



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS-CIYA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO CON CONTROL PI  
DE NIVEL Y PRESIÓN DE AGUA PARA EL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE COTOPAXI, EXTENSIÓN LA MANÁ”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del título de Ingeniería Electromecánica.

## **AUTORES:**

Darlin Michael Cerna Estrella

Jhordi Israel Chito Rubio

## **TUTOR:**

MSc. Alex Darwin Paredes Anchatipán

**LA MANÁ-ECUADOR  
AGOSTO-2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros: Cerna Estrella Darlin Michael y Chito Rubio Jhordi Israel, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: "IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO CON CONTROL PI DE NIVEL Y PRESIÓN DE AGUA PARA EL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, EXTENSIÓN LA MANÁ", siendo el MSc. Paredes Anchatipán Alex Darwin, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Jhordi Israel Chito Rubio

C.I: 1805117858



Darlin Michael Cerna Estrella

C.I:0504542663

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO CON CONTROL PI DE NIVEL Y PRESIÓN DE AGUA PARA EL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, EXTENSIÓN LA MANÁ” de Darlin Michael Cerna Estrella y Jhordi Israel Chito Rubio de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, agosto del 2023

  
MSc. Alex Darwin Paredes Anchatipán

C.I: 050361493-5

**TUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA por cuanto el postulante Jhordi Israel Chito Rubio y Darlin Michael Cerna Estrella con el título de proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO CON CONTROL PI DE NIVEL Y PRESIÓN DE AGUA PARA EL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, EXTENSION LA MANÁ”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, agosto del 2023

Para constancia firman:



Ing. Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo

C.I: 1803547320

**LECTOR 1**



Ing. William Armando Hidalgo Osorio

C.I; 0502657885

**LECTOR 2**



PhD. Yoandrys Morales Tamayo

C.I: 1756958797

**LECTOR 3**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, a DIOS por darme salud y vida en todo momento, asiéndome conocer que la vida es muy hermosa y nos permite cumplir cualquier objetivo planteado en nuestra naturaleza de seres humanos. A mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para llegar hasta donde Dios me ha permitido y poder cumplir con todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son las personas que siempre me han motivado en momentos difíciles y me han impulsado salir adelante para así alcanzar mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder realizar mis estudios y no defraudarlos. A los docentes que son muchos los que han sido parte de mi camino Universitario, y todos ellos les quiero dar las gracias por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Sin ustedes los conceptos serian solo palabras y las palabras a veces son olvidadas y no concretadas pero los hechos quedan enmarcados en mí y mis conocimientos. Agradecerles a todos mis compañeros que fueron parte de mi día a día en el salón de clase de la Universidad en la cual nos impartimos conocimientos unos a los otros y los cuales algunos de ellos se han convertido en mis grandes amigos de confianza. Gracias por las horas, momentos, los trabajos e historias en conjunto vividas.*

***Jhordi***

*En primer lugar, a mis padres por el apoyo brindado a lo largo de mi vida universitaria, quienes han sido de gran ayuda en este largo camino y me han sabido dar su cariño y comprensión, un agradecimiento especial al Ing. Alex que nos extendió su mano para la culminación del presente proyecto, al Ing. William por haberse convertido en un padre que con sus buenos consejos y aliento nos dio la fortaleza para seguir adelante y alcanzar nuestra meta.*

***Darlin***

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo en primer lugar se lo dedico a Dios principalmente, ya que fue el quien lo permitió brindándome conocimiento y sabiduría cada día siendo así que elegí estudiar la carrera que más me gusta en tan noble institución.*

*A mis padres por estar siempre brindándome sus buenos consejos y sobre todo su apoyo incondicional en todo momento de mi vida diaria, estudiantil y personal, haciéndome entender que ser un profesional es el bien más preciado.*

**Jhordi**

*A mis padres, hermanos a mi novia y demás personas que me han brindado su apoyo incondicional para culminar mi carrera universitaria.*

**Darlin**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS – CIYA

### “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO CON CONTROL PI DE NIVEL Y PRESIÓN DE AGUA PARA EL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, EXTENSIÓN LA MANÁ”

#### **Autores:**

Darlin Michael Cerna Estrella

Jhordi Israel Chito Rubio

#### **RESUMEN**

Por medio del presente trabajo se logró optimizar el suministro de agua por medio del sistema de bombeo que está instalado en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, mejorando la presión existente en el sistema de tuberías y logrando con esto tener un caudal constante. Esto debido a que anteriormente el sistema no abastecía de suministro de agua a la instalación del Bloque B y las causas encontradas fueron deterioro de las tuberías, no la inexistencia de un sistema de control para el sistema de bombeo, la falta de presión para trasladar el líquido desde la toma que se encuentra en la calle hasta los baños situados en la parte alta del edificio. Por lo que se evidenció que se necesitaba la implementación de un sistema electromecánico que permita realizar el control manual y automático para el suministro de agua, en este trabajo se implemento un sistema de control Proporcional Integral incorporado en un Tablero de Control se adicionó dos bombas centrífugas con sus correspondientes guardamotores.

**Palabras Claves:** Sistema de bombeo, presión, caudal, control proporcional integral, bombas centrífugas, guardamotores.

# **TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

## **THE MANNA EXTENSION**

**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES – CIYA**

**"IMPLEMENTATION OF A PUMPING STATION WITH PID CONTROL OF WATER LEVEL AND PRESSURE FOR BLOCK B OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI, LA MANÁ EXTENSION"**

### **Authors:**

Darlin Michael Cerna Estrella  
Jhordi Israel Chito Rubio

### **ABSTRACT**

The present work was possible to optimize the water supply through the pumping system installed in Block B at the Technical University of Cotopaxi, La Maná extension, to improve the existing pressure in the piping system and thus achieve a constant flow, this is because the system did not provide a water supply to the Block B installation, and the deterioration of the pipes, the lack of a control system for the pumping one, and pressure to transfer the liquid from the outlet in the street to the toilets located at the top of the building. Therefore, it evidenced the necessity of implementing an electromechanical system that allows manual and automatic control where was applied an Integral Proportional control system into a Control Panel and added two centrifugal pumps with their corresponding motor protectors.

**Keywords:** Pumping system, pressure, flow, integral proportional control, centrifugal pumps, motor protectors.



## ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN .....	2
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
4. JUSTIFICACIÓN.....	3
5. BENEFICIARIO DEL PROYECTO .....	4
5.1. Beneficiarios Directos.....	4
5.1.1. Beneficiarios Indirectos .....	4
6. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
6.1. Planteamiento del Problema .....	4
6.2. Delimitación del Problema .....	5
7. OBJETIVOS.....	5
7.1. Objetivo General.....	5
7.2. Objetivos Específicos.....	5
8. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
9.1. Sistemas de Control .....	6
9.1.1. Ventajas de los sistemas de control .....	7
9.1.2. Clasificación de los Sistemas de Control.....	8
Sistemas de Lazo Abierto.....	8
Sistema de Lazo Cerrado.....	8
9.1.3. Tipos de Sistemas de Control .....	9
Controlador Proporcional.....	9
Control Proporcional Integral.....	10
Control Proporcional Derivativo .....	11
Control Proporcional Integral Derivativo .....	11
9.2. Agua Potable.....	12
9.2.1. Importancia del agua potable.....	13
9.3. Sistema de Bombeo.....	13
9.3.1. Importancia de los Sistemas de Bombeo .....	15
9.3.2. Agricultura.....	15

9.3.3.	Drenaje de agua de lluvia .....	15
9.3.4.	Extracción de petróleo .....	16
9.3.5.	Saneamiento Urbano.....	17
9.3.6.	Elementos principales de un Sistema de Bombeo .....	17
a)	Bomba .....	17
b)	Tuberías.....	18
c)	Válvulas.....	18
d)	Sensores .....	20
	Tipos de Sensores.....	21
	Sensor Mecánico .....	21
	Sensores Eléctricos.....	21
9.4.	Estación de bombeo .....	22
9.5.	Importancia de desarrollar una estación de Bombeo .....	22
9.6.	Tipos de Estaciones de Bombeo .....	23
9.6.1.	Bomba Hidráulica.....	23
9.7.	Fundamentos de Hidráulica .....	26
9.7.1.	Caudal .....	26
9.7.2.	Potencia Hidráulica.....	27
9.7.3.	Potencia Mecánica.....	28
9.7.4.	Radio Hidráulico.....	28
9.7.5.	Esquema de control .....	29
10.	PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS .....	30
11.	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	30
11.1.	Tipo de Investigación .....	30
11.2.	Diseño de investigación .....	31
11.3.	Descripción General Metodológica.....	32
11.3.1.	Diagnóstico del Sistema de Bombeo .....	32
11.3.2.	Diseño del Sistema .....	34
11.3.3.	Funcionamiento del sistema de modo manual.....	35
11.3.4.	Implementación del Sistema.....	37
12.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	38
13.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIAL, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	40
14.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	40

15.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
15.1.	Conclusiones .....	42
15.2.	Recomendaciones.....	43
16.	Bibliografía.....	44
17.	ANEXOS.....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de los Objetivos planteados.....	5
Tabla 2. Parámetros del controlador PI .....	29
Tabla 3. Medición de Presión del Sistema de Bombeo .....	33
Tabla 4. Mediciones de Presión del suministro de agua automatizado con control PI .....	39
Tabla 5. Costos del Proyecto .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de Control .....	7
Figura 2. Control en Lazo Abierto.....	8
Figura 3. Control en Lazo Cerrado .....	9
Figura 4. Control P, PI, PID .....	12
Figura 5. Agua Potable .....	13
Figura 7. Sistema de Bombeo.....	14
Figura 8. Sistema de bombeo en la Agricultura .....	15
Figura 9. Sistema de Bombeo en aguas pluviales .....	16
Figura 10. Extracción de Petróleo .....	16
Figura 11. Bomba de un Sistema de Bombeo .....	18
Figura 12. Tuberías en un Sistema de Bombeo .....	18
Figura 13. Válvulas.....	20
Figura 14. Sensores.....	20
Figura 15. Sensor Mecánico .....	21
Figura 16. Sensores Eléctricos.....	22
Figura 18. Bomba Hidráulica .....	24
Figura 19. Bomba Rotodinámica.....	25
Figura 20. Bomba Centrifuga .....	26
Figura 21. Diagrama de procesos de un esquema de control en estación de bombeo.....	29
Figura 22. Condiciones anteriores del sistema de bombeo .....	32
Figura 23. Diagramas de bloques del sistema de suministro de agua .....	34
Figura 24. Función de Calculo .....	35
Figura 25. Arranque de la Bomba Presurizada.....	36
Figura 26. Arranque de la Bomba de almacenamiento.....	36
Figura 27. Cambio de tuberías.....	37
Figura 28. Implementación del Panel de Control.....	38
Figura 29. Sistema Implementado .....	38

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO CON CONTROL PI DE NIVEL Y PRESIÓN DE AGUA PARA EL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, EXTENSIÓN LA MANÁ”

**Fecha de inicio:**

Abril del 2023

**Fecha de finalización:**

Agosto del 2023

**Lugar de ejecución:**

Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

**Unidad académica que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas CIYA

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:****Equipo de trabajo:****Tutor del Proyecto:**

M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán

**Postulantes:**

Darlin Michael Cerna Estrella  
Jhordi Israel Chito Rubio

**Área de conocimiento:**

Ingeniería, Industria y Construcción

**Línea de investigación:**

Energías Alternativas y Renovables eficiencia energética y protección ambiental

**Sub líneas de investigación de la carrera:**

Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

## **2. INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto contiene la propuesta de automatización de un sistema de presión constante de agua en todas las tuberías que existen en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El problema de la investigación se desarrolló de acuerdo a la necesidad de implementar un sistemas hidroneumáticos de bombeo de agua para el uso de toda la comunidad universitaria por lo que fue óptimo, cumplir con lo requerido sobre el abastecimiento de agua para todo edificio en mención y también en la dependencia de servicios necesarios , para cualquier otro uso que se disponga con el agua potable , de esta forma será controlado por un sistema que estará en el tablero de control, para el desarrollo de las soluciones en el presente proyecto.

La metodología consiste en evaluar las condiciones hidráulicas y de operación necesarias para el diseño y montaje del tablero de control automático de bombeo. Luego se revisarán las curvas y puntos de rendimiento de las electrobombas comerciales con la finalidad de seleccionar la correcta curva de acuerdo a las Unidades de Hunter usadas en el cálculo de la demanda y el caudal de distribución. Seguidamente analizamos los dispositivos a instalar desde la succión hasta la descarga de las bombas usadas en la implementación y se procede a diseñar y programar la lógica de control en el PLC para solucionar los problemas previamente mencionados dejando el funcionamiento manual con un tablero en arranque directo a un funcionamiento automatizado de presurización de agua.

