



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**TESIS DE GRADO**

**TEMA:**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATICO DE BOMBEO EN EL SUMINISTRO DE AGUA EN LOS SERVICIOS SANITARIOS DEL BLOQUE “B” PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGETICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014-2015”**

Tesis presentada previo a la obtención del título de Ingeniero en Electromecánica

**Autores:**

Javier Rodolfo Espín Pallango

Víctor Paul Mora Crespo

**Director:**

Ing. Msc. Edwin Moreano

**Latacunga-Ecuador**

Febrero 2016



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Espín Pallango Javier Rodolfo y Mora Crespo Víctor Paul con el título de tesis: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE BOMBEO EN EL SUMINISTO DE AGUA EN LOS SANITARIOS DEL BLOQUE “B”, PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014-2015, ING. MSC. EDWIN MOREANO”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

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

Latacunga, 15 de febrero del 2016

Para constancia firman:

Ing. Msc. Mullo Quevedo Alvaro

PRESIDENTE

Dr. Montáluisa Pulloquina Segundo Juan

MIEMBRO

Ing. Barbosa Galarza José Efrén

OPOSITOR

Ing Edwin Moreano Martinez

DIRECTOR



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERIA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

### AUTORIA

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE BOMBEO EN EL SUMINISTO DE AGUA EN LOS SANITARIOS DEL BLOQUE “B”, PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014-2015, bajo la tutoría del ING. MsC. EDWIN MOREANO”, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Espín Pallango Rodolfo Javier  
C.I. 050337363-1

Mora Crespo Víctor Paul  
C.I. 050335311-2



### AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de Tesis bajo el título:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE BOMBEO EN EL SUMINISTO DE AGUA EN LOS SANITARIOS DEL BLOQUE “B”, PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014-2015, MSC. ING. EDWIN MOREANO”**, de Espín Pallango Rodolfo Javier, y Mora Crespo Víctor Paul postulantes de Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Latacunga 15 de Febrero del 2016

Director de Tesis

Ing. Msc. Edwin Homero Moreano Martinez



### AVAL DEL ASESOR DE TESIS

En calidad de Asesor de Tesis bajo el título:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE BOMBEO EN EL SUMINISTO DE AGUA EN LOS SANITARIOS DEL BLOQUE “B”, PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014-2015, MSC. ING. EDWIN MOREANO”**, de Espín Pallango Rodolfo Javier, y Mora Crespo Víctor Paul postulantes de Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga 15 de Febrero del 2016



Asesor de Tesis

Dr. Galo Terán



## CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de Coordinador de la carrera Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi certifico que mediante la tesis “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATICO DE BOMBEO EN EL SUMINISTRO DE AGUA EN LOS SANITARIOS DEL BLOQUE B PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGETICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014-2015”.

Los señores. Espín Pallango Rodolfo Javier, Mora Crespo Víctor Paul, quienes realizaron la entrega de dos tanques de almacenamiento de agua con una capacidad de 2500 litros cada uno, conectados a la red de la tubería para los servicios sanitarios del bloque “B” prestando el mismo servicio que el diseño anterior.

Latacunga 15 de Febrero del 2016.

Atentamente

Ing. Msc. Edwin Homero Moreano Martinez

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todos nuestros maestros de manera especial al Ing. Msc Edwin Moreano Tutor del presente trabajo de investigación quien me guio de forma acertada. Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi madre, que estuvo a todo momento apoyándome y a mi hermano que fue un apoyo fundamental en mi carrera.

Javier Espín

Para la persona que me trajo a este mundo para culminar y trazar mis sueños, el agradecimiento más sincero a mi madre María Luisa Crespo, y a mi abuela Zoila María Acosta, quienes son las personas que me han brindado el apoyo y la confianza en todo momento en mis estudios, gracias a ellas he logrado alcanzar una meta más en mi vida.

Víctor Mora

## **DEDICATORIA**

Mi trabajo le dedico a mi madre e hija que han sido mi impulso para poder salir adelante en todo y poder sobreponerme en los momentos más difíciles que me encontraba.

Javier Espín

El presente trabajo está dedicado a la persona que siempre me ha brindado su apoyo incondicional, la paciencia y el tiempo Diana Quispe que fue la persona que jamás me dejó vencerme y siempre me dio ese aliento para seguir adelante.

Víctor Mora

## INDICE DE CONTENIDO

Caratula.....	i
Aprobación del tribunal de grado.....	ii
Autoria.....	iii
Aval del director de tesis.....	iv
Aval del asesor de tesis.....	v
Certificado de implementación.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Dedicatoria.....	viii
Índice.....	ix
Resumen.....	xvi
Abstract.....	xvii
Aval de traducción.....	xviii
Introducción.....	xix

### CAPITULO I

1.- Fundamentos teóricos sobre el objeto de estudio.....	1
1.1.- Antecedentes investigativos.....	1
1.2.- Marco teórico.....	3
1.2.1.- Sistema automático.....	3
1.2.1.1.- Elementos de un conjunto automático.....	3
1.2.1.2.- Tecnología aplicada en automatismos.....	5
1.2.1.3.-Tipos de sistemas de control.....	6
1.2.1.4.- Análisis para el desarrollo de un sistema automático.....	7
1.2.2.- Características de dispositivos para el control manual y automático.....	8
1.2.2.1.- Contactor.....	8

1.2.2.2.- Relés de protección.....	9
1.2.2.3.-Pulsadores.....	11
1.2.2.4.-Señalética.....	11
1.2.2.5.- Fusibles.....	12
1.2.2.6.- Interruptores de control de nivel.....	12
1.2.2.7.- Control de presión, presostatos – vacuostatos.....	13
1.2.2.8.- Comparación del PLC y del relé en automatismos.....	14
1.2.3.- Esquemas de automatización en lógica cableada.....	15
1.2.3.1.- Esquema general de conexiones.....	15
1.2.3.2.- Esquema de potencia.....	16
1.2.3.3.-Esquema de mando.....	17
1.2.3.4.- Elaboración de un graficet a partir de los esquemas eléctricos.....	18
1.2.4.-Principios básicos en un equipo de bombeo para el suministro de agua.....	19
1.2.4.1.- Caudal o gasto.....	20
1.2.4.2.- Presión.....	21
1.2.4.3.- Ecuación de Reynolds y rugosidad relativa.....	22
1.2.4.4.- Determinación de la altura o columna total ( $H$ ).....	25
1.2.4.5.-Determinación del NPSH.....	27
1.2.4.6.- Determinación de la potencia de la bomba y rendimiento.....	32
1.2.4.7.-Tanques de almacenamiento de agua potable.....	32
1.2.5.- Eficiencia de energía eléctrica en sistemas de bombeo.....	33
1.2.5.1.- Sistema de bombeo de tanque a tanque.....	34
1.2.5.2.- Sistema de abastecimiento directo.....	35
1.2.5.3.- Sistemade abastecimiento por gravedad.....	35
1.2.5.4.- Sistemade abastecimiento combinado.....	35

1.2.5.5.- Sistemade abastecimiento presion.....	36
1.2.5.6.- Pérdidas y eficiencia del motor.....	36
1.2.5.7.- Pérdidas y eficiencia en la bomba.....	37
1.2.5.8.-Determinación de energía eléctrica consumida.....	38
1.2.5.9.- Eficiencia en consumo energético.....	39
1.2.5.10.- Analizadores de energía eléctrica.....	40
1.2.6.- Consumo de energía eléctrica en el Ecuador.....	40
1.2.6.1.- Aprobacion de un nuevo tarifario en el servicio electrico.....	41

## CAPÍTULO II

2.-Diseño metodológico.....	43
2.1.- Modalidad de la investigación.....	43
2.2.- Nivel o tipo de investigación.....	44
2.3.-Población, universo y muestra.....	44
2.4.-Plan de recolección de información.....	44
2.5.- Plan de procesamiento de información.....	44
2.6.- Encuesta dirigida a los funcionarios del departamento financiero.....	46
2.7.- Encuesta dirigida al funcionario del área de mantenimiento.....	53
2.8.- Analisis de la entrevista semiestructurada a las autoridades de laUTC.....	60
2.9.-Comportamiento del consumo de energia electrica del sistema de bombeo en la U.T.C.....	63
2.9.1.- Funcionamiento del actual sistema de bombeo.....	63
2.9.2.- Características del equipo de presión del sistema de bombeo de agua.....	64
2.9.3.- Tablero de control o armario eléctrico.....	66
2.9.4.- Tiempos de activación del equipo de presión.....	66
2.9.5.- Datos del Analizador de Redes (Fluke 435 II).....	67
2.9.6.- Curva de tensión entre fases y regulacion de voltaje.....	68

2.9.7.- Curva de intensidades de corriente.....	69
2.9.8.- Curva de la potencia activa.....	72
2.9.9.- Comportamiento de la frecuencia.....	73
2.10.-Verificación de hipótesis.....	74
2.10.1.-Hipótesis.....	74
2.11.-Conclusiones.....	76
2.12.- Recomendaciones.....	77

### CAPITULO III

3.1.- Desarrollo del proyecto.....	78
3.2.- Tema.....	78
3.3.- Presentación.....	78
3.4.- Justificación de la propuesta.....	80
3.5.- Objetivos.....	81
3.5.1.- Objetivo general.....	81
3.5.2.- Objetivos específicos.....	81
3.6.- Ubicación sectorial y física.....	82
3.7.- Factibilidad de aplicación de la propuesta.....	82
3.8.- Impacto de la propuesta.....	83
3.9.- Desarrollo de la Propuesta.....	83
3.9.1.- Propuesta en el aspecto técnico.....	84
3.10.- Revisión de planos de distribución de agua y su nuevo diseño.....	85
3.10.1.-Reconocimiento de la tubería del sistema de distribución de agua presión.....	86
3.11.- Diseño e implementación del nuevo sistema de distribución de agua por gravedad.....	88
3.11.1.- Selección y colocación de los tanques de almacenamiento de agua.....	88

3.11.2.-Conexión de tanques de almacenamiento de agua con la tubería.....	94
3.11.3.-Control automático de llenado de los tanques elevados de agua.....	98
3.11.4.-Pruebas de funcionamiento y control.....	101
3.11.5.- Llenado de los dos tanques.....	101
3.11.6.-Arranque de las bombas.....	101
3.12.- Comparacion de datos.....	102
3.13.- Resultados del analizador de redes.....	104
3.13.1.- Curva de tensión entre fases y regulación de voltajes.....	104
3.13.2.- Curva de intensidades de corriente.....	105
3.13.3.- La potencia activa del sistema de bombeo.....	107
3.13.4.- Comportamiento de la frecuencia.....	108
3.14.- Características de una electroválvula.....	110
3.15.- Conclusiones.....	113
3.16.- Recomendaciones .....	114
3.17.- Bibliografía.....	115
3.18. Anexos.....	120

### ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1.- Simbología de un contactor.....	9
TABLA 1.2.-Características del relé térmico.....	10
TABLA 1.3.- Comparación de un PLC con un relé.....	15
TABLA 2.1.- Población y muestra.....	44
TABLA 2.2.- Accionamiento de las bombas según la demanda del servicio.....	64
TABLA 3.1.-Consumo de agua en los servicios sanitarios del día martes 7 de Agosto.....	89
TABLA 3.2.- Especificaciones técnicas de los tanques.....	98

TABLA 3.3.- Coeficiente de la tabla de rugosidad K.....	91
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1.- Categorías fundamentales.....	2
FIGURA 1.2.-Elementos de un conjunto automático .....	4
FIGURA 1.3.-Esquema de control de lazo abierto .....	7
FIGURA 1.4.-Esquema de control de lazo cerrado .....	7
FIGURA 1.5.-Fases para el desarrollo de un sistema automático .....	8
FIGURA 1.6.-Pulsador NC y NA con su simbología.....	11
FIGURA 1.7.-Señalización mediante luces piloto .....	12
FIGURA 1.8.-Interruptor de control de nivel.....	13
FIGURA 1.9.-Presostato – vacuostato.....	13
FIGURA 1.10.-Esquema general de conexiones.....	16
FIGURA 1.11.-Esquema de potencia.....	17
FIGURA 1.12.-Esquema de control.....	18
FIGURA 1.13.-Estructura básica de graficet.....	19
FIGURA 1.14.-Deposito por debajo del eje de la bomba (+h <sub>a</sub> ).....	26
FIGURA 1.15.-Deposito por encima del eje de la bomba (-h <sub>a</sub> ).....	26
FIGURA 1.16.-Bomba centrifuga.....	29
FIGURA 1.17.-Diagrama de balance de energía.....	33
FIGURA 1.18.-Sistema de tanque a tanque.....	34
FIGURA 1.19.-Flujo de energías en un motor eléctrico.....	37
FIGURA 1.20.-Eficiencia energética.....	39
FIGURA 2.1.-Curva de la tensión del sistema de bombeo de la UTC.....	69
FIGURA 2.2.-Curvas de la corriente del sistema de bombeo.....	70

FIGURA 2.3.-Curvas de corrientes registradas en 14 horas.....	71
FIGURA 2.4.-Curva de la potencia activa del sistema de bombeo de la UTC.....	72
FIGURA 2.5.-Curva de la frecuencia del sistema de bombeo.....	73
FIGURA 3.1.-Unión de tubería principal y secundaria por medio de la llave de paso.....	87
FIGURA 3.2.-Culminación de la tubería principal y manguera de evacuación....	87
FIGURA 3.3.-Ubicación de los tanques.....	89
FIGURA 3.4.-Colocación e instalación de los dos tanques de almacenamiento de agua para los sanitarios en el edificio del bloque “B”.....	91
FIGURA 3.5.-Nueva conexión de tuberías para el llenado de tanques y la distribución de agua en los sanitarios de bloque “B”.....	92
FIGURA 3.6.-Modificación de la tubería principal.....	93
FIGURA 3.7.-Características de los tanques de implementados.....	95
FIGURA 3.8.-Instalación del flotador con el tanque y sus partes.....	98
FIGURA 3.9.-Diagrama de bloques del control del relé y electroválvula para el llenado de tanques en el bloque “B”.....	99
FIGURA 3.10.-Control de llenado de tanques de la válvula de paso y flotador.	100
FIGURA 3.11.-Curva de la tensión del sistema de bombeo de la UTC.....	105
FIGURA 3.12.-Curvas de corrientes de las tres fases en el sistema de bombeo de la UTC.....	106
FIGURA 3.13.-Curva de corriente registradas en 14 horas .....	107
FIGURA 3.14.-Curva de la potencia activa del sistema de bombeo.....	108
FIGURA 3.15.-Curva de la frecuencia del sistema de bombeo.....	109
FIGURA 3.16.-Electroválvula instalada para el control del fluido.....	111
FIGURA 3.17.-Electroválvula conectada con la tubería para el llenado de los dos tanques .....	112



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERIA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

### RESUMEN

El principal objetivo de la presente investigación, es el diseño e implementación de un sistema de bombeo de agua perteneciente al edificio del bloque “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi el cual ha presentado 35 arranque en una hora de un día de labores, representando en un día completo de jornada laboral de 16 horas obtenemos un valor de arranques de 560 con un consumo de 12.259 kw/h en un día de labores. En el sistema de distribución de agua para los sanitarios del bloque “B”, que se lo realizaba por medio de presión.

