTABLES DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES (E3T)” [4], se propone la elaboración de los diseños eléctricos que complementen este proyecto. El enfoque es innovador y no tiene precedentes en la institución, lo cual constituye un punto de referencia a nivel regional en cuanto al uso racional y eficiente de este recurso.

Los recursos económicos invertidos en el proyecto son mayores que un proyecto concebido bajo un esquema tradicional de las aguas, pero se resalta la importancia de propiciar nuevas tendencias para el manejo de este recurso indispensable para el desarrollo de una sociedad más responsable y comprometida con el medio ambiente. Adicionalmente se pretende generar una conciencia social colectiva para garantizar la dinámica hacia futuras implementaciones de proyectos con objetivos afines.

La UIS debe comprometerse con las políticas ambientales que garanticen la preservación del recurso hídrico en perspectiva de las crisis que se avecina; el propósito fundamental del sistema de tratamiento propuesto es aprovechar varios tipos de aguas y disminuir el uso del agua potable, además de plantear la posibilidad de utilizar energías alternativas como parte del abastecimiento energético.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar el diseño eléctrico en el enfoque URE para el sistema de aprovechamiento de las aguas lluvias, grises y negras en el edificio repotenciado y en el nuevo edificio de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones (E3T).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los componentes e infraestructura eléctrica de acuerdo con los diseños arquitectónicos, estructurales e hidrosanitarios suministrados y al marco normativo y reglamentario vigente.
- Realizar la distribución topológica del sistema eléctrico necesario para el sistema de alimentadores y bombas del sistema de recirculación y manejo de aguas lluvias, grises y negras.
- Elaborar las memorias de cálculo y las especificaciones de la infraestructura eléctrica, los dispositivos y equipos necesarios.
- Realizar el presupuesto de inversión del proyecto incluyendo el formulario de cantidades y precios, los análisis de precios unitarios y el listado de recursos.

3. MARCO REFERENCIAL

Partiendo de la información suministrada por el trabajo de grado realizado por las estudiantes Cindy Marcela Cáceres Mariño y Diana Karime Rodríguez Archila de la escuela de Ingeniería Civil con título “DISEÑO DE UN SISTEMA EN EL ENFOQUE SOSTENIBLE PARA LAS REDES HIDRÁULICAS DEL TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUAS NO POTABLES DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA”, se determina el punto de partida para el diseño eléctrico del sistema de bombeo aplicando los principios y parámetros que se encuentran de la tabla 1 a la 4.

Por otra parte se tendrá en cuenta la información de los planos hidráulicos suministrados en la licitación Pública N° 16 de 2011 [5] que se encuentra en la página de contratación de la UIS como guía para la localización de los tanques y cuarto de bombas.

3.1 LOCALIZACIÓN

Se tiene la localización del lugar de los tanques de agua lluvia y aguas grises, además de la ubicación del cuarto de bombeo, con sus dimensiones, ubicados en el ala oeste del edificio de la E3T, de esta forma se cuenta con información relevante para el diseño eléctrico para el sistema de bombeo.

Figura 1. Localización de tanques de acopio y cuarto de bombas en los planos de la E3T

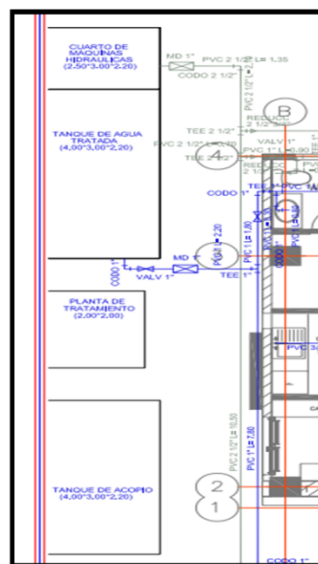
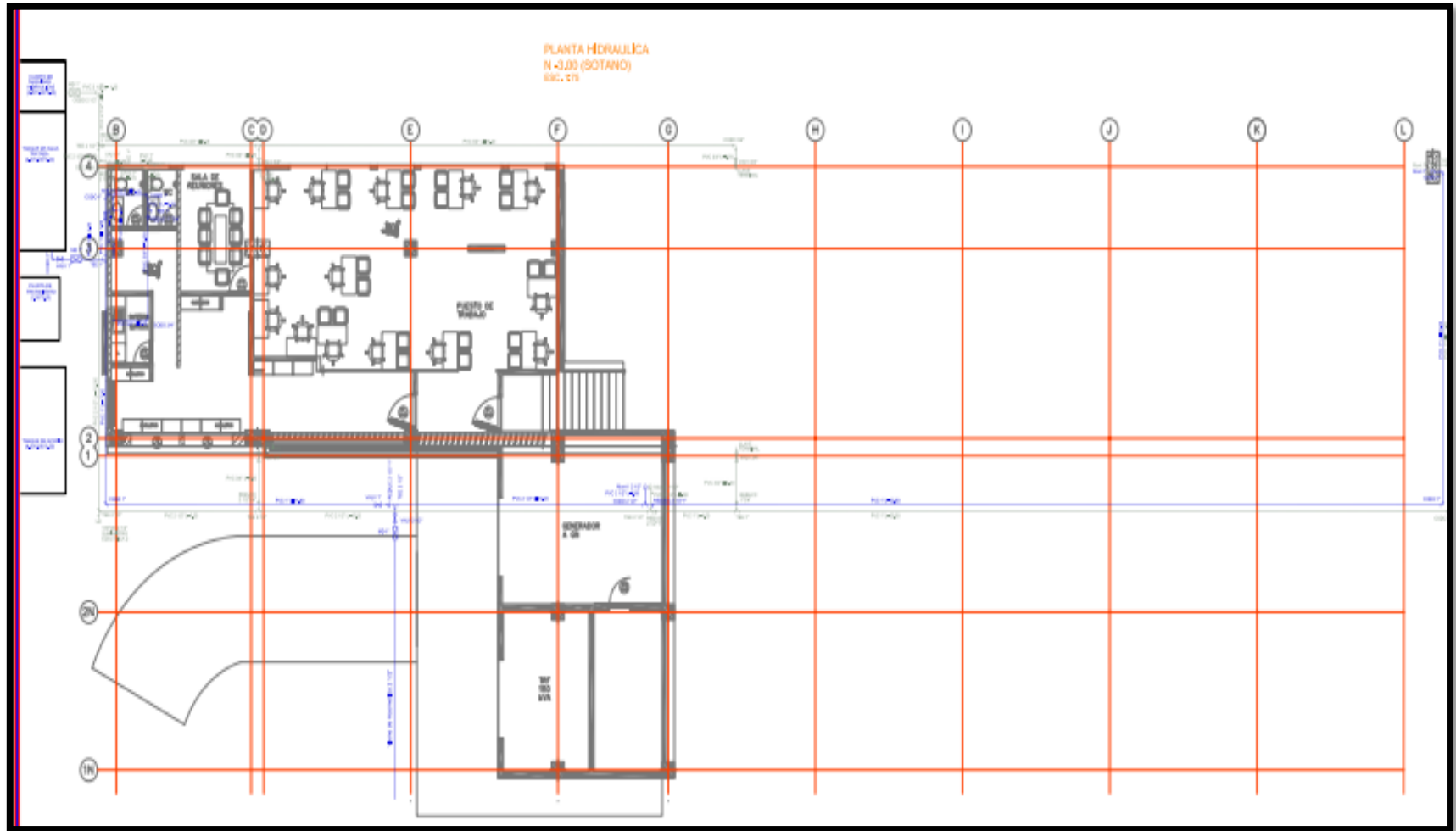


Figura 2. Plano de planta hidráulica N -3.00 (sótano)



Fuente: UIS-Oficina de contratación [5]

3.2 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Los datos expuestos en el trabajo de grado ya mencionado anteriormente y con los cual iniciamos los cálculos para la selección de los equipos de bombeo se presentan en las siguientes tablas.

3.2.1 Características tanque 1 El tanque 1 corresponde al tanque de aguas lluvia. Los datos obtenidos del sistema hidráulico propuesto son:

Tabla 1. Dimensionamiento tanque 1

VOLUMEN DE CONSUMO	25 m ³
DIMENSIONES	2,5x3,0x3,5= 26,25 m ³

- **Datos de impulsión**

Estos datos son un punto de partida para el dimensionamiento del sistema de bombas. Los valores son los siguientes:

Tabla 2. Datos sistema Hidráulico 1

Q_b	0,83 l/s
H_b	17,83 m
η	60%

Dónde:

Q_b = Caudal de bombeo (l/s).

H_b = Altura manométrica total (m).

η = Eficiencia del sistema de bombeo, = η_{motor} η_{bomba}

3.2.2 Características tanque 2 El tanque 2 corresponde al tanque de aguas grises. Los datos obtenidos del sistema hidráulico propuesto son:

Tabla 3. Dimensionamiento Tanque 2

VOLUMEN DE CONSUMO	8,47 m ³
DIMENSIONES	2,5x2,5x1,5= 9,38 m ³

- **Datos de impulsión**

Estos datos son un punto de partida para el dimensionamiento del sistema de bombas. Los valores son los siguientes:

Tabla 4. Datos sistema Hidráulico 2

Q_b	4,34 l/s
H_b	24,94 m
η	60%

Dónde:

Q_b = Caudal de bombeo (l/s).

H_b = Altura manométrica total (m).

η = Eficiencia del sistema de bombeo, = η_{motor} η_{bomba}

Para el manejo de aguas negras se propuso la utilización del tanque séptico y teniendo en cuenta que este tipo de aguas necesita un tratamiento más riguroso para tenerlas en cuenta en la reutilización de las aguas en el edificio de la E3T¹ no se tuvo en cuenta para el actual diseño. De igual manera se destaca esta opción ya este tipo de aguas proveniente del edificio serán menos contaminadas luego del paso por este tanque, facilitando el posterior tratamiento de dichas aguas por parte de la empresa encargada del acueducto y alcantarillado, contribuyendo en parte al mejoramiento del medio ambiente.

¹ Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Industrial De Santander, Bucaramanga, Colombia, 2014.

Los parámetros y características del tanque séptico se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 5. Dimensionamiento Tanque Séptico

VOLUMEN UTIL	23,20 m ³
VOLUMEN REAL	16,20 m ³
DIMENSIONES	5,0 x 1,8 x 1,8
Qb	0,289 l/s
Hb	1,8 m

3.3 INTERPETACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA E3T

A partir del análisis hecho al trabajo de grado antecesor con el que se inicia el diseño eléctrico para el sistema de bombeo se logra proponer dos sistemas de recirculación de aguas, en los cuales se tendrá en cuenta el estado actual del edificio y posibles ampliaciones.

En este numeral se describe de manera sencilla las posibilidades de recirculación de las aguas usadas contando con la disposición de los tanques de acopio diseñados para albergar las aguas lluvias provenientes del techo verde y las aguas grises aportadas por el edificio de la E3T, proponiendo algunas distribuciones apropiadas para la utilización de las mismas mediante diagramas de flujos de aguas en el sistema. Posteriormente se realiza un análisis de los diseños propuestos y de acuerdo a la calidad de las aguas que circularán por el sistema seleccionamos el más adecuado a implementar.

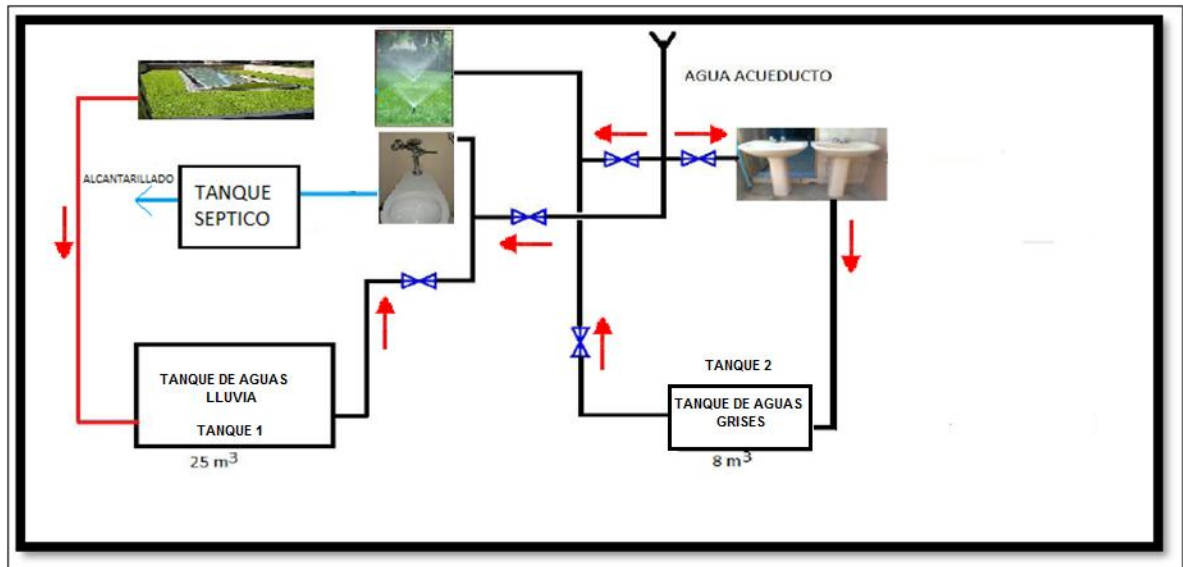
3.3.1 Diseño de distribución de aguas Se determinan que tipo de distribución se va utilizar, con el cual se va trabajar para realizar el diseño de control y automatización del sistema de bombeo, y de qué forma se lograría obtener el mayor aprovechamiento del agua recolectada en los dos tanques de almacenamiento.

- **Diseño 1**

La distribución de agua mostrada en este modelo está diseñada para complacer la demanda de agua por parte de riego, orinales, aseo, entre otros donde las personas no tengan contacto directo con el agua, siendo alimentado por los dos tanques de almacenamiento.

El tanque de agua lluvia estará conectado a los fluxómetros ubicados dentro del edificio y el tanque de aguas grises al ducto de riego, además que las salidas de las aguas negras pasarán por un tanque séptico que las desechará al alcantarillado con un nivel bajo de contaminación. Cabe resaltar que en el momento en que el nivel de los dos tanques sea bajo se dispondrá a utilizar la red del acueducto.

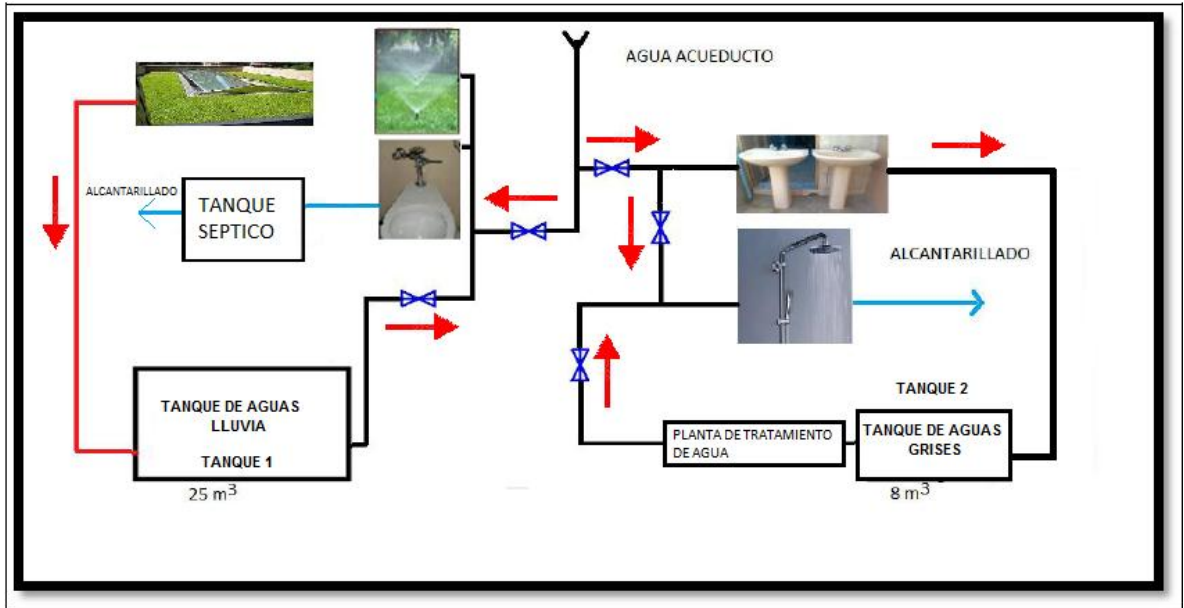
Figura 3. Diagrama de distribución de aguas diseño 1



- **Diseño 2**

Esta distribución se pensó para poder suplir los gastos demandados por la E3T teniendo en cuenta que el tanque 1(tanque de agua lluvia) sería utilizado para alimentar riego, fluxómetros, cuartos de aseo, entre otros, donde las personas no tenga contacto directo con el agua y el tanque 2(tanque de aguas grises) que pasa por la planta de tratamiento de agua sería utilizado para alimentar las duchas del gimnasio, alternándose cuando sea necesario con la red del acueducto y además que las salidas de las aguas negras se depositarán en un tanque séptico que las desechará al alcantarillado con un nivel bajo de contaminación.

Figura 4. Diagrama de distribución de aguas diseño 2



3.3.2 Análisis de diseños Al confrontar varias posibilidades de diseños de distribución y la calidad de las aguas en los dos tanques se determina que el diseño de la figura 2 es el más adecuado, por el hecho de que en el diseño de la figura 3 se presenta una inconformidad por parte de la calidad del agua, ya que en los estudios mostrados en la tesis de pregrado “DISEÑO DE UN SISTEMA EN EL ENFOQUE SOSTENIBLE PARA LAS REDES HIDRÁULICAS DEL TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUAS NO POTABLES DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA” se afirma que el agua no es totalmente apta para un contacto seguro con las personas.

De esta manera se concluye que el **Diseño 1** satisface los requerimientos mínimos de salubridad, debido a que el agua no va estar en contacto directo con las personas y su reciclamiento será uno solo por tal motivo no habrán aguas re-usadas en el sistema de distribución de aguas.

Se aclara que el diseño de la figura 3 se está pensando a futuro, donde se constata que el agua del tanque de aguas grises esté en condiciones adecuadas para la disposición al contacto humano.

3.4 GENERALIDADES

En este documento se presentan las generalidades y definiciones de los conceptos necesarios para el entendimiento del diseño eléctrico del sistema de bombas de acuerdo la normatividad existente principalmente la NTC 2050, RETIE 2013 y normas ESSA, además de los requisitos para la selección de los equipos de bombeo y para el diseño de la automatización encargado de darle funcionalidad con parámetros URE al sistema de bombas.

3.5 NORMATIVIDAD ELÉCTRICA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

La estación de bombeo en general debe cumplir con ciertas características y condiciones básicas, las cuales se dan a continuación cumpliendo con los requisitos mínimos de la norma NTC 2050 y otras normas relacionadas.

3.5.1 Condiciones generales

- **Seguridad:** La estación debe estar ubicada en un sitio estable contra la erosión. La operación de la estación no debe afectar la calidad del agua.
- **Protección contra inundaciones:** Durante la operación de la estación no deben presentarse inundaciones y la edificación debe tener drenajes adecuados. En el pozo de succión debe dejarse un nivel de protección contra crecientes y fallas en la evacuación del caudal.
- **Facilidad de mantenimiento:** Deben dejarse los accesos necesarios para efectuar las labores de mantenimiento. En los niveles medio alto y alto de complejidad, la estación debe diseñarse de tal forma que las labores de mantenimiento no afecten la prestación del servicio.
- **Operación económica:** La estación debe tener el menor costo posible de operación y las bombas y los motores deben operar en una eficiencia cercana a la máxima posible.
- **Restricción de acceso:** Deben tomarse las medidas de seguridad necesarias para evitar el acceso de personas extrañas, diferentes a aquellas encargadas de la operación y/o mantenimiento, mediante cerramientos.

3.5.2 Dimensionamiento de la sala de bombas En el dimensionamiento de la sala de bombas deben atenderse las siguientes recomendaciones:

1. El tamaño de la sala debe ser suficiente para alojar el conjunto bomba-motor y los equipos de montaje. Las dimensiones deben permitir la facilidad de circulación, montaje y desmontaje de los equipos, y dado el caso, el movimiento de las unidades de bombeo.

2. Las dimensiones deben ser compatibles con las del pozo de succión, con el fin de asegurar una adecuada distribución de la obra civil, buscando al mismo tiempo minimizar sus costos.

3.5.3 Acometida en baja tensión Para el diseño de la acometida en baja tensión deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

1. El conductor debe diseñarse con un 25% de sobrecarga, en cobre, con el diámetro apropiado y teniendo en cuenta las ampliaciones en el futuro.

2. El tipo de aislamiento debe ser TW o su equivalente, y no se deben realizar empalmes en su trayectoria completa.

3. Debe proyectarse una acometida de varios cables por fase, con el objeto de facilitar la construcción, cuando el diámetro por fase del conductor de la acometida común sea mayor que 2/0 AWG.

4. Las acometidas deben de protegerse apropiadamente con tubería eléctrica PVC (embebida o enterrada) o conduit metálica galvanizada (expuesta) según los requerimientos por número de conductores, calibre, disipación de calor, etc. en los diámetros existentes en el mercado.

5. Si el diámetro requerido es mayor a 100 mm (4 plg.) se deberá considerar la utilización de condulines en concreto o un canal de concreto (cárcamo) con tapas en lámina corrugada (alfajor o similar).

6. Debe proveerse un desagüe apropiado en todo canal de concreto.

7. Deben proveerse cajas de empalme en la tubería, separadas a una distancia no mayor a 20 m.

8. Las tuberías o canales protectores deben enterrarse a una profundidad mínima de 0.6 m por debajo del piso.

9. Los empalmes de tubería conduit metálica a PVC o viceversa se harán a través de caja de empalme o por unión o condulete, utilizando adaptadores roscados en la tubería PVC.

3.5.4 Instalaciones eléctricas internas Para las instalaciones eléctricas internas se deben tener en cuenta las disposiciones encontradas en las diferentes normas y reglamentos técnicos disponibles, como lo son la NTC 2050, el RETIE y las normas ESSA.

- **Porcentajes máximos de regulación y pérdidas de potencia por tramo.**

Teniendo en cuenta los conceptos expuestos por el Código eléctrico colombiano (NTC 2050), la regulación máxima o caídas de tensión en las redes de baja tensión es del 5% (Art. 210-19) y de igual forma según lo establecido por las normas para cálculo y diseño sistema de distribución dado por la ESSA en el artículo 2.1.4 (Porcentajes de regulación de baja tensión), los porcentaje de regulación (medidos desde los bornes del transformador hasta la carga final más desfavorable) que se van a utilizar en el cuarto de bombeo son:

Tabla 6. Porcentajes de regulación en Baja tensión

Descripción	%
Circuito ramal	2
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador	3

Fuente: Normas ESSA, Pág. 12, numeral 2.1.4.2

Estos porcentajes se seleccionaron teniendo en cuenta las longitudes de cada uno de los tramos y las secciones transversales de los conductores. Se ha de tener en cuenta que las redes al interior de la subestación y el cuarto eléctrico son cortas. De igual forma las secciones transversales son mayores en las acometidas principales y se podría decir que debido a dicha característica prima la selección de dichos conductores por capacidad amperimétrica y no por regulación, caso contrario para los alimentadores, donde la carga es inferior y las longitudes son largas, primando el criterio de selección de los conductores por regulación.

- **Pérdidas de potencia máximas:** 5,5% (Tabla 2.3 de la Página 12 de la Norma para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA).

Nota: En todo caso las pérdidas totales de energía en el nivel 1 (transformador y red de baja tensión), no deben superar el 4,9 %.

3.5.5 Sistema de alumbrado Para la instalación eléctrica deben seguirse las Normas del Código Eléctrico Colombiano NTC 2050. Para las instalaciones de iluminación deben seguirse las recomendaciones RETILAP.

1. Deben protegerse los circuitos con interruptores automáticos con protección térmica y Magnética.
2. La caída de tensión de un circuito derivado no debe exceder el 3%.
3. En ningún caso debe usarse un conductor de cobre menor que el No. 12 AWG.
4. Si en el sistema de fuerza se utiliza un voltaje de línea de 220 voltios, la red de alumbrado puede derivarse del neutro y una de las fases, para obtener un voltaje de 120 voltios.
5. Si en el sistema se utiliza un voltaje de 440 voltios, la red de alumbrado debe proveerse de un Transformador de 440/208/120 Voltios.

3.6 SISTEMA DE BOMBEO

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos.

las bombas deben seleccionarse de tal forma que se obtenga la capacidad y la altura dinámica requeridas, establecidas por el punto de operación al considerar las curvas características del sistema de bombeo y del sistema de tuberías, y teniendo en cuenta si son sistemas de presión constante para poder definir los rangos de presión de trabajo.