## **3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En el boque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, se presenta la problemática de no tener constante agua en todos los servicios sanitarios en especial en la planta alta y falencia en las presiones para las instalaciones hidrosanitarias dentro de la comunidad académica. Situación evidente que se radicaliza cada día cuando se utilizan lavamanos, inodoros y llaves de servicios; lo anterior, se produce en relación con el incremento de la demanda de los servicios de agua por parte de la población estudiantil. Por lo que se requiere desarrollar mejoras al ofrecer un servicio de agua constante con una presión adecuada que impacten en las buenas prácticas de higiene personal y calidad de vida. Otra causa que orienta el entorno del problema, representa que, ante un posible suministro de agua, este se ve comprometido dentro de un recorrido para zonas muy altas, produciendo deficiencia y malestar en la población académica en general.

El abordaje de esta problemática se sustenta en la implementación de una metodología que refiere a un diseño de un sistema de control PI (Controlador Proporcional Integral) de nivel y presión de agua en la estación de Bombeo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Al desarrollar este sistema se fundamenta en las áreas de estudio tales como: La automatización, la Ingeniería de control y la instrumentación con protección de sistemas electromecánicos, que constituyen un pilar fundamental en la carrera de Ingeniería Electromecánica. En efecto, adaptar un sistema de bombeo de agua a las condiciones actuales de automatización se convierte en una de las soluciones con más efectividad y sumamente confiable.

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

Este proyecto de tesis diseñado consigue proporcionarles un buen suministro de agua en todo lo el Bloque B de la Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión La Maná, para que toda la comunidad universitaria sea beneficiada al momento de hacer uso los servicios sanitarios. El sistema que será implementado para mejorar la presión del agua dentro de toda la universidad se lo realizará con equipos netamente industriales para poder brindar un buen servicio, ya que el agua es un líquido indispensable para todo tipo de uso. El agua representa un recurso vital para desarrollar cualquier tipo de actividades y la necesidad de contar con sistema constituido por estación de bombeo. El dominio en el control automático de procesos es parte de las competencias conceptuales y procedimentales del ingeniero electromecánico; siendo un profesional competente en el análisis, modelizar, diseño con evaluación de los componentes inherentes en la conformación de los sistemas básicos de control automático que tienda a minimizar los costos operativos y de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo; y a su vez, brindar altos estándares de calidad [1].

En este contexto, se presenta relevancia relacionada con el aseguramiento de la calidad para la disposición de un acceso continuo de agua, que impacten en mejoras de las condiciones sanitarias y de salud en los estudiantes del boque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Por consiguiente, permitir condiciones equitativas de suministros a nivel de todas las instalaciones sanitarias en la institución académica, representa una importancia clave en el presente estudio. En este orden, resulta esencial insistir que un contexto de formación académica, es absolutamente necesario para fortalecer los conocimientos y así cumplir con la propuesta sobre



bridar una buena presión de agua, saneamiento e higiene; ya que estos establecimientos presentan una deficiencia marcada en el acceso a los servicios básicos por no contar con suficiente presión el agua que ingresa desde las tuberías de la calle Asia el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná. Este proyecto de electromecánica, se fundamenta en la implementación de una estación de bombeo con control PI de nivel y presión de agua para el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Siendo este sustentado en un fácil mantenimiento electromecánico de la estación de bombeo y disminución tanto del consumo eléctrico como los costos de mantenimientos relacionados con la operatividad.

## **5. BENEFICIARIO DEL PROYECTO**

### **5.1. Beneficiarios Directos**

Los beneficiarios directos son el personal académico, administrativo que labora regularmente y que utiliza las instalaciones del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, y que hace uso del suministro de agua para su consumo y para cubrir necesidades de limpieza en los servicios sanitarios ubicados en el bloque B.

#### **5.1.1. Beneficiarios Indirectos**

Personas que visiten las instalaciones, futuros estudiantes de las diversas carreras que tengan que usar las aulas y por ende la utilización de agua para cubrir diferentes necesidades como por ejemplo en los servicios sanitarios.

## **6. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, a pesar de existir agua potable el flujo de este hacia este bloque era deficiente debido a las malas conexiones en las tuberías y la falta de presión para llevar el líquido hasta el tanque ubicado en el techo, lo que ocasionaba que no exista una adecuada circulación del líquido en especial en los servicios sanitarios ubicados en la planta superior.

### **6.1. Planteamiento del Problema**

La deficiente circulación del flujo de agua por las tuberías para el consumo y utilización en diferentes servicios de bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.

## 6.2. Delimitación del Problema

El presente trabajo denominado “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO CON CONTROL PI DE NIVEL Y PRESIÓN DE AGUA PARA EL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, EXTENSION LA MANÁ” se encuentra delimitado para ser ubicado en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná perteneciente al cantón La Maná de la provincia de Cotopaxi.

## 7. OBJETIVOS

### 7.1. Objetivo General

Implementar una estación de bombeo con control PI de nivel y presión de agua para el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

### 7.2. Objetivos Específicos

- Hacer un diagnóstico de las condiciones en que se encuentra el sistema de suministro de agua del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.
- Diseñar un sistema de suministro de agua con un sistema de control PI para el óptimo flujo y presión constante en el conjunto de tuberías que abastecen de este líquido a las instalaciones del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.
- Desarrollar el sistema de suministro de agua con control PI para el óptimo flujo y presión constante en el conjunto de tuberías que abastecen de este líquido a las instalaciones del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.

## 8. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1** Descripción de los Objetivos planteados

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados de las actividades</b>	<b>Descripción (técnicas e instrumentos)</b>
Hacer un diagnóstico de las condiciones en que se encuentra el sistema de suministro de agua del bloque B de la	Diagnóstico del sistema de suministro de agua en el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.	Determinación de fallas e inconvenientes existentes en el sistema de bombeo	Utilización de un manómetro para la detección de la presión existentes en las tuberías del sistema de suministro de agua.

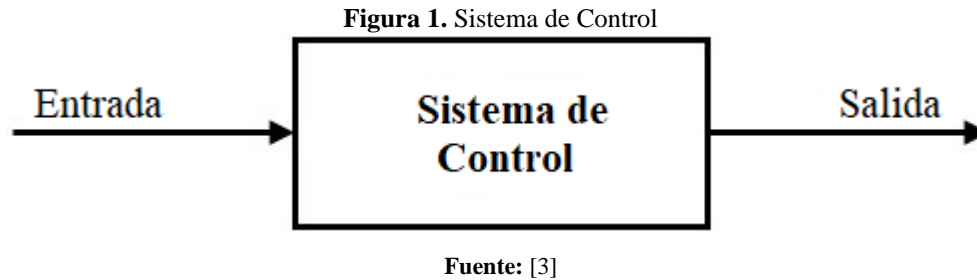
Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.		de agua en el bloque B.	
Diseñar un sistema de suministro de agua con un sistema de control PI para el óptimo flujo y presión constante en el conjunto de tuberías que abastecen de este líquido a las instalaciones del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.	Diseño de un sistema de solucionando los inconvenientes encontrados en el diagnóstico de las instalaciones del sistema de bombeo de agua.	Selección de sensores y cambio de tuberías en mal estado, empleo de boya y utilización de guardamotores	Verificación de las especificaciones técnicas en hojas de características de los mismos.
Desarrollar el sistema de suministro de agua con control PI para el óptimo flujo y presión constante en el conjunto de tuberías que abastecen de este líquido a las instalaciones del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.	Adaptación de los requerimientos del sistema de bombeo de acuerdo a diseño del mismo para su implementación.	Implementación del sistema de bombeo de agua en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.	Sistema de suministro de bombeo de agua en óptimo funcionamiento.

Fuente: Propia

## 9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 9.1. Sistemas de Control

Un sistema de control es una agrupación de diferentes dispositivos en donde se logra controlar la salida por medio de las variables de entrada. Un sistema de control consta de subsistemas y procesos (o plantas) construidos con el objetivo de obtener una salida deseada con el desempeño deseado, para una entrada específica proporcionada [2]. La figura 1 representa un sistema de control en su forma más simple, con una entrada correspondiente a una salida deseada.



Entonces se puede definir a un Sistema de Control como un conjunto de componentes interconectados que generan una configuración capaz de dar una respuesta deseada por parte del Sistema en donde existe una relación causa-efecto lineal para los componentes del Sistema cuando se trata de uno que es lineal.

Los Sistema de Control están compuestos por:

- Componente que debe ser controlado: Proceso o Planta
- Componente que determina el control: Controlador
- Componente que realiza el control: Actuador
- Componente que monitorea el sistema: Retroalimentación

Un sistema de control es un arreglo de componentes físicos conectados o relacionados de tal manera que se ordenan, regulan o dirigen a sí mismos o a otro sistema. Como lo caracteriza Ogata [4], controlar un proceso significa actuar sobre él o sobre las condiciones a las que está sujeto el proceso, para lograr algún objetivo, por ejemplo, podemos encontrar necesario o deseable mantener el proceso siempre cerca de nosotros. un cierto estado de equilibrio, incluso si los efectos externos intentan desviarlo de esta condición. Este estado estacionario puede haber sido elegido porque cumple mejor con los requisitos de calidad y seguridad del proceso.

### **9.1.1. Ventajas de los sistemas de control**

Usando los sistemas de control, se puede mover grandes equipos con una precisión que de otro modo no sería posible. Se puede apuntar enormes antenas a las mayores distancias del universo para captar señales de radio de baja intensidad; que manualmente sería imposible. Debido a los sistemas de control, los ascensores pueden transportan rápidamente a personas y objetos a alturas

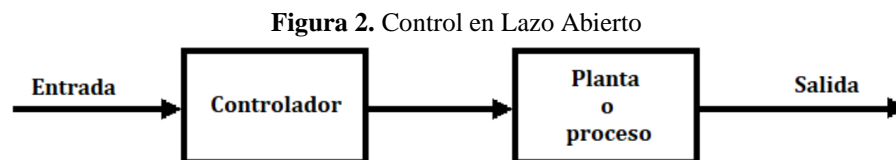
elevadas, deteniéndose automáticamente en el piso deseado. Solos estos dispositivos no podrían proporcionar la potencia necesaria para mover una carga a la velocidad deseada, por lo que los motores proporcionan la potencia, y los sistemas de control regulan la posición y la velocidad [5]. Los sistemas de control se utilizan en: (a) Amplificación de potencia ejemplo: Ascensor hidráulico en gasolineras, (b) Control remoto ejemplo: Robots útiles en lugares remotos o peligrosos, (c) Regulación Térmica ejemplo: Sistemas de control de temperatura, entre otros.

### 9.1.2. Clasificación de los Sistemas de Control

Un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración de sistemas que producirán una respuesta deseada del sistema que se puede clasificar en:

#### Sistemas de Lazo Abierto

sistema que no tiene retroalimentación, por lo que la salida no tiene efecto sobre la señal de entrada aplicada al proceso Este sistema tiene como principal característica el hecho de que no puede generar compensación por cualquier perturbación ocurrida en el sistema. Por lo tanto, los sistemas de lazo abierto no son capaces de corregir perturbaciones y son controlados simplemente por la entrada, como se aprecia en la figura 2.



Fuente: [6]

#### Sistema de Lazo Cerrado

sistema que utiliza una medida de salida y la compara con la medida de entrada, generando una señal de error que, a través de un controlador, actúa sobre el sistema para mantener el control del mismo, como se aprecia en la figura 3.

**Figura 3.** Control en Lazo Cerrado

Fuente: [7]

### 9.1.3. Tipos de Sistemas de Control

#### Controlador Proporcional

Un sistema de control proporcional se clasifica como un tipo de sistema de retroalimentación lineal en el ámbito del control. Tiene problemas de inestabilidad y soluciona este inconveniente por medio del ajuste en la salida en los dispositivos de control.

El controlador produce una salida proporcional a la señal de error, que resulta de la diferencia entre el objetivo deseado y la variable del proceso. En otras palabras, esta salida se genera mediante el producto de la señal de error y la ganancia proporcional.

La función de transferencia de este tipo de controladores se describe mediante una variable real, designada como  $K_p$  (constante de proporcionalidad), esta variable es aquella que determina cuanto se necesita de amplificación en el elemento de control.

En un sistema de control proporcional, si representamos la señal de salida como  $y(t)$  y la señal de error como  $e(t)$ , la relación será:

$$y(t) = K_p \cdot e(t)$$

Al visualizar la función  $y(t)$ , se aprecia que, si la señal de error es cero, la salida del controlador también lo será. Esto implica una respuesta instantánea en términos teóricos, eliminando la influencia del tiempo en el proceso de control. Sin embargo, en la práctica, esto no se cumple completamente; cuando la señal de entrada varía rápidamente, el controlador no logra seguir dicha

variación y muestra una trayectoria exponencial hasta que alcanza la salida que se desea obtener [8].

En términos generales, los reguladores proporcionales (P) siempre conllevan un cierto nivel de error residual, que el sistema no puede eliminar por completo.