El mes de Agosto del presente año se inicia la implementación de un nuevo sistema de distribución de agua, por gravedad para los servicios sanitarios del bloque “B”, el cual nos da como resultado que en el mes de noviembre se tomó datos con el analizador de redes marca FLUKE 435.

Los datos obtenidos por analizador de redes nos muestran que con la implementación del nuevo sistema de tanques elevados por gravedad existe una reducción notable en el número de arranque en el motor a 3 arranques en una hora con una duración de 3 minutos por arranque obteniendo así un consumo de 11.8104 kwh en un día laboral de 16 horas.

Los rangos de lectura de analizador de redes tanto de voltaje, corriente, y potencia se encuentran dentro de los parámetros de las normas IEC 34.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERIA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

### ABSTRACT

The research goal is the pumping system design and implementation in order to improve the energy consumption “B” Building at Cotopaxi Technical University.

This implementation will allow us to reduce the energy demand that exists in the actual system and contribute to the environment conservation. This will provide an institutional economic benefit. The actual system did not fill the needs. For this reason, a new pumping system for health services was implemented by gravity with elevated tanks, piping system that distributes water to health services “B” Building through the use of two-inch pipe, elbows 90 and 45 degrees, neoprene unions, two elevated tanks 2500 liters, valves, floats, ethyl prisoners, non-return valves and brand FLUKE network analyzer. It gave us an electric data voltage, amperage, power factor, harmonics of the pump. The data obtained by the network analyzer show that the new system implementation of elevated tanks by gravity there is a lower power consumption of the pump. This action will benefit the institution in reducing monthly payments on their electric sheets. The new implementation was fulfilled with energy improving in “B” Building at Cotopaxi Technical University.



*AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señores Egresados de la Carrera de Carrera de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **Espín Pallango Rodolfo Javier y Víctor Paul Mora Crespo, cuyo título versa "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE BOMBEO EN EL SUMINISTRO DE AGUA EN LOS SANITARIOS DEL BLOQUE "B" PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2014-2015"**, 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 a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero 15 del 2016

Atentamente,

  
MgS. ROMERO PALACIOS AMPARO DE JESÙS  
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

C.C. 0501369185



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERIA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas de bombeo de agua son componentes esenciales y vulnerables en todos los sistemas. El diseño, operación y mantenimiento inadecuados de los sistemas de bombeo pueden representar riesgos graves, incluida la pérdida completa del suministro de agua.

Si un sistema de bombeo no funciona correctamente el consumo de energía eléctrica será elevado, debido a los arranques constantes del equipo de presión además puede presentarse armónicos, que producen el calentamiento del motor, el deterioro de sus aislamientos, por tal motivo mediante el presente tema investigativo se pretende disminuir los arranques del sistema de bombeo de agua para los servicios sanitarios del bloque “B”.

Para un mejor entendimiento es necesario dividir en tres capítulos;

Capítulo I: trata de la Fundamentación teórica en la cual está inmerso los antecedentes investigativos es decir temas relacionados con el tema, además en este capítulo se redacta los conceptos y definiciones de palabras que van dentro de las categorías fundamentales

Capítulo II: En este capítulo se determinó la metodología, análisis e interpretación de resultados, el diseño metodológico, el tipo de investigación, el muestreo respectivo en la cual se define la población y se determina la muestra, el plan de recolección de información que consiste en el uso de encuestas incluyendo la interpretación de datos con su respectivo análisis cuantitativo, la entrevista a las autoridades, y el comportamiento de energía eléctrica en el año 2014-2015

Capítulo III: Trata del Diseño de la Propuesta que consiste en objetivos, justificación, desarrollo de la implementación, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y finalmente anexos.

# **CAPITULO I**

## **1. FUNDAMENTOS TEORICOS SOBRE EL OBJETO DE ESTUDIO**

### **1.1 Antecedentes Investigativos**

MOYA, R. (2011), El cual da a conocer que: “existen grandes potenciales de ahorro mediante la aplicación de medidas tales como: la sustitución de bombas y motores trabajando con bajas eficiencias, la instalación de variadores de velocidad y la mejora del factor de potencia, así como que las inversiones necesarias para su aprovechamiento.” Pág.: 73.

De acuerdo con lo mencionado por el autor y relacionando el crecimiento continuo de actividades económicas en empresas, industrias y otras formas de sociedades ha llevado a la búsqueda de la eficiencia energética como parte fundamental de su competitividad. Las entidades públicas y privadas deben ser muy cuidadosas en el ahorro energético, manteniendo una gestión eficiente principalmente en sistemas de bombeo mediante la selección adecuada de equipos, brindando un mantenimiento preventivo, el técnico de mantenimiento llevando consigo un historial de datos técnicos, problemas que se han presentado y sus respectivas soluciones, realizando una capacitación al personal nuevo que va a supervisar el buen funcionamiento del mismo.

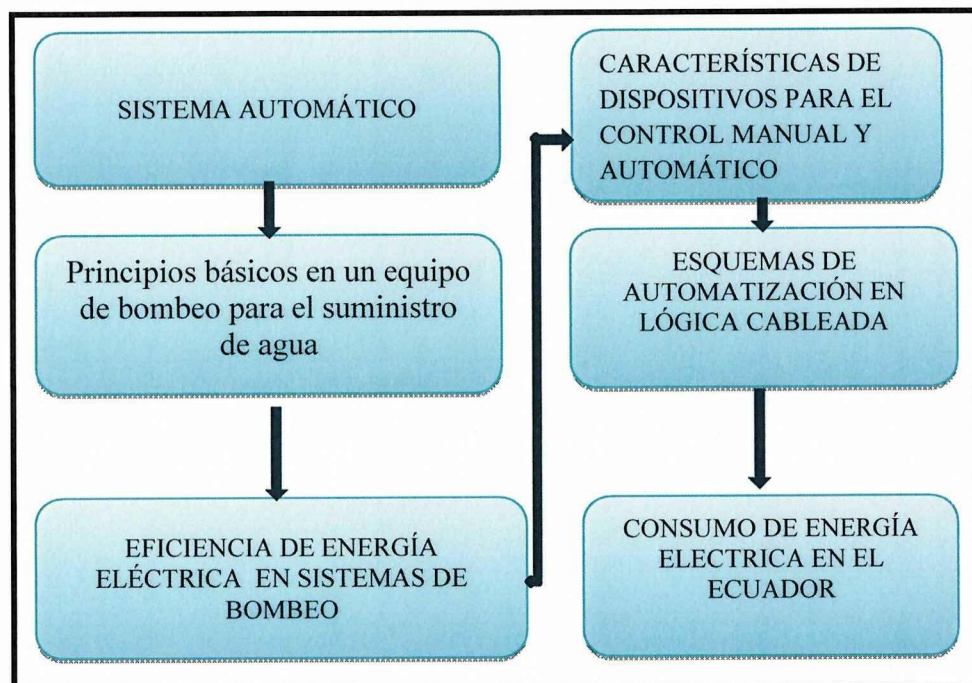
Banco Interamericano de Desarrollo (2011), el cual menciona: “una evaluación tendrá por objeto principal determinar las pérdidas energéticas y la eficiencia de los distintos componentes del sistema de bombeo mediante una auditoría de eficiencia energética, lo que dará como resultado el balance de energía”

Relacionando la cita expuesta, un balance de energía en el sistema, se podrá controlar el consumo de energía que esté presente, permitiendo evaluar el desempeño y beneficio, buscar nuevas tecnologías que cumplan las mismas funciones pero con un menor consumo y mayor eficiencia, reduciendo costos (operación y mantenimiento), saber si el circuito eléctrico que permite alimentar al motor es el adecuado, ya en algunos casos el propósito para el cual que fue diseñado no lo cumple.

El equipo de investigadores que realizará éste proyecto deberá implementar un nuevo sistema automático de control y mejorar la eficiencia energética en el sistema de bombeo para que este reduzca el consumo eléctrico de la Universidad, cumpliendo de esta forma con las normas ambientales y de gestión energética.

En la figura 1.1 se puede apreciar los temas de estudio para tener un enfoque claro de lo planeado en este tema de investigación y poder desarrollarlo de la mejor manera posible.

**FIGURA 1.1 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**



FUENTE: Paul Mora y Javier Espín

## 1.2 MARCO TEORICO

### 1.2.1 Sistema Automático

CEAC (2013) en sus publicaciones menciona: “los automatismos se definen como el conjunto de circuitos que permiten controlar una máquina o un conjunto de ellas de forma automática para que puedan realizar un ciclo o un proceso determinado”

De acuerdo con la cita mencionada, se puede hablar que un sistema automático está integrado por componentes físicos conectados o relacionados entre sí para controlar y manipular variables dentro de un sistema, sin la intervención de una persona en el proceso a realizarse. El principio del sistema automático de control es el concepto de realimentación o feedback cuya característica especial es la de mantener al controlador informado del estado de las variables del sistema y presentar acciones correctivas cuando sea necesario.

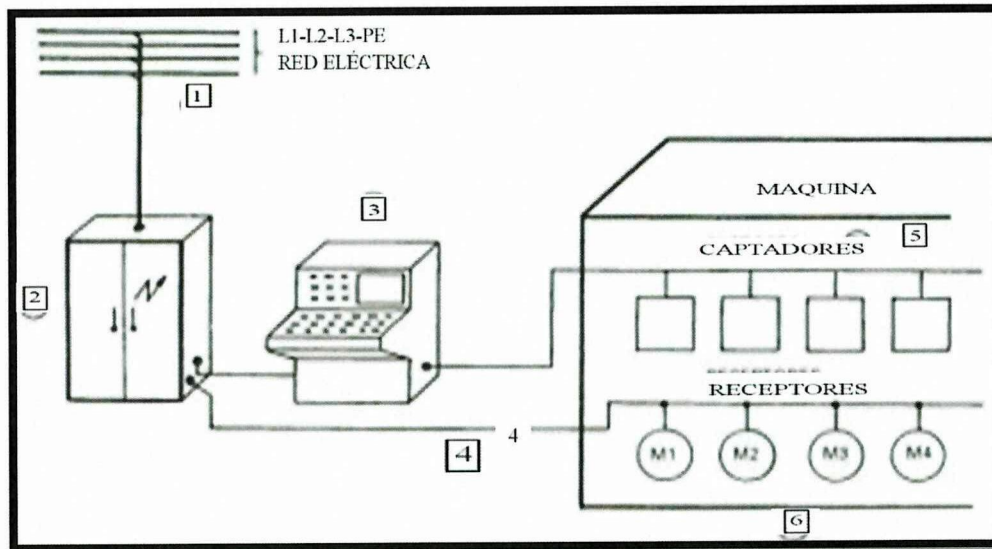
Los automatismos es parte fundamental en nuestra vida cotidiana partiendo desde el hogar hasta la industria, ya que significa progreso y eficiencia energética, además se puede prescindir de la intervención del hombre (un operador). Se debe recordar que los automatismos no solamente comprende la parte eléctrica, existen otras tecnologías como la hidráulica, neumática y mecánica.