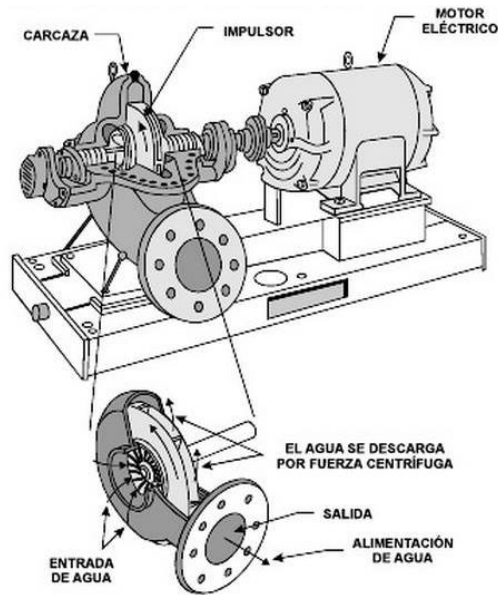
El dimensionamiento y el tipo de las bombas deben hacerse en conjunto con la tubería de impulsión, con el tanque de almacenamiento, y si aplica con el tanque presurizado para mantener presión constante, buscando siempre la condición de mínimo costo, incluidos costo inicial, de operación, expansión y mantenimiento.

3.6.1 Bombas Las bombas tienen la función de transformar la energía eléctrica, con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve de esta forma el fluido incompresible que puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos.

Con el fin de ser transportado de un punto a otro; Esto sucede al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de

Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Figura 5. Partes de una bomba centrífuga de alimentación de agua²



3.6.2 Selección de bombas Probablemente el mayor problema con que se encuentra un ingeniero al diseñar un sistema de bombeo es la elección de la clase, tipo, capacidad, columna y detalles de la bomba o bombas que habrán de usarse en un sistema. Hay tal variedad de bombas útiles y tantas aplicaciones posibles para cada una de ellas que generalmente es difícil estrechar la elección a una unidad específica.

3.7 COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO

Además de la bomba, el sistema de bombeo en si se complementa con los siguientes componentes en general:

² Vaikon, Manual eléctrico, capítulo 3, pág. 226, [texto web], Monterrey, México. [en línea] [http:// es.scribd.com/doc/58928393/39/PRINCIPIO-DE-FUNCIONAMIENTO](http://es.scribd.com/doc/58928393/39/PRINCIPIO-DE-FUNCIONAMIENTO).

3.7.1 El motor impulsor Es el medio convencional por excelencia para impulsar las bombas, acoplándolo generalmente de manera directa a la misma, transmitiendo y convirtiendo la potencia eléctrica en potencia mecánica al eje de la bomba.

En la mayoría de las aplicaciones emplea corriente alterna a 120V, 220V o 440V de acuerdo con la demanda de potencia. Por conveniencia en cuanto al consumo de energía se recomienda utilizar motores trifásicos, además de ser una ventaja en cuanto a costos de los motores.

En aplicaciones donde la bomba opera con cargas variables se emplean variadores de frecuencia que controlan la velocidad del motor, y en donde se requiere disminuir el consumo energético se emplean arrancadores electrónicos, que inician la operación de los motores a tensiones reducidas, aumentando paulatinamente la tensión hasta lograr estabilizar la velocidad de trabajo, controlando el flujo de corriente de manera eficiente protegiendo los motores en operación.

Se busca con todo esto obtener sistemas de bombeo con motores altamente eficientes, ya que en la actualidad se presentan eficiencias alrededor del 60 %.

3.7.2 Válvulas Son accesorios fundamentales que controlan el paso del fluido. Normalmente el sistema cuenta con una válvula de granada o de pie en la succión cuando se tiene succión negativa para evitar que se pierda el cebado de la bomba, una válvula de cheque en la descarga para evitar efectos de golpe de ariete o circulación del fluido en sentido contrario y una serie de válvulas que habilitan o deshabilitan el flujo al interior de la red. [6]

3.7.3 Dispositivos de medición y control Los dispositivos de control deben medir en todo momento las condiciones de operación y detectar fallas rápidamente. Estos dispositivos deben ser automáticos, reduciendo al máximo la intervención del operador en las labores de medición. Como mínimo deben colocarse los siguientes dispositivos de control:

- Manómetros en la tubería de descarga.
- Indicadores de presión en la línea de succión, cuando ésta trabaje en presiones negativas.
- Un interruptor eléctrico accionado por flotador o electrónicamente en el tanque de succión conectado con el arrancador de la bomba.
- Un interruptor eléctrico accionado por flotador o electrónicamente en el tanque de descarga, conectado con el arrancador de la bomba.

- Alarma de bajo nivel en la succión.

Para sistemas más robustos, como los sistemas hidroneumáticos y de presión constante se deben dimensionar tableros de control automatizados para controlar el sistema de bombas.

3.8 NORMATIVIDAD ELÉCTRICA Y DINÁMICA EN LOS EQUIPOS DE BOMBEO

En general, para el diseño de los circuitos de los motores el diseñador debe ceñirse a las Normas del Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 y por la NTC 2805 – Motores y Generadores Eléctricos.

1. Accionamiento de las bombas: Siempre que sea posible, las bombas deben accionarse con motores eléctricos directamente acoplados a ellas.

2. Motores de emergencia: Si se compra energía eléctrica y no hay seguridad en el servicio, deben proveerse fuentes de energía suplementarias, justificando la conveniencia de utilizar motores diésel o un generador eléctrico.

3. Características de los motores: Los motores eléctricos que accionan las bombas deben tener una velocidad sensiblemente constante, un par de arranque alto de acuerdo con el sistema de acople utilizado con la bomba (protección contra golpe de ariete) y un buen factor de potencia. Se recomiendan los motores asíncronos con rotor de tipo jaula de ardilla, y el uso de capacitores para mejorar las condiciones en el arranque y el funcionamiento del sistema.

4. Arrancadores: Para motores con potencia menor que 7.46 kW (10 hp) deben usarse arrancadores de pleno voltaje, o arrancadores compensados. Se pondrá especial atención al estudio de arrancadores electrónicos que permitan ahorro en energía.

5. Niveles de tensión: Para los voltajes de los circuitos se recomiendan voltajes de:

- 120 Vac monofásico, para motores menores o iguales que ½ hp.
- Entre 200 y 500 Vac trifásico, para motores mayores que ½ hp y menores o iguales que 350 hp.

6. Caída total de tensión: La caída total de tensión desde la acometida hasta cualquier motor, no debe exceder el 5%.

7. Protección de los circuitos eléctricos: Deben usarse interruptores automáticos con protección termo-magnética - protección contra sobre cargas y contra cortos circuitos de forma que abra el circuito y no permita el paso de corrientes que puedan causar daños en los equipos. Para un esquema básico de arrancador: interruptor - contactor - térmico, el primero deberá ser no automático, sólo para protección contra corto circuito y el tercero (térmico) para efectos de proteger contra excesos de corriente (Sobrecarga).

8. Conductores y aislamiento: Al especificar los conductores debe tenerse en cuenta el posible cambio de potencia de los motores en el futuro. Los conductores deben ser de cobre con aislamiento tipo TW para 600 voltios.

9. Canalización de los conductores:

- La canalización debe hacerse en tubería conduit galvanizada o PVC, si el diámetro requerido no es mayor que 100 mm (4 pulgadas).
- Si el diámetro requerido es mayor de 100 mm (4 pulgadas), debe utilizarse más de una tubería de 50 mm (2 pulgadas) o menor, o un canal de cables del cual se hará la derivación, en coraza flexible, a cada uno de los motores.

10. Arranque y parada a control remoto: Cuando se necesite arrancar y parar los motores a control remoto deben proveerse equipos coordinadores y supervisores del proceso para su control, como un PLC, el cual unido a los interruptores automáticos, accionamientos por flotador y otros elementos para el control instalados en el bombeo, con el objeto de actuar sobre los circuitos, permitan el arranque y parada a control remoto del arrancador.

3.9 MÉTODOS DE SELECCIÓN

Deberá proveerse durante la construcción de la obra civil un sistema de tierra, el cual debe cumplir con los requerimientos técnicos y lo exigido por seguridad industrial para garantizar la protección de los equipos y los operadores y al que debe conectarse rígidamente la carcasa de los motores.

Las bombas se eligen generalmente por uno de tres métodos:

- El cliente suministra detalles completos a uno o más fabricantes, de las condiciones de bombeo y pide una recomendación y oferta de las unidades que parezcan más apropiadas para la aplicación.
- El comprador efectúa un cálculo completo del sistema de bombeo procediendo luego a elegir la unidad más adecuada de catálogos y gráficas de características.
- Se usa una combinación de estos dos métodos para llegar a la selección final.

La economía dicta que la elección de la bomba debe ser aquella que suministra el costo mínimo por litro bombeado a lo largo de toda la vida útil de la unidad. Entre los factores de operación que requieren reconocimiento especial cuando se decida la clase especial de la bomba, están incluidos el tipo de servicio (continuo o intermitente), preferencias acerca de la velocidad de operación (las bombas de alta velocidad pueden ser más baratas), cargas futuras anticipadas y su efecto sobre la columna de la bomba, posibilidad de operar en paralelo o en serie con otras bombas y muchas otras condiciones peculiares a una aplicación dada.

3.10 CRITERIOS A TENER EN CUENTA.

Se deben tener en cuenta los siguientes criterios para la selección del equipo de bombeo:

Demanda de Potencia: La potencia requerida para mover cualquier clase o tipo de bomba puede calcularse de

$$P = \frac{Q(\text{lps}) * H(\text{metros})}{75 * (n\%100)}$$

Donde

P= demanda la potencia en hp.

Q = gasto en litros por segundo.

H= columna total de la bomba en m de líquido.

n= eficiencia de la bomba, expresada en decimales.

Esta ecuación es adecuada para todos los líquidos con una viscosidad constante.

Velocidad Específica: Es una práctica común recomendable el comprobar la velocidad específica de una bomba propuesta para asegurarse que se encuentra dentro de los límites normales para el tipo de bomba elegido.

Pérdidas de Fricción: Para interpolar en las tablas de fricción de tuberías se requiere el uso de una relación cuadrática simple. Los resultados que se obtienen son aproximados.

Columna de Succión Positiva Neta: La curva del Instituto de Hidráulica para **CSPN** en bomba de condensado puede usarse más allá de su región gráfica siempre y cuando para una **CSPN** definida, el producto $(\text{rpm}) \times (\sqrt{i})$ sea constante.

Materiales: Los materiales de las bombas incluyendo los impulsores, las carcasas y otros componentes, deben ser seleccionados según las características del agua que va a bombearse, teniendo en cuenta: la temperatura, la conductividad, la capacidad de corrosión y sólidos en suspensión. El material de las bombas, de diferentes componentes, debe resistir los efectos nocivos que el agua pueda causar en ellos.

Golpe de ariete: Debe tenerse en cuenta el efecto del golpe de ariete causado por interrupciones en la energía y la consecuente interrupción del flujo. Deben calcularse la sobreelevación de presiones, las sub-presiones y las velocidades de onda.

El análisis debe hacerse para el máximo caudal en las diferentes formas de operación.

Debe disponerse de los mecanismos y accesorios necesarios para aminorar los efectos de este fenómeno, tales como válvulas de alivio, almenaras, volantes, tanques hidroneumáticos, etc.

3.11 CURVAS

El funcionamiento de las bombas en los equipos de bombeo está caracterizado mediante curvas que describen sus variables caudal vs altura, zonificado por su eficiencia, de manera que se pueda predecir su funcionamiento de acuerdo a varias condiciones de trabajo y lograr así la elección adecuada logrando gestionar de manera eficiente el consumo de energía eléctrica y de agua.

3.11.1 Definiciones Para poder entender los conceptos manejados en las curvas características de las bombas, para poder aplicar los criterios de selección de los equipos de bombeo, se deben definir los términos generalmente utilizados para la lectura de las curvas.

- **Altura dinámica total:** Es la suma de la altura geométrica que el líquido debe vencer y las pérdidas de carga de la instalación. Se puede expresar en metros (m), pies (ft), o en unidades de presión (PSI), y normalmente se leen en el eje vertical de las curvas características.
- **Caudal:** Es la cantidad de líquido que se ha de bombear y se puede expresar en litros por minuto (L/min), metros cúbicos por hora (m^3/h), o galones por minuto (g.p.m.), y normalmente se leen en el eje horizontal de la curva.
- **Rendimiento:** Se representa como la relación que existe entre la potencia consumida por la bomba, y la potencia hidráulica sin tener en cuenta las pérdidas, normalmente expresada mediante líneas curvas al interior de la gráfica.
- **NPSHR:** Es la altura neta positiva de aspiración, requerida por la bomba, que representa la cantidad de presión atmosférica necesaria para mover el líquido por la aspiración de la bomba. Este valor está relacionado directamente con el diseño de la bomba.

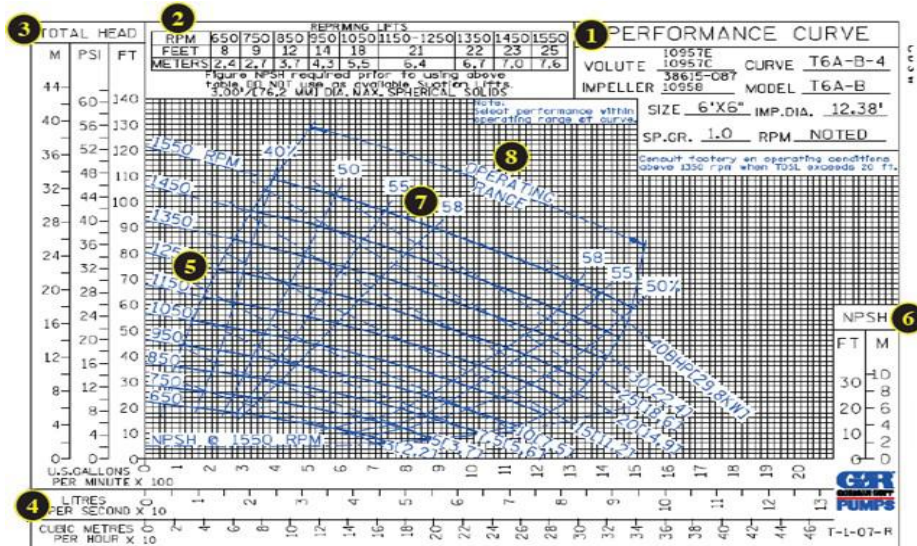
3.11.2 Lectura de la curva de trabajo de las bombas Se debe tener en cuenta que tipo de accionamiento es utilizado para mover las bombas, los cuales pueden ser mediante motores eléctricos en superficie o sumergibles, o también mediante un grupo autónomo como por ejemplo con motores Diesel.

En este diseño se estudiarán los accionamientos con motores eléctricos.

El fabricante representa sobre un diagrama altura vs caudal, la curva de funcionamiento de la bomba. Cada bomba tiene su propia curva de funcionamiento. Hay muchos tipos de bombas capaces de bombear diferentes caudales a presiones distintas y se recomienda consultar sus curvas características antes de seleccionar la bomba.

A continuación se describen los puntos de interés y su localización en la curva.

Figura 6. Descripción de la curva característica de una bomba.



Fuente: [7] ¿Cómo leer la curva característica de una bomba?

- Este recuadro contiene la referencia de la curva característica, el código del cuerpo y del rodete y su diámetro. Se incluye el modelo de bomba, el tamaño de las bridas de conexión, la densidad del producto empleado para obtener la curva y la velocidad o velocidades de servicio.
- Prestaciones de recibado.
- Altura dinámica total (TDH). Este valor es la suma de las pérdidas de carga de la instalación y de la altura estática total. En campo, corresponde a la diferencia de lecturas entre manómetros instalados en las bridas de la bomba.
- Caudal de trabajo sobre tres escalas: galones U.S. por minuto (GPM); litros por segundo (LPS) y metros cúbicos por hora (m^3/h).
- Curva de funcionamiento a velocidad variable, representando cómo varía el caudal de bombeo con la altura de trabajo. Se trazan diversas curvas con las velocidades necesarias para alcanzar una cierta altura a un caudal determinado.
- Información relativa a la altura neta positiva de aspiración, requerida por la bomba (NPSHR). Los valores se muestran en pies (FT) y en metros (M).
- Rendimiento del equipo en %. En este caso, varía entre el 40 – 58 %.
- Cobertura hidráulica de la bomba.

Básicamente, la curva de funcionamiento de una bomba, tiene tres parámetros relacionados entre sí. Conociendo dos de ellos, se determina el 3º. En campo, puede medirse la velocidad de la bomba (con un tacómetro) y la altura dinámica total, por diferencia de lecturas entre manómetros instalados en sus bridas. Situando ambos valores sobre la curva característica, se deduce el caudal de trabajo. Un punto de trabajo se describe habitualmente por una altura y un caudal. [7]

3.12 SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS

Es un sistema de bombeo que adicionalmente a la bomba cuenta con un tanque hidroneumático que almacena agua y aire a presión suministrado por un compresor, esto permite que el agua se encuentre a una presión suficiente para poder alimentar diversos ambientes de una edificación, manteniendo la presión en un rango predefinido por el usuario para garantizar un buen funcionamiento de lavadoras, filtros, regaderas, llenado rápido de depósitos en excusados, operaciones de fluxómetros y riego por aspersión entre otros.

Su nombre se debe a la combinación de aire comprimido y agua que se realiza en el tanque presurizado, de tal manera, que dicho tanque aprovecha las características de elasticidad del aire, para poder abastecer el agua, con la presión requerida para satisfacer las demandas de la red hidráulica con objeto, que la bomba no opere constantemente.

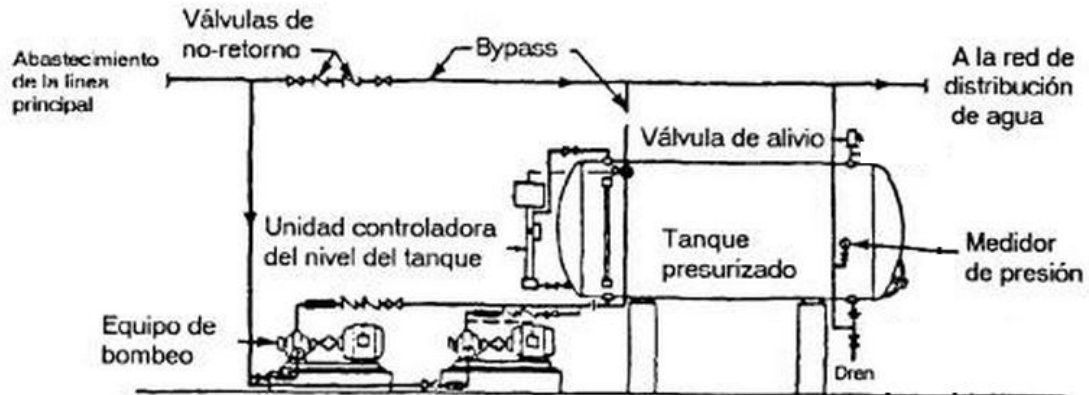
3.12.1 Principio de funcionamiento El tanque presurizado cumple la función de almacenar parte del agua bombeada desde la fuente de abastecimiento o tanque de acopio comprimiendo el aire del mismo aumentando la presión en la red de distribución, puesto que esta conectada al tanque.

Cuando el equipo de bombeo opera, parte del agua es enviada a la red, y el excedente va al tanque hidroneumático, en el cual al subir el nivel del agua, comprime el aire hasta llegar a una presión máxima predeterminada, la cual acciona el interruptor de presión, desconectándolo y parando el equipo de bombeo.

3.12.2 Componentes y accesorios Los componentes de un sistema hidroneumático además de los equipos de bombeo son:

- Tanque presurizado.
- Alarmas y elementos de seguridad para aliviar presiones excesivas.
- Sistema de control de arranque y paro de la bomba.

Figura 7. Esquema de los componentes de un sistema hidroneumático



Fuente: Bibliografía [8]

3.12.3 Tanque presurizado Un tanque presurizado o hidroneumático es un depósito cilíndrico cerrado herméticamente que almacena el agua que ha de usarse en el edificio al que suministra agua, en tanto el equipo de bombeo se encuentra detenido. El tanque puede ser vertical y horizontal.

Para el tanque a seleccionar, entre un 20% y un 30% de su capacidad deberá permanecer ocupada siempre con agua, con objeto de evitar el paso del aire hacia la red de distribución; aproximadamente, un 30% de su capacidad estará ocupada por el aire, que es comprimido, quedando, en consecuencia, entre un 40% y 50% de la capacidad del tanque, con agua aprovechable para suministrar a la red hidráulica, durante el período de tiempo durante el cual no opera el equipo de bombeo.

De acuerdo a las consultas realizadas a varios fabricantes acerca de cómo dimensionar el tamaño del tanque hidroneumático en los sistemas a diseñar se determinó un método posible para el cálculo y posterior elección del tanque presurizado.

3.12.4 Cálculo de tanques presurizados Para un efectivo cálculo de un tanque hidroneumático precargado, se necesita determinar dos valores. El primero es el valor de la Precarga del tanque, y el segundo es el Tamaño Real del tanque.

- **Obtención del valor adecuado de la Precarga de aire del tanque:** Para esto existen dos criterios:

- Cuando el diferencial del presostato es 20 p.s.i. o menor. Aquí se debe pre-cargar el tanque **2 p.s.i.** menos que la **presión de arranque** del Equipo.
- Cuando el diferencial del presostato es mayor a 20 p.s.i., o para equipos de Presión Constante. Aquí se debe pre-cargar el tanque con una presión igual al **65%** de la **presión de parada** del equipo o de la **presión constante** del equipo, en caso de variadores de velocidad.
- **Cálculo del tamaño real del tanque precargado:** Para este cálculo nos basaremos en la ley del minuto, la cual asume que la bomba permanecerá Un (01) minuto encendida hasta que el tanque se llene, y a su vez permanecerá apagada por un minuto mientras el tanque hidroneumático se desocupa, y ordena nuevamente el arranque de la bomba. Esta ley se basa en la ley Boyle de compresibilidad de los gases aplicada al aire, y es la ley con la cual se diseñan los tanques hidroneumáticos y su cumplimiento garantizará la vida útil del mismo.
 - Primero, se calcula el **Factor de Aceptación Total (F.A.)** del tanque, que no es más que la cantidad de agua total que entra al tanque, y a su vez significa lo que se deja comprimir el aire que está dentro del tanque desde su presión de precarga hasta la presión de parada del equipo. También hace alusión al desplazamiento total del diafragma dentro del tanque en términos de porcentaje frente al volumen total del mismo. Esto determina la elongación del diafragma dentro del tanque y su resistencia a la ruptura.

F.A. total = (F.A pc-1) + (F.A. 1-2).

F.A. pc-1. Es la cantidad de agua que entra al tanque desde la Presión de Precarga (Ppc) hasta la Presión de Arranque del equipo (P1).

F.A. 1-2. Es el desplazamiento del diafragma desde la Presión de Arranque del equipo (P1) hasta la Presión de Parada del equipo (P2) o lo que es lo mismo, es la cantidad de agua que entra al tanque desde la Presión de Arranque del equipo (P1) hasta la Presión de Parada del equipo (P2).

F.A. pc-1. = $((P1 + Patm) - (Ppc + Patm)) / (P1 + Patm)$.

F.A. 1-2. = $((P2 + Patm) - (P1 + Patm)) / (P2 + Patm)$.

Los tanques hidroneumáticos precargados vienen diseñados para que su diafragma se extienda internamente, máximo 35% o 40% del volumen real del tanque (dependiendo del fabricante). Si el factor de aceptación total es mayor a este criterio de diseño, el tanque **fallará inevitablemente**.

- **Volumen útil del tanque**

Es la cantidad de agua efectiva que sale del tanque. Tengan en cuenta que no toda el agua que entra al tanque, sale de él. Hay una pequeña cantidad que permanece en él, y esta es la que entra desde la precarga Ppc hasta la presión de arranque P1, es decir, **F.A. pc-1**.

Esto quiere decir que lo que realmente sale del tanque es el agua que entra desde la Presión de Arranque del equipo (P1) hasta la Presión de Apagado del equipo (P2), es decir, **F.A. 1-2**.

- **Calculo del Volumen Ideal de Tanque.**

Para esto se tendrán en cuenta los siguientes valores:

- Caudal de Diseño de la instalación que debe ser igual al caudal de la bomba. (Qd).
- Caudal medio de la instalación. $Q_m = Q_d \times 0,65$
- Tiempo de trabajo de la bomba y/o tiempo de descanso de la bomba. Para nuestro cálculo usaremos la ley del minuto, donde la bomba trabajara por un minuto antes de apagar el sistema y descansara por un minuto antes de encender.
- El Volumen Útil del Tanque. (F.A. 1-2).