### **Control Proporcional Integral**

Es la combinación de dos sistemas de Control, el controlador proporcional permite, en muchos casos, que el sistema de lazo cerrado tenga un error estacionario. Mientras que el Control Integral genera una señal de corrección mediante una operación matemática denominada integración (integración de la desviación  $e(t)$  en el tiempo), que produce una salida nula cuando no hay error, o un valor que será mayor a medida que cuanto más tiempo exista el error. La operación integral es una operación que generalmente no se estudia en los cursos de secundaria. Sin embargo, la idea intuitiva de lo que representa esta operación es relativamente sencilla. Integrar significa sumar, acumular. Por lo tanto, la acción integral suma (acumula) el error a lo largo del tiempo. Así, mientras haya un error estacionario, el término integral variará para mantener este error nulo. Es decir, como la salida depende del tiempo durante el cual hubo un error, esta acción elimina el error de estado estacionario.

El valor de salida del controlador aumenta mientras existe el error, hasta que alcanza el valor de salida máximo. La velocidad de variación del órgano de control es mayor cuanto mayor es el error. Para superar esta carencia se utiliza la acción proporcional en conjunto con la acción integral [9].

Sin realizar una compensación en un entorno estacionario offset, funciona rápidamente, tiene un beneficio y también corrige la falla. Los controladores de esta clase suprimen esta desviación, modificando la actuación del controlador proporcional para aumentar la capacidad, si los procedimientos no pueden gestionarse con un acto proporcionado porque requieren un seguimiento en un lugar específico.

$$y(t) = m + k_c e(t) + k_c r_1 \int e(t) dt$$

### **Control Proporcional Derivativo**

Esta acción es la suma de un controlador proporcional más un controlador derivativo el cual genera una acción de control para brindar una señal de corrección que depende de la tasa de variación del error  $e(t)$ . El modo derivado no se puede utilizar solo, ya que está vinculado a la tendencia de variación y no al valor absoluto del error. De forma simplificada, la derivada puede entenderse como la tasa de cambio del error en relación con el tiempo. Si, por ejemplo, el error crece rápidamente, su salida será un valor grande y si el error crece lentamente, su salida tendrá un valor más pequeño. Este resultado indica la tendencia de variación de la cantidad a controlar. Tiene la característica de responder rápidamente a cualquier variación de magnitud en relación al set point.

El objetivo de la acción derivativa es anticipar la acción de control, actuando sobre la variación del error con el tiempo. Esto es importante en procesos lentos para que el tiempo de retorno al punto de consigna no sea demasiado lento y esto da como resultado un controlador con una respuesta rápida cuando aparece el error, entregando un alto valor de energía al proceso, la cual se reduce a medida que el error disminuye, es decir, el valor de la cantidad controlada se acerca al conjunto punto.

Si este tipo de control se aplica a un proceso cuya respuesta natural es rápida, el sistema puede volverse inestable. Por ejemplo, en sistemas de control de presión que suelen tener una respuesta rápida con la acción del actuador [9].

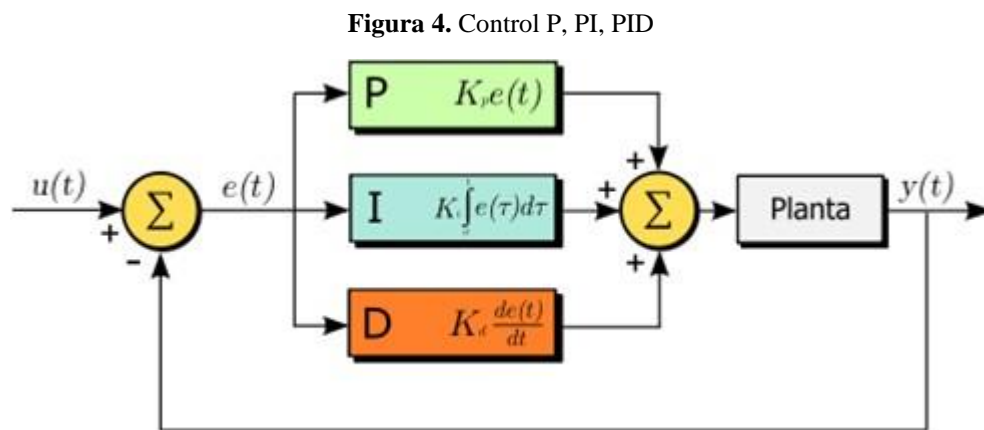
### **Control Proporcional Integral Derivativo**

Otro tipo de control muy utilizado es el que resulta de la asociación de los 3 modos. El controlador PID considera, además de acciones proporcionales e integrales, acciones derivativas. Además de eliminar el error de régimen (offset), con los ajustes adecuados, es posible estabilizar el proceso y volver al equilibrio más rápido que con el modo PI. Como hemos visto, la derivada de una función, en nuestro caso la derivada del error, considera cómo varía el error en función del tiempo, es decir, considera su tendencia futura. La derivada nos dirá si el error es creciente, decreciente y a qué velocidad sucede. De esta forma, la derivada proporciona una tendencia futura del comportamiento del sistema. Con esto, el controlador puede anticiparse para corregir posibles problemas. Esto es muy útil cuando el sistema tiene un desempeño insatisfactorio en condiciones transitorias (sobre



impulso alto o tiempo de estabilización, por ejemplo). El parámetro que usamos para caracterizar la acción derivativa es el tiempo derivativo del controlador, denotado por  $T_d$ , en segundos o en minutos [9].

En la figura 4 se muestra cómo actúan los controles Proporcional, Proporcional Integral y Proporcional Integral Derivativo.



Fuente: [10]

## 9.2. Agua Potable

El agua potable se puede definir como agua que presenta las condiciones físicas, químicas, microbiológicas y radiactivas ideales para el consumo humano, sin ofrecer ningún tipo de peligro para la salud de nuestro organismo. Estas condiciones están predeterminadas a través de parámetros establecidos por la legislación de cada país. El agua potable es agua apta para el consumo humano (figura 5), es decir, que no supone un riesgo para la salud. La falta de acceso a este recurso es una realidad para millones de personas en todo el mundo. El agua potable es agua apta para el consumo humano, que está libre de sustancias tóxicas y patógenos con el potencial de causar daños a la salud de nuestro cuerpo. Este recurso se puede encontrar en fuentes naturales tanto en la superficie como en el subsuelo y, la mayoría de las veces, recibe tratamiento antes de ser destinado al consumidor final [11].

**Figura 5.** Agua Potable



**Fuente:** [12]

La distribución del agua potable ocurre de manera desigual en todo el mundo, y millones de personas no tienen acceso a este recurso. En Ecuador, el 30% de la población no tienen agua tratada apta para su uso [13]. El reducido acceso al agua potable lleva a las personas a buscar otras fuentes alternativas, muchas veces contaminadas, lo que puede provocar numerosas enfermedades, como el cólera, la fiebre tifoidea y otros graves problemas de salud.

### **9.2.1. Importancia del agua potable**

El consumo de agua potable es sumamente importante para nuestra salud, y su uso diario también garantiza una mejor calidad de vida. La mayor parte de nuestro cuerpo está formada por agua, y por ello, ingerir regularmente este recurso es fundamental para mantener el buen funcionamiento del organismo, ya que es importante para diversos procesos biológicos, para mantener la temperatura corporal y, aún, para su protección. La importancia del agua potable se vuelve aún mayor cuando consideramos su uso en las actividades diarias en los hogares, como lavar y cocinar los alimentos y la higiene personal. Estos procesos a menudo impiden el desarrollo de diversas enfermedades. Además, el consumo y uso de agua inadecuada o contaminada puede acarrear diversos problemas, como fiebre y diarrea, además de una serie de enfermedades, como cólera, fiebre tifoidea, hepatitis A, leptospirosis, entre otras [14].

### **9.3. Sistema de Bombeo**

En primera instancia cualquier sistema puede definirse como un conjunto de elementos distintos que interactúan entre sí con el objetivo de lograr el mismo resultado. Así, un sistema de bombeo consta de una serie de máquinas, piezas y equipos que, en conjunto, trabajan para transportar un

fluido desde un depósito inferior a un depósito superior. Así, el equipo principal de un sistema de bombeo es la bomba. Este es el encargado de llevar a cabo el proceso de transformación de la energía mecánica en energía hidráulica, que es el principal objetivo de un sistema de bombeo [15], esto se puede apreciar en la figura 6.

**Figura 7.** Sistema de Bombeo



**Fuente:** [15]

Como resultado de esto, una estación de bombeo se configura como una infraestructura hidroeléctrica y electromecánica, en la cual se transfiere una cantidad específica de energía hidráulica mediante un dispositivo conocido como bomba. Esta bomba, impulsada por un motor, genera movimiento en el fluido que fluye a través de ella. Además, los sistemas de bombeo actúan en el transporte de fluidos, en donde, un fluido se caracteriza como cualquier sustancia que tiene la capacidad de fluir, careciendo de rigidez y elasticidad. Otra característica de los fluidos es su baja resistencia a la tensión superficial, con un alto grado de deformación. Así, los fluidos se pueden encontrar en estado líquido o gaseoso [16].

### 9.3.1. Importancia de los Sistemas de Bombeo

Los sistemas de bombeo son métodos ampliamente utilizados para el transporte de fluidos en diversas áreas tales como: saneamiento de agua, abastecimiento de agua, tratamientos de aguas, también en la agricultura para el cultivo de cosechas indispensables para el consumo humano y animal.

### 9.3.2. Agricultura

Como se dijo anteriormente, una de las principales aplicaciones para el bombeo de agua es la agricultura, como se aprecia en la figura 8. El cultivo agrícola hace un uso extensivo de bombas para transportar y hacer funcionar el sistema de riego, así como para el tratamiento de animales. Es interesante mencionar que el motivo del desarrollo de los primeros sistemas de transporte de agua fue a través de la agricultura, ya que en el pasado el agua para riego se transportaba por medio de tinajas. Estos sistemas de transporte más rudimentarios se desarrollaron con el tiempo, culminando en los actuales sistemas de bombeo [17].

**Figura 8.** Sistema de bombeo en la Agricultura



Fuente: [18]

### 9.3.3. Drenaje de agua de lluvia

Otro uso muy común de los sistemas de bombeo es para el drenaje de aguas pluviales (figura 9). El drenaje se realiza con el fin de favorecer el drenaje del agua de lluvia y evitar inundaciones. En este caso se utilizan bombas específicas, denominadas bombas sumergibles o bombas de agua

sumergibles, que actúan trasladando el agua de un lugar a otro, donde se puede desechar sin causar daños a la ciudad [19].

**Figura 9.** Sistema de Bombeo en aguas pluviales



Fuente: [19]

#### 9.3.4. Extracción de petróleo

La extracción del petróleo, recurso natural tan abundante en nuestro país, también se realiza con la ayuda de un sistema de bombeo, a través de las denominadas bombas de succión. Estos se utilizan para bombear el petróleo desde el pozo hasta la superficie, lo que permite su extracción como se aprecia en la figura 10.

**Figura 10.** Extracción de Petróleo



Fuente: [20]

### 9.3.5. Saneamiento Urbano

Estas mismas bombas también se utilizan para la succión de agua y aguas residuales, con el fin de transportarlas desde las estaciones de tratamiento de agua de nuestras ciudades hasta los hogares y viceversa. Así, el sistema de saneamiento urbano es también un gran ejemplo del uso de sistemas de bombeo. Definitivamente, las aplicaciones de los sistemas de bombeo son diversas. Por ello, se enumera algunos ejemplos de aplicaciones muy habituales:

- Suministro de combustible (gasolina, etanol, etc.)
- Sistemas de refrigeración y aire acondicionado
- Algunas aspiradoras que tienen bombas centrífugas
- Bombeo de agua en tanques de agua
- Algunas aplicaciones en el desplazamiento de productos químicos
- Prensas y equipos
- Levantar cargas y realizar grandes esfuerzos

### 9.3.6. Elementos principales de un Sistema de Bombeo

Los elementos que constituyen un sistema de bombeo se detallan a continuación:

#### a) Bomba

El elemento principal es la bomba, se encarga de convertir la energía eléctrica de la red en energía mecánica en los rotores, que impulsan el fluido y transforman esta energía en potencial. La energía potencial del fluido se puede aprovechar de varias maneras, ya sea para elevar el fluido a otro depósito, aumentar su presión para ejercer alguna fuerza o acelerar el movimiento del fluido. La bomba es un dispositivo que puede transformar la energía mecánica en energía hidráulica. Sin embargo, como en todo proceso de transformación de energía, existen pérdidas, no toda la energía mecánica se convierte en hidráulica. Por lo tanto, es importante observar el desempeño del equipo, que es la relación entre la potencia mecánica y la potencia hidráulica [21].

**Figura 11.** Bomba de un Sistema de Bombeo



Fuente: [21]

### b) Tuberías

Los tubos son redondos para distribuir fluidos y gases, designado por un tamaño de tubo nominal (NPS “*Nominal Pipe Size*”), que es una indicación aproximada de la capacidad de carga del tubo, son vías cerradas, conectadas entre sí para transportar líquidos u otros materiales. El conjunto de tubos forma las tuberías, siendo de suma importancia para los sistemas de bombeo [22].