#### *1.2.1.1 Elementos de un Conjunto Automático*

Para el estudio de automatismos se tiene que empezar por conocer sus elementos básicos que la conforman y que se ilustra a continuación:

Roldán J. (2007) presenta el listado de los elementos de un conjunto automático acorde con la figura 1.2

**FIGURA 1.2 ELEMENTOS DE UN CONJUNTO AUTOMÁTICO**



FUENTE: <http://books.google.com.ec/books?id=xsdKKame-CgC&printsec=frontcover&da>

De la figura 1.2 se detalla lo siguiente:

- 1.- Red eléctrica. Suministro de energía.
- 2.- Armario eléctrico o celdas: constituid por elementos de potencia y maniobra.
- 3.- Pupitre de mando y control.
- 4- Cableado de conductores eléctricos: pudiendo ser estos conductores de potencia y de maniobra.
- 5.- Captadores: constituid por sensores de nivel, detectores de proximidad, termostatos, transductores de velocidad entre otros.
- 6.- Receptores: están formados por: motores, electroválvulas, lámparas, entre otros dispositivos y elementos.

### ***1.2.1.2.- Tecnología Aplicada en Automatismos***

Como se mencionó anteriormente, los automatismos cumplen determinadas funciones para el control y regulación de las máquinas eléctricas en determinados procesos, para ello son utilizados dos tipos diferentes de lógica; cableada y programada.

#### **Lógica cableada**

Según Roldán J. (2007) “el automatismo se realiza con elementos o módulos interrelacionados, dependiendo de su funcionamiento del cableado que tengan es rápida en ejecutar acciones, pero tiene limitaciones técnicas”

En relación con la cita del autor, la lógica cableada es parte del control, se caracteriza por la rapidez en la ejecución de acciones, pero con una gran desventaja su limitación técnica, la complejidad que puede llegar a tener. En la actualidad existen sistemas que utilizan automatismos de lógica cableada, para el control de máquinas que por su sencillez no hacen necesario implementar mecanismos de altos niveles de automatización.

#### **Lógica programada:**

Según Roldán J. (2007) “Esta tecnología utiliza los autómatas programables, los ordenadores y se encuentran animados por programas guardados en memorias”

Relacionando la cita mencionada se deduce que la lógica cableada se basa en una tecnología desarrollada a partir de un microprocesador, en la cual se introduce el programa de control y el sistema está listo para funcionar, evitando la realización de un cableado complejo.

CEAC (2013) menciona las ventajas en comparación con la lógica cableada en el siguiente listado:

- ✓ Mayor flexibilidad
- ✓ Posibilidad de cálculo científico



- ✓ Implementación de algoritmos complejos de control de procesos
- ✓ Arquitecturas de control distribuido
- ✓ Comunicaciones
- ✓ Gestión.

En la lógica programada se utiliza los API (Autómatas Programables Industriales), conocidos comúnmente como PLC (Programmable LogicController, "controlador lógico programable"), que es un elemento indispensable en la automatización principalmente en la industria.

Según Roldán J. (2007) menciona "El programa se puede realizarse en diversos lenguajes, aplicando en cada caso el método que más convenga" y presenta los lenguajes de programación más comunes que son:

- Esquemas lógicos
- Esquemas eléctricos de contactos
- Ecuaciones
- Organigramas
- Grafcet

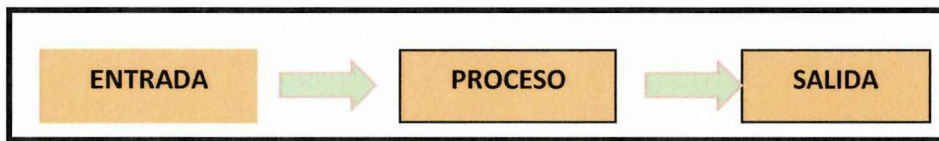
### ***1.2.1.3 Tipos de Sistemas de Control***

#### **De lazo (o bucle) abierto**

Según la CEAC (2013) da a conocer que "las variables que controlan el proceso van en una sola dirección, es decir, la información se transmite desde el sistema de control al proceso. Por tanto, el sistema de control no recibe la confirmación de que las acciones se realizan correctamente"

En relación con la mención del autor citado en un circuito de control la señal de salida no influye sobre la entrada. La salida que se desea obtener del sistema depende de la calibración del operador y en presencia de perturbaciones el sistema no cumple su función correctamente. En la figura 1.3 se detalla el proceso del control de lazo abierto

**FIGURA 1.3 ESQUEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO**



FUENTE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5006/1/T-ESPEL-0858.pdf>

### **De lazo (o bucle) cerrado**

Según CEAC (2013) alude que “Se caracteriza porque existe una realimentación a través de los sensores desde el proceso hacia el sistema de control, de manera que éste puede verificar que las acciones ordenadas a los distintos actuadores se realizan correctamente” de lo citado se entiende que un circuito de regulación a diferencia del lazo abierto, la señal de salida influye sobre la entrada, formando parte de la acción de control como una entrada más y permite corregir acciones en su salida si fuese necesario. En la figura 1.4 se detalla el proceso del control de lazo cerrado.

**FIGURA 1.4 ESQUEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO**



FUENTE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5006/1/T-ESPEL-0858.pdf>

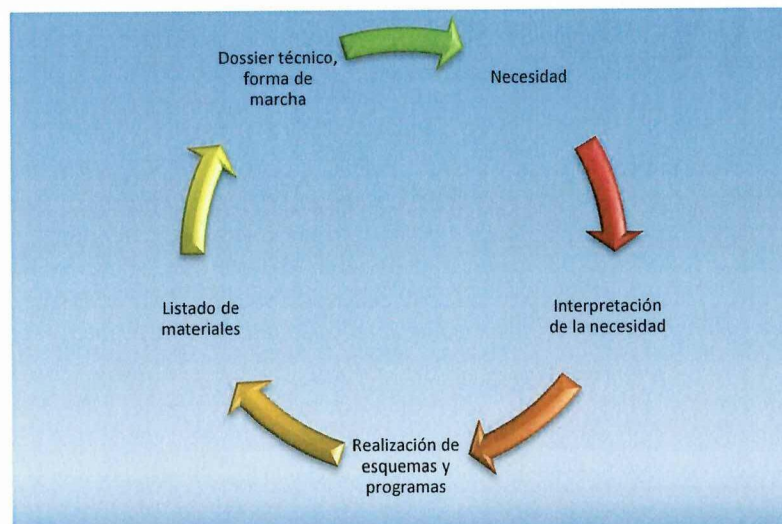
### **1.2.1.3.- Análisis Para el Desarrollo de un Sistema Automático**

Para el diseño de un sistema automático se debe partir de una necesidad o una problemática que se pretenda resolver y mejorar de esta manera la eficiencia en determinado proceso, para lo cual el técnico debe interpretar todos los elementos que podrían intervenir para el automatismo señalando la función que realiza cada

uno. Una vez que ya tenga la descripción del funcionamiento se realizara los esquemas de potencia, control y programación, según sea el caso. Se deberá presentar un listado de los materiales que se van a requerir en la automatización incluido el cable con sus respectivas dimensiones y calibre.

Una vez realizado el procedimiento antes mencionado se deberá facilitar de un diosser técnico para dar a conocer su funcionamiento en su lugar de emplazamiento. En la figura 1.5 se observa la secuencia para el desarrollo de un sistema automático.

**FIGURA 1.5 FASES PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO.**



FUENTE: <https://books.google.com.ec/books?id=ikUNF5b0iAMC&printsecs>

### **1.2.2 Características de Dispositivos Para el Control Manual y Automático**

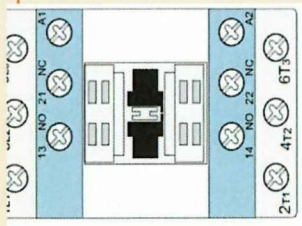
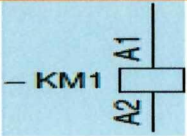
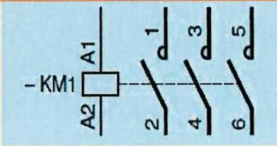
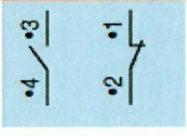
A continuación se detalla los diferentes dispositivos para el control en un proceso automático prestando interés por la lógica cableada.

#### **1.2.2.1.- Contactor**

Según Roldán J. (2007) “se define como al contactor como un interruptor accionado por medio de un electroimán” pág.: 109

El autor da a conocer que un contactor cumple la función de un interruptor, accionado por un electroimán que se activa con el paso de la corriente a través de su bobina y cerrando sus contactos para permitir la activación de los receptores conectados a él. La tabla 1.1 se ilustra los detalles que se deben tener en cuenta en un contactor en el momento de diseñar un circuito o interpretar uno.

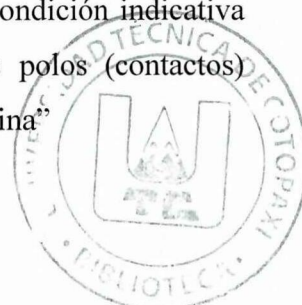
**TABLA 1.1 SIMBOLOGÍA DE UN CONTACTOR**

DETALLE	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
Forma física del contactor		Para evitar el deterioro del contactor, el calibre debe corresponder a la potencia del motor.
Bobina del contactor		K: Clase de aparato (Contactor) M: Función principal (Acciona al motor) 1: Posición (Contactor número uno)
Contactos principales NA		NA: Normalmente abiertos
Contactos auxiliares 1NA-1NC		NC: Normalmente cerrado El punto antes del número indica que va un dígito más por ejemplo: 13-14, 21-22

FUENTE: <http://www.schneider-electric.com.co/documents/soporte/telesquemario.pdf>

### 1.2.2.2.- Relés de Protección.

Según Caballano J. (2008) “Cuando se da una determinada condición indicativa de un mal funcionamiento, se produce la apertura de sus polos (contactos) interrumpiendo la alimentación de un circuito eléctrico o máquina”


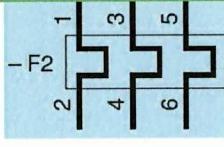
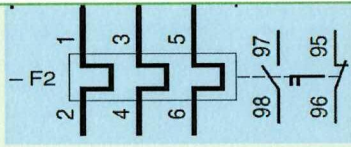


De acuerdo con lo citado se puede adjuntar que los relés de protección son principalmente de tipo térmica, la cual se presenta con el aumento de la corriente absorbida por el motor debido a sobrecargas, siendo los fallos más comunes en máquinas, perjudicando su vida útil. Un relé para que cumpla la función debe contar con un contactor. Los principales tipos de relés son:

- ✓ Relés térmicos (relé térmico de bilaminas)
- ✓ Relé magnétotérmico
- ✓ Relés con sondas de termistancias PTC
- ✓ Relés diferenciales
- ✓ Relés de intensidad
- ✓ Relés de tensión

Para la selección de un relé en este caso del relé térmico de bilaminas (termico), que es el más común en nuestro medio. La tabla 1.2 describe los detalles que se deben tener en cuenta en un relé en el momento de diseñar un circuito o interpretar uno.

**TABLA 1.2 CARACTERÍSTICAS DEL RELÉ TÉRMICO**

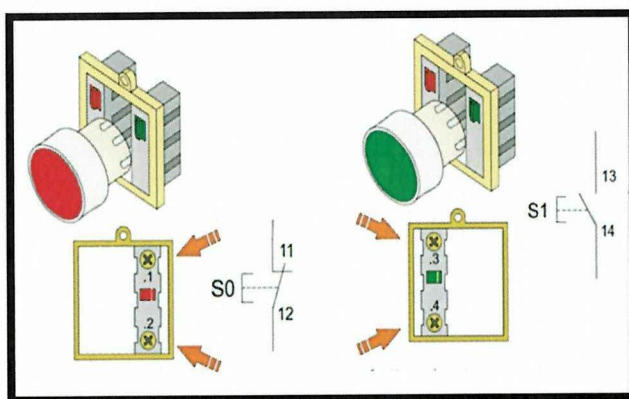
DETALLE	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
<b>Forma física del relé</b>		Se acciona mediante la dilatación que experimenta un bimetálico y necesita de un contactor para abrir un circuito defectuoso
<b>Contactos principales</b>		F: Protección (Relé) 2: Posición (referente a la protección del circuito)
<b>Contactos auxiliares 1NA-1NC</b>		NA: 97-98 NC: 95-96

FUENTE: <http://www.schneider-electric.com.co/documents/soporte/telesquemario.pdf>

### 1.2.2.3.- Pulsadores

Elemento de mando manual, me permite abrir o cerrar un circuito mediante una acción (fuerza) aplicada al pulsador, si cesa esa acción el pulsador retoma inmediatamente a su posición inicial. En la figura 1.6 el pulsador NC (normalmente cerrado) es de color rojo utilizado denominado pulsador de marcha y el NA (normalmente abierto) es de color verde denominado pulsador de paro. La letra S, es utilizada en aparatos mecánicos de conexión o desconexión para circuitos de mando

**FIGURA 1.6 PULSADOR NC Y NA CON SU SIMBOLOGÍA**

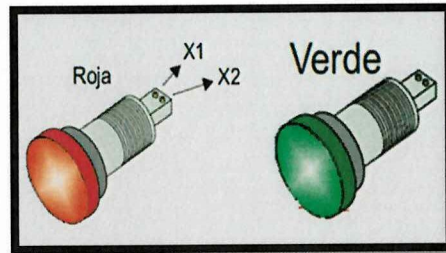


FUENTE:<http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.esquemas>.