- **Volumen ideal del tanque = $Q_m / (F.A. 1-2)$.**

- **Método europeo.**

El método Europeo considera que las bombas podrían descansar menos tiempo en potencias menores a 10 hp, así que afectan el tamaño del tanque, por un factor de acuerdo a la potencia de la bomba. En la siguiente tabla podrán encontrar dicho factor.

Tabla 7. Factor k método europeo

POTENCIA BOMBA	FACTOR QUE AFECTA
Hasta 1 hp	0,25
De 1 a 2 hp	0,33
De 2 a 3 hp	0,42
De 3 a 5,5 hp	0,5
De 5,5 a 7,5 hp	0,83
Más de 10 hp	1

Lo que implica esta modificación es que con este nuevo tanque la bomba descansaría, no por 1 minuto, sino por 20 segundos.

3.13 SISTEMA DE CONTROL

Los sistemas de control se utilizan para mantener relaciones adecuadas de aire-agua, presión y nivel de agua en el tanque presurizado. Controlan el arranque y paro de los equipos de bombeo. La bomba de llenado es controlada por un sensor que en general es un **presostato**, presostato que arranca la bomba cuando la presión de agua alcanza la presión mínima de operación; la bomba se detiene cuando la presión llega al valor máximo establecido.

También se puede considerar como elemento de control los **interruptores de nivel** en el tanque de succión, de manera que me condicione el trabajo de las bombas y las proteja cuando el nivel del líquido este bajo.

3.13.1 Presostato Conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado. [9]

3.13.2 Flotador eléctrico El flotador eléctrico tiene como función automatizar la bomba, evitando que ésta funcione cuando no sea necesario, y que el tinaco se desborde por el exceso de agua. Al utilizar un flotador en el tinaco y otro en la cisterna, los flotadores permiten además de la automatización, una protección de su bomba, pues ésta solo se enciende cuando hay agua en la cisterna.

El flotador es un producto de plástico, sellado herméticamente conocido también como sensor o interruptor flotante de nivel, su diseño es muy práctico, al igual que su instalación, pues no requiere de mayores complicaciones para su colocación. En una sociedad en donde el agua potable es cada vez más escasa, el flotador eléctrico es un excelente producto para lograr un menor desperdicio de agua, y de energía eléctrica. [10]

3.14 TABLEROS DE CONTROL Y POTENCIA

Con la finalidad de controlar el sistemas de bombeo, se implementan tableros de control y potencia, el cual tiene un conjunto de elementos (contactores, relés, térmicos, gabinetes entre otros) que van acorde a las normativas referentes a instalaciones eléctricas.

Estos tableros son instalados para que proporcionen el correcto funcionamiento del equipo, desde su encendido, apagado, detección de altas y bajas tensiones, caídas de fases entre otros parámetros que puedan interferir con el funcionamiento correcto del sistema de bombeo, automatizados con el uso de un PLC programable.

3.14.1 Protecciones Las protecciones eléctricas son de vital importancia en los motores, generadores, transformadores, centros de control de motores, alimentadores de ramales Eléctricos, cables, y otros dispositivos empleados en las instalaciones eléctricas de cualquier empresa, industria o comercio. Los motores, los generadores y los transformadores son unos de los tantos equipos eléctricos que deben de ser protegidos contra eventos no deseados como sobre corrientes o cortocircuitos, es allí donde las protecciones les corresponden actuar para evitar daños catastróficos en los mismos. Por tal razón una instalación bien diseñada posee un buen sistema de protecciones eléctricas.

La protección es un seguro de vida que se compra para el sistema de potencia a un costo extremadamente bajo. Un proceso de protección puede resumirse en tres etapas como lo son:

- Lectura de corrientes y / o tensiones.
- Analizar si esos valores son o no perjudiciales al sistema.
- Si son perjudiciales, desconectar la parte de la falla en el menor tiempo posible.

Se logran resaltar fallas en los sistemas eléctricos como cortocircuito, sobrecarga, insuficiente capacidad de generación y sobre tensiones.

3.14.2 Requisitos para una protección A continuación se definen conceptos importantes que se deben tener en cuenta al momento de dimensionar las protecciones eléctricas.

Confiabilidad: Ser capaz de actuar en cualquier momento que sea necesario, esto es, siempre que ocurra una falla o sobre corriente parasita en cualquier diseño. La protección contra cortocircuito, por ejemplo debe discriminarse entre corrientes de sobrecargas y corriente de cortocircuito. Para obtener una buena confiabilidad, es fundamental realizar un adecuado mantenimiento preventivo, para ello, el aparato debe ser sencillo, facilitando de esta manera su revisión o cambio.

Rapidez: Actuar tan pronto como sea posible, un tiempo antes que las cantidades de fallas (voltajes o corrientes) hayan dañado o afectado el funcionamiento los aparatos a proteger en el circuito.

Selectividad: La protección de un sector debe actuar teniendo en cuenta que zona se quiere proteger, que porcentaje del circuito va estar censando y en caso de falla actué en el sector adecuado para facilitar el análisis de selectividad, esto se acostumbra para dividir el sistema en zonas.

3.14.3 Interruptores termomagnéticos Se encargan de proteger los componentes internos en el tablero y fuera de él, como por ejemplo a los motores de las bombas cuando se presentan fallas de sobrecarga debido a que la intensidad consumida en un instante, supera la intensidad a la que está calibrada el dispositivo, o en el caso de un corto circuito en cualquier punto de la instalación.

Figura 8. Aspecto físico del interruptor termomagnético



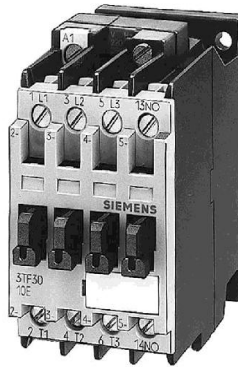
Fuente [11]

En general para la instalación de los motores se suele usar guardamotores que cumplen con esta misma función.

3.14.4 Contactores Es un dispositivo mecánico cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

Estos dispositivos se usan frecuentemente para la automatización de procesos, entre otros el arranque de motores para sistemas de bombeo que requieren varios ciclos de encendido y apagado, siendo muy útil este dispositivo para tal fin.

Figura 9. Aspecto físico del contactor



Fuente [11]

Está compuesto por las siguientes partes:

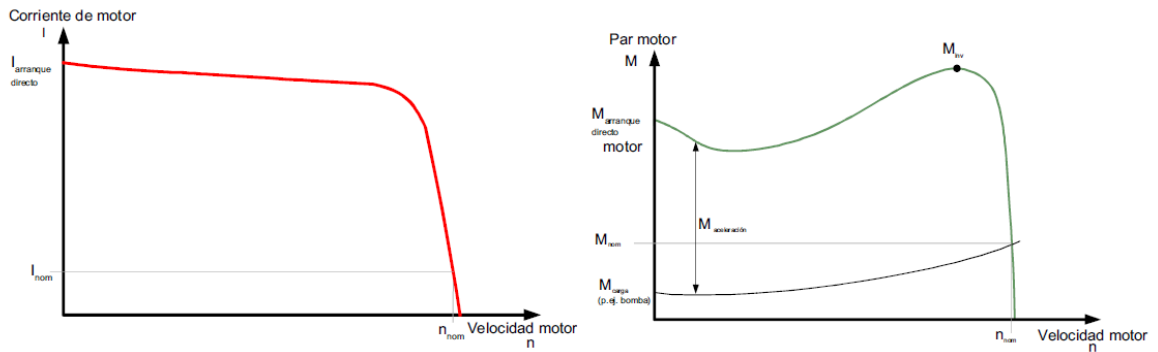
- **Contactos principales: 1-2, 3-4, 5-6.** Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia.
- **Contactos auxiliares: 13-14 (NO).** Se emplean en el circuito de mando o maniobras. Por este motivo soportarán menos intensidad que los principales. El contactor de la figura solo tiene uno que es normalmente abierto.
- **Circuito electromagnético:** Consta de tres partes.
 - 1.- El núcleo, en forma de E. Parte fija.
 - 2.- La bobina: **A1-A2.**
 - 3.- La armadura. Parte móvil.

3.14.5 Dispositivos de arranque para motores Existen básicamente 3 tipos de arranques a la hora de accionar un motor eléctrico.

- **Arranque directo.**

Consiste en alimentar directamente los bornes del motor a pleno voltaje, eso si a través de los dispositivos de protección y accionamientos antes mencionados. Generalmente este tipo de arranques es usado en motores de baja potencia debido a que si se usa en motores de potencias grandes se generan corrientes de arranques elevadas de alrededor de 3 a 15 veces la corriente nominal que pueden dañar el equipo y la red.

Figura 10. Evolución Típica de la corriente y par de arranque de un motor trifásico de inducción.



Fuente: Bibliografía [12]

- **Arranque estrella-triángulo.**

El objetivo principal es reducir las corrientes de arranque al momento de encender el motor, teniendo conectadas sus bobinas inicialmente en la configuración de estrella. Generalmente esta corriente se reduce 3 veces respecto a la corriente de arranque directo debido al tipo de conexión mencionado siendo de 1 a 5 veces la corriente nominal al arranque. Luego de cierto tiempo, y mediante una configuración de contactores y relevos, se conectan los arrollamientos del motor en triángulo para que trabaje en sus parámetros nominales.

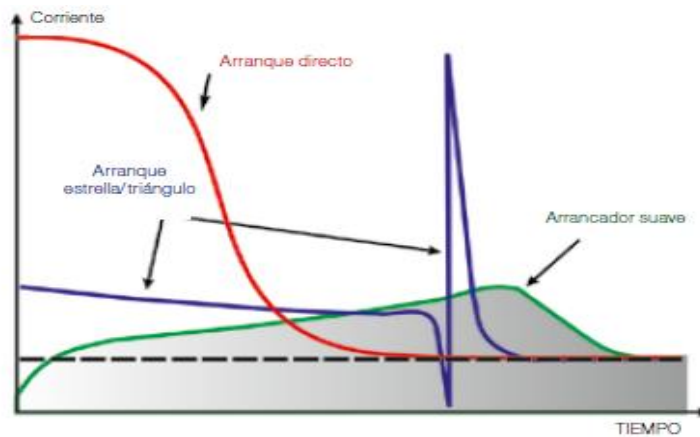
Aunque este arranque supone una ventaja, tiene el problema que cuando se hace el cambio de estrella a triángulo aparecen picos de corriente no deseados que pueden dañar el motor y la red.

- **Arranque suave**

En un arranque suave un dispositivo (**soft starter**) reduce el exceso de corriente durante el encendido. Es un dispositivo de estado sólido de arranque encargado de regular la aceleración del motor partiendo de un voltaje reducido, haciendo aumento progresivo hasta llegar a la tensión de trabajo permitiendo un arranque suave reduciendo el pico de corriente.

En la siguiente figura se observa la comparación de los 3 tipos de arranques.

Figura 11. Comparación entre métodos de arranque.

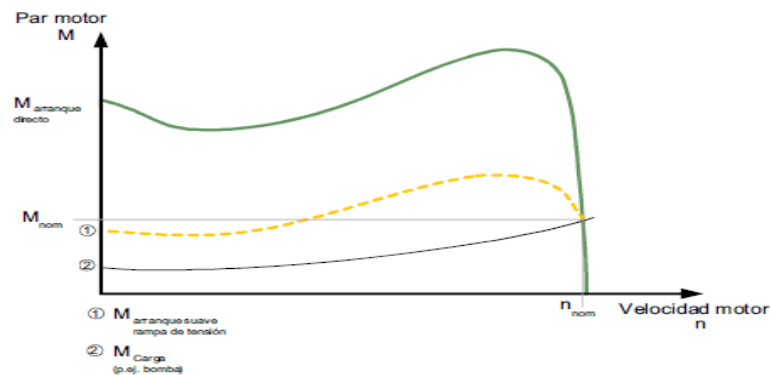


Fuente: Bibliografía [13]

Esto se logra mediante la configuración de tiristores conectados en antiparalelo montado de dos en dos en cada fase. El arrancador suave que se va a utilizar para el actual diseño dispone de esta configuración en dos de las tres fases siendo la corriente de la tercera fase la suma de las corrientes de las fases controladas.

Gracias al control que ejerce el arrancador suave electrónico sobre la tensión del motor, también se regulan la corriente de arranque consumida y el par de arranque generado en el motor durante el proceso de arranque.

Figura 12. Evolución del par reducido del motor durante el arranque suave

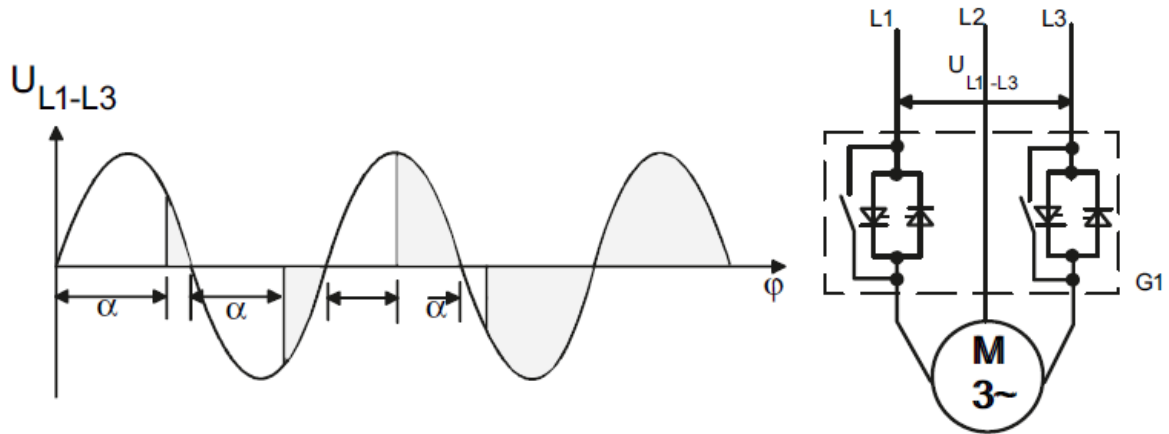


Fuente: Bibliografía [12]

Tras un correcto arranque del motor, los tiristores quedan funcionando con ángulo de disparo 0, quedando la tensión completa de la red aplicada a los bornes del motor. Puesto que en este caso

ya no es necesaria regular la tensión los tiristores se puentean mediante contactos de Bypass integrados en el interior, logrando reducir el calor de escape generado por las pérdidas en el tiristor minimizando el calentamiento del aparato.

Figura 13. Funcionamiento de los tiristores con contactos de Bypass integrados



Fuente: Bibliografía [12]

Las ventajas de utilizar éstos equipos son:

- Menor cobro por parte de las empresas de distribución de energía eléctrica al registrar una demanda inferior a la necesaria sin arrancador suave.
- Mayor duración mecánica de ejes y acoples de motores de gran potencia.
- Menor desgaste por fricción en impeler de sistemas de bombeo.
- Menor diámetro de conductores eléctricos que alimentan a los motores de gran potencia.
- En maquinaria especializada, menor destrucción de componentes y producto al iniciar movimiento.
- Menor esfuerzo en cajas reductoras de velocidad y en consecuencia, mayor vida útil de engranajes, gusanos y cojinetes.

3.14.6 Dispositivo Lógico programable PLC Programable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como

ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos. También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal.

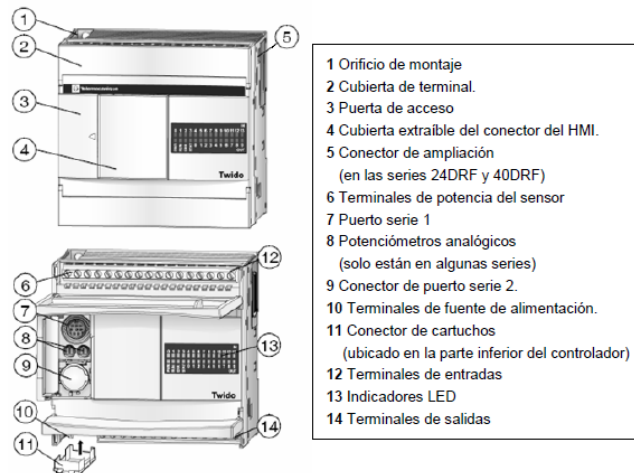
Los PLC son utilizados donde se requieran tanto controles lógicos como secuenciales o ambos a la vez.

Ventajas e inconvenientes del PLC

- No es necesario cablear contactores.
- Posibilidad de modificar sin cambiar cables ni añadir aparatos externos.
- Menos costos de instalación.
- Gran capacidad de memoria.
- Equipo electrónico sensible a la temperatura y condiciones medioambientales.
- Programación por personal especializado y debidamente entrenado para la programación del PLC.

3.14.7 Descripción de los componentes de un controlador compacto Los controladores Twido compactos están formados por los siguientes componentes, teniendo en cuenta que hay pequeñas diferencias entre modelos de controlador, pero que los componentes siempre están los mismos:

Figura 14. Partes de un controlador compacto



Fuente: Manual TwidoSuite [14]

3.14.8 Software TwidoSuite TwidoSuite es el primer software que está organizado según el ciclo de desarrollo del proyecto. La navegación por el software es tan sencilla que se convierte en innata.

TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de Telemecanique. TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje, después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómata.

Figura 15. Plataforma TwidoSuite



Fuente: Fuente: Manual TwidoSuite [14]

TwidoSuite es un programa basado en Windows de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecuta en los sistemas operativos Microsoft Windows 2000 y XP Professional. Las principales funciones del software TwidoSuite son:

- Interface de usuario intuitiva y orientada a proyectos.
- Diseño de software sin menús. Las tareas y funciones del paso seleccionado de un proyecto siempre se encuentran visibles.
- Soporte de programación y configuración.
- Comunicación con el autómata.
- Ayuda de primera mano acerca del nivel de tareas que ofrece enlaces relevantes a la ayuda en línea.

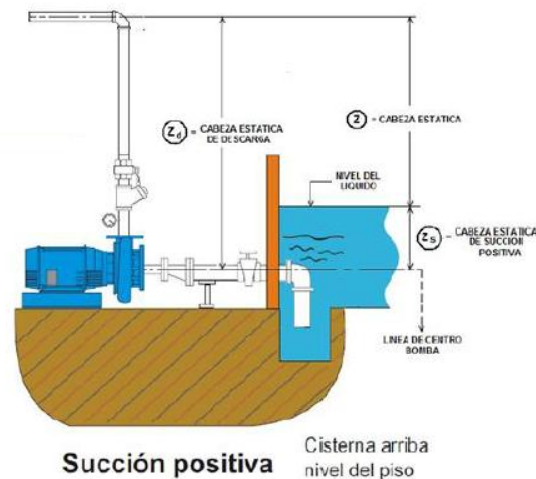
TwidoSuite es un software fácil de usar que necesita poco o nada de aprendizaje. Este software tiene por objeto reducir de forma significativa el tiempo de desarrollo de los proyectos simplificando todas las intervenciones.

4. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES PARA EL SISTEMA DE BOMBEO

Este capítulo contiene la selección y caracterización de los componentes que integran el sistema de bombas, donde se realiza el análisis de varias opciones obtenidas en los actuales catálogos disponibles de los diferentes fabricantes, justificando las razones por las cuales se seleccionan los equipos de bombeo de acuerdo a los parámetros eléctricos (potencias de motores) e hidráulicos (caudal y altura) necesarios para el adecuado funcionamiento de las bombas.

Los tipos de bombas que se van a implementar son bombas con motor eléctrico de preferencia trifásicos, con entrada de succión central y descarga conectadas al sistema de tuberías junto con tanques hidroneumáticos que tienen como función mantener la presión en el sistema de tuberías a abastecer.

Figura 16. Tipo de bomba de succión positiva



Teniendo en cuenta que los tanques de almacenamiento de las aguas a recircular estarán al nivel del sistema hidroneumático empleado se decidió utilizar sistemas de bombeo de succión positiva. Se define la utilización de 2 grupos de bombeo los cuales se caracterizan de la siguiente manera.

- **Sistema de bombeo 1:** Consta de 2 equipos de bombeo (**bomba 1 y bomba 2**), cada uno con las mismas características hidráulicas y eléctricas, que tendrán ciclos de trabajo alternados.
- **Tanque hidroneumático 1:** Definido de acuerdo a los parámetros de bombeo correspondientes.
- **Sistema de bombeo 2:** Consta de 2 equipos de bombeo (**bomba 3 y bomba 4**), cada uno con las mismas características hidráulicas y eléctricas, que tendrán ciclos de trabajo alternados.

- **Tanque hidroneumático 2:** Definido de acuerdo a los parámetros de bombeo correspondientes.

4.1 CÁLCULO DE POTENCIA TEÓRICA DE LAS BOMBAS

Se calculan las potencias teóricas con el fin de conocer los parámetros bases para la selección de los diferentes equipos de bombeo a analizar. Esto se hace de acuerdo a los datos hidráulicos de impulsión recopilados en el numeral 3.2 aplicando la siguiente formula:

$$P_b = \frac{Q_b \cdot H_b}{76 \cdot \eta}$$

Dónde:

P_b = Potencia de la bomba y del motor (hp).

Q_b = Caudal de bombeo (l/s).

H_b = Altura manométrica total (m).

η = Eficiencia del sistema de bombeo, $=\eta_{motor} \cdot \eta_{bomba}$

La bomba seleccionada debe impulsar el volumen de agua para la altura dinámica deseada, con una eficiencia (η) mayor a 60%³. Aplicando los datos conocidos tenemos:

- **Potencias bomba 1 y bomba 2**

$$P_b = \frac{0,83 \cdot 17,83}{76 \cdot 0,6}$$

$$P_b = 0,324 \text{ hp}$$

Potencia de las bombas y motores con un trabajo del 120% para su selección, de acuerdo a la NTC 2050, código eléctrico colombiano.

$$P_b = 1,20 \cdot 0,324 = 0,389 \text{ hp}$$

³ Tesis de grado titulada: DISEÑO DE UN SISTEMA EN EL ENFOQUE SOSTENIBLE PARA LAS REDES HIDRÁULICAS DEL TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUAS NO POTABLES DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, índice 8.3.2 –Diseño Hidráulico de la red.

- **Potencias bomba 3 y bomba 4**

La bomba seleccionada debe impulsar el volumen de agua para la altura dinámica deseada, con una eficiencia (η) mayor a 60%

$$P_b = \frac{4,34 * 24,94}{76 * 0,6}$$

$$P_b = 2,373 \text{ hp}$$

Potencia de las bombas y motores con un trabajo del 120% para su selección, de acuerdo a la NTC 2050, código eléctrico colombiano.

$$P_b = 1,20 * 2,373 = 2,848 \text{ hp}$$

4.2 SELECCIÓN DE LAS BOMBAS

Para realizar la selección de las bombas se deben analizar las diferentes curvas de las bombas disponibles, partiendo de los parámetros de caudal y altura definidos anteriormente.

Se debe verificar que el caudal sea suficiente y se alcance la altura total necesaria. Ya que a mayor caudal menor altura total alcanzada. Se tiene que tener en cuenta la curva característica de la bomba (dada por el proveedor).

4.3 CURVAS CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULO DE TANQUES PRESURIZADOS

En las siguientes curvas se trazaran líneas de color rojo indicando los valores de caudal y altura requeridos y en verde los valores obtenidos en la curva inmediatamente superior a los datos requeridos, haciendo el análisis en rangos de trabajo debido a que el sistema hidroneumático maneja diferencial de presiones.

A continuación se realiza el análisis de los equipos de bombeo con sus respectivas curvas y datos de fabricantes conocidos:

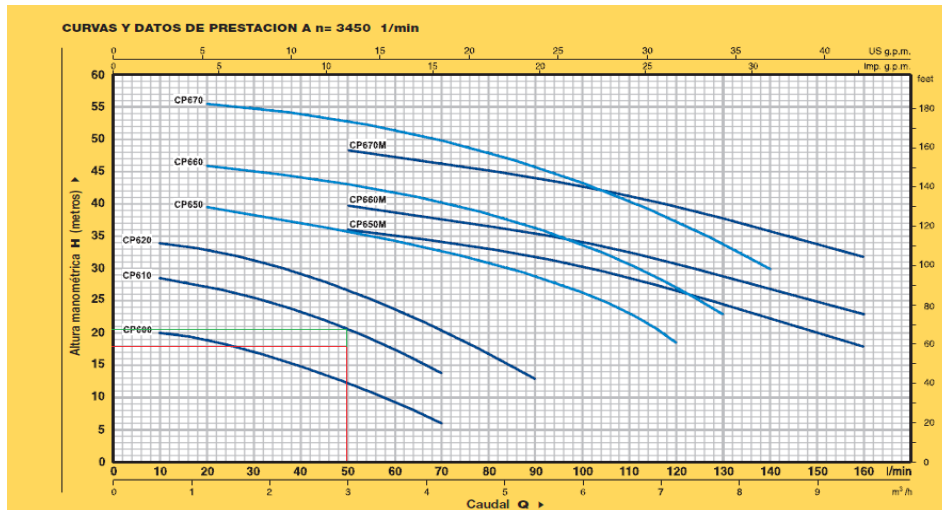
4.3.1 Bomba 1 y bomba 2

- **Opción uno**

Fabricante: Pedrollo

REF. Cpm 610 0.85 hp trifásica

Figura 17. Curva característica Cpm 610



Fuente. Catálogo pedrollo pág. 29 (ver anexos)

Esta bomba tiene un rango de trabajo amplio, lo que es beneficio para el sistema de encendido y apagado, también cumple con la demanda de caudal que nos dan los cálculos sin sobredimensionar la altura.