**Figura 12.** Tuberías en un Sistema de Bombeo



Fuente: [22]

### c) Válvulas

Otro elemento de gran importancia son las válvulas, las cuales cuentan con diferentes modelos para diferentes propósitos. Contribuyen al control de los parámetros del sistema, posibilitando cambiar valores de presión, caudal, volumen, entre otras características fundamentales, según se desee. Para ello existen válvulas del tipo compuerta, globo, mariposa, bola, entre otras. Se puede definir a una válvula es un dispositivo que se puede utilizar para controlar el flujo de líquidos, gases y materiales

en suspensión. También conocidas como reguladores, válvulas, entre otros, las válvulas se pueden encontrar en casi cualquier situación. Las posibilidades de encontrar una válvula en todas y cada una de las instalaciones son cercanas al 100%. Hay una gran cantidad de configuraciones diferentes para las válvulas, dependiendo de cómo se vayan a utilizar estos dispositivos, y se pueden encontrar en una gran variedad de tamaños, desde piezas diminutas hasta piezas para centrales hidroeléctricas. Las válvulas también van desde el modelo básico hasta el extremadamente complejo, y son uno de los diseños mecánicos más antiguos. Son básicos y se han utilizado durante miles de años. El término "válvula" se puede utilizar para referirse a la anatomía humana, así como a un dispositivo mecánico. Las válvulas en todo el cuerpo pueden regular el flujo de oxígeno de la sangre y los fluidos corporales. Cuando mencionamos las válvulas del cuerpo, podemos hablar de las válvulas cardíacas extremadamente importantes, que trabajan con el corazón y bombean sangre a través del cuerpo. A las personas con enfermedades cardíacas se les pueden reemplazar las válvulas con modelos artificiales para realizar esta función vital del cuerpo. Las válvulas en numerosas partes del cuerpo humano trabajan juntas para mantener todas las funciones funcionando correctamente en su vida diaria. Una válvula es un dispositivo que se puede utilizar para controlar el flujo de líquidos, gases y materiales en suspensión. También conocidas como reguladores, válvulas, entre otros, las válvulas se pueden encontrar en casi cualquier situación. Las posibilidades de encontrar una válvula en todas y cada una de las instalaciones son cercanas al 100%. Hay una gran cantidad de configuraciones diferentes para las válvulas, dependiendo de cómo se vayan a utilizar estos dispositivos, y se pueden encontrar en una gran variedad de tamaños, desde piezas diminutas hasta piezas para centrales hidroeléctricas. Las válvulas también van desde el modelo básico hasta el extremadamente complejo, y son uno de los diseños mecánicos más antiguos. Son básicos y se han utilizado durante miles de años.

El término "válvula" se puede utilizar para referirse a la anatomía humana, así como a un dispositivo mecánico. Las válvulas en todo el cuerpo pueden regular el flujo de oxígeno de la sangre y los fluidos corporales. Cuando mencionamos las válvulas del cuerpo, podemos hablar de las válvulas cardíacas extremadamente importantes, que trabajan con el corazón y bombean sangre a través del cuerpo. A las personas con enfermedades cardíacas se les pueden reemplazar las válvulas con modelos artificiales para realizar esta función vital del cuerpo. Las válvulas en numerosas



partes del cuerpo humano trabajan juntas para mantener todas las funciones funcionando correctamente en su vida diaria.[23].

**Figura 13. Válvulas**

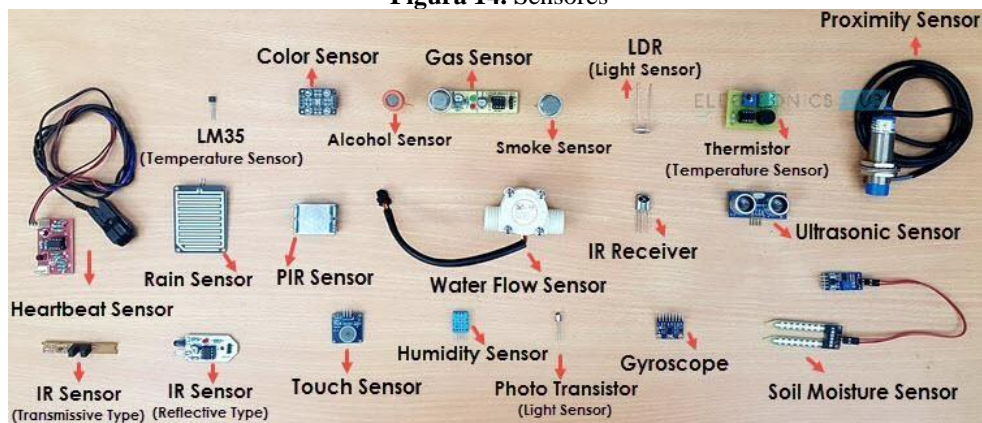


Fuente: [23]

#### d) Sensores

Los sensores son básicamente dispositivos que tienen la función de detectar y responder eficientemente a algún estímulo. Existen varios tipos de sensores que responden a diferentes estímulos como: calor, presión, movimiento, luz y otros. Después de que el sensor recibe el estímulo, su función es emitir una señal que sea capaz de ser convertida e interpretada por otros dispositivos. Los sensores son equipos extremadamente versátiles y tienen varias características para las más variadas aplicaciones [24] como se puede observar en la figura 14.

**Figura 14. Sensores**



Fuente: [24]

## Tipos de Sensores

### Sensor Mecánico

Estos son uno de los sensores más utilizados en la actualidad, El estímulo operativo del sensor mecánico se basa en las posiciones, movimientos o presencia del elemento actuador. También opera en un circuito en modo on/off, teniendo una variación llamada “fin de carrera”, que apaga el motor del sistema después de que el objeto desplazado llega a su punto máximo, como en un portón automático. Es algo que se puede observar de forma recurrente en establecimientos públicos, como centros comerciales, encendido de luces cuando llega la noche.

**Figura 15.** Sensor Mecánico



Fuente: [25]

### Sensores Eléctricos

Un sensor eléctrico es capaz de detectar cualquier tipo de variación en la corriente y tensión de la instalación del local, pudiendo así realizar funciones que, en su mayor parte, se limitan a proteger los dispositivos electrónicos del local de cualquier sobrecarga e inestabilidad eléctrica. Estos sensores se pueden encontrar en protectores electrónicos, dispositivos dedicados a proteger cualquier electrónica conectada de variaciones de energía. Cuando ocurre un corte de energía, se apagan automáticamente para evitar que los dispositivos se dañen por el repentino aumento de voltaje [26].

**Figura 16.** Sensores Eléctricos

Fuente: [26]

#### 9.4. Estación de bombeo

Una estación de bombeo, a veces conocida como estación elevadora, representa una instalación hidro electromecánica utilizada para impulsar el drenaje líquido por tuberías para que llegue a su destino en las circunstancias previstas según diseño [27]. La hidro electromecánica se refiere a un sistema en el que elementos y estructuras hidráulicas se acoplan con elementos mecánicos, eléctricos y, más recientemente, electrónicos [28]. Fruto de ello, es que una estación de bombeo representa una instalación hidro electromecánica donde una determinada cantidad de energía hidráulica suministrada por una máquina hidráulica conocida como bomba, que es alimentada físicamente por un motor, imprime movimiento al líquido que la atraviesa.

#### 9.5. Importancia de desarrollar una estación de Bombeo

Los requisitos que obligan a todo proyectista de instalaciones hidráulica, el incluir en un punto de la misma, una estación de bombeo han de ser producto a factores diversos y variados según el abordaje en el diseño de la instalación sanitaria. En general, se puede afirmar que prácticamente todas las instalaciones, a excepción de algunas que se alimentan con agua requieren de una bomba para impulsar el líquido con el caudal, presión y velocidad necesarios [29].

Cuando el primer elemento de la ecuación es menor que el segundo, según la Ecuación General para la Conservación de la Energía (también conocida como Ecuación de Bernoulli), se debe sumar la energía hidráulica del exterior, lo cual se logra instalando uno (o más) bombas [30].

La ecuación se muestra a continuación:

$$v_A + gh_A + \frac{P_A}{\rho} = v_B + gh_B + \frac{P_B}{\rho}$$

En donde:

$v_A$  velocidad que posee el líquido en el punto dado ( $m/s$ )

$g$  gravedad ( $m/s^2$ )

$h_A$  altura de la sección transversal ( $m$ )

$P_A$  Presión del líquido en el punto dado ( $N/m^2 = Pa$ )

$\rho$  densidad del líquido o del gas ( $kg/m^3$ )

## 9.6. Tipos de Estaciones de Bombeo

Como ya se ha señalado, una estación de bombeo requiere prácticamente de todas las instalaciones hidráulicas. Todos los líquidos se pueden bombear, pero a partir de aquí se refiere como instalaciones de bombeo de agua. Según el tipo de agua a bombear, existen tres tipos de estación de bombeo específicamente utilizados en ingeniería hidráulica y sanitaria: La estación de bombeo para agua potable, estación de bombeo para alcantarillado y estación de bombeo para lluvia.

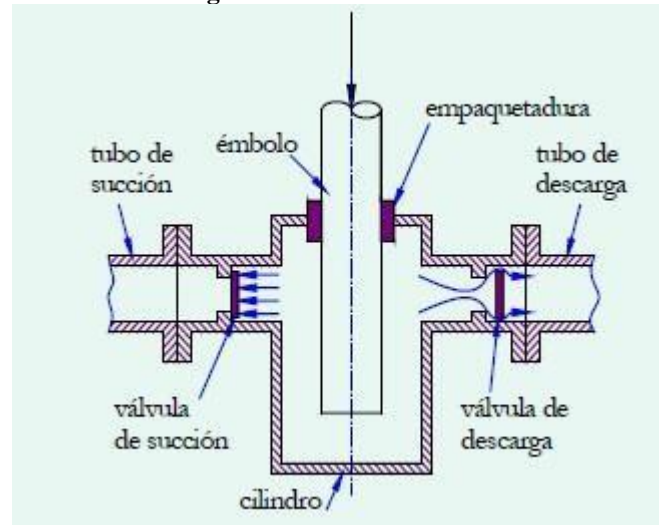
La característica común de esta estación de bombeo es que todas tienen una estructura conocida como el pozo de bombeo, que sirve tanto como toma de agua como fuente para surtir las bombas que mueven el agua fuera del edificio. La(s) bomba(s) puede(n) tener o no un índice de flujo que sea igual al flujo que ingresa al pozo, en cuyo caso sirve como recinto pulmonar [30].

### 9.6.1. Bomba Hidráulica

Es un dispositivo de propulsión que convierte la energía mecánica de un motor eléctrico en la energía hidráulica necesaria para mover el fluido incompresible, véase figura 18. Debido al principio de Bernoulli, la presión, la velocidad o la altura de un fluido crecerán a medida que lo haga su nivel de energía. Una bomba hidráulica se usa típicamente para elevar la presión de un líquido mediante el suministro de energía al sistema hidráulico, que mueve el fluido desde un área de baja presión o baja altitud a un área de alta presión o gran altitud. Para que el líquido del tanque de almacenamiento sea forzado a entrar en la entrada de la bomba; en primer lugar, la presión atmosférica debe producir un vacío en el colector de succión usando bombas hidráulicas. En

segundo lugar, el mismo movimiento empuja este líquido en la dirección del circuito hidráulico después de entregarlo a la salida de la bomba [31].

**Figura 18.** Bomba Hidráulica

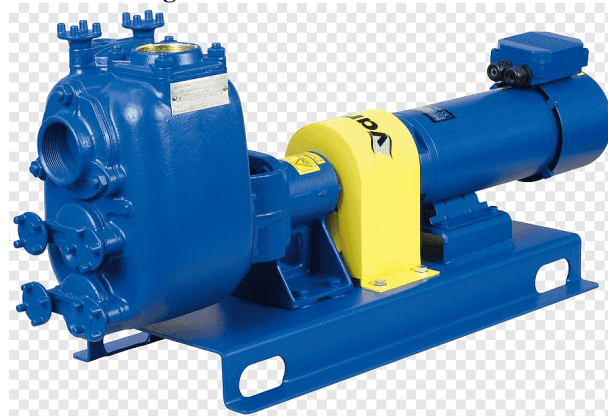


Fuente: [32]

Las bombas se clasifican en una de las tres categorías existentes:

**Bombas rotodinámicas**, también conocidas como bombas de desplazamiento negativo, que desplazan cantidades variables de líquido según la presión del sistema; cuanto mayor es la presión, menos líquido se desplaza. Estas bombas crean un flujo continuo y su unidad de accionamiento está hecha de una sola pieza o de varias piezas unidas para formar una sola unidad sin partes móviles, esto se aprecia en la figura 19. Este grupo incluye bombas centrífugas, que son impulsadas por impulsores giratorios. La presión alcanzaría su máximo, pero el caudal sería cero si la salida de la bomba de desplazamiento negativo se detuviera mientras el elemento de bombeo todavía estaba en movimiento. Esto se conoce como el punto de obstrucción de la bomba [32].