### 1.2.2.4.- Señalética

Para indicar el equipo cuando está en funcionamiento o no, se dispone de luces piloto, el color verde para señalar el funcionamiento, el rojo que no está en funcionamiento o la presencia de falla en el circuito, también se utiliza el color amarillo para indicar que se activado el relé térmico. La terminal X1 y X2, es referencia para los bornes de conexión, en esquemas las luces piloto se representan mediante la letra H que son para dispositivos de señalización pudiendo ser ópticos y acústicos.

**FIGURA 1.7: SEÑALIZACIÓN MEDIANTE LUCES PILOTO**



FUENTE:<http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.esquemas.automatismo>

#### ***1.2.2.5.- Fusibles***

Según Caballano J. (2008) “Elementos únicamente de protección frente a cortocircuitos. Se componen de un hilo delgado que se funde por efecto Joule al ser atravesado por la corriente de cortocircuito”

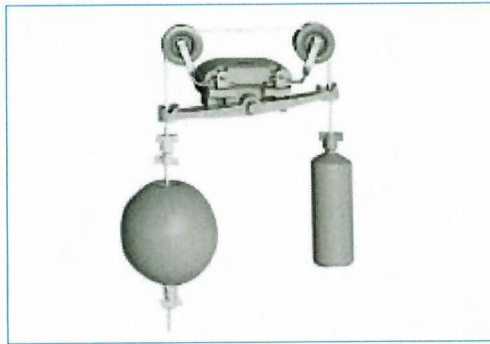
La cita expresa que el fusible brinda protección ante cortocircuitos, en los esquemas se representa con la letra (F) que indica un dispositivo de protección, pudiendo ser relés de protección. Los fusibles deben estar en lugares accesibles, el calibrado debe ser adecuado a la instalación a proteger, para que pueda abrirse instantáneamente ante un cortocircuito.

#### ***1.2.2.6.- Interruptores de Control de Nivel***

Telesquemario (2009) menciona “El interruptor de control de nivel se utiliza principalmente para controlar el arranque y la parada de los grupos de bombas eléctricas y para indicar el nivel del depósito.”

De acuerdo con la publicación de Telesquemario de Schneider Electric España, S.A., estos interruptores son el complemento idea9l para equipos de bombeo, ya que permiten la para o arranque en función del nivel de líquido en el tanque o cisterna. En la figura 1.8 se aprecia un dispositivo para el control de nivel en el cual sus contactos son activados por una palanca de balanza, un flotador, contrapeso y de un cabo.

**FIGURA 1.8 INTERRUPTOR DE CONTROL DE NIVEL**



FUENTE: <http://www.schneider-electric.com.co/documents/soporte/telesquemario>.

**1.2.2.7.- Control de Presión, Presostatos – Vacuostatos**

Permiten controlar la presión (presostatos) o la depresión (vacuostatos) cuando su valor alcanza un mínimo o un máximo según su reglaje establecido cambiando la posición de sus contactos NC (normalmente cerrados) a NO (normalmente abiertos) o viceversa, son muy utilizados en neumática e hidráulica, asegurar la circulación de un fluido, limitar la presión en determinadas maquinas herramientas, etc. En la figura 1.9 se aprecia un elemento de control de presión.

**FIGURA 1.9 PRESOSTATO – VACUOSTATO**



FUENTE: [http://www.4shared.com/get/Qds6ciJYce/08-Automatismos\\_y\\_cuadros\\_elec.html](http://www.4shared.com/get/Qds6ciJYce/08-Automatismos_y_cuadros_elec.html)

A con os según  
la publicación Telesquemario de Schneider Electric España S.A. en su publicación  
de Manual de prácticas:

- ✓ Mandar la puesta en marcha de grupos compresores en función de la presión del depósito.
- ✓ Asegurarse la circulación de un fluido de lubricación o de refrigeración.
- ✓ limitar la presión en determinadas máquinas-herramienta provistas de cilindros hidráulicos.

Los principales criterios de elección son los siguientes:

- a) Tipo de funcionamiento:
  - ✓ vigilancia de un umbral
  - ✓ regulación entre dos umbrales
- b) naturaleza de los fluidos (aceite hidráulico, agua dulce, agua de mar, aire)
- c) valor de la presión a controlar
- d) entorno
  - ✓ circuito de mando (caso más normal)
  - ✓ circuito de potencia (presostato de potencia).

#### ***1.2.2.8.- Comparación del PLC y del Relé en Automatismos.***

El PLC (Controlador Lógico Programable) incide principalmente en la industria para operar maquinaria, control de instalaciones e incluso en la señalización, facilitando la velocidad de operación y de programación, ocupa poco espacio.

La tabla 1.3 se detalla las comparaciones del PLC y relé:

**TABLA 1.3 COMPARACIÓN DE UN PLC CON UN RELÉ**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>PLC</b>	<b>RELÉ</b>
<b>Funciones</b>	Permite cualquier grado de complejidad	Con un gran número de relés se puede controlar un sistema complejo
<b>Espacialidad</b>	Si, con la implementación de módulos de forma sencilla	No, es compleja
<b>Confiabilidad</b>	Si, solo emplea semiconductores	No, está sujeto a fallas
<b>Flexibilidad/Adaptación</b>	Si, solo se cambia el programa, adaptándose a un nuevo control	No, el cableado tiene que ser cambiado, para emplear en otra aplicación.
<b>Diseño</b>	Simple	Complejo
<b>Mantenimiento</b>	No, solo cambio de partes dañadas (módulos)	Si, requiere de mantenimiento periódico
<b>Tamaño</b>	Reducidos	Normalmente grandes
<b>Consumo</b>	Despreciable, (20w-60w)	Es considerable (> 60w)

FUENTE:<http://www.schneider-electric.com.co/documents/soporte/telesquemario.pdf>

### **1.2.3 Esquemas De Automatización En Lógica Cableada**

#### **1.2.3.1.- Esquema General de Conexiones**

Según, TecsUpVirtu@l (2003) en su publicación menciona “Es el esquema en el cual están representadas todas las conexiones y todos los conductores”

De acuerdo con lo citado se puede apreciar en un mismo esquema todos los dispositivos con sus conexiones, para su activación y ejecución de control. La cual se observa a continuación en la figura 1.10:

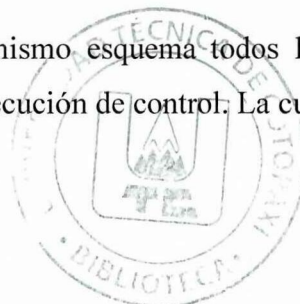
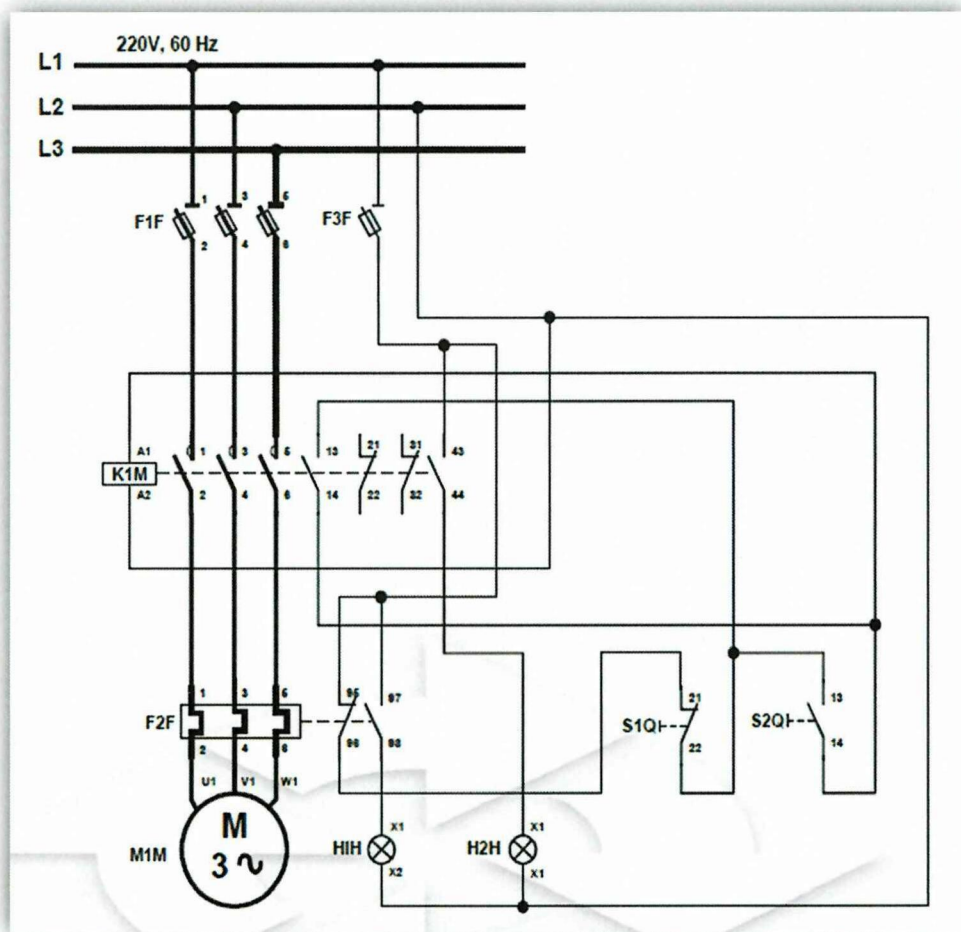


FIGURA 1.10 ESQUEMA GENERAL DE CONEXIONES



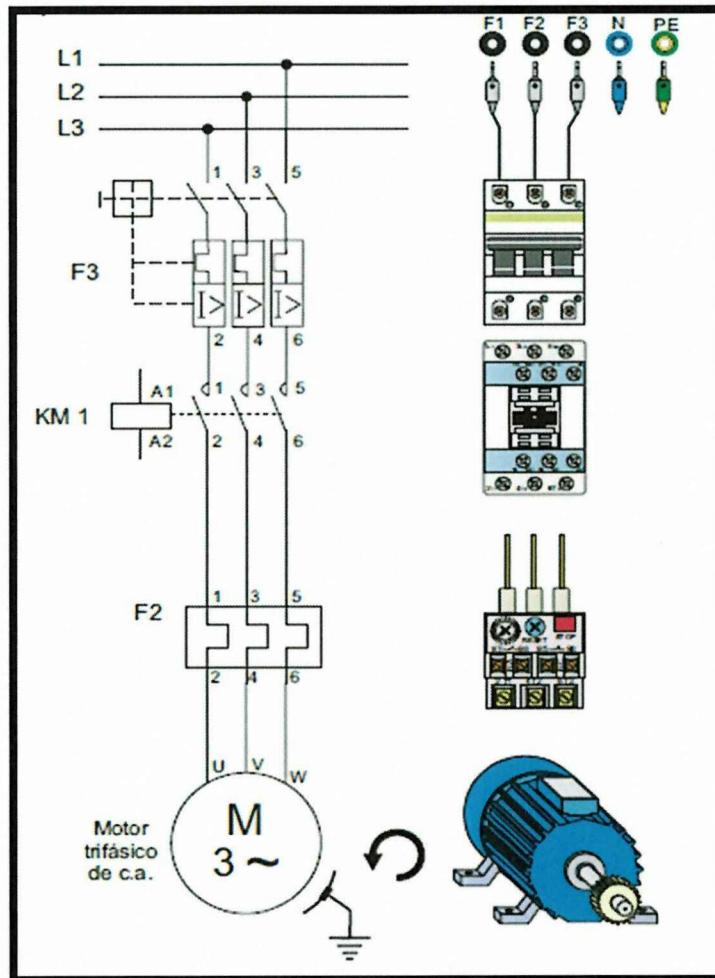
FUENTE: <http://es.scribd.com/doc/229681384/IyCnet-Simbologia-y-Esquemas->

### 1.2.3.2.- Esquema de Potencia

Según CEAC (2013) menciona “Es el esquema funcional, donde se representa de manera esquemática, y sin importar la situación física de los componentes, un circuito principal o el circuito por donde circula mayor intensidad”

Por lo general son receptores y sus contactos de potencia (contactores, reles seccionadores, fusibles, etc.) que se allá en el esquema, como también la línea de alimentación y el sistema de protección. En la figura 1.11 se puede apreciar un esquema de potencia representado en dos formas; simbólica y física.