- **Opción Dos**

Fabricante: BARNES DE COLOMBIA S.A.

REF. EH-203 1/3 hp monofásico

Figura 18. Curva característica EH-203 Tipo Caracol

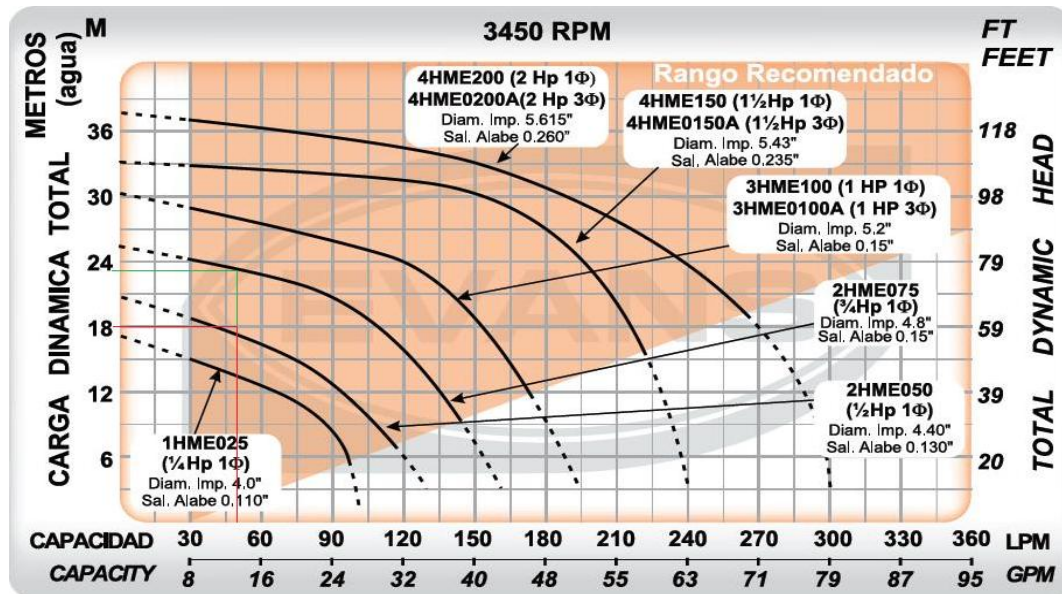


Fuente. Catálogo Barnes pág. 18 (Ver anexos)

Esta bomba se caracteriza por que maneja una buena altura con el caudal de demanda y su rango de trabajo es corto pero con una pendiente favorable para el sistema que maneja el presostato.

- **Opción Tres**
Fabricante: EVANS
REF. 2HME075 ¾ hp Monofásico

Figura 19. Curva característica 2HME075



Fuente. Catálogo EVANS 2013 pág. 3. (Ver anexos).

Esta bomba para el caudal que se demanda tiene muy poco rango de manejo y sus niveles de altura no son convenientes para el encendido y apagado del sistema de bombeo.

- **Análisis para la selección de la bomba 1 y bomba 2**

De acuerdo con la comparación de las curvas de las bombas, se miran los parámetros más importantes como caudal, altura, rango de trabajo y potencia, por lo cual la más ideal es la opción uno, ya que esta maneja un rango de trabajo amplio y facilita el funcionamiento del presostato, en cuanto el caudal también lo cumple, en cuanto al gasto energético es una bomba de 0,85 hp de consumo medio, lo que no generaría costos elevados por su consumo, por esto se llegó a la decisión de usar el equipo de Pedrollo con REF. Cpm 610 0,85 hp Trifásico.

- **Calculo del tanque hidroneumático 1**

De acuerdo al equipo de bombeo definido anteriormente se calcula el tamaño teórico del tanque hidroneumático:

Tabla 8. Calculo del tamaño óptimo tanque hidroneumático 1

		PSI
Presion Arranque del Equipo.	P1	24
Presion Parada del Equipo.	P2	38
Presion Precarga. (Presión Recomendada)	Pp	22
Presion Atmosferica.	P atm.	14,7
		G.P.M.
Caudal del equipo:		13,16
Factor Aceptacion P (p-1).	P(p-1)	0,0517
Factor Aceptacion P (1-2).	P (1-2)	0,2657
Factor Aceptacion TOTAL	F.A. Total	31,7%
Qm	Litros	32
Volumen Ideal del tanque	Litros	122
FACTOR AFECTACIÓN SEGÚN EL METODO EUROPEO (k):		
POTENCIA DEL MOTOR	hp	0,85
Tamaño del Tanque	Litros	30,5

Para el sistema de bombeo el diferencial de presión recomendado es de 20 p.s.i. pero en este caso el diferencial es de máximo 14 p.s.i. debido a las características propias del equipo de bombeo observadas en su curva característica.

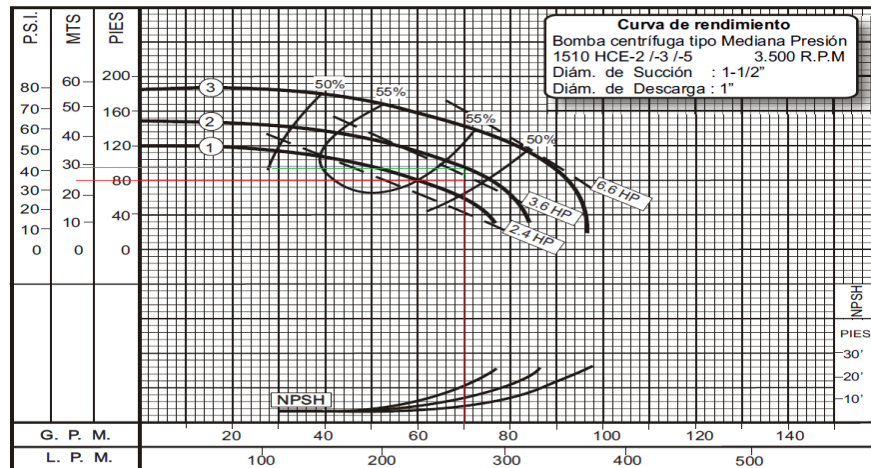
4.3.2 Bomba 3 y bomba 4

- **Opción Uno**

Fabricante: BARNES DE COLOMBIA S.A.

REF. SERIE MEDIA PRESION 1510 HCE-2 3.6 hp

Figura 20. Curva característica 1510 HCE-2



Fuente. Catálogo BARNES pag.179 (Ver anexos)

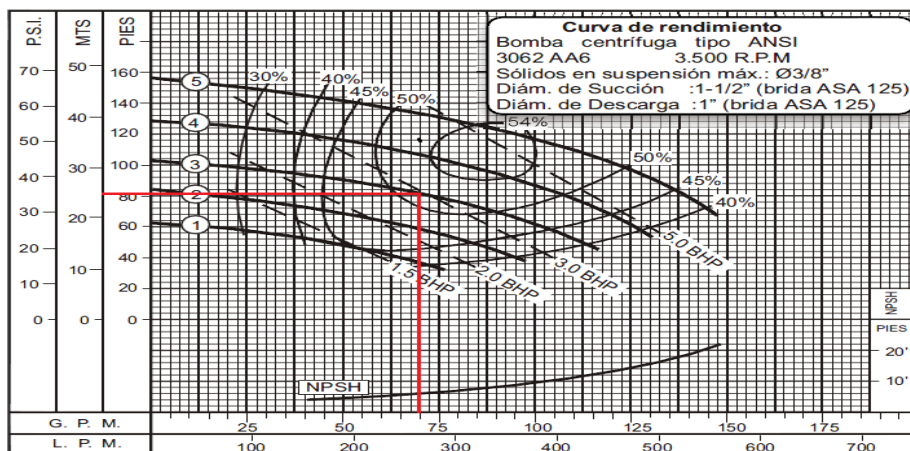
Esta bomba tiene un rango de trabajo amplio, lo que es beneficio para la eficiencia del servicio, además este equipo cumple con la demanda de caudal que nos dan los cálculos sin sobredimensionar la altura lo cual resulta beneficio para satisfacer la demanda de los puntos.

- **Opción Dos**

Fabricante: BARNES DE COLOMBIA S.A.

REF. LINEA ANSI 3062 AA6-3 3 hp

Figura 21. Curva Característica 3062 AA6-3



Fuente. Catálogo BARNES Pág. 192. (Ver anexos).

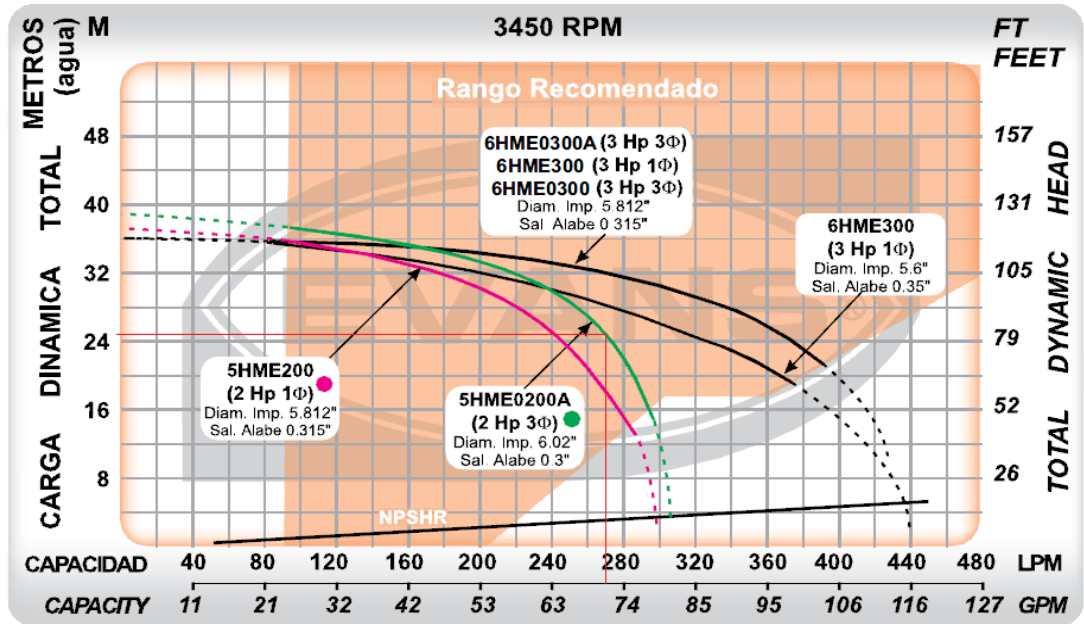
Esta bomba se caracteriza por que maneja un buen rango de trabajo, cumple con el caudal de demanda y por su pendiente resulta favorable para el sistema que maneja el presostato.

- **Opción Tres**

Fabricante: EVANS

REF. 5HME 200A 2 hp trifásica

Figura 22. Curva característica 5HME 200A



Fuente. Catálogo EVANS 2013 Pág. 5 (Ver anexos).

Esta bomba maneja un rango de manejo bastante amplio y sus niveles de altura son convenientes para el encendido y apagado del sistema de bombeo, y su consumo energético es poco y eficiente.

- **Análisis para la selección de la bomba 3 y bomba 4**

De acuerdo con la comparación de las curvas de las bombas, se miran los parámetros más importantes como caudal, altura, rango de trabajo y potencia, por lo cual la más ideal es la opción tres, ya que esta maneja un rango de trabajo amplio y facilita el funcionamiento del presostato, en cuanto el caudal también lo cumple, en cuanto al gasto energético es una bomba de 2 hp de consumo medio trifásica, lo que no generaría costos elevados por su consumo, por esto se decide usar el equipo de EVANS con REF. 5HME 200A 2 hp trifásica.

- **Calculo del tanque hidroneumático 2**

De acuerdo al equipo de bombeo definido anteriormente se calcula el tamaño teórico del tanque hidroneumático por el método 1:

Tabla 9. Calculo del tamaño óptimo tanque hidroneumático 2

		PSI
Presion Arranque del Equipo.	P1	30
Presion Parada del Equipo.	P2	48
Presion Precarga. (Presión Recomendada)	Pp	28
Presion Atmosferica.	P atm.	14,7
		G.P.M.
Caudal del equipo:		68,79
Factor Aceptacion P (p-1).	P(p-1)	0,0447
Factor Aceptacion P (1-2).	P (1-2)	0,2871
Factor Aceptacion TOTAL	F.A. Total	33,2%
Qm	Litros	169
Volumen Ideal del tanque	Litros	590
FACTOR AFECTACIÓN SEGÚN EL METODO EUROPEO (k):		
POTENCIA DEL MOTOR	hp	2,00
Tamaño del Tanque	Litros	194,5

Para el sistema de bombeo el diferencial de presión recomendado es de 20 p.s.i. pero en este caso el diferencial es de máximo 18 p.s.i. debido a las características propias del equipo de bombeo observadas en su curva característica.

4.3.3 Resultados Para el tanque de aguas lluvia se seleccionan las siguientes bombas:

- **Bomba 1 y bomba 2**

Fabricante: Pedrollo

Referencia: Cpm 610 0,85 hp trifásico 230/460 V

Flujo máximo de 70 l/min

Altura dinámica máxima de 30 metros.

Esta cumple con la demanda y satisface con los requerimientos eléctricos.

Para el tanque de aguas grises se seleccionan las siguientes bombas:

- **Bomba 3 y bomba 4**

Fabricante: Evans

Referencia: 5HME 200A 2 hp trifásica 220/ 440 V.

Flujo máximo de 300 l/min

Altura dinámica máxima de 38 metros

Esta cumple con la demanda. Los datos técnicos completos se encuentran en ANEXOS al final del documento.

4.4 SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COMPONENTES

Para los dos tanques de acopio que tiene la red de distribución de aguas, son necesarios dos sistemas de bombeo, para el tanque 1 y tanque 2. También se caracterizan los componentes eléctricos de operación y control del sistema que protegerán y actuarán para llevar a cabo la dinámica del sistema de bombeo.

4.4.1 Selección de elementos generales para el sistema de bombeo

Elementos para el sistema de bombeo.

- bombas eléctricas
- presostato
- manómetro
- flotador eléctrico
- tanque hidroneumático
- Electroválvula

Tabla 10. Fichas Técnicas de componentes para el sistema hidroneumático

<p><u>Presostato</u></p> <p>Fabricante: Pedrollo</p> <p>1) Tipo: fsg2</p> <p>Construction: square d</p> <p>Prearado standard: 1.4 / 2.8 bar</p>	
---	---

<p><u>Manómetro</u></p> <p>Fabricante: Pedrollo 1) Tipo: MC 6 Conexión: ¼" central Diámetro: 50 mm Escala: 0 / 6 bar</p>	
<p><u>Flotador eléctrico</u></p> <p>Fabricante: Pedrollo (certificado v.d.e – i.m.q.) 1) Tipo: t80/3 Cable: PVC (con doble función para vaciado y llenado, con protección simple, con interruptor de 20 a). Longitud: 3 metros</p>	
<p><u>Tanque hidroneumático</u></p> <p>Fabricante: Pedrollo 1) Capacidad: 60 litros Tipo: 60 CL Conexión: 1"</p>	

<p><u>Tanque hidroneumático</u></p> <p>Fabricante: Pedrollo</p> <p>1) Capacidad: 200 litros</p> <p>Tipo: 200 CL</p> <p>Conexión: 1 ½"</p> <p>Presión máxima de ejercicio 10 bar.</p> <p>Membrana intercambiable de goma butíl.</p>	
<p><u>Bomba</u></p> <p>1) Fabricante: Pedrollo</p> <p>Campo de prestaciones</p> <p>Caudal hasta 70 l/min (4.2 m³/h)</p> <p>Altura manométrica hasta 30 m</p> <p>Motor eléctrico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia: 0.619 kW/ 0.85 hp • CP: trifásico 230/460 V - 60 Hz. • Aislamiento: clase F. • Protección: IP 44. • Medidas: largo x ancho x alto: 25.9 x 16.5 x 21.1 cm 	
<p><u>Bomba</u></p> <p>2) Fabricante: Evans</p> <p>Campo de prestaciones</p> <p>Caudal hasta 300 l/min</p> <p>Altura manométrica hasta 38 m</p> <p>Motor eléctrico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia: 1.492 kW/ 2 hop • CP: trifásico 220/440 V - 60 Hz. • Medidas: largo x ancho x alto: 45 x 22 x 30 cm 	


<p><u>Electroválvula</u></p> <p>1) Fabricante: BERMAD Electroválvula con solenoide 24 Vac, serie IR 210, Normalmente cerrada. REF. MAMC061-ELC Funcionamiento: Aguas tratadas, Regulación De presión, Regulador de caudal.</p>	
---	---

4.4.2 Selección de componentes eléctricos Se definen a continuación las fichas técnicas que caracterizan los componentes eléctricos dispuestos en el tablero de control en sus etapas de potencia y mando del sistema.

Elementos dispuestos para los tableros.



- Arrancadores
- Contactores tripolares
- Guardamotores
- Interruptores Termomagnéticos
- PLC
- Interruptores de llave
- Pulsadores
- Lámparas de señalización

Tabla 11. Fichas Técnicas de componentes eléctricos de control

<p><u>Arrancador suave SIRIUS 3RW30</u></p> <p>Marca: SIEMENS [15] REF: SIRIUS 3W3014-1BB14 Tamaño: S00, 6.5 A 200-480 VAC Bobina 120 V AC</p>	
---	---

<p><u>Arrancador suave SIRIUS 3RW30</u></p> <p>Marca: SIEMENS [16] REF: SIRIUS 3W3016-1BB14 Tamaño S00, 9 A 200-480 VAC Bobina 120 V AC</p>	
<p><u>Contactores tripolares SIRIUS 3RT</u></p> <p>Marca: SIEMENS [17] REF: SIRIUS 3RT1015-1AF01 7A (AC3), Contacto auxiliar NA Bobina 120 V AC</p>	
<p><u>Guardamotor SIRIUS 3RV</u></p> <p>Marca: SIEMENS [18] REF. 3RV1011-1GA10 4.5 – 6.3 A Protección de motor clase 10 Disparo 82 A</p>	
<p><u>Guardamotor SIRIUS 3RV</u></p> <p>Marca: SIEMENS [19] REF. 3RV1011-1KA10 9 – 12 A Protección de motor clase 10 Disparo 156 A</p>	

<p><u>Interrupor Termomagnetico SENTRON</u></p> <p>Marca: SIEMENS [20] REF. 5SY6116-7, 16 A, 15KA 1 polo.</p>	
<p><u>Interrupor Termomagnetico SENTRON</u></p> <p>Marca: SIEMENS [21] REF. 5SY6340-7, 40 A, 10 KA 3 polos.</p>	
<p><u>PLC Twido Base compacta de 40 E/S</u></p> <p>Marca: Schneider Electric REF. TWDLCAE40DRF Alimentación a 120 VAC Tensión de carga nominal 24 VDC Interrupor de llave redondo con soporte Marca RONIS REF. 3SB6130-4AA11-1BA0 Conexión por tornillo.</p>	
<p><u>Interrupor de llave redondo con soporte</u></p> <p>Marca: RONIS [22] REF. 3SB6130-4AA11-1BA0 Conexión por tornillo.</p>	

<p><u>Pulsador 22mm redondo, metal</u></p> <p>Marca: Siemens [23] REF. 3SB3602-0AA11 Botón rasante 1 NA Colores: negro y rojo Bornes de tornillo con soporte</p>	
<p><u>Lámpara de señalización 22mm redondo</u></p> <p>Con led integrado 120 VAC [24] REF. 3SB3648-6BA20 Colores: Rojo y verde Bornes de tornillo</p>	

5. MEMORIAS DE CÁLCULO DE LA ACOMETIDA Y CIRCUITOS ALIMENTADORES DEL SISTEMA DE BOMBAS

Contiene los cálculos eléctricos de las instalaciones eléctricas internas del cuarto de bombas y cálculos eléctricos del sistema de bombas en donde se obtienen los calibres, protecciones y regulaciones del sistema a implementar de acuerdo con los artículos que garantizan el cumplimiento de la NTC 2050, la norma ESSA, y el RETIE 2013.

Se realizan los cálculos teniendo en cuenta que cumplan inicialmente con la capacidad amperimétrica de los circuitos planteados, luego se comprobaron las regulaciones de los mismos garantizando que cumplan los porcentajes definidos por la normatividad vigente. Todo esto se resume en un primer cuadro de cargas, regulaciones y protecciones inicial (Tabla 12).

Posteriormente se planteó un análisis de sobredimensionamiento del sistema ajustando los cálculos según convenga y aplicando algunos artículos adicionales de la NTC 2050, para los cálculos de los alimentadores en los motores del sistema de bombas. Al final se obtuvo un cuadro de cargas, regulaciones y protecciones sobredimensionadas (Tablas 14); además de un cuadro de regulaciones totales (Tabla 15) que sintetiza los valores obtenidos.

Para el cálculo de regulación se tiene:

$$\delta\% = \frac{K_g * F_c * M}{(V_{\text{linea}})^2}$$

K_g = constante de regulación

F_c = factor de corrección

M = momento de inercia = S (KVA)*Longitud (m)

V_L = voltaje de línea del sistema

F_p =0.95 para tomas e iluminaciones, para motores F_p =0.85.

Para el cálculo del momento:

$$M = \sum S_m * l_m$$

Como se establece en la metodología de la realización del diseño, una vez se tiene el cuadro de cargas se procederá a los cálculos eléctricos, es decir, cálculo de demandas máximas y cálculo de regulación en los tramos. Es importante aclarar que los calibres de los conductores que se muestran en los cuadros de carga, ya fueron corregidos por regulación. El cálculo de dichas regulaciones se mostrará más adelante.

Tabla 12. Cuadro de cargas, regulaciones y protecciones inicial

Cto.	Luces		Tomacorrientes		Fase			Carga		Corriente [A]	Conductor AWG THW	Protección [A]	Reg. %	Observaciones
	Comunes	Especiales	Comunes	Especiales	A	B	C	[W]	[VA]					
1	1	0	0	0			240	228	240	2,0	#14	1x15	0,0325	ILUMINACIÓN
2	0	0	2	1	1578,94			1500	1578,94	13,15	#12	1x20	0,9046	TOMAS GENERALES
TOTAL					1578,94		240	1728	1818,94					

Cto		Fase			Carga		Corriente [A]	Conductor AWG THW	Protección [A]	Reg. %	Observaciones
		A	B	C	[W]	[VA]					
3	Bomba 1	X	X	X	(0.85 hp)619,18	728,23	3,31	#14	3X15	0,0479	SISTEMA DE BOMBEO 1
4	Bomba 2	X	X	X	(0.85 hp)619,18	728,23	3,31	#14	3X15	0,0479	SISTEMA DE BOMBEO 1
5	Bomba 3	X	X	X	(2 hp)1492	1755	7,97	#14	3X15	0,0781	SISTEMA DE BOMBEO 2
6	Bomba 4	X	X	X	(2 hp)1492	1755	7,97	#14	3X15	0,0781	SISTEMA DE BOMBEO 2
	TOTAL				4222,36	4966,46					

5.1 DEMANDA MÁXIMA

Se realiza el cálculo de la demanda máxima del cuarto de bombas utilizando un sistema monofásico trifilar 120/208 V a 60 Hz, para los circuitos de iluminación y tomas generales y un sistema trifásico trifilar 220 v a 60Hz, el cuarto de bombeo tiene un área de $2,50\text{m} \times 3,00\text{m} = 7,50 \text{ m}^2$ La temperatura ambiente es de 32°C .

El cuarto está ubicado a nivel del sótano en el cuarto de bombas de la escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicación, al cual se le calculara su demanda máxima.

Tabla 13. Carga para alumbrado general

Carga para alumbrado general Cuarto de bombas	
Área del cuarto [m^2]	7.5
Carga unitaria de alumbrado general [$\frac{\text{VA}}{\text{m}^2}$]	32
Carga para alumbrado general [VA]	240

Fuente: ESSA (parámetro: carga unitaria de alumbrado general)

Nota: La carga unitaria para alumbrado general fue tomada de la **tabla 220-3.b) de la NTC 2050**.

Nota: El área del cuarto de bombeo se encuentran en el plano hidráulico sótano⁴.

La justificación de los valores presentados en la tabla se hará mediante esta fórmula:

$$\mathbf{CAG = CUAG * A}$$

Dónde:

CAG: Carga para Alumbrado General.