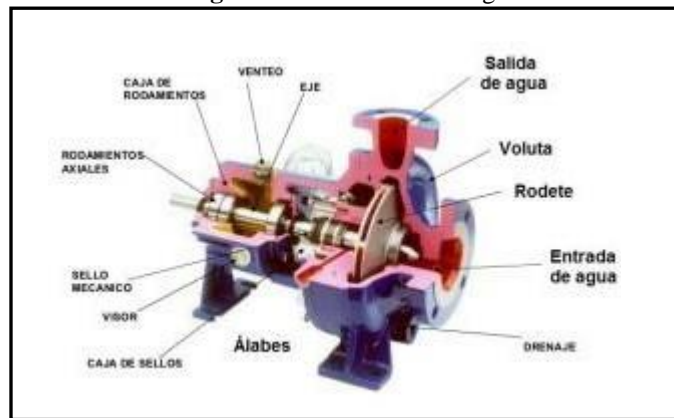
**Figura 19.** Bomba Rotodinámica



Fuente: [33]

Bombas de desplazamiento positivo: Independientemente de la presión del sistema, estas bombas mueven una cantidad fija de líquido. Estas bombas incluyen una unidad de accionamiento que incorpora componentes móviles de tal manera que, independientemente de la contrapresión en la salida, se crea positivamente un volumen específico de fluido para cada revolución. Una bomba de desplazamiento positivo, por otro lado, vería un aumento instantáneo en la presión si el puerto de salida estuviera bloqueado, hasta el punto en que fallaría el elemento de bombeo, la carcasa u otro elemento interno.

La bomba centrífuga, también conocida como bomba rotodinámica, es el tipo de bomba que más se utiliza para mover líquidos en general. Giran constantemente y convierten la energía mecánica del movimiento del impulsor en la energía cinética o de presión de un fluido incompresible, que acelera el movimiento del fluido [33].

**Figura 20. Bomba Centrífuga**

Fuente: [34]

Según la ilustración en la figura 20, el fluido ingresa por el centro del impulsor, el cual tiene paletas o paletas para mover el fluido, y luego es impulsado hacia el exterior por la acción de la fuerza centrífuga, donde es atrapado por el cuerpo o carcasa de la bomba y transportado desde allí al siguiente impulsor o a las tuberías de salida.

Se pueden utilizar diferentes categorías para categorizar las bombas centrífugas:

- Las direcciones de flujo radial, axial y mixtas disponibles.
- Por la orientación del eje de rotación, que puede ser horizontal, vertical o inclinado.
- Por la construcción de la coraza (forma) en la turbina y voluta.
- Dividido axial y radialmente debido a la construcción mecánica de la carcasa.
- Por tipo de aspiración, que incluye simple y doble.

## 9.7. Fundamentos de Hidráulica

### 9.7.1. Caudal

El flujo se puede definir como la cantidad volumétrica o másica de un fluido que fluye a través de una sección de una tubería o canal por unidad de tiempo. La cantidad total de fluido desplazado se puede medir en unidades de volumen (litros,  $\text{mm}^3$ ,  $\text{cm}^3$ ,  $\text{m}^3$ , galones, pies cúbicos) o en unidades de masa (g, kg, toneladas, libras). El caudal se expresa en una de las unidades anteriores dividida por una unidad de tiempo (litros/minuto,  $\text{m}^3/\text{hora}$ , galones/hora, etc.).

La ecuación de Caudal se muestra a continuación:

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{V}{t}$$

En donde:

$Q$  es caudal medido en ( $m^3/s$ )

$A$  área de la sección transversal ( $m^2$ )

$v$  velocidad del líquido ( $m/s$ )

$V$  Volumen del líquido ( $m^3$ )

$t$  tiempo ( $s$ )

### 9.7.2. Potencia Hidráulica

Esta variable mide cuánto trabajo hace el líquido por unidad de tiempo. La potencia hidráulica en esta situación está determinada por la relación entre el caudal y la presión, o en este ejemplo, por la altura y su peso específico [35]:

$$P_h = Q \cdot p = Q \cdot H_h \cdot \rho$$

De lo cual:

$P_h$  Potencia teórica de la bomba ( $W$ )

$Q$  es caudal medido en ( $m^3/s$ )

$p$  Presión del líquido en el punto dado ( $N/m^2 = Pa$ )

$H_h$  altura dinámica de la bomba ( $m$ )

$\rho$  densidad del líquido o del gas ( $kg/m^3$ )

El análisis dimensional de esta fórmula será:

$$P_h = [m^3/s] \cdot [Kg/m^3] \cdot [m] = [Kg \cdot m/s]$$

Esto demuestra que la simplificación produce una unidad de potencia (W) watts.



### 9.7.3. Potencia Mecánica

Más que entender el valor de la potencia hidráulica, es interesante saber cuál es el valor de la potencia mecánica absorbida por la bomba, esencial a la hora de elegir y determinar el tamaño a utilizar o diseñar las bombas que impulsan los líquidos. Para determinarlo, se parte de la potencia hidráulica  $P_h$  conocida y se divide por la eficiencia de la bomba prevista, de la siguiente manera:

$$P_m = \frac{P_h}{\eta}$$

Los catálogos del fabricante de la bomba o, mejor aún, las propias pruebas de la bomba en un banco de pruebas son donde se encuentra determinado el valor de  $\eta$ .

### 9.7.4. Radio Hidráulico

La representación de la medida geométrica que se obtiene al dividir el área de la sección que ocupa el líquido que circula por un conducto, sobre su perímetro mojado, se conoce como radio hidráulico. Y se obtiene usando la fórmula:

El área que se tiene en cuenta en caso de escurrimiento total de la tubería es la superficie interna de la tubería dividida por su circunferencia.

Es decir, como operación ilustrativa:

El radio hidráulico de una tubería cuadrada de lado L

$$R_h = \frac{L^2}{4L} = \frac{L}{4}$$

Radio hidráulico de un tubo cilíndrico que tiene un diámetro D

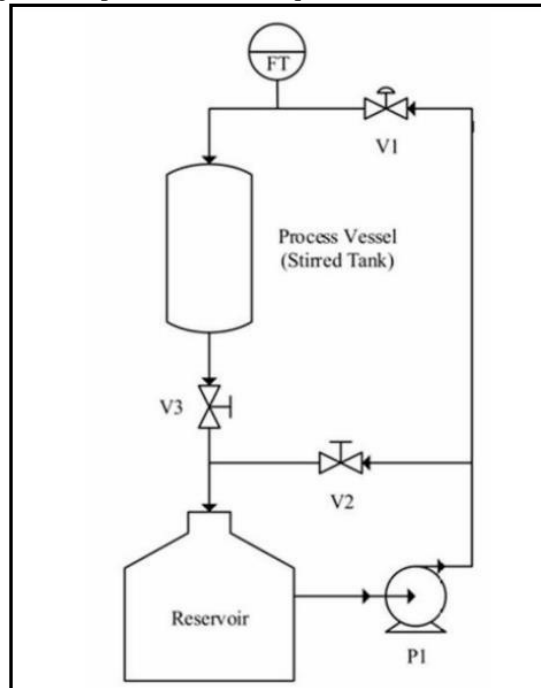
$$R_h = (Pi * D^2 / 4) / Pi * D = D/4$$

El área y el perímetro deben tener en cuenta la profundidad del líquido (su altura real sobre el fondo) en el caso de escurrimiento hacia tuberías parcialmente llenas o canales abiertos. En consideración de un líquido que se mueve a través de un canal rectangular con una profundidad de h y un ancho B.

### 9.7.5. Esquema de control

Se consideraron dos estrategias de control basadas en actuadores para el lazo de control de flujo del proceso (Ver figura 21): en la primera, el actuador del elemento final de control es la bomba (P1). En cambio, en el segundo, tanto la bomba (P1) como la válvula proporcional (V1) se consideran actuadores. En ambos casos se consideró un controlador proporcional-integral (PI).

**Figura 21.** Diagrama de procesos de un esquema de control en estación de bombeo



Fuente: [36]

Esquema de control 1: en este esquema, la bomba hidráulica es accionada por el controlador PI mientras que la válvula proporcional se mantiene abierta con su impulsor a un valor constante.

Con los parámetros  $k$ ,  $td$ ,  $r$  es posible calcular los parámetros del controlador PI

**Tabla 2.** Parámetros del controlador PI

Controlador	$K_c$	$T_i$
PI	$\frac{1}{k} \frac{r}{td} \left(0,9 + \frac{td}{12r}\right)$	$td \left(\frac{30 + \frac{3td}{r}}{9 + \frac{20td}{r}}\right)$

Fuente: [36]

## **10. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS**

Con la Implementación de una estación de bombeo con control PI de nivel y presión de agua para el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná ¿Se podrá mantener una presión constante para el continuo suministro de agua, tanto en la planta baja como en los pisos superiores de las instalaciones del Bloque B de la Institución?

## **11. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **11.1. Tipo de Investigación**

La metodología cuenta con una investigación con diseño experimental, debido a que se manipulan las variables técnicas como objeto de estudio en el campo electromecánico para obtener un sistema de bombeo; también tiene carácter bibliográfico con un abordaje de campo de corte transversal y con un referente documental con pertinencia temporal [37]. Con base en un nivel de investigación que se inicia con una primera fase exploratoria por medio del diagnóstico de la situación actual del sistema de bombeo de agua en el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná. Lo anterior, sustentado en una investigación con cobertura de campo mediante el enfoque de recopilación de información en planos sobre el funcionamiento del sistema, la obtención de las métricas y la planificación de las dimensiones en los componentes inmersos en la presente propuesta de investigación.

Entre los varios tipos de investigaciones existentes, la selección de un tipo u otro o la combinación de más de uno depende de los fines que se persiguen. Asimismo, este trabajo posee un carácter descriptivo, ya que exige exploración y observación, justificado en los requerimientos empíricos y de trabajo de campo en permitir detallar y conocer cómo se encuentra distribuido las instalaciones sanitarias y como deberá ser diseñado un sistema de estación de bombeo en el Bloque B de la Universidad Técnica Cotopaxi Extensión La Maná.

En este sentido, la propuesta busca diagnosticar el estado actual del sistema presente en la estación de bombeo de agua de las instalaciones en el bloque B de la UTC extensión La Maná, mediante la identificación, medición y desarrollo de las variables según las diferentes condiciones de trabajo de la estación, a través de un análisis hidráulico por medio de métodos gráficos. De esta manera, al establecerse el diseño de la estación de bombeo de agua con sistema de control Proporcional

Integral para manejar el nivel óptimo y presión constante con todos sus componentes, se podrá analizar el comportamiento hidráulico teórico, este se puede utilizar como fundamento para la identificación de los problemas de la estación, además de los ajustes que se consideren pertinentes para adaptarse a las exigencias actuales. Por estas razones se considera este trabajo como explicativo y aplicable, con fin último de construir un sistema de control Proporcional Integral en la estación de bombeo en modo automático y manual.

## **11.2. Diseño de investigación**

Dentro del presente trabajo de titulación el diseño de investigación constituye el esquema metodológico para obtener respuestas a las interrogantes de la misma. Ante todo, para definirlo, primero se establecen los aspectos de fuente, control de variables y perspectiva temporal.

El presente trabajo se apoya en información documental existente, revisada en diferentes acervos bibliográficos como repositorios, bases de datos, libros y documentos electrónicos acerca del funcionamiento de los sistemas de suministro de agua por medio de sistemas de bombeo que existe en instalaciones y los requerimientos de los mismos, a este proceso de lo denomina “condiciones de borde”. Esto para determinar los puntos operativos y las limitaciones que tiene el sistema de bombeo de agua. Conjuntamente, se apoya en las estrategias de medición efectuadas sobre las variables que caracterizan el comportamiento y operación de la estación de bombeo, las cuales solo son dirigidas por el operador de la misma. Por esta razón, la investigación se considera bajo un diseño documental y de investigación de campo.

A su vez, el trabajo es calificado como de diseño transversal descriptivo, ya que se hace un diagnóstico y se analizan los diversos procesos de la estación, así como sus caudales, presiones y aperturas de válvulas para un tiempo definido, además de la influencia y magnitud que presentan estas variables.

Seguidamente, se ejecuta fase descriptiva del diseño del proyecto que optimice los procesos industriales y electromecánicos; con la identificación del proceso a controlar, por medio de la técnica de observación directa del entorno de funcionamiento del sistema y la elaboración del diagrama de tuberías, tanque, válvulas, entre otros; calibración de los instrumentos, elaboración

del modelo matemático por medio de curvas de reacción y balances de materia. En consideración a una investigación de carácter bibliográfica, debido a la necesidad de sustentación con bases teóricas-metodológicas sobre los aspectos técnicos relacionados con un diseño óptimo e implementación de una estación de bombeo con sistema de control PI de nivel y presión del agua para el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Mana.