**FIGURA 1.11 ESQUEMA DE POTENCIA**



FUENTE: <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.esquemas.autom>

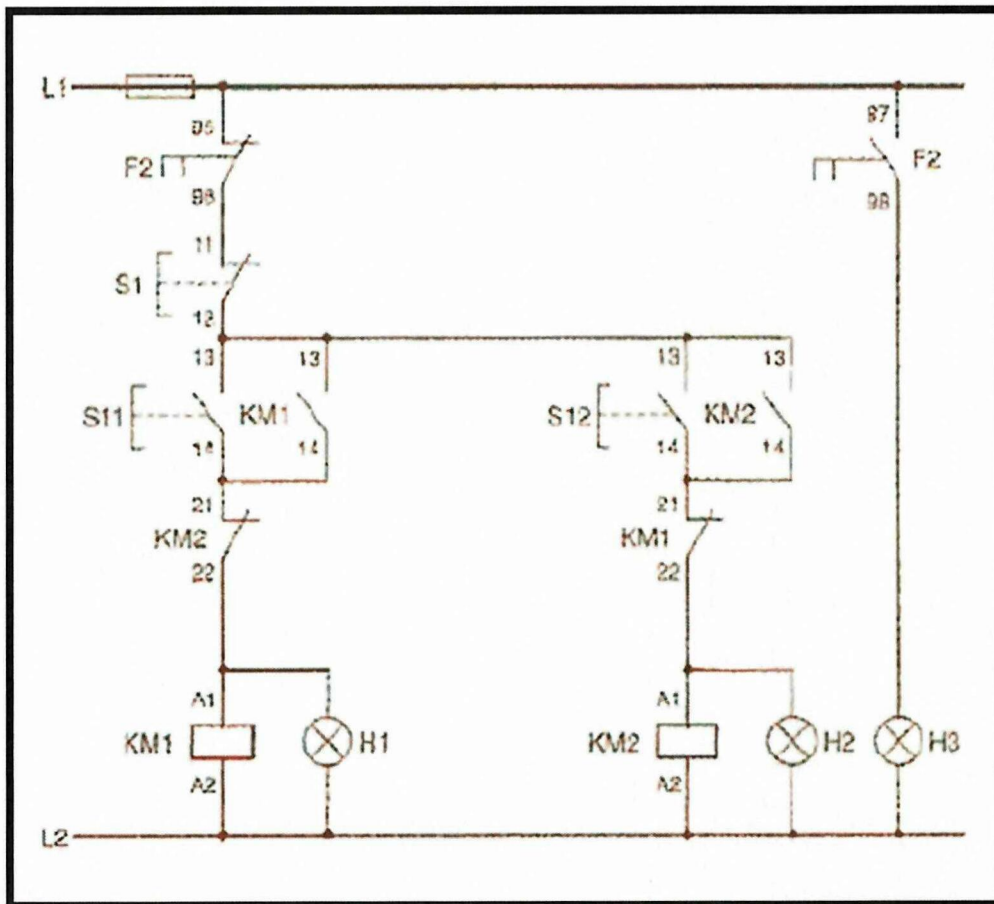
### **1.2.3.3.- Esquema de Mando**

Según, Telemecanique y otros (2003) en su publicación de Manual de prácticas, expone que “Representa el circuito de los elementos que gobiernan a los elementos de potencia, por ejemplo, las bobinas de los contactores y sus contactos auxiliares, los relés y contactores auxiliares, los elementos de mando”

De acuerdo con el contexto de la cita se conoce que a este tipo de esquema se lo llama también funcional o control la cual se aprecia en la figura 1.12, en la cual se conectan los contactos auxiliares de cada dispositivo y realizar el accionamiento o

no mediante interruptores, pulsadores, interruptores electromecánicos y autómatas.

**FIGURA 1.12 ESQUEMA DE CONTROL**



FUENTE: [http://www.caballano.com/IOI\\_Automatizacion.pdf](http://www.caballano.com/IOI_Automatizacion.pdf)

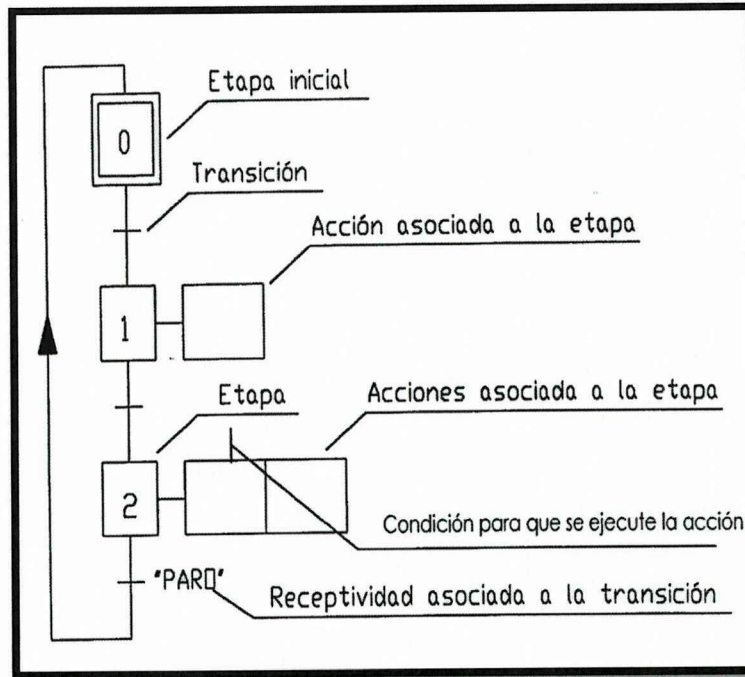
#### ***1.2.3.4.- Elaboración de un GRAFCET a Partir de los Esquemas Eléctricos***

Según CEAC (2013), menciona que “El GRAFCET es un diagrama funcional que describe la evolución del proceso que se quiere automatizar... Está definido por unos elementos gráficos y unas reglas de evolución que reflejan la dinámica del comportamiento del sistema.”

La cita hace mención del GRAFCET que constituido por etapas y transiciones, para describir un determinado proceso en otras palabras es un diagrama funcional,

donde se refleja la dinámica del comportamiento del sistema. Las fases son denominadas etapas y entre dos etapas hay una transición. En la figura 1.3 se aprecia la función del GRAFCET la cual es precisar el ciclo con las condiciones de funcionamiento.

**FIGURA 1.13 ESTRUCTURA BÁSICA DE GRAFCET**



FUENTE: [http://www.caballano.com/IOI\\_Automatizacion.pdf](http://www.caballano.com/IOI_Automatizacion.pdf)

### 1.2.3. Principios Básicos en un Equipo De Bombeo Para El Suministro De Agua

Para un equipo de bombeo se considera los siguientes aspectos para la elección de cualquier tipo de bomba son:

- Elaborar un diagrama de la disposición de bomba y tuberías.
- Determinar el caudal de bombeo.
- Calcular la altura manométrica total.
- Estudiar las condiciones del líquido.
- Elegir la clase y tipo de bomba.

Para la selección o desarrollo de un proyecto de sistemas de bombeo se debe considerar los siguientes conceptos fundamentales que abarcan en este tema.

#### 1.2.4.1.- Caudal o Gasto.

CARROBLES Marcial y RODRÍGUEZ Félix (2000) manifiesta que “se puede definir como la cantidad de fluido que pasa por una determinada sección de un conducto por unidad de tiempo” de esta cita se establece que el caudal también denominado flujo, es el volumen de un fluido que hace su paso por una determinada sección (superficie de la tubería), en función del tiempo, expresando de la siguiente forma:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ecu. 1}$$

Dónde:

Q= Caudal  $\left[\frac{m^3}{seg}\right]$

V= Volumen  $[m^3]$

t=  $[seg]$

Ahora recordemos que el volumen es igual a la longitud (l) por la sección (s) y reemplazamos en la ecuación i se obtiene lo siguiente.

$$Q = \frac{lx s}{t}$$

Quedando la expresión del caudal de la siguiente manera:

Las unidades para su expresión son:

$$Q = v \cdot s \quad \text{Ecu. 2}$$

v= velocidad  $[m/seg]$

s= Sección  $[m^2]$



En esta deducción de fórmulas se establece que el caudal es la velocidad de un determinado fluido en una sección establecida, a continuación se describe sus unidades y sus principales conversiones de unidades del caudal en metro cubico por segundo ( $m^3/seg$ ), litros por segundo (Lit/seg) y galones EE.UU. por minuto (Gal/min). Sus unidades son:

#### 1.2.4.2.- Presión

Según Mott R. (2006) define la presión como “la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de alguna sustancia”

La cita hace referencia a la presión en relación a los gases y líquidos que es la fuerza de un fluido por unidad de área, la presión en cuerpos solidos es la fuerza que actúa sobre una determinada área donde incide dicha fuerza, dando lugar a la contraparte de la presión que es el esfuerzo, pero estos dos puntos de vista de la presión lleva a una formula general que es:

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ecu. 3}$$

Dónde:

$P$ : presión, expresada en Pascal (Pa)

$F$ : fuerza, expresada en fuerza (N)

$A$  = área, expresada en metros cúbicos ( $m^2$ )

En la presión existe una clasificación que a continuación se detalla:

**Presión atmosférica ( $P_{atm}$ ):** se basa en la capa de aire que rodea a la tierra, ejerciendo presión en su interior de acuerdo a la altitud del lugar o región. Esta presión puede ser medida con instrumentos llamados barómetros, de aquí nace el nombre de presión barométrica.

**Presión absoluta ( $P_{abs}$ ):** expresada mediante una referencia arbitraria, comúnmente hace referencia al cero absoluto y la  $P_{atm}$  local.

**Presión manométrica ( $P_{manométrica}$ ):** determinada por instrumentos llamados manómetros y se suele encontrar su valor mediante la diferencia entre la presión absoluta con la presión atmosférica, dando la siguiente ecuación.

$$P_{manométrica} = P_{abs} - P_{atm} \quad \text{Ecu. 4}$$

#### ***1.2.4.3.-Ecuación de Reynolds y Rugosidad Relativa***

En las publicaciones CRANE da a entender que la ecuación de Reynolds permite determinar si un flujo que atraviesa una tubería es laminar o turbulento, en función de la velocidad del fluido, el diámetro de la tubería y de la viscosidad cinemática.

La ecuación de Reynolds es la siguiente:

$$Re = \frac{d \cdot V}{\nu} \quad \text{Ecu. 5}$$

Dónde:

$Re$ : Numero de Reynolds, (adimensional)

$d$ : Diámetro interior del tubo, (m)

$V$ : Velocidad del líquido, (m/seg)

$\nu$  = viscosidad cinemática (centipoises)

El valor de la viscosidad cinemática ( $\nu$ ), se la puede hallar en tablas, en función de su temperatura y del tipo de fluido o también mediante su ecuación:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{Ecu. 6}$$

Dónde:

$\rho$ : Densidad del líquido, ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ).

$\mu$ : Viscosidad absoluta del líquido, unidad ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ), expresada en centipoises.

La misma que reemplazando en la ecu. 5, la expresión de Reynolds queda postulada de la siguiente forma:

$$Re = \frac{d * V}{\frac{\mu}{\rho}}$$

$$Re = \frac{d * V * \rho}{\mu} \quad \text{Ecu. 7}$$

Según CRANE (2001) si el número de Reynolds es  $\leq 2000$ , el fluido es laminar (adecuado para el sistema de bombeo), si el número de Reynolds es,  $\geq 4000$ , el fluido es turbulento (es perjudicial para el sistema de bombeo), pero si se encuentra entre  $2000 \leq Re \leq 4000$ , el fluido entra en zona de transición o crítica.

**Rugosidad relativa:** Según CRANE (2001) manifiesta que el resultado de la rugosidad conjuntamente con el de Reynolds, me permite hallar el factor de razonamiento o coeficiente de fricción ( $f$ ) para todos los fluidos mediante la utilización del diagrama de Moody (Anexo 2)

Hace referencia al tipo de material que tienen las tuberías utilizadas en sistemas de bombeo sus valores se encuentran en el Anexo 3, la rugosidad relativa se encuentra expresada como:

$$k/d \quad \text{Ecu. 8}$$

Dónde:

$k$ : Rugosidad absoluta (mm),

$d$ : Diámetro de la tubería (mm)

### **Pérdida total de fricción ( $h_t$ )**

Para los cálculos de redes de distribución de un fluido se hace necesario los cálculos de pérdidas por fricción en la tubería y accesorios como son; codos y

válvulas de diferente tipo, etc., con el fin de poder reducir pérdidas mediante una selección adecuada de los mismos.

Según la publicación Banco Interamericano de Desarrollo (2011), mediante la ecuación 9, se determina las pérdidas por fricción en las tuberías, expresado su unidad en metros columna de agua (mca):

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecu. 9}$$

Dónde:

$h_t$ : Pérdida total de fricción.