CUAG: Carga Unitaria de Alumbrado General.

A: Área del cuarto de bombeo.

$$\mathbf{CAG = 32 * 7,5}$$

$$\mathbf{CAG = 240 [VA]}$$

⁴ Plano de plata hidráulica, N-3.00 (sótano) edificio repotenciado y en el nuevo edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (E3T).

CUADRO DE CARGAS

Alumbrado	240	VA
Tomas	1578,94	VA
Sistema de bombeo 1	3510,58	VA
Sistema de bombeo 2	1456,88	VA
Carga total instalada en el cuarto de bombas	6786,4	VA

La demanda máxima del cuarto de bombas es la siguiente:

$$D_{mx} = S_m + (S_i - S_m) * F_d$$

$$D_{mx} = 3510,58 + (6784,4 - 3510,58) * 1$$

$$D_{mx} = 6784,4 \text{ [VA]}$$

5.2 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR PARA LOS CIRCUITOS RAMALES

ILUMINACIÓN:

CIRCUITO 1:

$$I = \frac{240 \text{ (VA)}}{120 \text{ (V)}} = 2 \text{ (A)}$$

Como es carga continúa, se ajusta la corriente a un factor de corrección de 125%(Artículo 220-3a NTC 2050). $I = 2 \times 1,25 = 2,5 \text{ (A)}$. Ya que la corriente es muy pequeña, por condición de la norma de la ESSA se aumenta al calibre mínimo aceptado para cualquier instalación eléctrica.

Entonces sirve **#14 AWG Cu** con $I = 20 \text{ (A)}$

Verificamos regulación.

$F_c = 1$

$M = (0,24) * (1 * (1,50 + 0,70)) = 0,529 \text{ KVA-m}$

$K_g = 886,377$ para un conductor # 14 AWG $f_p = 0,95$

$$\Delta V\% = \frac{k_g * f_c * M}{V^2}$$

$$\Delta V\% = \frac{0,529 * 886,377 * 1}{120^2} = 0,0325\%$$

Según la tabla 310-16 de la NTC 2050, se asigna una protección de 1x 15 (A).

Según la tabla 250-95 de la NTC 2050, se asigna un conductor de puesta a tierra #14 Cu, desnudo.

Diámetro de la tubería

Fase # 14 AWG TW 60°C protección de 1x15 A

Neutro # 14 AWG

Puesta a tierra #14 AWG sección: 2.08 mm²

14 Aislado: (4,32mm)

14 Desnudo: (1,62mm)

$D_t \geq 1,58 \times \sqrt{2 * (4,32)^2 + (1,62)^2} = 9,9864\text{mm}$ Según la NTC 2050 sirve $\rightarrow \emptyset = 1/2$ " con un diámetro interior de 17,78 mm.

TOMAS:

CIRCUITO 2:

$$I = \frac{1578,94 (VA)}{120(V)} = 13,1578(A)$$

Sirve #12 AWG Cu con I = 25(A)

Verificamos regulación

Fc=1

$$M = \frac{1,5}{0,95} (1*(0,75+0,75)+1*(1,00+1,25+1,50+1,5)+1*(5,25+1,25+1,5)) = 23,2894 \text{ KVA-m}$$

Kg=559,367, para un conductor #12 AWG fp=0.95

$$\Delta V\% = \frac{kg * fc * M}{Vl^2}$$

$$\Delta V\% = \frac{23,2894 * 559,367 * 1}{120^2} = 0,9046\%$$

Según la tabla 310-16 de la NTC 2050, se asigna una protección de 1x15 (A).

Según la tabla 250-95 de la NTC 2050, se asigna un conductor de puesta a tierra #12 Cu, desnudo.

Nota: carga unitaria de los tomas es de 500 W, ya que se prevé el uso de equipo de alta potencia.

Diámetro de la tubería

Fase # 12 AWG TW 60°C protección de 1x15 A

Neutro # 12 AWG

Puesta a tierra #12 AWG sección: 5,50 mm²

12 Aislado: (5,06 mm)

12 Desnudo: (2,05 mm)

$D_t \geq 1,58 \times \sqrt{2 * (5,06)^2 + (2,05)^2} = 11,7611 \text{ mm}$ Según la NTC 2050 $\rightarrow \phi = 1/2$ " con un diámetro interior de 17,78 mm.

MOTOR 1

CIRCUITO 3:

$$I = \frac{728,23 \text{ (VA)}}{220 \text{ (V)}} = 3,3101 \text{ (A)}$$

Para un solo motor la corriente se debe ajustar a un factor de corrección de 125%(Artículo 430-22 NTC 2050). $I = 3,3101 \times 1,25 = 4,1367 \text{ (A)}$.

Entonces sirve #14 AWG Cu con $I = 20 \text{ (A)}$

Verificamos regulación

$F_c = 1$

$$M = \frac{0,619}{0,85} (1 * (1 + 3,0)) = 2,9129 \text{ KVA-m}$$

$K_g = 797,3404$ para un conductor # 14 AWG $f_p = 0.85$

$$\Delta V\% = \frac{kg * fc * M}{V^2}$$

$$\Delta V\% = \frac{2,9129 * 797,3404 * 1}{220^2} = 0,0479\%$$

Según la tabla 310-16 de la NTC 2050, se asigna una protección de 3X15 (A).

Según la tabla 250-95 de la NTC 2050, se asigna un conductor de puesta a tierra #14 Cu, desnudo.

Diámetro de la tubería

Fase # 14 AWG TW 60°C protección de 3x15 A

Neutro # 14 AWG

Puesta a tierra #14 AWG sección: 2.08 mm^2

14 Aislado: (4,32mm)

14 Desnudo: (1,62mm)

$D_t \geq 1,58 \times \sqrt{2 * (4,32)^2 + (1,62)^2} = 12,09 \text{ mm}$ Según la NTC 2050 $\rightarrow \phi = 1/2$ " con un diámetro interior de 17,78 mm.

Nota: para el motor 2, circuito 4, los cálculos son iguales ya que son potencias igual y las distancias similares, entonces se supone los mismos resultados.

Cuando existan motores instalados la caída de tensión en la red eléctrica de baja tensión, tomada desde los bornes del transformador hasta el usuario más lejano en el ramal donde se conecta el motor, no debe ser superior al 12,5 % en el momento de arranque, incluyendo las demandas máximas de los demás usuarios.

MOTOR 3

CIRCUITO 5:

$$I = \frac{1755 (VA)}{220 (V)} = 7,9786(A)$$

Para un solo motor la corriente se debe ajustar a un factor de corrección de 125%(Artículo 430-22 NTC 2050). $I = 7,9786 \times 1,25 = 9,973 (A)$.

Entonces sirve #14 AWG Cu con $I = 20(A)$

Verificamos regulación

$F_c = 1$

$$M = \frac{1,492}{0,85} (1 * (1 + 1,70)) = 4,7392 \text{ KVA-m}$$

$K_g = 797,3404$ para un conductor # 14 AWG $f_p = 0.85$

$$\Delta V\% = \frac{kg * fc * M}{Vl^2}$$

$$\Delta V\% = \frac{4,7392 * 797,3404 * 1}{220^2} = 0,0781\%$$

Según la tabla 310-16 de la NTC 2050, se asigna una protección de 3X15 (A).

Según la tabla 250-95 de la NTC 2050, se asigna un conductor de puesta a tierra #14 Cu, desnudo.

Diámetro de la tubería

Fase # 14 AWG TW 60°C protección de 3x15 A

Neutro # 14 AWG

Puesta a tierra #14 AWG sección: $2.08mm^2$

14 Aislado: (4,32mm)

14 Desnudo: (1,62mm)

$D_t \geq 1,58 \times \sqrt{3 * (4,32)^2 + (1,62)^2} = 12,09 \text{ mm}$ Según la NTC 2050 sirve $\rightarrow \varnothing = 1/2$ " con un diámetro interior de 17,78 mm.

Nota: para el motor 4, circuito 6, los caculos son iguales ya que son potencias igual y las distancias similares, entonces se supone los mismos resultados.

5.3 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR ACOMETIDA CUARTO DE BOMBAS.

La corriente del alimentador de manera general se calcula sumando las corrientes de los circuitos ramales:

$$(7,9786 * 2) + (2 * 3,3101) + 13,578 + 2 = 38,1554 \text{ A}$$

Sirve #8 AWG Cu con I = 40(A). Esto cumple con el Artículo 230-31 b) de NTC 2050.

Verificamos regulación

$$S = 220 \text{ V} * 38,15 \text{ A} = 8393 \text{ VA}$$

$$F_c = 1$$

$$M = 8,393 * (1 * (2 + 20)) = 184,646 \text{ KVA-m}$$

$$K_g = 207,1611 \text{ para un conductor \# 8 AWG } f_p = 0.85$$

$$\Delta V\% = \frac{kg * fc * M}{Vl^2}$$

$$\Delta V\% = \frac{184,646 * 207,1611 * 1}{220^2} = 0,7903\%$$

Según la tabla 310-16 de la NTC 2050, se asigna una protección de 3X40 (A).

Según la tabla 250-95 de la NTC 2050, se asigna un conductor de puesta a tierra #10 Cu, desnudo.

Diámetro de la tubería

Fase # 8 AWG TW 60°C protección de 3x40 A

Neutro # 8 AWG

Puesta a tierra #10 AWG sección: 5.25 mm^2

8 Aislado: (6,71mm) en cable

10 Desnudo: (1,56mm) en cable

$D_t \geq 1,58 \times \sqrt{2 * (6,71)^2 + (1,56)^2} = 15,19 \text{ mm}$ Según la NTC 2050 sirve $\rightarrow \varnothing = 3/4$ " con un diámetro interior de 23,11 mm.

5.4 REDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Luego de los cálculos anteriores se debe revisar la conveniencia que puede existir al sobredimensionar los calibres de los conductores en la acometida teniendo en cuenta posibles ampliaciones del sistema de bombas, como por ejemplo la adecuación de un sistema de bombeo contra incendios el cual requiere un vasto recurso de potencia en sus equipos, o en general el aumento de carga en los circuitos propuestos.

Teniendo en cuenta lo anterior se calcula como sigue:

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR ACOMETIDA CUARTO DE BOMBAS.

Según el Artículo 430-24 de la NTC 2050 el cálculo de la capacidad de corriente del alimentador debe ser:

$$(7,9786 * 1,25) + 7,9786 + (2 * 3,3101) + 13,578 + 2 = 40,15 A$$

Sirve #6 AWG Cu con I = 55(A)

Verificamos regulación

S= 220 V * 40,15 A = 8833,01 VA se debe sobredimensionar a 13164,7 VA (11190, W= 15 hp)

Fc=1

M= 8,83301 *(1*(2+20)) = 194,3262 KVA-m

Kg= 132,6717 para un conductor # 6 AWG fp=0.85

$$\Delta V\% = \frac{kg * fc * M}{V^2}$$

$$\Delta V\% = \frac{194,3262 * 132,6717 * 1}{220^2} = 0,5327\%$$

Según la tabla 310-16 de la NTC 2050, se asigna una protección de 3X40 (A).

Según la tabla 250-95 de la NTC 2050, se asigna un conductor de puesta a tierra #10 Cu, desnudo.

Diámetro de la tubería

Fase # 6 AWG TW 60°C protección de 3x40 A

Neutro # 6 AWG

Puesta a tierra #10 AWG sección: 5.25mm^2

6 Aislado: (8,01mm) en cable

10 Desnudo: (1,56mm) en cable

$D_t \geq 1,58 \times \sqrt{2 * (8,01)^2 + (1,56)^2} = 22,058\text{mm}$ Según la NTC 2050 sirve $\rightarrow \phi = 3/4"$ con un diámetro interior de 23,11 mm, por seguridad se aumenta el diámetro al siguiente por encima, sería $\rightarrow \phi = 1"$ con un diámetro interno de 29,85 mm.

Para los circuitos de los motores de las bombas se prevé un posible aumento de potencia en las mismas, por lo tanto se sobredimensionan los calibres. Esto también se hace teniendo en cuenta las corrientes de arranque de las bombas.

De igual manera se sobredimensionan los calibres del circuito de iluminación atendiendo un posible aumento en la demanda de la misma.

MOTORES 1, 2, 3 Y 4

Diámetro de la tubería

Fase # 10 AWG TW 60°C protección de 3x15 A

Puesta a tierra #14 AWG sección: 2.08mm^2

10 Aislado: (8,01mm) en cable

14 Desnudo: (1,62mm)

$D_t \geq 1,58 \times \sqrt{2 * (4,32)^2 + (1,62)^2} = 12,09\text{mm}$ Según la NTC 2050 $\rightarrow \phi = 1/2"$ con un diámetro interior de 17,78 mm. Por seguridad se aumenta el diámetro al siguiente por encima, sería $\phi = 3/4"$ con un diámetro interior de 23,11 mm.

Para el circuito de tomas se mantienen los calibres propuestos debido a que son cargas no continuas.

Con estos ajustes en los calibres el cuadro de cargas y regulaciones final es el siguiente:

Tabla 14. Cuadro de cargas y regulaciones sobredimensionadas

Cto.	Luces		Tomacorrientes		Fase			Carga		Corriente [A]	Conductor AWG THW	Protección [A]	Reg. %	Observaciones
	Comunes	Especiales	Comunes	Especiales	A	B	C	[W]	[VA]					
1	1	0	0	0			240	228	240	2,5	#12	1x15	0,0205	ILUMINACIÓN
2	0	0	2	1	1578,94			1500	1578,94	13,15*	#12	1x15	0,9046	TOMAS GENERALES
TOTAL					1578,94		240	1728	1818,94					

- NOTA: La corriente del Circuito 2 se mantiene igual debido a que son cargas no continuas.

Cto		Fase			Carga		Corriente [A]	Conductor AWG THW	Protección [A]	Reg. %	Observaciones
		A	B	C	[W]	[VA]					
3	Bomba 1	X	X	X	(0.85 hp)619,18	728,23	4,13	#10	3X15	0,0192	SISTEMA DE BOMBEO 1
4	Bomba 2	X	X	X	(0.85 hp)619,18	728,23	4,13	#10	3X15	0,0192	SISTEMA DE BOMBEO 1
5	Bomba 3	X	X	X	(2 hp)1492	1755	9,97	#10	3X15	0,0313	SISTEMA DE BOMBEO 2
6	Bomba 4	X	X	X	(2 hp)1492	1755	9,97	#10	3X15	0,0313	SISTEMA DE BOMBEO 2
	TOTAL				4222,36	4966,46					

Tabla 15. Cuadro de regulaciones totales

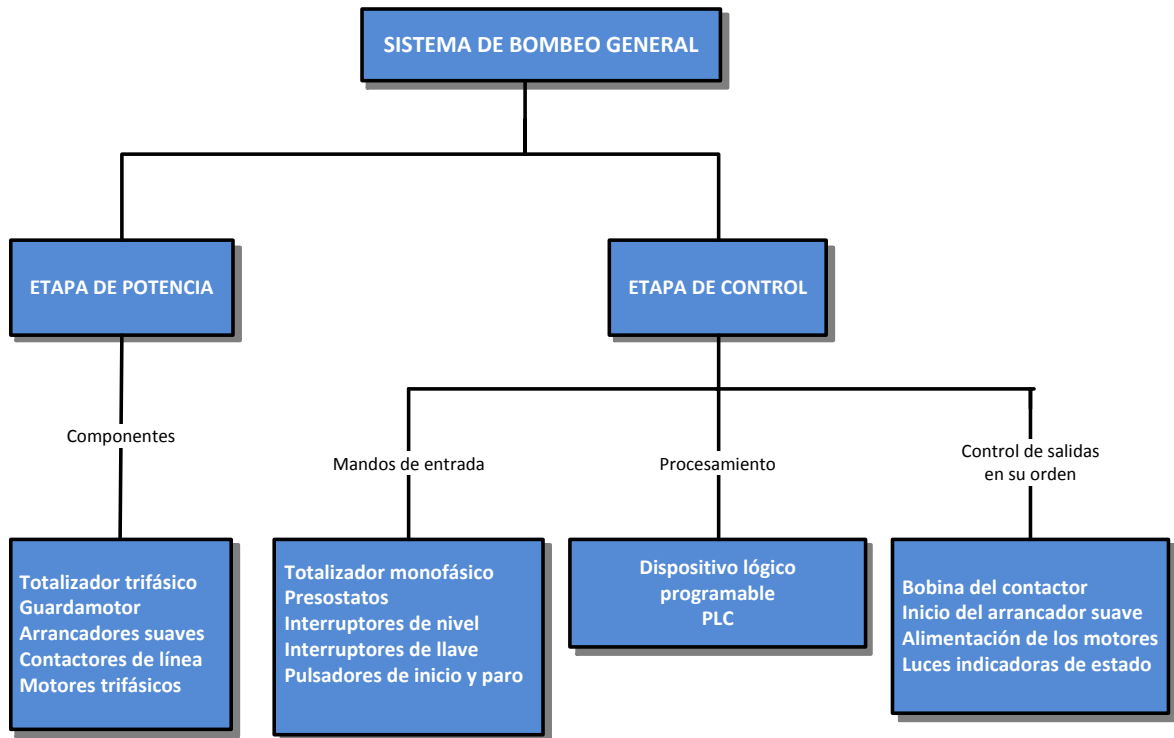
TRAMO		regulación parcial %	regulación total%
Inicio	Fin		
TGBT	TCCM	0,5327	0,5327
TCCM	M1	0,0192	0,5519
TCCM	M2	0,0192	0,5519
TCCM	M3	0,0313	0,564
TCCM	M4	0,0313	0,564
TCCM	CTO 1	0,0205	0,5532
TCCM	CTO 2	0,9046	1,4373

6. AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO

Este capítulo contiene el diseño de automatización para el sistema de bombas propuesto, desarrollado con el fin de optimizar el funcionamiento de sus componentes, mejorando la gestión de energía y contribuyendo al uso eficiente de los recursos utilizados en este proyecto de ingeniería.

La automatización se realiza mediante la aplicación de un PLC o autómatas programables con REF. TWDLCAE40DRF⁵ de la compañía Schneider Electric, implementado en el software TWIDO SUITE, con el cual se va programar sus ciclos de trabajo y estados a los cuales está expuesto el sistema cuando esté en funcionamiento, de tal forma se van a definir las entradas y salidas necesarias para censar y controlar las condiciones que se presenten.

Figura 23. Automatización del sistema de bombeo



⁵ La descripción y caracterización de este dispositivo se encuentra en Tabla 11 página 54

ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

Entradas:

RUN: Habilita el funcionamiento del PLC.

ENCENDIDO: Encendido total del sistema.

APAGADO: Apagado total del sistema (EMERGENCIA).

S1: Presostato del sistema de bombeo 1.

S2: Presostato del sistema de bombeo 2.

S3: Switch flotador en el tanque de agua tratada.

S4: Switch flotador en el tanque de agua lluvia.

S5: sensor baja presión en la tubería 1: presostato global 1

S6: sensor baja presión en la tubería 2: presostato global 2

S7: Interruptor giratorio de llave; Bomba 1.

S8: Interruptor giratorio de llave; Bomba 2.

S9: Interruptor giratorio de llave; Bomba 3.

S10: Interruptor giratorio de llave; Bomba 4.

S11: sensor de sobrepresión sistema 1 (presostato global 3).

S12: sensor de sobrepresión sistema 2 (presostato global 4).

SISTEMA 1 (ON): Encendido sistema 1.

SISTEMA 2 (ON): Encendido sistema 2.

SISTEMA 2 (OFF): Apagado sistema 2.

SISTEMA 1 (OFF): Apagado sistema 1.

Salidas:

C3: Electroválvula N.C. en la tubería 1; entrada del acueducto sistema 1.

C4: Electroválvula N.C. en la tubería 2; entrada del acueducto sistema 2.

C5: Indicador piloto, sobrepresión tubería 1.

C6: Indicador piloto, sobrepresión tubería 2.

C7: Indicador piloto, baja presión tubería 1.

C8: Indicador piloto, baja presión tubería 2.

M1: Alimentación eléctrica al arrancador suave del motor de la bomba 1; sistema de bombeo 1.

M2: Alimentación eléctrica al arrancador suave del motor de la bomba 2; sistema de bombeo 1.

M3: Alimentación eléctrica al arrancador suave del motor de la bomba 3; sistema de bombeo 2.

M4: Alimentación eléctrica al arrancador suave del motor de la bomba 4; sistema de bombeo 2.

6.1 DINÁMICA DE FUNCIONAMIENTO

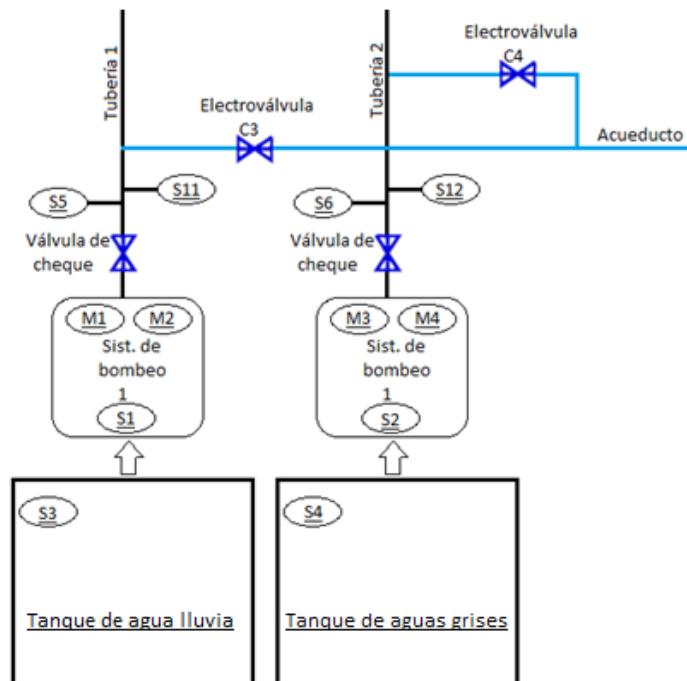
El sistema consta de dos grupos de bombeo hidroneumático cada uno con dos bombas que trabajan alternadamente. El sistema de Bombeo 1 (Aguas lluvia) surte al sistema de tuberías (tubería 1) que alimentan dentro del edificio a los fluxómetros, orinales y cuartos de aseo, mientras que el sistema de bombeo 2 (Aguas grises) surte al sistema de tuberías (tubería 2) que abastecen a los aspersores de riego y otras aplicaciones externas al edificio como por ejemplo el lavado de las fachadas del mismo.

Además cada sistema de bombeo contiene un tanque Hidroneumático encargado de mantener la presión en las tuberías, una válvula de cheque conectada en la tubería de descarga del sistema correspondiente (agua lluvia, agua gris), una electroválvula que controla la entrada de agua del acueducto, un presostato local, dos presostatos globales y un Switch flotador para cada tanque.

El funcionamiento de la válvula de cheque permite que el agua circule en un solo sentido, en este caso el agua ira del sistema de bombas a las tuberías diseñadas. Al momento en que entre en funcionamiento la electroválvula del acueducto la válvula de cheque sella el paso hacia el sistema de bombas logrando la presión en las tuberías 1 o 2 según corresponda.