### **11.3. Descripción General Metodológica**

El trabajo se fundamentó en un diseño experimental mediante el estudio de los parámetros de las instalaciones sanitarias y un prototipo diseñado en condiciones constantes de nivel y presión en un sistema de estación de bombeo para el Bloque B de la Universidad Técnica Cotopaxi Extensión La Maná.

#### **11.3.1. Diagnóstico del Sistema de Bombeo**

La fase inicial consistió en recopilación de mediciones históricas en las instalaciones sanitarias actuales y la determinación de la logística de la estación de bombeo, razón importante para describir datos planimétricos, componentes mecánicos, un historial de maniobras y las condiciones hidráulicas de la estación. El contar con este levantamiento, se logra conocer de manera más clara y concreta las condiciones superficiales que presenta actualmente la estación, lo que permitió desarrollar un levantamiento planimétrico actualizado, un diagnóstico de la estación con percepción de usuarios y una comprensión del área de estudio y sus limitaciones como se aprecia en la figura 22.

**Figura 22.** Condiciones anteriores del sistema de bombeo



**Fuente:** Propia

Para ello se procedió a realizar una inspección visual del sistema para el suministro de agua con el que contaba el bloque B, se observó las condiciones de las tuberías, el caudal existente para el abastecimiento los parámetros y características de la bomba, las conexiones eléctricas del sistema de bombeo, el tanque reservorio con que cuenta la Institución y finalmente la presión existente dentro del tanque. Cabe recalcar que para determinar cómo solucionar el inconveniente del desabastecimiento de agua se procedió a medir la presión existente por algunos días obteniendo los siguientes resultados observados en la tabla 3.

**Tabla 3.** Medición de Presión del Sistema de Bombeo

<b>Planta Baja</b>		
<b>Medición</b>	<b>Hora</b>	<b>Presión</b>
1	12:00 pm	8.2
2	12:00 pm	9.4
3	12:00 pm	10.0
4	12:00 pm	10.0
5	12:00 pm	7.0
<b>Segundo Piso</b>		
1	12:00 pm	3.9
2	12:00 pm	4.5
3	12:00 pm	4,8
4	12:00 pm	5.0
5	12:00 pm	3.3

**Fuente:** Propia

El proceso de medición se lo realizó a las 12:00 pm, esto tomando en cuenta que a esa hora del día es donde acuden la mayoría de estudiantes a las aulas en el bloque B. además se procedió a la medición durante 5 días utilizando un manómetro para ello.

Se determino también la existencia de dos tanques de almacenamiento de agua, situados uno en la planta baja y otro en el techo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, esto controlado por un panel de control el cual cuenta con un relé industrial, un arrancador

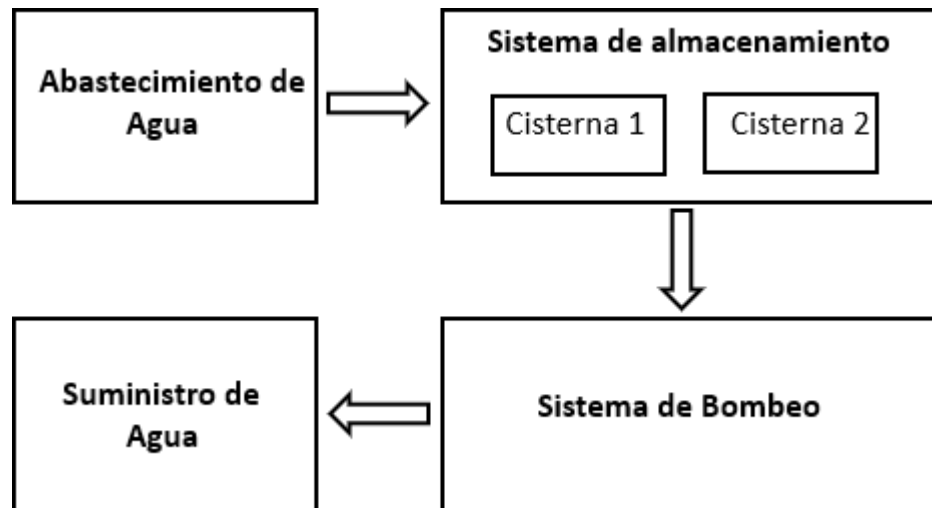
magnético, un selector y dos guardamotores para las dos bombas existentes dentro del sistema de bombeo para el suministro de agua.

### 11.3.2. Diseño del Sistema

Al realizar el diagnóstico se determinó la existencia de dos cisternas de agua cada una con una capacidad de almacenar 1000 litros y 2000 litros de agua, esto ocurre debido a que no es aconsejable conectarse directamente a la fuente de tubería que llega desde la calle, ya que se debe garantizar una presión constante para tener un caudal también constante en el suministro de agua. Por lo que hay que almacenar el agua, en primer lugar, se almacenará en el tanque de 1000 litros y desde este punto es donde se procederá a diseñar el sistema hidroneumático. El sistema se implementó en el techo del edificio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Mana, esto junto a la cisterna que tiene una capacidad de almacenar 2000 litros.

En la figura 23 se aprecia el diagrama de bloques de cómo se procedió a realizar el diseño del sistema para el suministro de agua para el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.

**Figura 23.** Diagramas de bloques del sistema de suministro de agua



Fuente: Propia

También cabe recalcar que este sistema será automatizado debido al control Proporcional Integral que existe y que el sistema será hidro electromecánico, en el que elementos y estructuras hidráulicas se acoplan con elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos. Con lo que se desea lograr una

instalación de bombeo de agua óptima y de caudal constante tanto en la planta baja, así como en la parte superior del Bloque B.

Realiza control PI (Proporcional, Integral,) que es un método fundamental de control de retroalimentación. La idea básica detrás de un controlador PI es leer un sensor, luego calcular la salida deseada del actuador calculando las respuestas proporcionales, integral y sumando esos dos componentes para calcular la salida.

Usando los parámetros almacenados en los 6 registros comenzando con el registro especificado por el operando B y los valores previos almacenados en los 5 registros que siguen al registro especificado por el operando C, el cálculo PI se ejecuta como se describe a continuación en el valor actual P y el conjunto valor S almacenado en los 2 registros comenzando con el registro especificado por el operando A. Los incrementos del valor de manipulación M se calculan y almacenan en el registro especificado por el operando C.

**Figura 24.** Función de Calculo

$$MV_n = K_P \left[ e(t) + \frac{1}{T_I} \int e(t) dt + K_D \frac{d}{dt} e(t) \right]$$

Here

$$e = SV_n - PV_n \quad \text{if reverse action}$$

$$e = PV_n - SV_n \quad \text{if forward action}$$

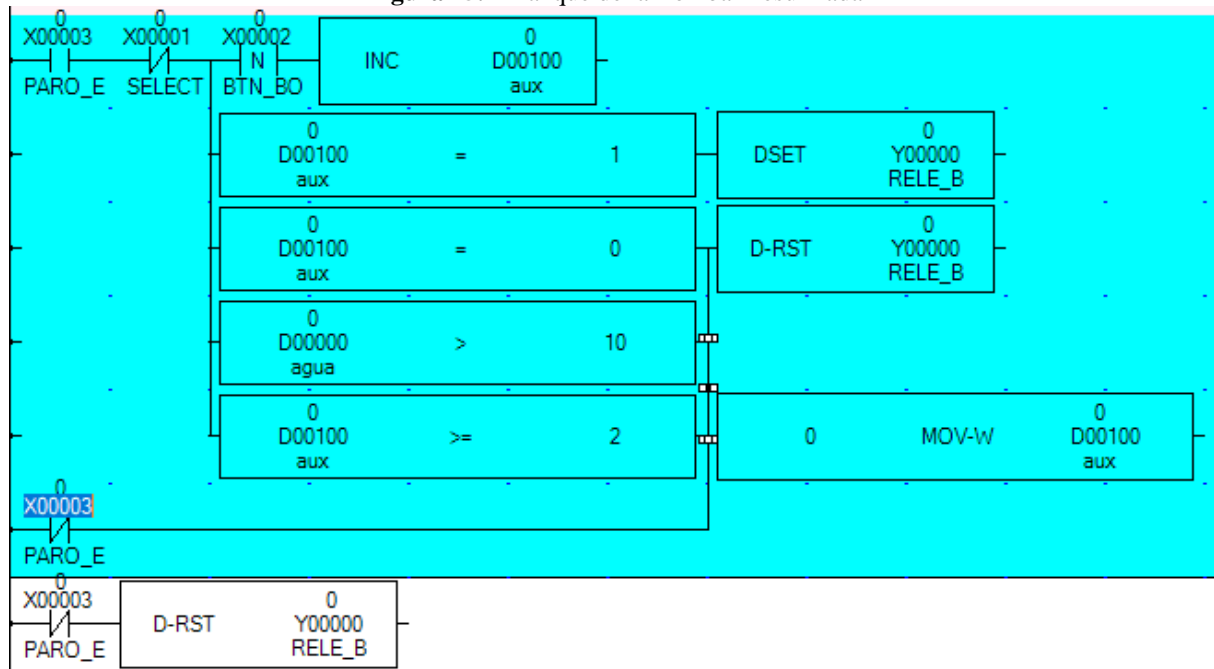
Fuente: Propia

### 11.3.3. Funcionamiento del sistema de modo manual

El modo manual se ha configurado únicamente para que sirva como un método de comprobación según el funcionamiento de los equipos como son las dos bombas que suministran agua para la cisterna y la segunda bomba que inyecta agua a presión al tanque hidroneumático, este sistema de modo manual permitirá únicamente controlar la activación y desactivación de los mismos, esto se aprecia en los esquemas mostrados en las figuras 24 y 25.

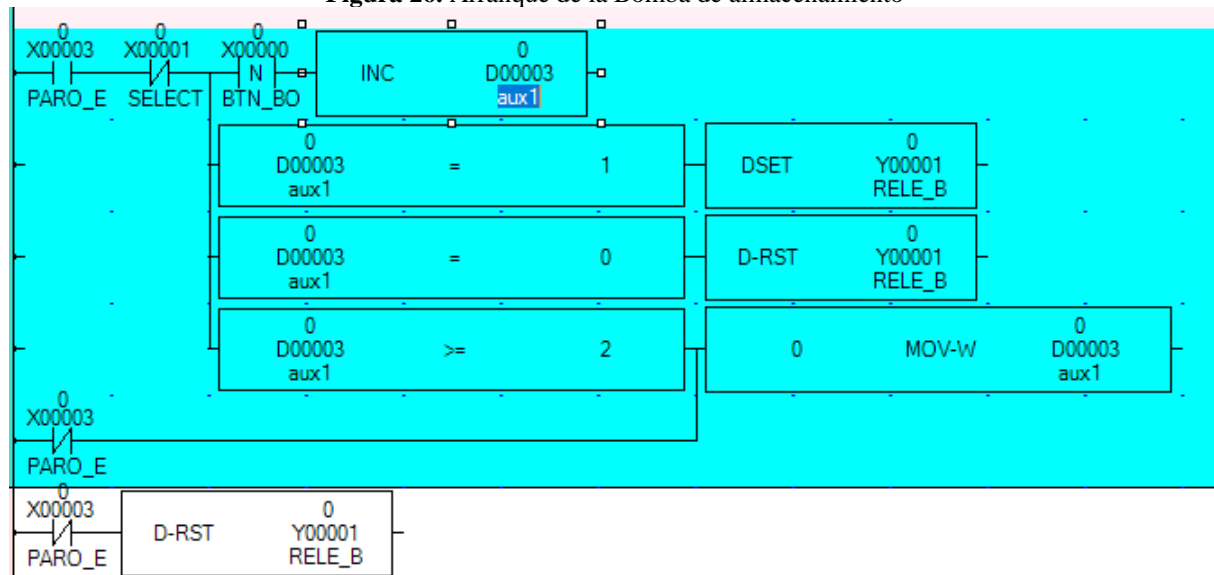


**Figura 25.** Arranque de la Bomba Presurizada



Fuente: Propia

**Figura 26.** Arranque de la Bomba de almacenamiento



Fuente: Propia

#### 11.3.4. Implementación del Sistema

Luego del proceso de diseño se procedió a realizar la implementación del Sistema para lo cual en primera instancia se procedió a cambiar los tubos que estaban deteriorados presentaban fugas y estaban en malas condiciones, como se aprecia en la figura 26.

**Figura 27.** Cambio de tuberías



**Fuente:** Propia

También se procedió a realizar a la colocación del panel de control, en donde estará el selector ya que el sistema tiene la opción de ser manual y automático, el relé industrial, los guardamotores para las dos bombas ubicadas en los dos tanques reservorios sistemas de protección y el control Proporcional e Integral, se aprecia esto en la figura 27.