$f$ : Coeficiente de fricción (diagrama de Moody o ecuación de Colebrook)

$L$ : Longitud de la tubería ( $m$ )

$D$ : Diámetro de la tubería ( $mm$ )

$g$ : Aceleración de la gravedad ( $m/s$ )

$V^2$ : Velocidad del fluido ( $m/s$ )

Para obtener las pérdidas secundarias en accesorios se utilizara el método de longitud de tubería recta equivalente, dicho método consiste en evaluar la caída de presión que se genera a través de un accesorio de tubería y determinar una longitud de tubería recta que dé como resultado la misma cantidad de pérdida según el Banco Interamericano de Desarrollo (2011). Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$h_a = \frac{\Sigma k * V^2}{2g} \quad \text{Ecu. 10}$$

Dónde:

$h_a$  = Pérdidas secundarias en accesorios. Anexo 4

$\Sigma K$ : Sumatoria de Accesorios (dependiendo de su geometría o longitud), dato obtenido de tablas o graficas de los diferentes accesorios

Deduciendo las ecuaciones 8-9, se encuentra la fórmula para hallar la pérdida total de fricción ( $h_t$ )

$$h_t = h_f + h_a$$

$$h_t = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} + \frac{\Sigma k * V^2}{2g}$$

$$h_t = \frac{V^2}{2g} (f * \frac{L}{D} * + \Sigma k) \quad \text{Ecu. 11}$$

#### **1.2.4.4.- Determinación de la Altura o Columna Total (H)**

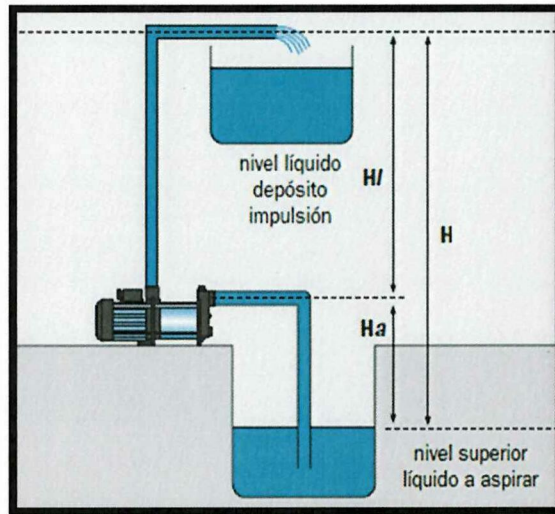
Según la publicación de bombas Ideal (2012) manifiesta que “...se puede definir como la altura que deberá vencer la bomba, para elevar un caudal de líquido determinado a través de una tubería desde un nivel inferior a otro superior”

De acuerdo a la cita la determinación de la altura o columna de bombeo, se puede determinar por la suma algebraica de la elevación o cabeza dinámica de aspiración y la cabeza o columna dinámica de impulsión, para que la bomba funcione adecuadamente la cual cumple con dos condiciones que son:

En la figura 1.14 se observa una elevación estática de aspiración medida desde el nivel mínimo del líquido al eje de la bomba, la cual se considera positiva:



**FIGURA 1.14 DEPOSITO POR DEBAJO DEL EJE DE LA BOMBA (+ $h_a$ )**



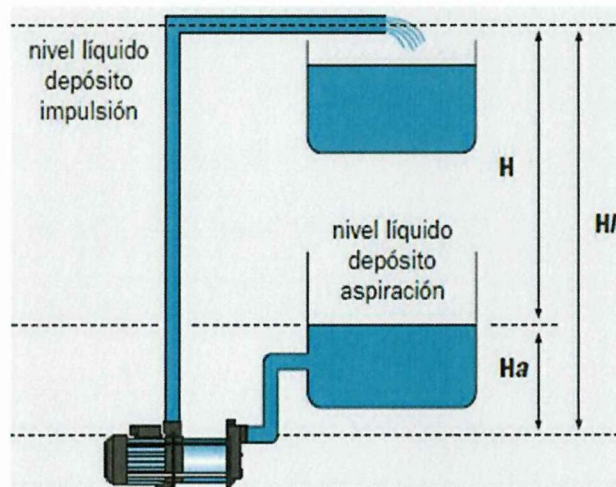
FUENTE: [http://www.espagroup.com/pdfs/apt2000\\_pdf](http://www.espagroup.com/pdfs/apt2000_pdf)

$$H: h_i + h_a$$

Ecu. 12

La figura 1.15 se aprecia que la columna o cabeza estática de aspiración medida desde el eje de la bomba al nivel máximo de elevación en la cual se considera negativa.

**FIGURA 1.15 DEPOSITO POR ENCIMA DEL EJE DE LA BOMBA (- $h_a$ )**



FUENTE: [http://www.espagroup.com/pdfs/apt2000\\_Apendice\\_Tecnico\\_ok.pdf](http://www.espagroup.com/pdfs/apt2000_Apendice_Tecnico_ok.pdf)

De la figura 1.15 se puede deducir la siguiente expresión:

$$H: h_i - h_a \quad \text{Ecu. 13}$$

Determinación de la elevación dinámica de aspiración o succión ( $h_a$ )

$$h_a = h_{ea} + h_{fa} + h_{va} \pm h_{pa} \quad \text{Ecu. 14}$$

Dónde:

$h_{ea}$ : Elevación estática de aspiración (m)

$h_{fa}$ : Pérdida total de fricción en la línea de aspiración m, determinada por la ecu. 10

$h_{va}$ : Velocidad en la aspiración (m/s), despejando ( $v$ ) de la ec. 1

$\pm h_{pa}$ : Presión en la parte de la aspiración. Existe cuando el tanque de aspiración se encuentre cerrado a la atmosfera caso contrario su valor es cero.

- Es positivo si la presión es positiva ( $+h_{pa}$ ).
- Es negativa si la presión es de vacío ( $-h_{pa}$ )

Determinación de la Columna o cabeza dinámica de impulsión ( $h_i$ ), es el mismo procedimiento para hallar  $h_a$ , pero solo se refleja en la parte de la impulsión o descarga.

$$h_i = h_{ei} + h_{fi} + h_{vi} \pm h_{pi} \quad \text{Ecu. 15}$$

#### **1.2.4.5.- Determinación del NPSH**

Según EspaGroup (2007) menciona que “El NPSH (Net Positive Suction Head) o altura neta positiva de aspiración (ANPA) es la diferencia entre la presión del líquido referido al eje del impulsor y la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo”

De la cita mencionada se puede mencionar que el NPSH tiene como fin evitar la cavitación en la tubería de succión como en los alabes del impulsor, en estos lugares la presión tiende a ser menor que la atmosférica.

La cavitación produce daños físicos y ruidos molestos, puede llegar a reducir el caudal descargado de manera significativa. Para estos inconvenientes es necesario "impedir" que la presión a la entrada de la bomba sea menor que un cierto límite.

El NPSH requerido ( $NPSH_R$ ), es un dato del fabricante de la bomba, que obtiene el resultado mediante pruebas de laboratorio, con el fin de evitar la cavitación y garantizar su buen funcionamiento

El NPSH disponible ( $NPSH_D$ ), es calculado por el diseñador del sistema de bombeo, para tal efecto debe de cumplir lo siguiente:

$$NPSH_D \geq 1.10 NPSH_R \quad \text{Ecu. 16}$$

El valor numérico es recomendado por seguridad. La normas ANSI y la HI (Hydraulic Institute), emiten estándares que especifican un margen mínimo de 10% para el  $NPSH_D$ , en la práctica existen márgenes que llegan al 100% o solicitan un margen de 50 pies, para ello se debe consultar la tabla de ANSI /HI, para casos excepcionales.

Ecuación del NPSH disponible:

$$NPSH_D = h_{sp} \pm h_{ea} + h_f - h_{vp} \quad \text{Ecu. 17}$$

Dónde:

$h_{sp}$ : Carga de presión estática (absoluta) sobre el fluido en el tanque, (m.c.a.)

$$h_{sp} = p_{abs} / \gamma \quad \text{Ecu. 18}$$

$p_{abs}$ : Presión absoluta sobre el fluido en el depósito

$h_{ea}$ : Elevación estática de aspiración (m)

$h_{vp}$ : Carga de presión de vapor de líquido a la temperatura de bombeo (m.c.a.)

$p_{vp}$ : Presión de vapor (absoluta), del líquido a la temperatura a que se bombea

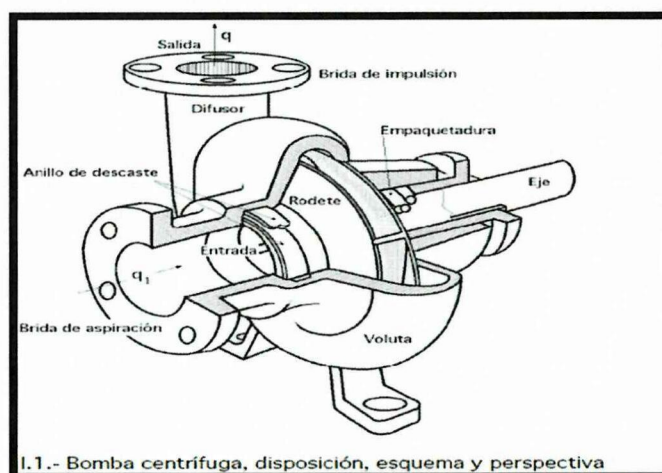
Con los cálculos realizados para determinar la altura o columna total ( $H$ ) que en libros la encontramos como TDH, la carga neta positiva de succión ( $NPSH_D$ ) y el caudal de diseño ( $Q$ ), se puede seleccionar la bomba para el suministro de agua mediante la utilización de curvas de ( $H-Q$ ), llamadas curvas características de bombas, donde puedo obtener datos como la eficiencia, el diámetro del impulsor entre otros.

### Bombas centrífugas

Según la Organización Panamericana de Salud (2008) “las bomba centrífuga consiste de un elemento móvil, denominado impulsor, donde un cierto número de alabes, dirigen el movimiento de las partículas de líquido”

De la cita se puede mencionar que las bombas son máquinas hidráulicas que transforman la energía mecánica en energía hidráulica con el fin de generar movimiento de un cierto volumen de líquido entre dos niveles. En la figura 1.16 se aprecia una bomba centrífuga con sus principales características

**FIGURA1.16 BOMBA CENTRIFUGA**



FUENTE: [http://www.ing.una.py/pdf\\_material\\_apoyo/bombas-centrifugas](http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/bombas-centrifugas)

Según Fernández P. (2011) detalla las partes constructivas de estas bombas que son:

- Brida de aspiración: ingreso del fluido de la cisterna a la bomba.
- Impulsor o rodete: Constituido por alabes de diversas formas, que es accionado por un motor los cuales giran dentro de una carcasa circular. Los álabes del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, adquiriendo velocidad y aumentando su presión en el impulsor.
- La voluta: es la parte fija de la bomba, su forma es de caracol con una separación mínima con el rodete su función es la de transformar parte de la energía dinámica creada en el rodete en energía de presión
- Impulsor, Es por donde el fluido es evacuado bajo presión y a una velocidad determinada por la bomba.

### **Clasificación de bombas centrifugas.**

**Según la adquisición del líquido:** *Bombas de flujo radial:* Se utilizan impulsores radiales que pueden ser del tipo abierto, semiabierto o cerrado, Se emplean cuando se requiere bombear líquidos a alturas entre intermedias y elevadas.

*Bombas de flujo mixto:* Se utilizan impulsores radiales que pueden ser del tipo abierto o cerrado. Se emplean en servicios que requieren bombear a alturas intermedias.

*Bombas de flujo axial:* Se utilizan para bombear grandes caudales a poca altura, especialmente agua potable o aguas residuales tratadas. Su costo es bajo en comparación con la de flujo radial o mixto.

### **Según el tipo de impulsor:**

*Bombas de impulsor abierto:* Fácil acceso a los alabes, son de baja eficiencia en comparación con un impulsor cerrado su ventaja es que puede dejar pasar restos



de materiales relativamente grandes sin obstruirse. Su aplicación es en agua potable y en líquidos residuales.

*Bombas de impulsor semiabierto:* Posee mayor estabilidad que los impulsores abiertos su uso es apropiado en líquidos viscosos y en aguas residuales, tienen mayor resistencia a la abrasión que los impulsores cerrados

*Bombas de impulsor cerrado:* Su rendimiento es superior al resto, su aplicación son en líquidos que tiene poca resistencia a la abrasión. El impulsor está constituido de dos discos paralelos que encierran totalmente las vías del agua desde la succión hasta el impulsor, presentando un buen direccionamiento del flujo.

#### **Según al número de etapas de descarga**

*Bombas de etapa simple:* Posee un único impulsor y su aplicación es cuando no se necesita elevar un fluido a grandes alturas.

*Bombas de dos o más etapas:* Poseen dos o más impulsores instalados en serie, con una sola descarga haciendo que el caudal de bombeo sea mismo en todas las etapas. La altura de elevación total es la suma de la altura de elevación de cada impulsor. Pueden ser construidas con el eje vertical u horizontal. Aplicadas en instalaciones de agua potable y aguas residuales de gran altura de elevación.

#### **Según la posición de la bomba:**

*Bombas de eje horizontal:* Son las más comunes y de aplicación a todos los fines.

*Bombas de eje vertical:* Se puede diferenciar dos tipos: las no sumergidas (bajo el nivel del suelo y economiza espacio), Sumergidas (sumergida en pozo de succión, accionadas por motor y a través de un eje de transmisión para generar el movimiento de la bomba)

*Bomba y motor sumergidos:* Trabajan sumergidos en un pozo de succión, con el motor por debajo del cuerpo de la bomba.

#### **1.2.4.6.- Determinación de la Potencia de la Bomba y Rendimiento**

Sterling SIHI (2005) da a conocer que la potencia hidráulica ( $P_u$ ) dada por la bomba es la potencia útil transmitida por la bomba al líquido bombeado, expresado como:

$$P_u = \rho * g * H * Q = \rho * Q * g * H \quad \text{Ecu. 19}$$

Dónde:

$P_u$ : Potencia que la bomba entrega al agua [W]

$\rho$ : Densidad del líquido en [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

Q: Caudal [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

g. La aceleración de a gravedad en [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]

H: Metros columna de agua [mca o m]

El rendimiento  $\eta$  de la bomba, que representa las pérdidas en la misma, es conocido, la potencia absorbida por la bomba puede expresarse por la siguiente ecuación:

$$P = \frac{P_u}{\eta} = \frac{\rho * Q * h}{367 * \eta} \text{ en Kw} \quad \text{Ecu. 20}$$

El rendimiento de la bomba  $\eta$  establece la relación entre la potencia hidráulica suministrada por la bomba y la potencia absorbida en el eje o acoplamiento de la misma. El rendimiento de la bomba se expresa mediante la ecuación:

$$\eta = \frac{P_u}{P} = \frac{\rho * Q * g * H}{P} \quad \text{Ecu. 21}$$

#### **1.2.4.7.-Tanques de Almacenamiento de Agua Potable**

La función de los tanques de reserva es la de abastecer en caudal como en presión (tanques elevados) a todos y cada uno de los muebles sanitarios que lo requieran, existen varios tipos de tanques o cisternas de almacenamiento.