Se pueden considerar tres estados de funcionamiento del sistema: **Estado normal, estado de falla y estado de mantenimiento.**

Figura 24. Diagrama topológico del sistema de bombeo

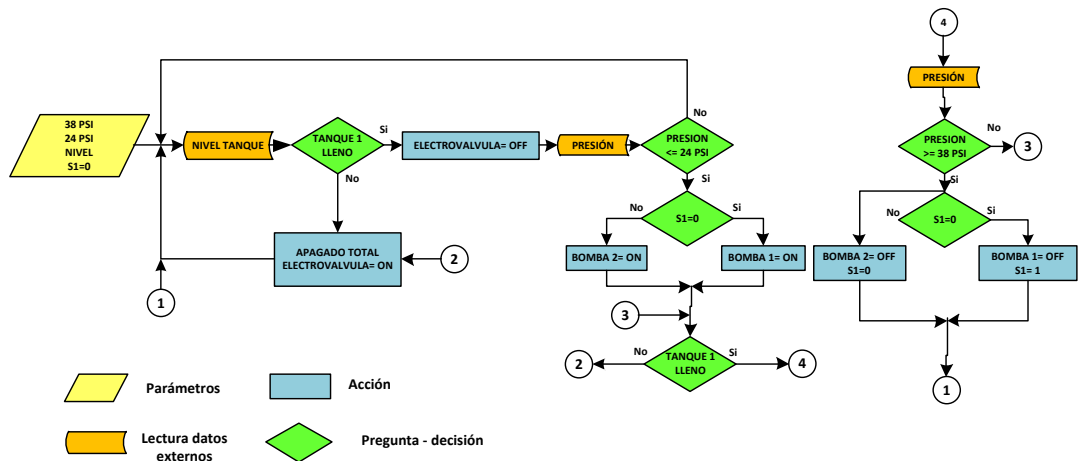


6.1.1 Estado normal.

Sistema de bombeo 1 (Agua lluvia) El sistema hidroneumático trabajara en un rango de presión entre 24 y 38 p.s.i. siendo 24 P.S.I. la presión mínima y 38 P.S.I. la presión máxima. La dinámica de funcionamiento es la siguiente:

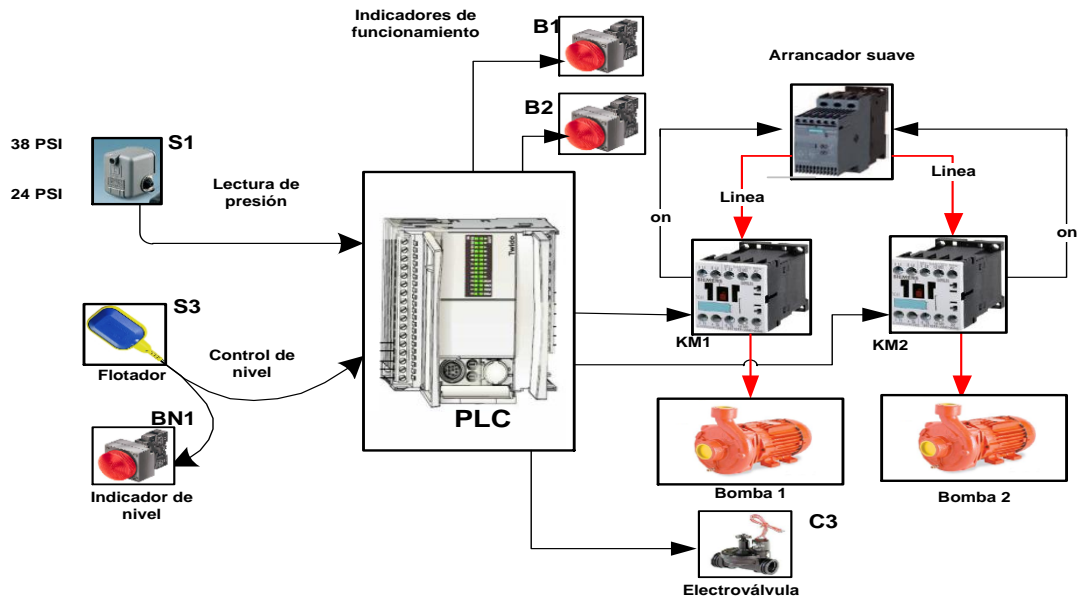
- Cuando El presostato (interruptor controlado a presión) “S1” detecte la presión mínima programada (24 PSI) cerrará sus contactos enviando una señal de encendido a través del PLC al motor de turno “M1 o M2”. Paralelamente encenderá la luz piloto indicando el funcionamiento de la bomba correspondiente. Cuando la presión del sistema alcance la máxima programada (38 PSI), el presostato abrirá sus contactos apagando la bomba en funcionamiento. Al mismo tiempo se apagara la luz piloto que indica el funcionamiento de la bomba correspondiente. Posteriormente la presión bajará de acuerdo con el consumo de agua en el edificio volviendo a ejecutar de nuevo el funcionamiento antes descrito.

Figura 25. Diagrama de flujo del funcionamiento en estado normal del sistema 1



- Mientras el switch flotador “S3” localizado en el tanque de agua lluvia detecte que el nivel del agua este por encima del mínimo, permanecerá con su contacto cerrado enviando una señal al PLC habilitando el funcionamiento del sistema de bombas. Cuando el switch flotador detecte que el nivel del agua este en el mínimo se abrirá su contacto para que apague el motor del sistema que este funcionamiento “M1 o M2”, y el PLC enviara otra señal para que abra la electroválvula “C3” localizada en la entrada del acueducto al sistema. Seguidamente deberá encender en el tablero una luz piloto indicando el bajo nivel de succión del tanque 1. Al momento en que el tanque vuelva a llenarse el switch flotador volverá a cerrar su contacto habilitando nuevamente al sistema, desenergizando la electroválvula normalmente cerrada C3 y apagando la luz piloto que indica el bajo nivel en el tanque.

Figura 26. Diagrama de bloques del funcionamiento en estado normal del sistema 1

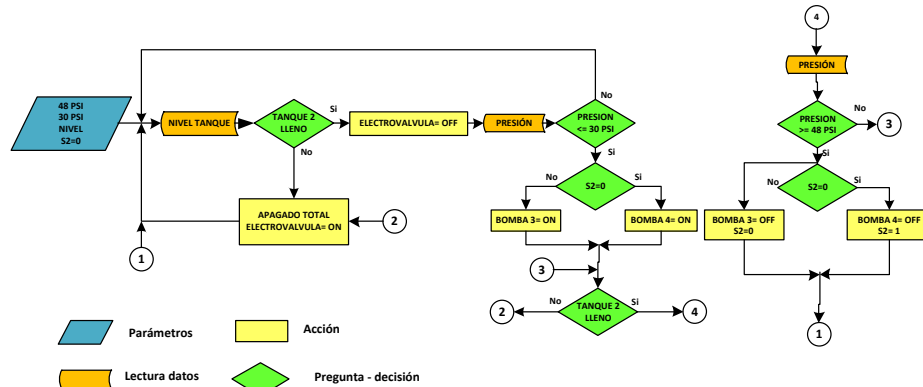


Sistema de bombeo 2 (Aguas grises)

El sistema hidroneumático trabajara en un rango de presión entre 30 y 48 p.s.i. siendo 30 p.s.i. la presión mínima y 48 p.s.i. la presión máxima. La dinámica de funcionamiento es la siguiente:

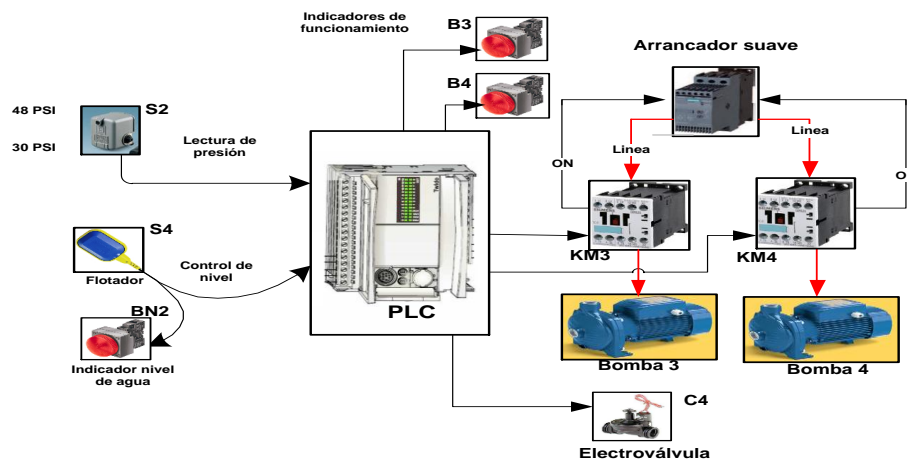
- Cuando El presostato (interruptor controlado a presión) "S2" detecte la presión mínima programada (30 PSI) cerrará sus contactos enviando una señal de encendido a través del PLC al motor de turno "M3 o M4". Paralelamente encenderá la luz piloto indicando el funcionamiento de la bomba correspondiente. Cuando la presión del sistema alcance la máxima programada (48 PSI), el presostato abrirá sus contactos apagando la bomba en funcionamiento. Al mismo tiempo se apagará la luz piloto que indica el funcionamiento de la bomba correspondiente. Posteriormente la presión bajara de acuerdo con la demanda de consumo de agua en el riego y otras aplicaciones externas, volviendo a ejecutar de nuevo el funcionamiento antes descrito.

Figura 27. Diagrama de flujo del funcionamiento en estado normal del sistema 2



- Mientras el switch flotador “S4” localizado en el tanque de aguas grises detecte que el nivel del agua este por encima del mínimo, permanecerá con su contacto cerrado enviando una señal al PLC habilitando el funcionamiento del sistema de bombas. Cuando el switch flotador detecte que el nivel del agua este en el mínimo se abrirá su contacto apagando el motor del sistema que este funcionamiento “M3 o M4”, y el PLC enviara otra señal abriendo la electroválvula “C4” localizada en la entrada del acueducto al sistema. Seguidamente deberá encender en el tablero una luz piloto indicando el bajo nivel de succión del tanque 2. Al momento en que el tanque vuelva a llenarse el switch flotador volverá a cerrar su contacto habilitando nuevamente el sistema, desenergizando la electroválvula normalmente cerrada C4 y apagando la luz piloto que indica el bajo nivel en el tanque.

Figura 28. Diagrama de bloques del funcionamiento en estado normal del sistema 2



6.1.2 Estado de falla Aquí se tendrá en consideración el funcionamiento del sistema cuando se presenten fallas eléctricas, mecánicas e hidráulicas.

Las fallas eléctricas se presentan cuando existen fallas de corto circuito, de sobrecarga, de caída de tensión, caída de fase, entre otras. Esto provoca que las protecciones eléctricas actúen inhabilitando los motores de las bombas así funcionen los presostatos.

Las fallas mecánicas se presentan cuando los dispositivos de control de motores, en este caso los presostatos locales y/o arrancadores de los mismos fallen en su funcionamiento mecánico normal.

Las fallas hidráulicas se consideran cuando existen fallas en las tuberías de los sistemas propuestos, o fallas en algunos de los dispositivos que mantienen la presión, como los tanques hidroneumáticos o las válvulas del sistema. Este tipo de fallas se toman como externas al sistema de bombas.

De manera general cualquier tipo de falla descrita anteriormente desembocan en la pérdida de presión o en la sobrepresión en los sistemas de tuberías utilizados en este diseño, que es detectada por presostatos globales de respaldo, por lo cual se generaliza dos tipos de fallas posibles; **falla por sobrepresión, y falla por baja presión.**

La dinámica de funcionamiento será la siguiente:

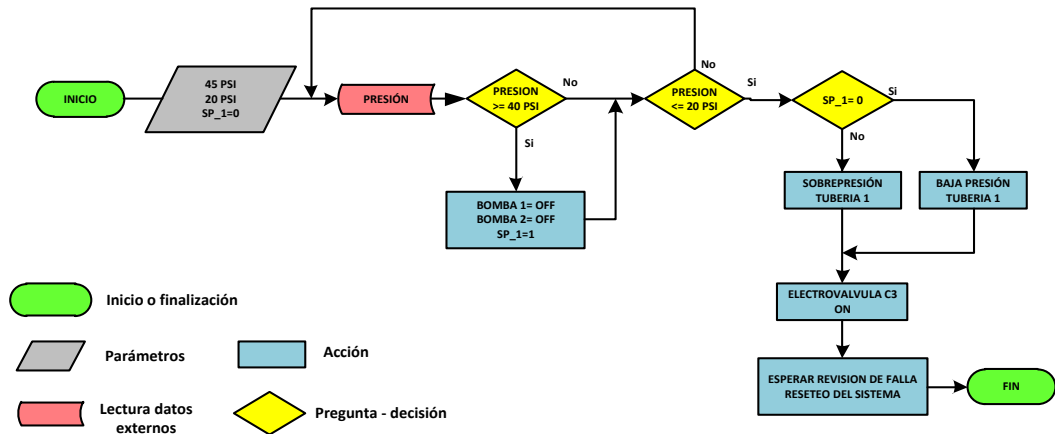
Sistema de bombeo 1 (Aguas lluvia).

Cuando se presenten fallas, ya sea porque los contactos del presostato "S1" no abran o cierren sus contactos debido a alguna avería o desgaste mecánico en los mismos o porque fallen los arrancadores de los motores, o por cualquier otro tipo de falla, entraran en funcionamiento de respaldo los presostatos globales "S11" y "S5" para detectar sobrepresión a 45 p.s.i. y baja presión a 20 P.S.I. respectivamente.

- **Falla por sobrepresión.**

Cuando el presostato global "S11" detecte la sobrepresión máxima programada (45 PSI) se abren sus contactos, ordenando al PLC apagar los motores del sistema "M1 y M2", y a su vez apagará las luces piloto para indicar que están fuera de servicio. Luego se espera a que se detecte la presión mínima programada en el presostato local "S5" (20 PSI) para que al cerrar sus contactos envíe una señal al PLC abriendo la electroválvula "C3" localizada en la entrada del acueducto; se encenderá un bombillo piloto en el tablero de control indicando "SOBREPRESIÓN TUBERÍA 1". Se deberá revisar el tipo de falla que se presentó.

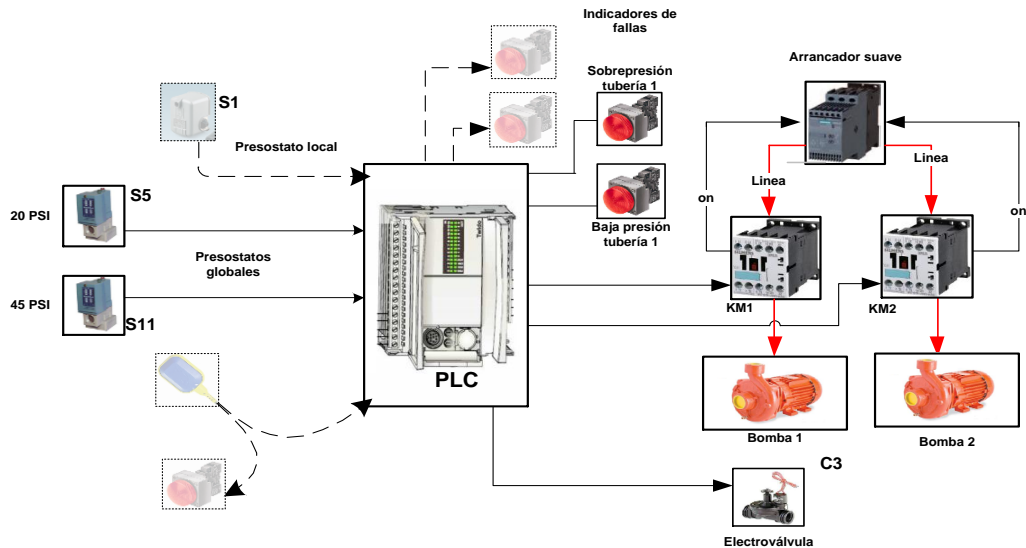
Figura 29. Diagrama de flujo del funcionamiento en estado de falla para el sistema 1



- **Falla por baja presión.**

Cuando el presostato global “S5” detecta la falta de presión en el sistema (20 PSI) cierra sus contactos enviando una señal al PLC que abra la electroválvula “C3” localizada en la entrada del acueducto; se encenderá un bombillo piloto en el tablero de control indicando “BAJA PRESIÓN TUBERIA 1”. Se deberá revisar el tipo de falla que se presentó.

Figura 30. Diagrama de bloques del funcionamiento en estado de falla del sistema 1



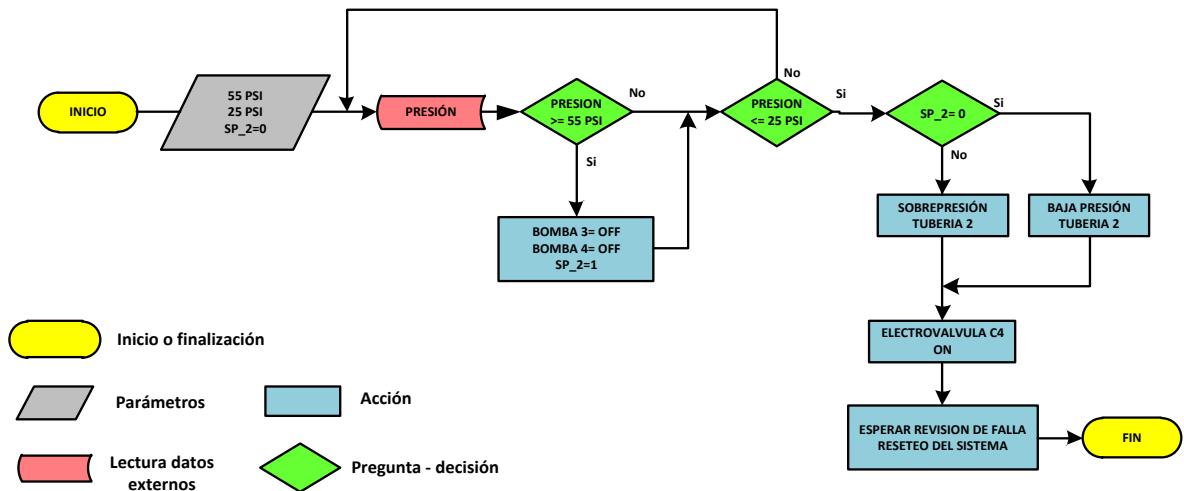
Sistema de bombeo 2 (Aguas grises).

De la misma manera, si fallan los contactos del presostato “S2”, o si fallan los arrancadores de los motores, o por otro tipo de falla considerada anteriormente, entraran en funcionamiento de respaldo los presostatos globales “S12” para detectar sobrepresión a 55 PSI, y “S6” para detectar baja presión a 25 PSI.

- **Falla por sobrepresión.**

Cuando el presostato global “S12” detecte la sobrepresión máxima programada (55 PSI) se abren sus contactos, ordenando al PLC apagar los motores del sistema “M3 y M4”, y a su vez apagará las luces piloto para indicar que están fuera de servicio. Luego se espera a que se detecte la presión mínima programada en el presostato “S6” (25 PSI) para que al cerrar sus contactos envíe una señal al PLC que abra la electroválvula “C4” localizada en la entrada del acueducto; se encenderá un bombillo piloto en el tablero de control indicando “SOBREPRESIÓN TUBERÍA 2”. Se deberá revisar el tipo de falla que se presentó.

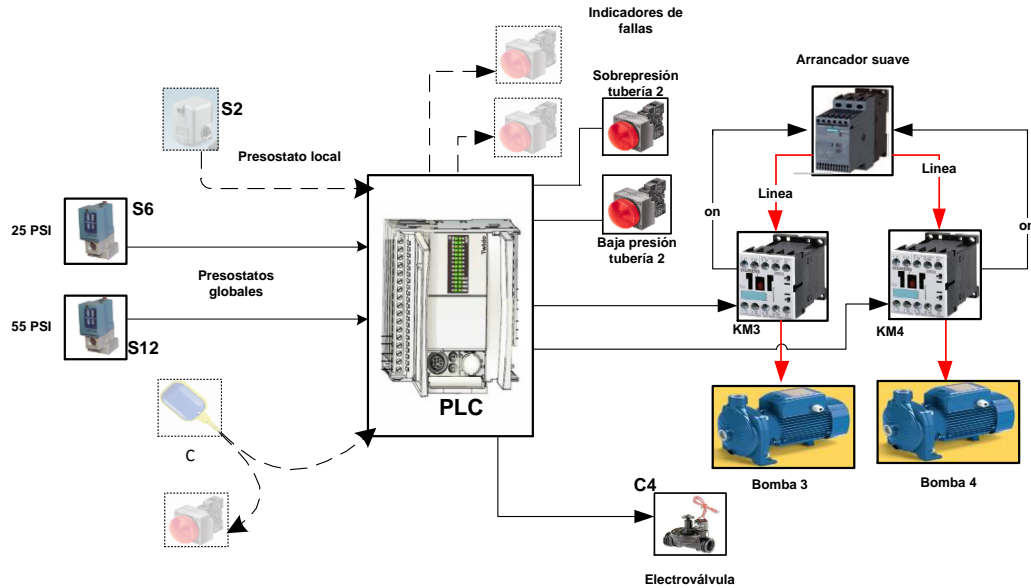
Figura 31. Diagrama de flujo del funcionamiento en estado de falla para el sistema 1



- **Falla por baja presión.**

Cuando el presostato global “S6” detecta la falta de presión en el sistema (25 PSI) cerrará sus contactos enviando una señal al PLC que abra la electroválvula “C4” localizada en la entrada del acueducto; se encenderá un bombillo piloto en el tablero de control indicando “BAJA PRESIÓN TUBERÍA 2”. Se deberá revisar el tipo de falla que se presentó.

Figura 32. Diagrama de bloques del funcionamiento en estado de falla del sistema 2



6.1.3 Estado de mantenimiento En este caso se describirá el funcionamiento de los sistemas de bombas cuando se requiera realizar mantenimiento a una de las bombas de cada sistema, a uno de los sistemas de bombeo, o a los dos sistemas completos.

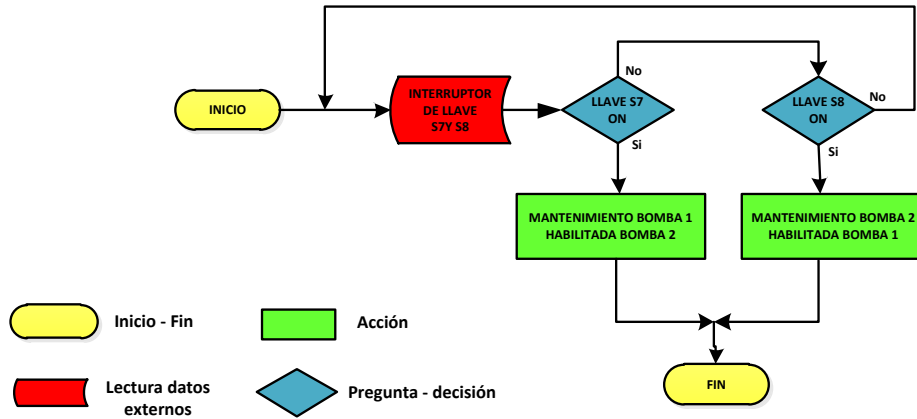
Mantenimiento de una bomba Como se ha mencionado anteriormente cada sistema de bombeo trabaja con dos bombas idénticas alternando su funcionamiento. Este modo de funcionamiento permite sacar de operación a una de las dos bombas y así se ejecuta dicho mantenimiento.

Al momento de hacer el mantenimiento preventivo o correctivo a una de las bombas se debe desactivar la bomba a la cual se le hará el mantenimiento dejando que trabaje únicamente la otra bomba para darle continuidad al servicio. A continuación se explica cómo se debe hacer en este caso:

Sistema de bombeo 1.

- Si se desea hacer mantenimiento a una de las bombas “M1 o M2” se gira el interruptor de llave “S7 o S8” en el tablero de control para desactivar la bomba correspondiente. Al girar S7 se desactiva mediante el PLC el motor M1 y queda operando M2, y al girar S8 desactivara M2 y trabajará M1.

Figura 33. Diagrama de flujo del mantenimiento de una bomba para el sistema 1

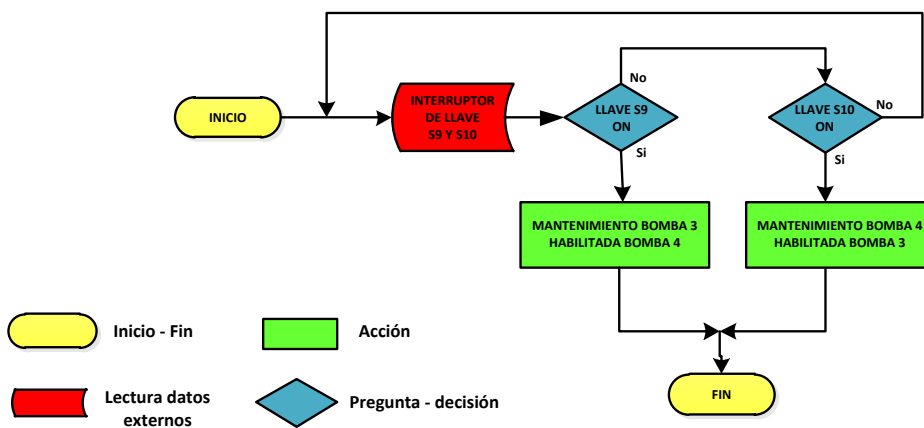


- Para poner nuevamente la bomba en operación normal se hace el procedimiento inverso, girando el interruptor de llave para cerrar su contacto pasando a estado de operación normal del sistema alternando nuevamente las bombas.

Sistema de bombeo 2.

- Si se desea hacer mantenimiento a una de las bombas “M3 o M4” se debe girar el interruptor de llave “S9 o S10” desactivando la bomba correspondiente. Al girar S9 se desactiva mediante el PLC el motor M3 y queda operando M4, y al girar S10 desactiva M4 y trabajará M3.

Figura 34. Diagrama de flujo del mantenimiento de una bomba para el sistema 2



- Para poner nuevamente la bomba en operación normal se hace el procedimiento inverso, girando el interruptor de llave para cerrar su contacto pasando a estado de operación normal del sistema alternando nuevamente las bombas.