**Figura 28.** Implementación del Panel de Control



Fuente: Propia

Y al final se obtuvo el sistema funcional manual y automatizado de presión y de caudal constante, como se visualiza en la figura 28.

**Figura 29.** Sistema Implementado



Fuente: Propia

## 12. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Lo que se pudo apreciar luego de realizar las mediciones es: la presión existente del sistema de bombeo es baja para el suministro de agua y casi no existe presión. Esto no permite que el líquido alcance el taque reservorio en la parte superior del bloque B. No existe una relación lineal en las mediciones hechas en la planta baja y en la zona superior, esto debido a que luego de observar las tuberías que conformaban el sistema, se apreció que estas estaban en malas condiciones y que las

mismas presentaban grietas y fisuras ocasionando que el desperdicio del agua y por ende la baja de presión observada en la tabla 2. También se encontró problemas en el cableado eléctrico y que el sistema de bombeo no tenía un proceso de control.

Al Implementar el sistema se obtuvo los siguientes datos presentados en la tabla 4:

**Tabla 4.** Mediciones de Presión del suministro de agua automatizado con control PI

<b>Planta Baja</b>		
<b>Medición</b>	<b>Hora</b>	<b>Presión</b>
1	12:00 pm	45.4
2	12:00 pm	46.2
3	12:00 pm	48.0
4	12:00 pm	47.3
5	12:00 pm	46.8
<b>Segundo Piso</b>		
1	12:00 pm	32.6
2	12:00 pm	32.9
3	12:00 pm	33.8
4	12:00 pm	33.5
5	12:00 pm	32.7

Fuente: Propia

Se presenta la relevancia relacionada con el aseguramiento de la calidad para las disposiciones de un acceso a signos de agua que impacten en mejoras de las nuevas condiciones sanitarias y de la salud de los estudiantes. Prácticamente, como podrán conocer anteriormente, pues el sistema de agua en este bloque era deficiente, ya que solamente, a veces se contaba con agua en lo que es en los baños de la planta baja. En lo que se refiere a los baños de la planta alta, estos estaban suspendidos debido a la carencia del suministro de agua por falta de presión y por esto no existía el flujo del líquido a este lugar.

### 13. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIAL, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

El presente proyecto acerca de la Implementación de una estación de bombeo con control PI de nivel y presión de agua para el bloque B de la universidad Técnica de Cotopaxi, extensión la maná, permitirá al personal estudiantes, docentes, personal administrativo y demás personas que visiten las instalaciones de este bloque B, se beneficiaran ya que contarán con un suministro de agua constante y podrán cubrir necesidades tanto en la planta baja como en la parte superior, creando un ambiente de bienestar ya que anteriormente la carencia de un continuo suministro de agua se daba de manera continua. Por esta razón el Impacto de la presente investigación es de carácter Social.

### 14. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En el desarrollo del presente trabajo se tomó en cuenta varios factores para el desarrollo de este, costo de los dispositivos, mano de obra y tiempo de trabajo. En la tabla 4 se presenta el presupuesto de este proyecto.

**Tabla 5.** Costos del Proyecto

<b>Cant.</b>	<b>unidad</b>	<b>detalle</b>	<b>valor (\$)</b>
<b>MATERIALES ELÉCTRICOS</b>			
1	und	plc +HMI 12 in 8 out rele RENU electronics	\$380,12
1	und	electroválvula motorizada	\$65
1	und	Automático sumergible	\$10
1	und	transmisor de presión 0 a 6 bares	\$199,35
1	und	Manómetro	\$10
1	und	válvula de 5 vías	\$15
1	und	presostato	\$11
2	und	bombas eléctricas monofásicas 1HP	\$180
1	und	transmisor de presión 0 a 1 bar	\$199,35
2	und	guardamotor	\$80
2	und	contactores AC110V	\$50
2	und	Base relé para RCI002 8 pin	\$16
2	und	relé Industrial 8 pines 115-120VAC 10A	\$24
1	und	breaker 6 A	\$5
1	und	breaker 32 A	\$12

1	und	fuentes alimentación 24 V 5A	\$17
1	und	esclavo ModBus analógico 8 in mA/V	\$183
5	und	canaleta de distribución de cables	\$15
1	und	riel din	\$3
1	und	tablero eléctrico 60x40	\$80
2	und	luces verdes	\$5
2	und	luces rojas	\$5
2	und	pulsadores	\$15
1	und	selector dos posiciones	\$5
1	und	paro de emergencia	\$5
200	metros	cables #18	\$28
100	metros	cable # 12	\$32
6	metros	cable # 10	\$6
10	und	canaletas de cables	\$15
1,5	metro	cable multipar	\$3
1	und	conector DB9	\$7
100	und	terminales de punta	\$10
1	und	control vol aire	\$9
			\$1.699,61
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>			
3	und	Tubos de 3/4	\$36
1	und	Cisterna	\$0
1	und	Cisterna	\$0
1	und	Tanque hidroneumático	\$190
10	und	Teflon industrial	\$15
4	und	Llaves de bola	\$40
4	und	Adaptadores de tanque	\$20
30	und	Codos 3/4	\$150,00
15	und	Neplos 3/4	\$37,00

15	und	Universales 3/4	\$75
10	und	Uniones 3/4	\$50,00
6	und	bushiness	\$18,00
7	und	T DE 3/4	\$30
2	und	espiral protección de cables	\$5
8	und	tubos de instalación eléctrica	\$12
			\$678
<b>TOTAL</b>			\$3389.61

Fuente: Propia

## 15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 15.1. Conclusiones

- Mediante el diagnóstico que se efectuó sobre el sistema de suministro de agua del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, se determinó las fallas, inconvenientes y falencias que presentaba el sistema; siendo la fuga de agua por medio de grietas y agujeros en las tuberías una de las causas, siendo otra la falta de presión constante para el flujo del suministro de agua de la una cisterna a la otra para la distribución en el bloque B y de no contar con un sistema de control para la automatización de la circulación del fluido.
- Al proceder a realizar el diseño del sistema de suministro de agua, se tomó en cuenta las consideraciones realizadas en el diagnóstico del sistema de bombeo, por lo que se planteó realizar el control Proporcional Integral debido a que una de sus características es que proporciona un tiempo de respuesta mayor e impide que el sistema tenga fluctuaciones a la salida del mismo.
- Al implementar el sistema se cambió las tuberías en mal estado, se desarrolló el control Proporcional Integral que se tomó en cuenta en el diseño, logrando con esto poder tener un óptimo sistema de bombeo que permite el flujo y presión constante del suministro de agua para el conjunto de tuberías que son las que abastecen de este líquido a las instalaciones del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.

## 15.2. Recomendaciones

- Brindar mantenimiento en todos los equipos sanitarios para así poder mantener el sistema conectado de presurización con buena presión, sino este sistema podría llegar a tener fallas en muy corto tiempo por el desgaste que se puede producir en la bomba de presurizado ya que esta bomba se estaría activando muy seguido por el desperdicio de presión que hay en estos equipos anteriormente mencionado.
- No se debe de hacer funcionar el sistema de bombeo con las válvulas que se encuentran instaladas en la línea de impulsión completamente cerradas ya que sufre el riesgo de deterioro de la bomba y rotura de los accesorios. terminada la práctica evacuar el agua del reservorio para evitar el deterioro del sistema de bombeo.
- Implementar un mantenimiento periódico y de carácter preventivo, necesario para aumentar en un porcentaje alto de la vida media del equipo.
- No exceder de 6 ciclos de bombeo por hora, ya que incidiría notablemente en el consumo de energía, así como la reducción de la vida útil del sistema hidroneumático; sin embargo, con cuatro ciclos se mantendría al mínimo el uso de la bomba.



## 16. Bibliografía

- [1] “CONCEPTOS DEL CONTROL AUTOMÁTICO INDUSTRIAL.”  
[http://www.sapiensman.com/control\\_automatico/](http://www.sapiensman.com/control_automatico/) (accessed Aug. 04, 2023).
- [2] “¿Qué es un sistema de control? - AUTYCOM.” <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/> (accessed Aug. 05, 2023).
- [3] “Control Systems - Introduction | Tutorialspoint.”  
[https://www.tutorialspoint.com/control\\_systems/control\\_systems\\_introduction.htm#](https://www.tutorialspoint.com/control_systems/control_systems_introduction.htm#)  
(accessed Aug. 05, 2023).
- [4] E. Pinto Bermúdez, F. Matía, E. Pearson, and P. Hall, “Ingeniería de control moderna”,  
Accessed: Aug. 05, 2023. [Online]. Available: [www.pearsoneducacion.com](http://www.pearsoneducacion.com)
- [5] “Resumen - Controles de movimiento ADVANCED.” <https://www.a-m-c.com/es/experiencia/technologies/motion-control/resumen/> (accessed Aug. 05, 2023).
- [6] “Sistema de control en lazo abierto. | Download Scientific Diagram.”  
[https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Sistema-de-control-en-lazo-abierto\\_fig2\\_334771046](https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Sistema-de-control-en-lazo-abierto_fig2_334771046) (accessed Aug. 05, 2023).
- [7] “Sistemas de control de lazo cerrado | makinando.”  
<https://makinandovelez.wordpress.com/2018/02/15/sistemas-de-control-de-lazo-cerrado/>  
(accessed Aug. 05, 2023).
- [8] “Controlador proporcional P - Horno.”  
<https://sites.google.com/a/lhusurbil.eus/horno/regulaci/controlador-proporcional-p>  
(accessed Aug. 05, 2023).
- [9] “Material Didático - IMD.” <https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/1/63/3/7>  
(accessed Aug. 05, 2023).
- [10] “CONTROL PROPORCIONAL | Simulación de Procesos Udenar.”  
<https://simulaciondeprocesosudenar.wordpress.com/control-proporcional-integral-derivativo-pid-y-estabilidad-de-sistemas-dinamicos/> (accessed Aug. 05, 2023).
- [11] “Água potável: o que é, fontes, importância, acesso.”  
<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/agua-potavel.htm> (accessed Aug. 06, 2023).
- [12] “Crean un sistema para extraer agua potable directamente del aire solo con energía solar – IQA.” <https://www.iqa.com.py/2020/10/16/crean-un-sistema-para-extraer-agua-potable-directamente-del-aire-solo-con-energia-solar/> (accessed Aug. 06, 2023).
- [13] “Acceso a Agua, Saneamiento e Higiene.” <https://www.unicef.org/ecuador/acceso-agua-saneamiento-e-higiene> (accessed Aug. 06, 2023).
- [14] “La importancia del agua para vivir - Fundación Aquae.”  
<https://www.fundacionaquae.org/wiki/importancia-del-agua/> (accessed Aug. 06, 2023).

- [15] “Sistema de bombeo: Tipos y sus funciones - Geohidraulica.”  
<https://geohidraulica.com/sistema-de-bombeo-tipos-y-sus-funciones/> (accessed Aug. 06, 2023).
- [16] “¿Qué es Fluido? » Su Definición y Significado [2023].”  
<https://conceptodefinicion.de/fluido/> (accessed Aug. 06, 2023).
- [17] “Sistema de Bombeo para riego agrícola y sus componentes | LinkedIn.”  
<https://www.linkedin.com/pulse/sistema-de-bombeo-para-riego-agr%C3%ADcola-y-/?originalSubdomain=es> (accessed Aug. 06, 2023).
- [18] “Sistema de riego por goteo. se utiliza un sistema de riego por goteo que ahorra agua en un campo de zanahorias jóvenes. | Foto Premium.” [https://www.freepik.es/fotos-premium/sistema-riego-goteo-utiliza-sistema-riego-goteo-que-ahorra-agua-campo-zanahorias-jovenes\\_8378164.htm](https://www.freepik.es/fotos-premium/sistema-riego-goteo-utiliza-sistema-riego-goteo-que-ahorra-agua-campo-zanahorias-jovenes_8378164.htm) (accessed Aug. 06, 2023).
- [19] “Diseño de bombas sumergibles para aguas pluviales difíciles | iAgua.”  
<https://www.iagua.es/noticias/indar/diseno-bombas-sumergibles-aguas-pluviales-dificiles> (accessed Aug. 06, 2023).
- [20] “Importancia de los Procesos EOR en la Producción de Crudos Pesados.”  
<https://innovamas.nakasawaresources.com/importancia-de-los-procesos-eor-en-la-produccion-de-crudos-pesados/> (accessed Aug. 06, 2023).
- [21] “¿Qué es una bomba? - Predictiva21.” <https://predictiva21.com/1-1-que-es-una-bomba/> (accessed Aug. 06, 2023).
- [22] “Bombas Y Sistemas De Tuberías De Filtración Y Purificación De Agua Fotos, Retratos, Imágenes Y Fotografía De Archivo Libres De Derecho. Image 51626244.”  
[https://es.123rf.com/photo\\_51626244\\_bombas-y-sistemas-de-tuber%C3%ADas-de-filtraci%C3%B3n-y-purificaci%C3%B3n-de-agua.html](https://es.123rf.com/photo_51626244_bombas-y-sistemas-de-tuber%C3%ADas-de-filtraci%C3%B3n-y-purificaci%C3%B3n-de-agua.html) (accessed Aug. 06, 2023).
- [23] “¿Qué es una válvula y para qué sirve? - caloryfrio.com.”  
<https://www.caloryfrio.com/sanitarios/tuberias-accesorios/que-es-una-valvula-y-para-que-sirve.html> (accessed Aug. 06, 2023).
- [24] “¿Qué es un sensor? Tipos y diferencias – PrototipadoLAB.”  
<https://prototipadolab.com/2018/05/05/que-son-los-sensores/> (accessed Aug. 06, 2023).
- [25] “O que são sensores mecânicos? - Ensinando Elétrica | Dicas e Ensinaamentos.”  
<https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2018/09/sensores-mecanicos-sao.html> (accessed Aug. 06, 2023).
- [26] “Photo Electric Sensors.” <https://www.plcdirect.eu/products/sensors/photo-electric-sensors> (accessed Aug. 06, 2023).
- [27] “INSTITUTO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL”.