([http://es.wikipedia.org/wiki/Tanque\\_de\\_agua](http://es.wikipedia.org/wiki/Tanque_de_agua)), expresa la utilización de los tanques de acuerdo con el uso que tenga:

1.- Públicos: Abasteciendo a un determinado sector, puede ser del municipio, para el abastecimiento de sus moradores y visitantes.

2.- Privados: Abastecen solo al interior de las viviendas, edificios, etc. Y es de uso exclusivo de los moradores de los dueños o inquilinos de estas infraestructuras.

Ahora tomando en cuenta su localización, los tanques de reserva de agua pueden ser:

Enterrados (subterráneos).

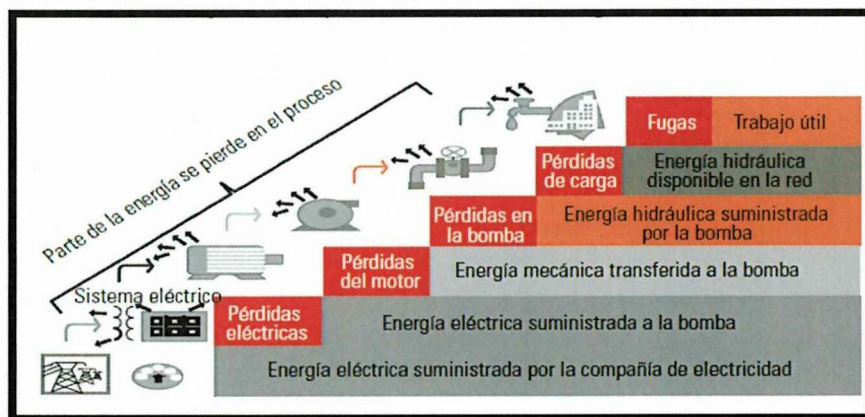
Apoyados sobre el suelo (de superficie).

Elevados (por encima del nivel de los techos).

### 1.2.5 Eficiencia De Energía Eléctrica En Sistemas De Bombeo

El Banco Interamericano de Desarrollo (2011) se basa esencialmente en determinar la energía consumida y las pérdidas en cada componente en el proceso de bombeo, dando a conocer su trabajo útil existente, que es el trabajo para bombear el agua hasta los puntos del sistema de distribución. En la siguiente figura 1.17 se presenta un diagrama simple del balance de energía en sistemas de bombeo.

**FIGURA: 1.17 DIAGRAMA DE BALANCE DE ENERGÍA**



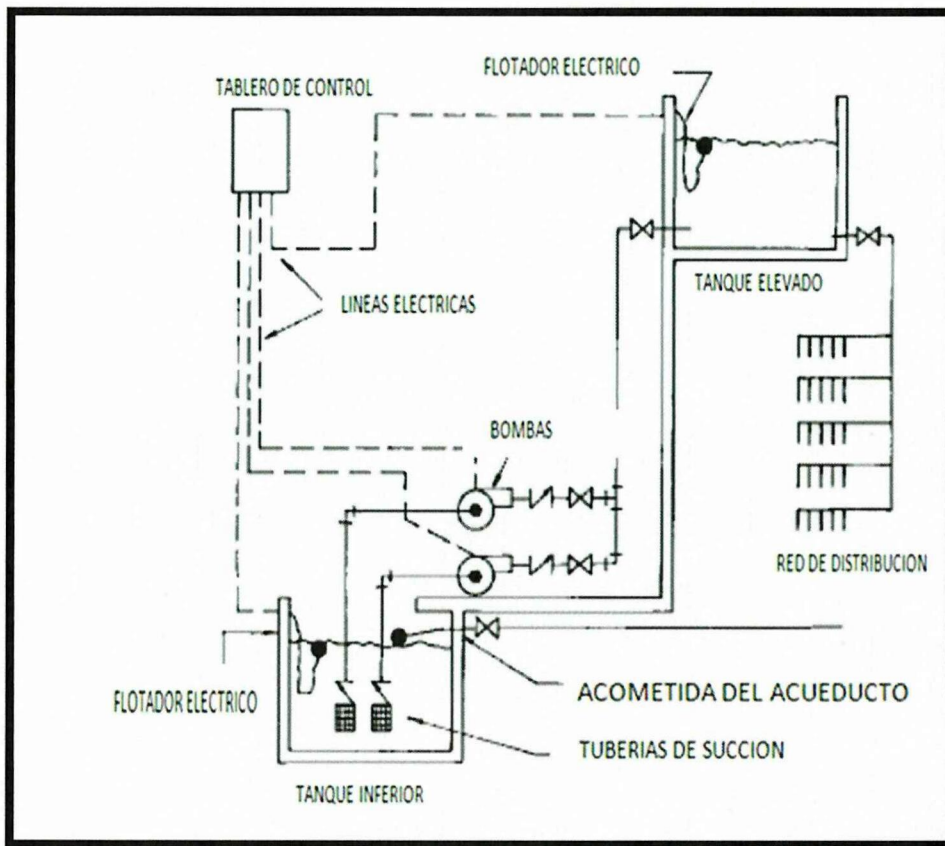
FUENTE: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36338596>

En la actualidad existen diferentes métodos para monitorear todos los consumos energéticos en tiempo real, por tal motivo se sugiere la instalación de equipos de medición de consumo energético y conocer qué servicios demandan una mayor energía, y dirigir hacia ellos medidas de ahorro y eficiencia energética.

#### ***1.2.5.1.-Sistema De Bombeo De Tanque A Tanque***

Este sistema consiste por ejemplo en un tanque elevado en la azotea del edificio; con una altura que permita la presión de agua establecida según las normas sobre la pieza más desfavorable. Como se puede observar en la figura N.- 1.18

**FIGURA N.- 1.18 SISTEMA DE TANQUE A TANQUE**



FUENTE:<http://es.scribd.com/doc/142707418/Sistemas-de-Bombeo-de-Tanque-a-Tanque#scribd>

En la parte inferior de la edificación existe un tanque, el cual puede ser superficial, semi-subterráneo o subterráneo y en el que se almacenará el agua que llega del abastecimiento público.

Desde este tanque un número de bombas establecido (casi siempre una o dos), conectadas en paralelo impulsarán el agua al tanque elevado.

#### ***1.2.5.2.- Sistema de Abastecimiento Directo***

Se puede contar con un sistema de abastecimiento directo, cuando la alimentación de agua a los muebles sanitarios de las edificaciones se hace en forma directa de la red municipal sin q haya algún sistema de almacenamiento como tinacos, cisternas o tanques elevados.

Para realizar el abastecimiento de agua en forma directa a todos los muebles de las edificaciones, es necesario que estas sean en promedio de poca altura y que la red municipal se disponga de una presión tal que el agua llegue a los muebles más elevados con la presión necesaria para un óptimo servicio.

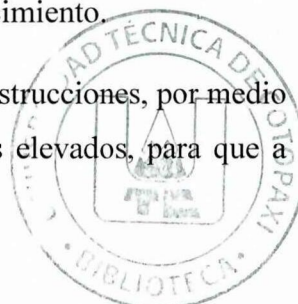
#### ***1.2.5.3.- Sistema De Abastecimiento Por Gravedad***

En este sistema la distribución del agua se realiza generalmente a partir de tinacos o tanques elevados, localizados en las azoteas en forma particular por edificación o por medio de tinacos o tanques regularizadores construidos en terrenos elevados en forma general por la población. Estos deben estar situados a 2m por encima del último mueble para proporcionar la suficiente presión.

#### ***1.2.5.4. Sistema De Abastecimiento Combinado***

Se utiliza un sistema combinado de presión y gravedad, cuando la presión que se tiene en la red general para el abastecimiento de agua no es lo suficiente para su distribución es necesario construir cisternas o instalar tanques de almacenamiento en la parte baja de las construcciones, para un mejor abastecimiento.

A partir de las cisternas ubicadas en la parte baja de las construcciones, por medio de un sistema bombas, se eleva el agua hasta los tanques elevados, para que a



partir de estos se realice la distribución del agua por gravedad a los diferentes niveles y muebles.

#### ***1.2.5.5. Sistema de Abastecimiento por Presión***

El sistema de abastecimiento por presión es más complejo y dependiendo de las características de las edificaciones, tipo de servicio, volumen de agua requerido, presiones, simultaneidad de servicios, número de niveles, número de muebles, características de estos últimos, etc.

Puede ser resuelto mediante:

- 1.- Un equipo hidroneumático.
- 2.- Un equipo de bombeo programado.

#### **Bombas**

Las bombas se clasifican en tres tipos principales:

1. De émbolo alternativo.
2. De émbolo rotativo.
3. Rotodinámicas.

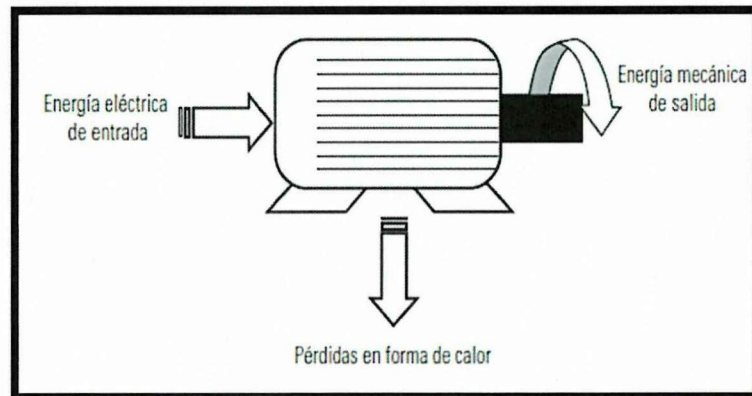
Los dos primeros operan sobre el principio de desplazamiento positivo, es decir, que bombean una determinada cantidad de fluido (sin tener en cuenta las fugas independientemente de la altura de bombeo).

El tercer tipo debe su nombre a un elemento rotativo, llamado rodete, que comunica velocidad al líquido y genera presión. La carcasa exterior, el eje y el motor completan la unidad de bombeo.

#### ***1.2.5.6. Pérdidas y Eficiencia del Motor***

Los motores eléctricos son los equipos encargados de convertir la energía eléctrica en energía mecánica que se transfiere a la carga (cualquiera que esta sea). En la siguiente figura 1.19 se puede observar el flujo de energías correspondiente a un motor eléctrico.

**FIGURA 1.19 FLUJO DE ENERGÍAS EN UN MOTOR ELÉCTRICO**



FUENTE: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36338596>

La eficiencia de un motor eléctrico es la medida que tiene para convertir la potencia eléctrica en potencia mecánica útil. Se expresa usualmente en un porcentaje de la relación de potencia mecánica entre la potencia eléctrica.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia mecánica}}{\text{Potencia eléctrica}} * 100 \quad \text{Ecu. 22}$$

#### ***1.2.5.7.-Pérdidas y Eficiencia en la Bomba***

Es importante diagnosticar varios aspectos que puede ser la causa de un excesivo consumo energético y, al mismo tiempo, presentar oportunidades para ahorrar energía de manera sustancial y con bajo costo. El Banco Interamericano de Desarrollo da a conocer los principales aspectos a diagnosticar en estos sistemas son:

- La eficiencia electromecánica actual.
- Las condiciones de operación del sistema.
- Las características de las instalaciones y pérdidas energéticas en el sistema de conducción.

Durante su operación, las bombas sufren pérdidas naturales como resultado de los mecanismos hidráulicos que suceden en el interior y exterior de sus componentes, por lo cual es lógico que no se pueda mantener la eficiencia de la bomba nueva.

Para entender de dónde vienen las pérdidas en la operación de bombeo que finalmente repercuten en el consumo energético, es importante repasar los diferentes tipos de pérdidas que se presentan en las bombas y que se clasifican según se detalla a continuación.

### **Pérdidas internas**

- 1.-Pérdidas de carga: resultan de la viscosidad y la turbulencia del fluido. Un ejemplo de pérdidas de carga lo constituyen las pérdidas por choques en la entrada del difusor.
- 2.-Pérdidas por fugas: en una bomba, las pérdidas por fugas internas tienen como causa el juego que necesariamente ha de existir entre partes móviles como el impulsor y partes fijas.

### **Pérdidas externas**

- 1.-Fugas externas: estas se producen en los lugares donde el eje atraviesa a la carcasa de la máquina. Una parte del caudal que entra a la bomba se deriva antes de ingresar en el impulsor y se pierde.
- 2.-Pérdidas por rozamiento externo
- 3.-Razonamiento mecánico en las empaquetaduras que existen en los ejes.
- 4- Razonamiento mecánico en los cojinetes de la bomba.