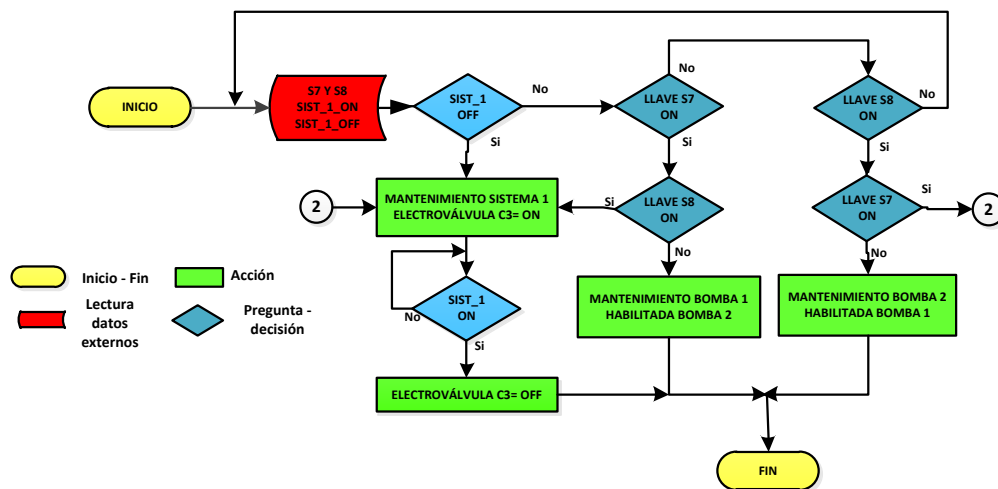
Mantenimiento de un sistema de bombeo

En este escenario se explica cómo debe ser el procedimiento para realizar el mantenimiento a uno de los dos sistemas de bombeo. Cabe recordar que cada sistema de bombas es independiente pero trabajan de la misma manera. A continuación se explica el procedimiento a seguir:

Sistema de bombeo 1

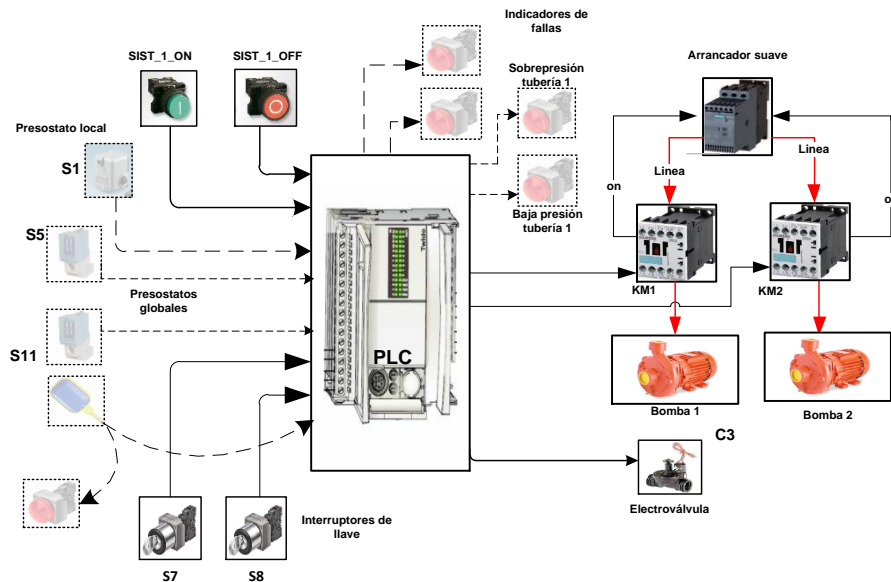
- Si se desea realizar el mantenimiento al sistema de bombas 1 el sistema se puede desactivar de dos formas, se pueden girar los interruptores de llave correspondientes “S7 y S8”, o se oprime el botón de SISTEMA_1_OFF. Ambos procedimientos desactivan mediante el PLC el funcionamiento total del sistema de bombeo 1 y a su vez abre la electroválvula C3 del acueducto.

Figura 35. Diagrama de flujo del mantenimiento del sistema 1



- Para activar de nuevo el sistema para su operación normal se giran los interruptores de llave correspondientes y se oprime el botón de SISTEMA_1_ON. Se debe recordar que las bombas podrán o no arrancar dependiendo de la presión del sistema.

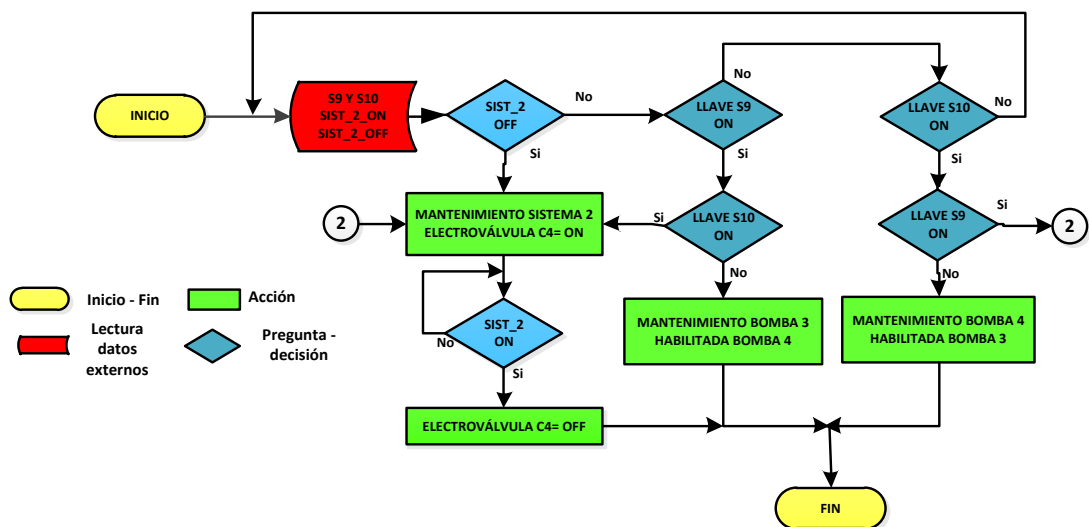
Figura 36. Diagrama de bloques del mantenimiento de bombas para el sistema 1



Sistema de bombeo 2

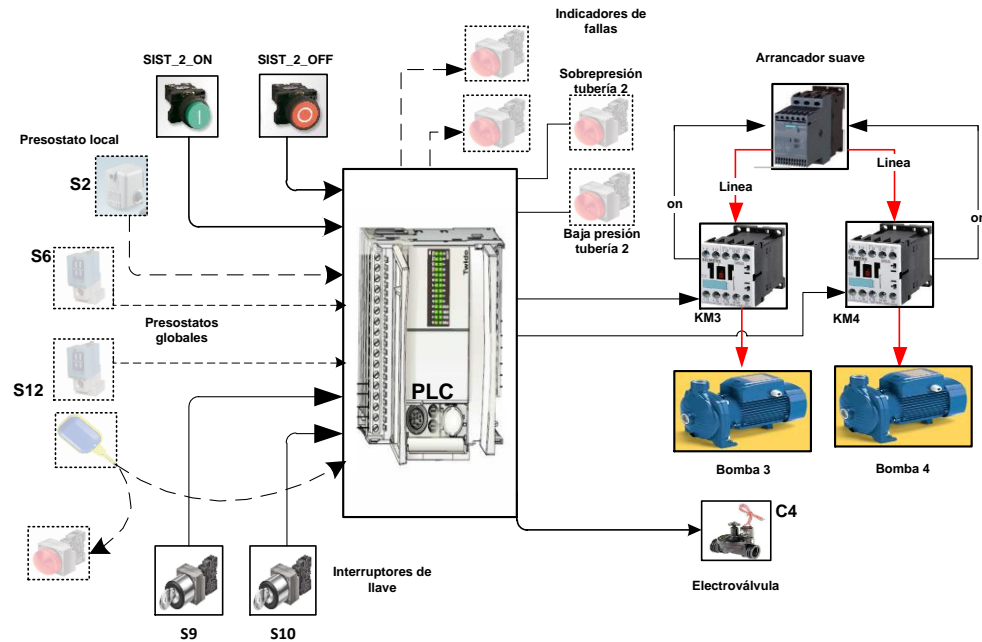
- Si se desea realizar el mantenimiento al sistema de bombas 2 se pueden girar los interruptores de llave correspondientes "S9 y S10", o se oprime el botón de SISTEMA_2_OFF. Ambos procedimientos desactivan el funcionamiento total del sistema de bombeo 2 y a su vez abre la electroválvula C4 del acueducto.

Figura 37. Diagrama de flujo del mantenimiento del sistema 2



- Para activar de nuevo el sistema para su operación normal se giran los interruptores de llave correspondientes y se oprime el botón de SISTEMA_2_ON. Se debe recordar que las bombas podrán o no arrancar dependiendo de la presión del sistema.

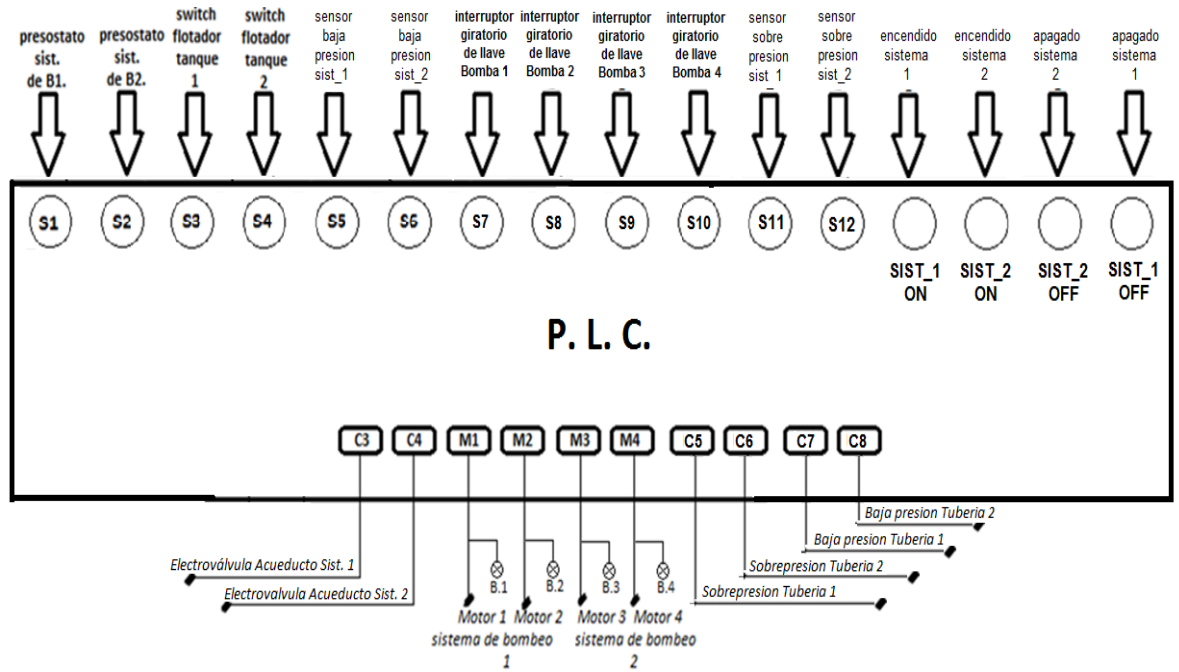
Figura 38. Diagrama de bloques del mantenimiento de bombas para el sistema 2



Mantenimiento del sistema de bombeo completo.

Aunque no es muy común que se pueda presentar este escenario, de igual manera se debe tener en cuenta para efectos de algún daño general o ampliación del sistema completo, o alguna otra razón que amerite desactivar todo el sistema. El procedimiento a seguir en estos casos es el mismo que para cada sistema, pero aplicado a los dos sistemas de bombas.

Figura 39. Diagrama de entrada y salidas del PLC



NOTA: el funcionamiento interno del sistema de bombeo está diseñado para que prendan intercaladas las dos bombas.

Tabla 16. Resumen de funcionamiento estados de trabajo VS señales

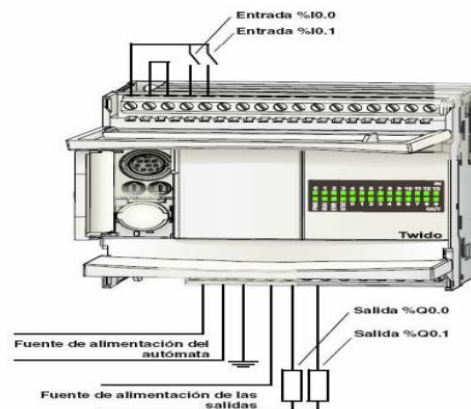
ESTADOS DE TRABAJO	SEÑALES			
	PRESOSTATO GENERAL	PRESOSTATO PARA BAJA TENSION	PRESOSTATO PARA ALTA TENSION	SENSOR DE NIVEL
FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO	Si detecta presión de encendido, se energizara el motor al cual corresponda la secuencia de bombeo, manteniéndolo encendido hasta que detecta la presión de apagado.	Mientras el sistema esté en funcionamiento normal no se detectara baja presión en la tubería, por lo tanto el presostato de baja permanecerá normalmente abierto.	Mientras el sistema esté en funcionamiento normal no se detectara alta presión en la tubería, por lo tanto el presostato de alta permanecerá normalmente cerrado.	Estará censando el nivel de agua en el tanque de forma que al llegar al nivel mínimo requerido apague la bomba que este en funcionamientos y habilite la entrada del acueducto.
FALLA	No detecta la presión de encendido o la presión de apagado, generando una baja presión o alta presión en la tubería de salida respectivamente.	Detectará si se presenta una baja presión en la tubería de salida, dando aviso al PLC, y apagara el sistema de bombeo habilitando la entrada del acueducto.	Detectará si se presenta una alta presión en la tubería de salida, dando al PLC, luego detecta baja presión y apagara el sistema de bombeo habilitando la entrada del acueducto.	No envía señal cuando el nivel del agua sea el mínimo generando una baja presión en la tubería, haciendo que el Presostato para baja tensión actúe.
MANTENIMIENTO				
A UNA BOMBA INDIVIDUAL	Se habilita la bomba que no esté en mantenimiento de forma que el proceso no se pare y siga con el funcionamiento continuo supliendo el turno de la que está en mantenimiento si es necesario.	Mientras el sistema esté en funcionamiento normal no se detectara baja presión en la tubería, por lo tanto el presostato de baja permanecerá normalmente abierto.	Mientras el sistema esté en funcionamiento normal no se detectará alta presión en la tubería, por lo tanto el presostato de alta permanecerá normalmente cerrado.	Estará censando el nivel de agua en el tanque de forma que al llegar al nivel mínimo requerido apague la bomba que este en funcionamientos y habilite la entrada del acueducto.

MANTENIMIENTO				
A UN SISTEMA DE BOMBEO	Mientras este fuera de funcionamiento el sistema de bombeo el presostato no tendrá efecto alguno a pesar de que detecte baja presión.	Mientras este fuera de funcionamiento el sistema de bombeo el presostato no tendrá efecto alguno a pesar de que detecte baja presión.	Mientras este fuera de funcionamiento el sistema de bombeo el presostato no tendrá efecto alguno a pesar de que detecte alta presión.	Mientras este fuera de funcionamiento el sistema de bombeo el sensor no tendrá efecto alguno sobre el arranque o paro del motor.
SISTEMA GENERAL DE BOMBEO	Mientras este fuera de funcionamiento el sistema de bombeo completo el presostato no tendrá efecto alguno a pesar de que detecte baja presión.	Mientras este fuera de funcionamiento el sistema de bombeo el presostato no tendrá efecto alguno a pesar de que detecte baja presión.	Mientras este fuera de funcionamiento el sistema de bombeo el presostato no tendrá efecto alguno a pesar de que detecte alta presión.	Mientras este fuera de funcionamiento el sistema de bombeo el sensor no tendrá efecto alguno sobre el arranque o paro del motor.

6.2 PROGRAMACIÓN.

De acuerdo a lo establecido en este capítulo, la automatización llevada a cabo en el software TWIDOSUITE se encuentra en el archivo **bombas.xpr** (carpeta anexos) que se encuentra en los anexos del proyecto, por consiguiente se muestran el posible cableado de conexión del PLC asignando a cada una de las entradas y salidas físicas un símbolo que nos indique que realiza y nos ayude después a la mejor comprensión del programa.

Figura 40. Posible cableado de entradas y salidas físicas



Fuente: Manual del software TwidoSuite pág. 34

6.2.1 Entradas del proceso en el PLC

Figura 41. Asignaciones de entradas de la programación en Twido Suite

Uso	Dirección	Símbolo	Utilizado por	Filtrado	Guardado	¿Run/Stop?
<input type="checkbox"/>	%I0.0					
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.1		ENCENDIDO DEL SISTEMA			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.2		APAGADO DEL SISTEMA (EMERGENCIA)			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.3		PRESOSTATO LOCAL SIST.1.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.4		PRESOSTATO LOCAL SIST.2.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.5		SWITCH FLOTADOR TANQUE 1.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.6		SWITCH FLOTADOR TANQUE 2.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.7		SENSOR DE BAJA PRESION SISTEMA 1.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.8		SENSOR DE BAJA PRESION SISTEMA 2.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.9		INTERRUPTOR DE LLAVE BOMBA 1.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.10		INTERRUPTOR DE LLAVE BOMBA 2.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.11		INTERRUPTOR DE LLAVE BOMBA 3.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.12		INTERRUPTOR DE LLAVE BOMBA 4.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.13		SENSOR DE SOBREPRESION SISTEMA 1.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.14		SENSOR DE SOBREPRESION SISTEMA 2.			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.15		ENCENDIDO SISTEMA 1			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.16		ENCENDIDO SISTEMA 2			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.17		APAGADO SISTEMA 2			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.18		APAGADO SISTEMA 1			

6.2.2 Salidas del proceso en el PLC

Figura 42. Asignaciones de salidas de la programación en Twido Suite

Uso	Dirección	Símbolo	¿Estado	Utilizado por
<input type="checkbox"/>	%Q0.0			
<input type="checkbox"/>	%Q0.1			
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.2	M1		MOTOR BOMBA 1.
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.3	M2		MOTOR BOMBA 2.
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.4	M3		MOTOR BOMBA 3.
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.5	M4		MOTOR BOMBA 4.
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.6	C1		
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.7	C2		
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.8	C3		
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.9	C4		ELECTROVALVULA ACUEDUCTO 1.
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.10	C5		ELECTROVALVULA ACUEDUCTO 2.
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.11	C6		SOBREPRESION TUBERIA 1.
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.12	C7		SOBREPRESION TUBERIA 2.
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.13	C8		BAJA PRESION TUBERIA 1.
<input type="checkbox"/>	%Q0.14			BAJA PRESION TUBERIA 2.
<input type="checkbox"/>	%Q0.15			

7. COSTO GENERAL DEL PROYECTO

La elaboración y puesta en marcha de un proyecto siempre va de la mano de los costos que genera hacerlo. El análisis del costo general pretende cuantificar y definir el coste de la realización del proyecto, encontrando la solución óptima de tal forma que minimice la inversión satisfaciendo todos los parámetros analizados en los capítulos anteriores, usando el método de costos unitarios para lograr discriminar gastos innecesarios.

De esta forma podemos comprobar que el coste total a invertir es compatible con la solución óptima mediante el correspondiente análisis costo-beneficios.

7.1 BENEFICIOS DEL DISEÑO

En el diseño eléctrico en el enfoque URE para el sistema de aprovechamiento de las aguas lluvias grises y negras, se tuvieron varios parámetros con los cuales se quiere sacar un alto beneficio a un costo considerable, de tal forma que haya una compensación con los aportes Vs costos.

Tabla 17. Costo Vs beneficios

PARÁMETROS	COSTO	BENEFICIOS
Consumo energético	Elevación de consumo energético en el edificio de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones (E3T) por el uso del sistema de bombeo.	Se contará con un sistema de bombeo completo y además automatizado, que estará a disposición para llevar las aguas recolectadas a algunos de los puntos de consumo de agua internos y externos del edificio, el cual se planteó de tal forma que sus consumos energéticos sean mínimos sin afectar la prestación de su servicio, de esta manera se controlará los gastos que genere ponerlo en marcha.
Uso de recursos naturales	Mantener los tanques de recolección	Resulta provechoso usar las aguas grises y lluvia para suplir ciertas demandas del edificio que no necesariamente tienen que

		<p>ser aguas potables, haciendo de esto un programa en el pro de la conservación de los recursos hídricos actuales y teniendo como consecuencia la disminución en los gastos de agua potable que se toman del acueducto.</p>
<p>Automatización</p>	<p>Adquisición de autómeta programable</p>	<p>Tener un equipo que cuente con sistemas de control actuales como lo es el PLC nos permite llegar a un paso más adelante en la eficiencia energética.</p> <p>Haciendo que la dinámica implementada en el sistema de bombeo sea funcional y acorde a las necesidades que tiene el sistema según sus parámetros de diseño, optimizando sus tiempos de trabajo para reducir consumos energéticos innecesarios.</p>
<p>Equipos electromecánicos</p>	<p>Inversión monetaria</p>	<p>El uso de equipos electromecánicos como lo son arrancadores suaves, bombas trifásicas entre otros nos dará un funcionamiento óptimo donde su mayor característica es la eficiencia energética con la cual trabajan, dándonos la ventaja de poder contar con un mejor desempeño sin descuidar los recursos energéticos.</p>
		<p>Al contar con un sistema de bombeo automatizado se</p>

<p>Estados de humedad externos del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (E3T).</p>	<p>Mantenimiento de césped y otros.</p>	<p>tendrá la facilidad de controlar la humedad relativa en zonas expuestas al sol con tiempos de riego programados con el horario de mayor exposición solar y que necesiten mantener cierta humedad, como lo son los céspedes.</p>
--	---	--

Cabe resaltar que se tuvieron en cuenta sistemas de bombeo con un control convencional, el cual muestra baja eficiencia energética debido a ciclos de trabajo innecesarios, además de una alta probabilidad de falla ante sucesos inesperados, tales como sobre presiones, por lo cual se concluye que no complace los requerimientos que se necesitarían para hacer un buen uso del recurso hídrico almacenado.

7.2 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

El análisis de costos unitarios es la recopilación de información acerca de los costos directos e indirectos que conlleva realizar dicha actividad, teniendo presente que los costos directos son parámetros como los equipos, materiales en obra, accesorios, transporte de materiales, mano de obra, y, los costos indirectos como los costos dados por la A.I.U, el cual como su nombre lo indica, es el valor que ha de cubrir gastos imprevistos que no son propios de la obra, los gastos de administración de la construcción y la parte que correspondería a la utilidad que debe obtener, y a la que tiene derecho el contratista.

Además se tiene en cuenta impuestos generados por el estado, como lo dice en el artículo 6 de la Ley 1106 de 2006⁶, donde se cobra un 5% del valor total del costo del proyecto por impuesto de estampilla.

Entre otros dependiendo la organización a la cual se realiza las actividades, que al ser sumados dan el precio unitario total del ítem (actividad a realizar).

Por otro lado se tiene en cuenta las unidades que definen los costos como su precio unitario, cantidad, y su valor parcial, en el caso que se tenga en cuenta el rendimiento y tarifa\hora es

⁶ Ley 1106 de 2006, gobierno de Colombia, aportes por contratos de obras civiles celebrados con entidad pública,
http://www.uis.edu.co/webUIS/es/contratacion/circularInformativaLey1106_2006descuentoObra.pdf

porque son elementos son rentados o adquiridos puestos en uso por una jornada de trabajo definida anteriormente.