- [28] L. I. Gonzalo Machado-Vallejo, “Selección y Aplicaciones Industriales de Bombas Selection and Industrial Applications of Pumps Seleção e aplicações industriais de bombas,” vol. 5, pp. 1309–1320, 2020, doi: 10.23857/pc.v5i8.1663.
- [29] B. Zamora, P. Antonio, and V. Robles, “Máquinas Hidráulicas Teoría y Problemas”.
- [30] “¿Qué es la ecuación de Bernoulli? (artículo) | Khan Academy.” <https://es.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-bernoullis-equation> (accessed Aug. 07, 2023).
- [31] E. L. Título, P. De, B. Buenaventura, U. Cruz, M. S. Segundo, and V. Olivares Muñoz, “Rendimiento de una bomba hidráulica prototipo a diferente diámetro de tubería y singularidades,” 2022, Accessed: Aug. 07, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2738>
- [32] “¿Qué es una bomba hidráulica y cuántos tipos hay? | iAgua.” <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-bomba-hidraulica-y-cuantos-tipos-hay> (accessed Aug. 07, 2023).
- [33] “Bomba rotodinámica bomba de engranajes compresor cilindro, diverso, hardware de la computadora, compresor png | PNGWing.” <https://www.pngwing.com/es/free-png-ptzzm> (accessed Aug. 07, 2023).
- [34] “Partes de una Bomba Centrífuga - Predictiva21.” <https://predictiva21.com/2-partes-bomba-centrifuga/> (accessed Aug. 07, 2023).
- [35] “2.5. Potencia hidráulica.” [https://www.cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno02/tema08/25\\_potencia\\_hidraulica.html](https://www.cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno02/tema08/25_potencia_hidraulica.html) (accessed Aug. 07, 2023).
- [36] D. R. Acosta Villamil, J. F. Noguera Polania, A. Verdeza Villalobos, B. L. Foliaco Romero, A. F. Rincón Montenegro, and M. E. Sanjuan Mejia, “Control scheme selection and optimal tuning in industrial process control using factorial experiment design,” *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, Oct. 2020, doi: 10.17533/UDEA.REDIN.20201010.
- [37] R. Hernández-Sampieri Director, “METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA,” 2018.

## 17. ANEXOS

### Curriculum Vitae

#### □ DATOS PERSONALES



<b>Nombres</b>	Alex Darwin
<b>Apellidos</b>	Paredes Anchatipán
<b>Lugar y fecha de nacimiento</b>	Latacunga, 21 de marzo de 1991
<b>Cédula de ciudadanía</b>	0503614935
<b>Estado civil</b>	Soltero
<b>Dirección domiciliaria</b>	Pujilí, Luis Antonio Rivadeneira y Juan Salinas
<b>Teléfonos de contacto</b>	032 723 485 - 0987259422
<b>Email</b>	alex.paredes4935@utc.edu.ec

#### Estudios Realizados

<b>Primarios</b>	Escuela Fiscal Mixta “Pedro Vicente Maldonado”
<b>Secundarios</b>	Colegio Particular Técnico Industrial “Hermano Miguel”
<b>Superiores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Extensión Latacunga</li> <li>• Universidad de Alicante - España</li> </ul>
	<b>Títulos obtenidos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero en Electrónica e Instrumentación</li> <li>• Máster Universitario en Automática y Robótica</li> </ul>

#### Idiomas

- Español
- Inglés

#### Experiencia

Docente Universidad Técnica de Cotopaxi

Supervisor de Calidad Dimenzur Cia. Ltda.

Docente Escuela de Formación de Soldados del Ejército ESFORSE

□ **DATOS PERSONALES**



<b>Nombres</b>	Darlin Michael
<b>Apellidos</b>	Cerna Estrella
<b>Lugar y fecha de nacimiento</b>	La Maná, 02 de junio del 2001
<b>Cédula de ciudadanía</b>	0504542663
<b>Estado civil</b>	Soltero
<b>Dirección domiciliaria</b>	La Pista y Eugenio Espejo
<b>Teléfonos de contacto</b>	0963654386
<b>Email</b>	darlin.cerna2663@utc.edu.ec

**Estudios Realizados**

<b>Primarios</b>	Unidad Educativa Narciso Cerda Maldonado
<b>Secundarios</b>	Unidad Educativa Narciso Cerda Maldonado
<b>Superiores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Técnica de Cotopaxi</li> </ul>
	<p><b>Títulos obtenidos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachiller en Ciencias</li> </ul>

**Idiomas**

- Español
- Inglés

**Experiencia**

□ **DATOS PERSONALES**

<b>Nombres</b>	Jhordi Israel	
<b>Apellidos</b>	Chito Rubio	
<b>Lugar y fecha de nacimiento</b>	El Corazón, 06 de marzo del 2001	
<b>Cédula de ciudadanía</b>	1805117858	
<b>Estado civil</b>	Soltero	
<b>Dirección domiciliaria</b>	Parroquia el Carmen	
<b>Teléfonos de contacto</b>	0963720570	
<b>Email</b>	maxisisrael9@gmail.com	

**Estudios Realizados**

<b>Primarios</b>	Esc. Demetrio Aguilera Malta
<b>Secundarios</b>	Unidad Educativa Moraspungo
<b>Superiores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Técnica de Cotopaxi</li> </ul>
	<b>Títulos obtenidos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachiller técnico Industrial electromecánica</li> </ul>

**Idiomas**

- Español
- Inglés

**Experiencia**



# TESIS CHITO Y CERNA

7%

Similitudes



4%

Texto entre comillas

< 1% similitudes entre comillas

0%

Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS CHITO Y CERNA.pdf

ID del

documento: c8ba4a24fe56c5fa606aee574bea9e16e32035ec

Tamaño del documento original: 1,17 MB

Depositante: WILLIAM ARMANDO HIDALGO OSORIO

Fecha de depósito: 10/8/2023

Tipo de carga: interface

fecha de fin de análisis: 10/8/2023

Número de palabras: 13.423

Número de caracteres: 97.061

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8476/1/UTC-PIM-000434.pdf">repositorio.utc.edu.ec</a> http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8476/1/UTC-PIM-000434.pdf 40 fuentes similares	4%		Palabras idénticas : 4% (506 palabras)
2	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8460/1/UTC-PIM-000420.pdf">repositorio.utc.edu.ec</a> http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8460/1/UTC-PIM-000420.pdf 40 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (437 palabras)
3	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8460/3/UTC-PIM-000420.pdf.txt">repositorio.utc.edu.ec   Implementación De Un Sistema Tecnificado Por Hidroponía ...</a> http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8460/3/UTC-PIM-000420.pdf.txt 40 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (432 palabras)
4	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4642/3/PIM-000103.pdf.txt">repositorio.utc.edu.ec   Implementación y certificación de cableado estructurado en...</a> http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4642/3/PIM-000103.pdf.txt 40 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (410 palabras)
5	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8461/3/UTC-PIM-000422.pdf.txt">repositorio.utc.edu.ec   Domotización para el control de los sistemas de iluminación...</a> http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8461/3/UTC-PIM-000422.pdf.txt 40 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (385 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3426/1/T-UTC-00703.pdf">repositorio.utc.edu.ec</a> http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3426/1/T-UTC-00703.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (21 palabras)
2	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3395/1/T-UTC-00672.pdf">repositorio.utc.edu.ec</a> http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3395/1/T-UTC-00672.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (18 palabras)
3	<a href="https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/download/341251/20806619">revistas.udea.edu.co   Control scheme selection and optimal tuning in industrial pro...</a> https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/download/341251/20806619	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (18 palabras)
4	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6081/6/MUTC-000620.pdf.txt">repositorio.utc.edu.ec   Evaluación del control de temperatura en el proceso de sep...</a> http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6081/6/MUTC-000620.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (17 palabras)
5	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8306/3/PI-001825.pdf.txt">repositorio.utc.edu.ec   Aplicación de la metodología Design Thinking para el mejor...</a> http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8306/3/PI-001825.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (20 palabras)

## Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico/](http://www.sapiensman.com/control_automatico/)
- <https://www.autycom.com/que-es-un>
- [https://www.tutorialspoint.com/control\\_systems/control\\_systems\\_introduction.htm](https://www.tutorialspoint.com/control_systems/control_systems_introduction.htm)
- <https://www.a-m>
- <https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Sistema-de-control-en-lazo>



## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO CON CONTROL PI DE NIVEL Y PRESIÓN DE AGUA PARA EL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, EXTENSIÓN LA MANÁ”**, presentado por **Darlin Michael Cerna Estrella y Jhordi Israel Chito Rubio**, egresados de la Carrera de: **Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, agosto del 2023

Atentamente,



Mg. Núñez Moreira Wendy Elizabeth  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
CI: 0925025041



## Evidencias de la Ejecución del Proyecto

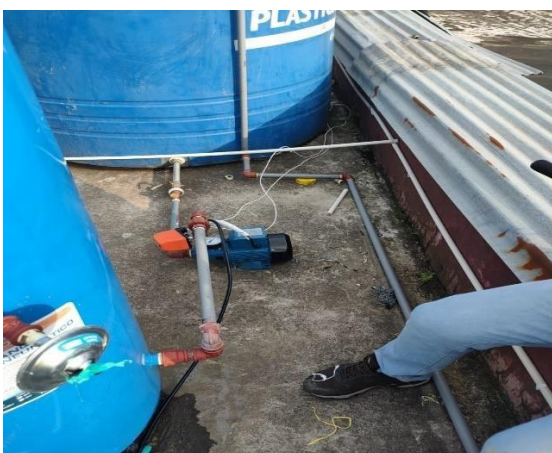
**IMAGEN 1:**Instalación de tuberías



**IMAGEN 2:**Ubicación de tanques



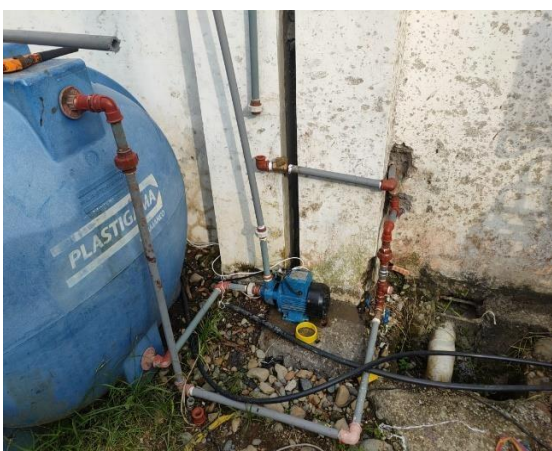
**IMAGEN 3:**Conexión entre tanques



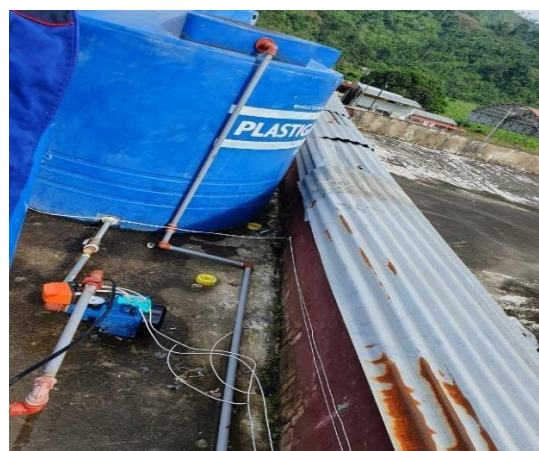
**IMAGEN 4:**Instalación de la bomba 1



**IMAGEN 5:**Instalación de la bomba 2



**IMAGEN 6:**Conexión eléctrica de bombas



**IMAGEN 7:** Armado del tablero



**IMAGEN 8:** Instalación de canaletas



**IMAGEN 9:** Cableado dentro del tablero



**IMAGEN 10:** Componentes de control



**IMAGEN 11:** Configuración del PLC



**IMAGEN 12:** Finalizado del sistema de control