Las siguientes tablas muestran las diferentes actividades que se llevarán a cabo para la instalación e implementación del diseño eléctrico en el enfoque URE para el sistema de aprovechamiento de las aguas lluvias, grises y negras en el edificio repotenciado y en el nuevo edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (E3T) y que costo tiene cada una de éstas, mostrado a través de costos unitarios, y a su vez se totaliza la cantidad de unitarios en el formulario de cantidades y precios, calculando los costos directos, los costos totales de A.I.U. (Administración, Imprevistos y utilidades), el valor del IVA sobre la utilidad y el Subtotal del presupuesto de inversión. Al final se muestra el listado de recursos totales que se invertirán en el proyecto.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DISEÑO ELÉCTRICO EN EL ENFOQUE URE PARA EL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS, GRISES Y NEGRAS					
ITEM	1.02	tablero de control	UNIDAD	un	
1. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	taifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$ 2.500	20		\$ 50.000
				subtotal	\$ 50.000
2. MATERIALES EN OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Precio unitario	Cantidad		valor parcial
Gabinete metalico	m2	\$ 260.000	0,3		\$ 78.000
Luces piloto (rojas y verdes) Marca SIEMENS	un	\$ 58.000	10		\$ 580.000
Interruptores accionados por llave (muletillas) marca SIEMENS	un	\$ 94.900	4		\$ 379.600
Interruptor automatico monopolar 110v, 15 KA, 16 A marca SIEMENS	un	\$ 27.400	1		\$ 27.400
Pulsadores de marcha y paro colores negro y verde marca SIEMENS	un	\$ 46.100	4		\$ 184.400
Transformador de control 110/24 V potencia 3,6 Kw de 3A	un	\$ 30.000	1		\$ 30.000
Reles de Aislamiento para control 24 V	un	\$ 35.000	4		\$ 140.000
Contactores de línea tripolares SIRIUS 3RT a 110 V 2 HP contacto NA	un	\$ 99.500	4		\$ 398.000
Arrancador suave para motor trifasico de 2 hp SIEMENS SIRIUS 3RW3016-1BB14	un	\$ 613.000	1		\$ 613.000
Arrancador suave para motor trifasico de 0,85 hp SIEMENS SIRIUS 3RW3014-1BB14	un	\$ 532.000	1		\$ 532.000
Guardamotor SIRIUS 3RV10 de 2 HP	un	\$ 361.400	1		\$ 361.400
Guardamotor de 0,85 hp	un	\$ 284.900	1		\$ 284.900
PLC TWIDO REF. TWDLCAE40DRF marca schneider	un	\$ 2.730.000	1		\$ 2.730.000
Borneras para circuto de control a 24 V 15 A.	un	\$ 42.290	1		\$ 42.290
Borneras para circuto de potencia a 220V 40 A.	un	\$ 41.320	1		\$ 41.320
Cable de cobre THWN AWG #6	ml	\$ 3.500	8		\$ 28.000
Cable de cobre THWN AWG #10	ml	\$ 1.400	3		\$ 4.200
Cable de cobre AWG #18 conexcion a componentes de control	ml	\$ 500	6		\$ 3.000
Diagrama unifilar plastificado	un	\$ 2.400	1		\$ 2.400
correas transparentes de PVC de 20 cm	un	\$ 40	25		\$ 1.000
				subtotal	\$ 6.460.910
3. ACCESORIOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Precio unitario	Cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$ 10.000	3		\$ 30.000
				subtotal	\$ 30.000
4. TRANSPORTE DE MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	taifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$ 1.000	50		\$ 50.000
				subtotal	\$ 50.000
5. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	JORNADA	% Prestación	Jornada Total	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$ 86.800	\$ 140.000	2,5	\$ 350.000
				subtotal	\$ 350.000
				TOTAL COSTOS DIRECTOS	
					\$ 6.940.910
6. COSTOS INDIRECTOS					
DESCRIPCIÓN	%				valor parcial
Administración	15				\$ 52.500
Imprevisto	6				\$ 21.000
Utilidad	2				\$ 7.000
aportes al estado por Ley 1106 de 2006 en su artículo 6°	5				\$ 17.500
				subtotal	\$ 98.000
				PRECIO UNITARIO TOTAL (COP aproximado)	
					\$ 7.038.910

FORMULARIO DE CANTIDADES Y PRECIOS UNITARIOS						
OBRA: DISEÑO ELÉCTRICO EN EL ENFOQUE URE PARA EL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS, GRISES Y NEGRAS						
ITEM	TIPO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
1.00		Tableros y protecciones				
1.01	C	tablero de Distribución	un	\$ 901.600,00	1	\$ 901.600,00
1.02	C	tablero de control	un	\$ 6.940.910,00	1	\$ 6.940.910,00
		Subtotal				\$ 7.842.510,00
2.00		Sistema de iluminación				
2.01	C	instalaciones electricas de iluminación	un	\$ 104.350,00	1	\$ 104.350,00
		Subtotal				\$ 104.350,00
3.00		Salidas eléctricas				
3.01	C	instalaciones eléctricas de tomas	un	\$ 106.700,00	1	\$ 106.700,00
		Subtotal				\$ 106.700,00
4.00		Infraestructura de bombeo				
4.01	C	instalaciones de sistemas de bombeo	un	\$ 4.498.726,00	1	\$ 4.498.726,00
		Subtotal				\$ 4.498.726,00
5.00		Acometida de baja tension				
5.01	C	Red Cu 4X#6 + 1X#10T	ml	\$ 28.913,00	22	\$ 636.086,00
		Subtotal				\$ 636.086,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS						\$ 13.188.372,00
A.I.U 23%						\$ 3.033.325,56
aportes al estado por Ley 1106 de 2006 en su artículo 6°						\$ 659.418,60
VALOR TOTAL						\$ 16.221.697,56
IVA (16% SOBRE UTILIDAD)						\$ 42.202,79
SUBTOTAL						\$ 16.263.900,35

LISTADO DE RECURSOS					
OBRA: DISEÑO ELÉCTRICO EN EL ENFOQUE URE PARA EL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS, GRISES Y NEGRAS					
No.	DESCRIPCION	UND.	V. UNITARIO	CANT	TOTAL
1	Arrancador suave para motor trifasico de 0,85 hp SIEMENS SIRIUS 3RW3014-1BB14	un	\$ 532.000	1	\$ 532.000
2	Arrancador suave para motor trifasico de 2 hp SIEMENS SIRIUS 3RW3016-1BB14	un	\$ 613.000	1	\$ 613.000
3	Bomba EVANS 5HME 200A 2hp trifasica	un	\$ 548.448	2	\$ 1.096.896
4	Bomba Pedrollo Cpm 610 0.85 hp trifasica	un	\$ 334.000	2	\$ 668.000
5	Borneras para 220V	un	\$ 3.500	2	\$ 7.000
6	Borneras para circuito de control a 24 V 15 A.	un	\$ 42.290	1	\$ 42.290
7	Borneras para circuito de potencia a 220V 40 A.	un	\$ 41.320	1	\$ 41.320
8	Cable de cobre AWG #18 conexcion a componentes de control	ml	\$ 500	6	\$ 3.000
9	cable de cobre AWG #18 para conexionado de mando	ml	\$ 500	40,4	\$ 20.200
10	cable de cobre THWN AWG #10	ml	\$ 1.400	6,03	\$ 8.442
11	cable de cobre THWN AWG #12	ml	\$ 950	62,2	\$ 59.090
12	cable de cobre THWN AWG #14	ml	\$ 700	24,4	\$ 17.080
13	cable de cobre THWN AWG #6	ml	\$ 3.500	20,12	\$ 70.420
14	Caja PVC rectangular	un	\$ 300	5	\$ 1.500
15	Contactores de linea tripolares SIRIUS 3RT a 110V 2 HP contacto NA	un	\$ 99.500	4	\$ 398.000
16	correas transparentes de PVC de 20 cm	un	\$ 40	35	\$ 1.400
17	Diagrama unifilar plastificado	un	\$ 2.400	2	\$ 4.800
18	ductos conduit 1/2 PVC	ml	\$ 1.900	17,4	\$ 33.060
19	ductos conduit 3/4 PVC	ml	\$ 2.700	9,03	\$ 24.381
20	Electroválvula Normalmente cerrada.REF. MAMC061-ELC 1"☐	un	\$ 118.000	2	\$ 236.000
21	Flotador electrico marca pedrollo o similar tipo t80/3 cable pvc 3 metros	un	\$ 53.000	2	\$ 106.000
22	Gabinete metalico	m2	\$ 260.000	0,4	\$ 104.000
23	Guardamotor de 0,85 hp	un	\$ 284.900	1	\$ 284.900
24	Guardamotor SIRIUS 3RV10 de 2 HP	un	\$ 361.400	1	\$ 361.400
25	Interrupor automatico monopolar 110v, 15 KA, 16 A marca SIEMENS	un	\$ 27.400	3	\$ 82.200
26	Interrupor automatico tripolar 220v, 10 KA, 40 A marca SIEMENS	un	\$ 170.100	2	\$ 340.200
27	interrupor sencillo	un	\$ 5.000	1	\$ 5.000
28	Interruptores accionados por llave (muletillas) marca SIEMENS	un	\$ 94.900	4	\$ 379.600
29	Luces piloto (rojas y verdes) Marca SIEMENS	un	\$ 58.000	10	\$ 580.000
30	luminaria fluorescente 2x32w	un	\$ 26.000	1	\$ 26.000
31	Manometro marca pedrollo o similar tipo M RRG6 Conexión 1/4" central	un	\$ 43.000	2	\$ 86.000
32	PLC TWIDO REF. TWDLCAE40DRF marca schneider	un	\$ 2.730.000	1	\$ 2.730.000
33	Presostatos marca pedrollo o similar tipo fsg2 1,4 / 2,8 bar	un	\$ 34.000	6	\$ 204.000
34	Pulsadores de marcha y paro colores negro y verde marca SIEMENS	un	\$ 46.100	4	\$ 184.400
35	Reles de Aislamiento para control 24V	un	\$ 35.000	4	\$ 140.000
36	tanque hidronautico Pedrollo 200 litros conexión 1 1/2 "	un	\$ 835.000	1	\$ 835.000
37	tanque hidroneumatico Pedrollo 60 litros conexión 1"	un	\$ 300.000	1	\$ 300.000
38	tomacorriente doble	un	\$ 4.000	2	\$ 8.000
39	tomacorriente especial GFCI	un	\$ 15.000	1	\$ 15.000
40	Transformador de control 110/24 V potencia 3,6 Kw de 3A	un	\$ 30.000	1	\$ 30.000

8. CONCLUSIONES

- Mediante la descripción de fichas técnicas en el numeral 5.4 “SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COMPONENTES” se caracterizó los componentes y dispositivos necesarios para la automatización del sistema de bombas que cumplen con la normativa RETIE y otras certificaciones descritas en sus catálogos.
- Se realizó la distribución topológica del sistema de bombeo en el cuarto técnico designado para la instalación y funcionamiento del sistema propuesto, teniendo en cuenta el espacio establecido para la ubicación óptima de los accionamientos de control y potencia para las bombas y sus componentes hidráulicos mediante el plano topológico del sistema que se encuentra en los anexos.
- Se obtuvieron las memorias de cálculo de acuerdo a la normatividad aplicada a las instalaciones de motores, especificando los calibres de conductores, diámetros de ductos y protecciones necesarias para el diseño de los alimentadores y acometidas necesarias, incluyendo el cálculo de iluminación y tomacorrientes.
- A través de la metodología de análisis de unitarios se obtuvo un presupuesto de inversión por un valor de \$ 16 263 900,35 en pesos colombianos acorde a los precios actuales de los componentes del sistema, realizando un análisis de precios unitarios detallados, llevándolos a un formulario de cantidades y precios y finalizando con el listado de recursos a utilizar en el sistema de bombas teniendo en cuenta el valor de Administración, Imprevistos y Utilidad (A.I.U.) del 21% además del aporte del 5% establecido en la ley 1106 del 2006 artículo 6° y el valor del IVA del 16% sobre la utilidad.
- El diseño de las instalaciones eléctricas internas cumple con la normatividad vigente regida por la NTC 2050, el RETIE 2013 y a nivel local las normas ESSA, garantizando el correcto dimensionamiento de la red eléctrica para el cableado del sistema de bombas, obteniendo una baja regulación que no supera el 3% permitido para la acometida hasta los tableros de distribución, y el 2% permitido para cada circuito ramal, incluyendo los motores de las bombas gracias a las cortas distancias existentes entre la subestación del edificio y el cuarto de bombas, y a las cortas distancias en la instalación dentro del mismo cuarto.
- Se logró automatizar el sistema de bombas mediante el uso del dispositivo lógico programable (P.L.C.) Twido, aplicando los conocimientos de accionamientos eléctricos para la programación del autómatas, permitiendo utilizar este dispositivo como cerebro para el manejo del sistema, partiendo de parámetros URE, estableciendo la dinámica de funcionamiento obteniendo eficiencias energéticas admisibles para el aprovechamiento y ahorro de agua y energía eléctrica.
- El uso de arrancadores suaves para el diseño propuesto reduce las corrientes y picos de arranque comparado con el uso convencional de arranques directos o arranques en estrella-triángulo, donde se obtienen ahorros importantes en cuestión de consumo de corrientes,

además de alargar la vida de los motores y disminuir la frecuencia de mantenimientos de equipos de bombeo.

- El costo-beneficio de la posible implementación de este diseño se considera bajo a mediano plazo, ya que a pesar de que la inversión inicial es relativamente alta, el ahorro de energía y la recirculación de aguas grises y lluvias representa una disminución significativa en gastos por parte de la demanda de Kw/h, y consumos de agua potable del edificio de ingeniería eléctrica siendo este diseño un gran aporte para la reutilización de este recurso natural.
- Debido a que no se tuvo la información y las herramientas necesarias para determinar que las aguas negras lleguen a ser utilizadas en el proceso de recolección de aguas, no se incluyó en el presente proyecto.
- Se hace uso racional de agua (URA) al implementar este diseño debido a que el consumo de agua potable que se toma del acueducto disminuye por el aprovechamiento y reutilización de las agua lluvias y grises, el cual también está enfocado al uso racional energético lo cual da su aporte de auto-sostenibilidad al edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (E3T).

9. RECOMENDACIONES

- Se debe implementar un sistema de riego donde se tengan sensores de humedad que permitan una mejor administración del agua destinada a este sector, lo cual aumentaría el aprovechamiento de este recurso sin desperdiciarlo, teniendo en cuenta que no es elevado el costo de implementación al sistema automatizado.
- Es necesario establecer procesos de purificación de agua para el tanque de agua tratada y hacer las pruebas necesarias para certificar que el agua sea apta para el contacto con las personas, sin haber posibilidades de entrar en contacto con microorganismos patógenos nocivos para la salud, de forma que pueda ser utilizada para abastecer los puntos de lavamanos en el edificio repotenciado y en el nuevo edificio de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones (E3T).
- Crear un grupo de investigación que este enfocado a la auto-sostenibilidad de edificaciones internas de la Universidad Industrial De Santander, ya que estas tienen una alta demanda de consumos energéticos e hídricos, así se podría tener mayor beneficios con una misma cantidad de recursos.
- Hacer un programa educativo sobre el cuidado de los recursos naturales en la escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (E3T), que sirva para que los estudiantes y docentes le den más importancia al aprovechamiento de los recursos hídricos y energéticos con los que se cuenta actualmente, mostrando los beneficios que trae re utilizar y darle una buena administración a lo que tenemos.
- Para poder hacer una mejor aproximación de tiempos de trabajo en los cuales sea más alto el consumo de energético se necesitaría estudios donde se recopile información donde este la mayor demanda de agua y sus frecuencias, de tal forma que se evidencie un patrón el cual se pueda manejar de forma que se optimice el sistema de bombeo.
- Se puede modificar la dinámica de funcionamiento de tal forma que también supla los servicios contra incendio, ya que se cuenta con un dispositivo que permite modificaciones en la automatización, haciendo algo más sencillo la implementación de este, ampliando los beneficios que se pueden aprovechar del sistema de bombeo diseñado.
- Se recomienda tomar como una opción de planeación, la ampliación de la infraestructura del cuarto de los equipos de bombeo, ya que siendo un cuarto cuenta con espacios limitados y podría ser un inconveniente para futuros cambios en los equipos por unos más robustos, o la instalación de nuevos de forma que tengan un espacio adecuado para hacer una fácil instalación y mantenimiento.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), “Código Eléctrico Colombiano NTC 2050”, primera actualización, apartado 14237 Santafé de Bogotá DC, 1998-11-25.
- [2]. Ministerio de minas y energía. “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013”, texto web, volumen I, Colombia, 2013-08-30, [Citado el 22 de febrero de 2014], [en línea].
<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/RETIE/REGLAMENTO_Retie2013mini.pdf>.
- [3]. Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. “Normas Para el Cálculo y Diseño de sistemas de Distribución ESSA”, Revisión N° 3, Volumen 1, Bucaramanga, Santander, 2005.
- [4]. CÁCERES MARIÑO, Cindy marcela y RODRÍGUEZ ACHILA, Dana karime. Trabajo de grado; “Diseño de un sistema en el enfoque sostenible para las redes hidráulicas del tratamiento y recirculación de aguas no potables del edificio de la escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Única edición, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ingeniería civil, Bucaramanga, Santander. 2010.
- [5]. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER “obras civiles, arquitectónicas, eléctricas y de comunicaciones para la modernización y ampliación de la planta física del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones” texto web, 2010-03-30, [Citado el 10 de enero de 2014], [en línea], licitación pública N° 16 del 2011 plano hidráulico 2, Bucaramanga, Santander,
<https://www.uis.edu.co/procesos_contratacion/contratacion/documentos/Licitaciones/Licitaciones2011/Licitaciones16/Preliminares/RH002.pdf>
- [6]. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, “REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS – 2000, SECCION II, TÍTULO B”, SISTEMAS DE ACUEDUCTO, Índice B.8 estación de bombeo, texto web, Bogotá, Colombia, [Actualizado el 10 de Noviembre de 2012], [Citado el 15 de noviembre de 2013], [en línea], <<http://www.minambiente.gov.co/documentos/TituloB.PDF>>.
- [7]. UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL FRANCISCO DE MIRANDA, Máquinas hidráulicas, ¿Cómo leer la curva característica de una bomba?, Texto web, Miranda, España, [Citado el 25 de noviembre de 2014]. [en línea], <<http://maquinashidraulicasunefm.bligoo.es/media/users/16/837842/files/153881/Como-leer-la-curva-caracteristica-de-una-bomba.pdf>>.

- [8]. GARCIA SOSA, Jorge, "INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICIOS", Texto web, capitulo 3 numeral 3.4 SISTEMAS HIDRONEUMATICOS, [Citado el 13 de marzo de 2014], [en línea], fundación ICA, Ciudad de México, <<http://es.slideshare.net/djacky2202/instalaciones-hidraulicas-y-sanitarias-en-edificios>>.
- [9]. FUNDACIÓN WIKIPEDIA, INC., la enciclopedia libre, "presostato", enciclopedia web, [Actualización: 06-19-2014], [Citado el 27 de diciembre de 2013], Colombia. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Presostato>>.
- [10]. BOMBASA, la fuerza del agua, "interruptor de nivel", pagina web, [Citado el 27 de diciembre de 2013], [en línea], Panamá. <<http://www.bombasa.com/products/view/860/interruptor-de-nivel-inreco#1>>.
- [11]. WILCHES, Enrique, "AUTOMATISMOS", Texto web, Barcelona, [Citado el 21 de marzo de 2014], [en línea], Consellería de Educación e Ordenación Universitaria - Xunta de Galicia <<http://centros.edu.xunta.es/iesmanuelchamosolamas/electricidade/fotos/Automatismo.pdf>>.
- [12]. SIEMENS, Manual de sistema innovaciones SIRIUS-VISTA GENERAL, texto web, Globale Siemens-Website, [publicación: 1996-2014] [Citado el 10 de enero de 2014], [en línea], Colombia. <<http://www.automation.siemens.com/mdm/default.aspx?GuiLang=es>>.
- [13]. WEG, Equipamientos Eléctricos S.A. División WEG COLOMBIA LTDA, arrancadores suaves manual en español, texto web, [Consulta: 22-10-2013], [en línea], Bogotá, Colombia, www.weg.net/co. <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-automatizacion-arrancadores-suaves-50024195-catálogo-espanol.pdf>>.
- [14]. SCHNEIDER ELECTRIC, "Manual Twido Suite" Manual de introducción al uso de la herramienta de configuración, programación y depuración de controladores programables de la gama Twido, Texto web, [Consulta: 01-10-2014], [en línea], Fundación Universitaria Católica, Bogotá, Colombia. <http://campusvirtual.unicatolica.edu.co/pregrado/pluginfile.php/31438/mod_resource/content/1/Manual%20PLC%20Twido.pdf>
- [15]. SIEMENS, Hojas de datos del producto 3RW3014-1BB14 arrancador suave, documento web, [en línea], <<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/12b3/0900766b812b3bd1.pdf>>.
- [16]. SIEMENS, Hojas de datos del producto 3RW3016-1BB14 arrancador suave, documento web, [en línea], <<http://www.gama-me.com/sites/default/files/descargas/3rw3016-1bb14.pdf>>.
- [17]. SIEMENS, Hojas de datos del producto 3RT1015-1AF01 contactor tripolar, documento web, [en línea], <<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Product/3RT1015-1AF01>>.

- [18]. SIEMENS, Hojas de datos del producto 3RV1011-1GA10 Guardamotor, documento web, [en línea], <<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Product/3RV1011-1GA10>>.
- [19]. SIEMENS, Hojas de datos del producto 3RV1011-1KA10 Guardamotor, documento web, [en línea], <<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Product/3RV1011-1KA10>>.
- [20]. SIEMENS, Hojas de datos del producto 5SY6116-7 interruptor termomagnético, documento web, [en línea], <<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Product/5SY6116-7>>.
- [21]. SIEMENS, Hojas de datos del producto 5SY6340-7 interruptor termomagnético tripolar, documento web, [en línea], <<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Product/5SY6340-7>>.
- [22]. SIEMENS, Hojas de datos del producto 3SB3602-4AD11-1BA0 interruptor de llave, documento web, [en línea], <<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Product/3SB3602-4AD11>>.
- [23]. SIEMENS, Hojas de datos del producto 3SB3602-0AA11 pulsador 22mm. Documento web, [en línea], <<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Product/3SB3602-0AA11>>.
- [24]. SIEMENS, Hojas de datos del producto 3SB3648-6BA20, lámpara de señalización, documento web, [en línea], <<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Product/3SB3648-6BA20>>.

BIBLIOGRAFIA

CÁCERES MARIÑO, Cindy marcela y RODRÍGUEZ ACHILA, Dana karime. Trabajo de grado; “Diseño de un sistema en el enfoque sostenible para las redes hidráulicas del tratamiento y recirculación de aguas no potables del edificio de la escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Única edición, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ingeniería civil, Bucaramanga, Santander. 2010.

Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. “Normas Para el Cálculo y Diseño de sistemas de Distribución ESSA”, Revisión N° 3, Volumen 1, Bucaramanga, Santander, 2005.

GARCIA SOSA, Jorge, “INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICIOS”, Texto web, capítulo 3 numeral 3.4 SISTEMAS HIDRONEUMATICOS, [Citado el 13 de marzo de 2014], [en línea], fundación ICA, Ciudad de México, <<http://es.slideshare.net/djacky2202/instalaciones-hidraulicas-y-sanitarias-en-edificios>>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), “Código Eléctrico Colombiano NTC 2050”, primera actualización, apartado 14237 Santafé de Bogotá DC, 1998-11-25.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, “REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS – 2000, SECCION II, TÍTULO B”, SISTEMAS DE ACUEDUCTO, Índice B.8 estación de bombeo, texto web, Bogotá, Colombia, [Actualizado el 10 de Noviembre de 2012], [Citado el 15 de noviembre de 2013], [en línea], <<http://www.minambiente.gov.co/documentos/TituloB.PDF>>.

Ministerio de minas y energía. “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013”, texto web, volumen I, Colombia, 2013-08-30, [Citado el 22 de febrero de 2014], [en línea]. <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/RETIE/REGLAMENTO_Retie2013mini.pdf>.

SCHNEIDER ELECTRIC, “Manual Twido Suite” Manual de introducción al uso de la herramienta de configuración, programación y depuración de controladores programables de la gama Twido, Texto web, [Consulta: 01-10-2014], [en línea], Fundación Universitaria Católica, Bogotá, Colombia. <http://campusvirtual.unicatolica.edu.co/pregrado/pluginfile.php/31438/mod_resource/content/1/Manual%20PLC%20Twido.pdf>

SIEMENS, Manual de sistema innovaciones SIRIUS-VISTA GENERAL, texto web, Globale Siemens-Website, [publicación: 1996-2014] [Citado el 10 de enero de 2014], [en línea], Colombia. <<http://www.automation.siemens.com/mdm/default.aspx?GuiLang=es>>.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER “obras civiles, arquitectónicas, eléctricas y de comunicaciones para la modernización y ampliación de la planta física del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones” texto web, 2010-03-30, [Citado el 10 de enero de 2014], [en línea], licitación pública N° 16 del 2011 plano hidráulico 2, Bucaramanga, Santander, <https://www.uis.edu.co/procesos_contratacion/contratacion/documentos/Licitaciones/Licitaciones2011/Licitaciones16/Preliminares/RH002.pdf>

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL FRANCISCO DE MIRANDA, Máquinas hidráulicas, ¿Cómo leer la curva característica de una bomba?, Texto web, Miranda, España, [Citado el 25 de noviembre de 2014]. [en línea], <<http://maquinashidraulicasunefm.bligoo.es/media/users/16/837842/files/153881/Como-leer-la-curva-caracteristica-de-una-bomba.pdf>>.

WEG, Equipamientos Eléctricos S.A. División WEG COLOMBIA LTDA, arrancadores suaves manual en español, texto web, [Consulta: 22-10-2013], [en línea], Bogotá, Colombia, www.weg.net/co. <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-automatizacion-arrancadores-suaves-50024195-catálogo-espanol.pdf>>.

ANEXOS
(VER ANEXOS EN CARPETA ADJUNTA EN CD-ROM)