#### ***1.2.5.8.- Determinación de Energía Eléctrica Consumida.***

MOYA Ramón (2011) menciona que los ahorros se calcularán mediante la diferencia entre la energía consumida en la condición actual (sin corrección en el equipo de bombeo), y la condición esperada (con corrección en el equipo de bombeo), multiplicada por el número de días de operación al año, como se indica en la ecuación

$$\Delta E = (E - E') \times \#días$$

Ecu. 23

Dónde:

$\Delta E$  = energía ahorrada (kWh/año)

$E$  = energía actualmente consumida (kWh/día)

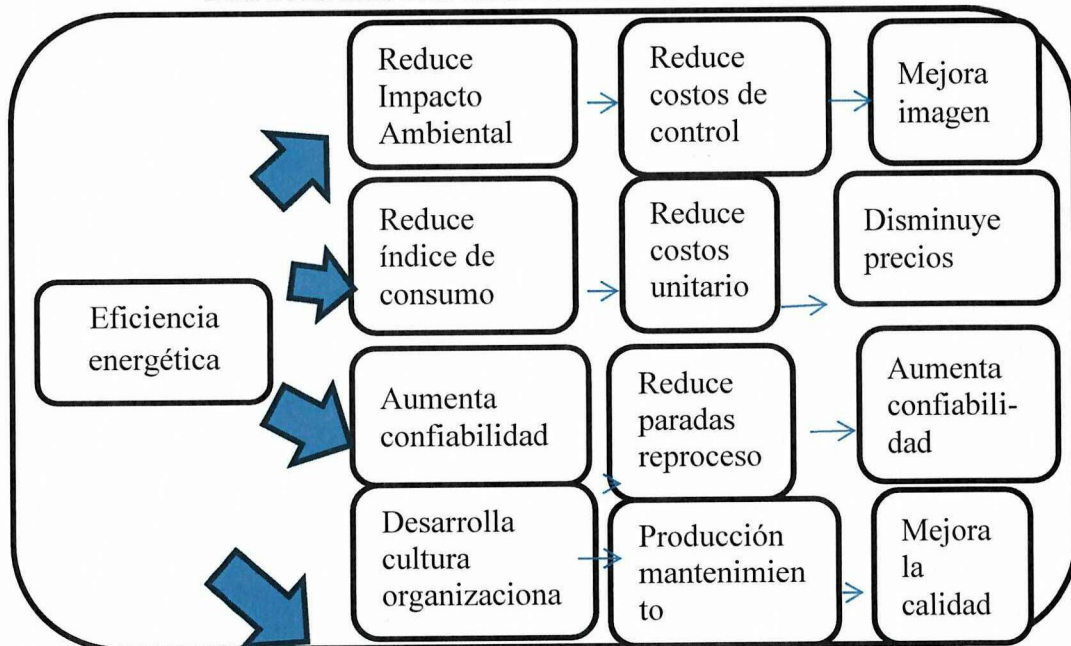
$E'$  = energía esperada sea consumida (kWh/año)

#días = número de días al año que el equipo opera (días/año).

### 1.2.5.9.- Eficiencia en consumo energético

Al hablar de eficiencia la relacionamos con una práctica que tiene por objeto reducir el consumo de energía, de esta manera disminuir costos impulsando la sustentabilidad económica, política y ambiental. En el Ecuador se ha creado campañas del uso adecuado de los recursos energéticos que se dispone, con el fin de llegar a la conciencia de la población exponiendo las consecuencias negativas. En la figura 1.20 se representa los beneficios de tener una eficiencia energética.

**FIGURA 1.20 EFICIENCIA ENERGÉTICA**



FUENTE: <http://www.empresaeiciente.com/es/catalogo-de-tecnologias/monitorizacion-y->

#### ***1.2.5.10.- Analizadores de Energía Eléctrica.***

Los analizadores de redes permiten establecer tiempos para determinar los consumos y compararlos a lo largo del periodo establecido (determinado por el usuario) para estudiar su comportamiento ante su consumo eléctrico.

Los analizadores de redes como la marca FLUKE, son equipos de monitoreo los cuales dan a conocer diferentes parámetros en un sistema eléctrico y buscar oportunidades de ahorro energético.

Según FlukeCorporation (2012) expone los principales parámetros que dan a conocer en estos instrumentos de medida son:

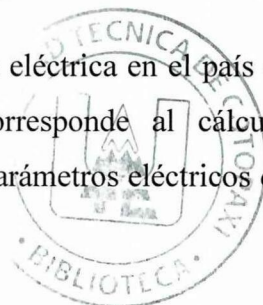
- Tensión/corriente
- Armónicos
- Frecuencia/Desequilibrio
- Fluctuaciones
- Potencia y energía
- Calculadora de pérdida de energía
- Huecos y picos
- Perdidas de energía.

#### **1.2.6.- Consumo de Energía Eléctrica en el Ecuador**

La generación, como el consumo de energía eléctrica actualmente se ha convertido en una política de Estado, destinada a contribuir con la solución de la crisis energética nacional y establecer una cultura de ahorro.

El gobierno ecuatoriano actual, ha realizado una fuerte inversión en el sector público, enfatizando en el problema energético del Ecuador y decide emprender el “Plan de soberanía energética”, que entre varios puntos, entrega recursos para la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas tales como:

El diario La Hora (2013) informa “El consumo de energía eléctrica en el país es de 18.469 gigavatios (GWh) por hora. Esta cifra corresponde al cálculo establecido a septiembre de 2012, según la estadística de parámetros eléctricos de



las empresas distribuidoras”. Este medio informativo publica que las ciudades que presentan el mayor consumo eléctrico las cuales son: Guayaquil con 4.952 GWh y Quito con 3.955 GWh al año.

El medidor de energía eléctrica registra el consumo expresado en kilovatios-hora (Kw/h), para determinar la cantidad de energía consumida por el usuario en un mes con base a las lecturas tomadas en forma mensual en los sectores urbanos y cada dos meses en los sectores rurales.

Para determinar el consumo de energía eléctrica mensual en cada electrodoméstico, se tiene que multiplicar la potencia del electrodoméstico en vatios (w) por el tiempo de funcionamiento (horas) en un mes; mediante la siguiente fórmula.

#### ***1.2.6.1. Aprobación De Un Nuevo Tarifario En El Servicio Eléctrico.***

El Directorio del Consejo Nacional de Electricidad aprobó un nuevo Pliego Tarifario para la prestación del servicio de energía eléctrica, que regirá a partir de los consumos de mayo.

Según un comunicado de prensa, la institución informó que el nuevo pliego se fundamenta en el Informe de Análisis de Costos del Servicio Eléctrico que fue presentado al Directorio de Conelec el 23 de abril de 2014 pasado, que considera entre otros aspectos un ajuste por la inflación para las diferentes categorías de usuarios.

Para los usuarios residenciales habrá un ajuste de 1 centavo por kilovatio hora. Un usuario que consume 150 kWh por mes (consumo promedio nacional) tendrá un incremento de 1,90 dólares en sus planillas. Consumos mayores como 200 y 300 kWh, tendrán incrementos de 2,50 y 3,80 dólares, respectivamente.

Conelec explica que el ajuste tarifario no se aplicará a casi 2 millones y medio de familias, que se benefician desde el año 2007 de la Tarifa Dignidad de 4 centavos, que representan el 61 por ciento de los 4'012.476 usuarios residenciales a nivel nacional que se reportan a la fecha.

Para el caso de los usuarios comerciales e industriales el ajuste será de 2 centavos en el valor del kilovatio hora consumido, mientras que los cargos por demanda que se aplican para este tipo de usuarios se mantienen en los valores actuales. En el análisis para los clientes industriales se consideró que la energía eléctrica es marginal en la estructura de costos de producción y varía entre 1 y 5% según el tipo de industria. A nivel nacional se registran 446 mil usuarios comerciales y 49 mil usuarios de tipo industria. El costo que la Universidad Técnica de Cotopaxi cancela por kilovatio/hora es de 0.15 centavos, esta información es obtenida en la empresa eléctrica de la Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga.

## CAPITULO II

### 2. DISEÑO METODOLOGICO

#### 2.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente tema se trabajara con la metodología que corresponde al diseño experimental puesto que se presenta mediante la manipulación de una variable experimental comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular, se observa el fenómeno tal y cual es, en donde el experimentador puede manipular las variables que influyen en el fenómeno.

En la investigación experimental el investigador puede influir sobre las variables, tiene control directo sobre ellos; ya que puede constatar sus efectos.

**Análisis.-** Este método me permite comparar los datos registrados mediante el analizador de redes “fluke 430 II”, el consumo en KW/H de la energía eléctrica y el valor a cancelar por la energía consumida por parte del sistema de bombeo de agua para la edificación del bloque “B”, esto me permite determinar si existe cambios con la implementación realizada, mediante la reducción del consumo de energía eléctrica.

**Método estadístico.-** Se utilizara en la tabulación e interpretación de los resultados. A partir de la investigación se aplica las siguientes técnicas: La encuesta, nos permiten recopilar información a nivel de la comunidad educativa (funcionarios, autoridades).

## 2.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación corresponde al tipo descriptivo porque detalla fenómenos situaciones contextos y eventos como son y cómo se manifiestan en el caso particular de los problemas de consumo energético en la Universidad Técnica de Cotopaxi, en el Bloque “B”.

## 2.3 POBLACIÓN, UNIVERSO Y MUESTRA

La población o universo son las autoridades y el departamento financiero y área de mantenimiento porque tienen conocimiento acerca del tema: como por ejemplo los costos de los pagos de planillas eléctricas, y otra sobre el sistema de bombeo, por lo tanto se acogido una muestra para realizar nuestras encuesta y entrevistas.

**TABLA 2.1 POBLACIÓN Y MUESTRA**

<b>GRUPOS</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>MUESTRA</b>
Rector	1	1
Vicerrector	1	1
Departamento financiero	3	3
Área de mantenimiento	3	3
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

**ELABORADO POR:** Paul Mora y Javier Espín

## 2.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se procedió a pedir autorización al Rector de la Institución y se aplicó las encuestas a los funcionarios del departamento financiero y del área de mantenimiento, así como también se procedió a entrevistar a las autoridades de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## 2.5. PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para el procesamiento de información se tabularon los resultados obtenidos de cada una de las preguntas realizadas en las entrevistas realizadas al rector y vicerrector de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la encuesta a los funcionarios

y área de mantenimiento para esto utilizamos un cuadro para interpretar los resultados en forma numérica y un gráfico para ilustrar los datos de la tabla.



## 2.6 ENCUESTA DIRIGIDA A LOS FUNCIONARIOS DEL DEPARTAMENTO FINANCIERO

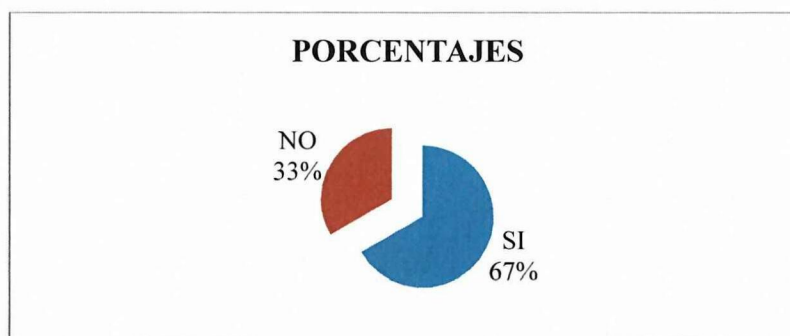
TABLA N.- 1

¿Conoce usted lo que es un sistema automático?

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	2	67 %
NO	1	33%
TOTAL	3	100%

ELABORADO POR: Paul Mora y Javier Espín

GRAFICO 2.6.1



### INTERPRETACIÓN

De los datos obtenidos en el cuadro se establece que 2 funcionarios del área financiero que representan al 67% manifiestan que conocen lo que es un sistema automático, mientras que 1 funcionario del área financiera que corresponden al 33% no conoce lo que es un sistema automático.

De acuerdo a los datos obtenidos **se puede** notar que dentro del área financiera si conocen de lo que es un sistema automático.

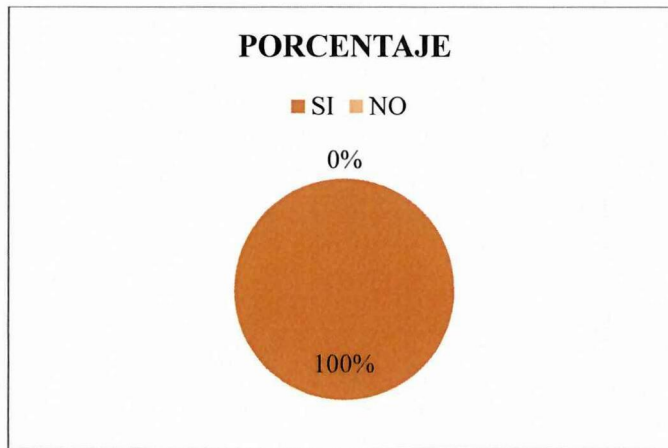
**TABLA N.2**

**¿Sabe usted sobre los beneficios que representa los sistemas automáticos, principalmente en lo económico?**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJES</b>
<b>SI</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>
<b>NO</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>

**ELABORADO POR:** Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO 2.6.2**



**INTERPRETACIÓN**

Los datos que constan en el presente dan a conocer que los 3 funcionarios del área financiera que equivale al 100% saben sobre los beneficios que tiene un sistema automático dentro de la institución educativa.

De acuerdo con los datos obtenidos se analizó que los funcionarios conocen de los beneficios que tienen un sistema automático y sus ventajas.

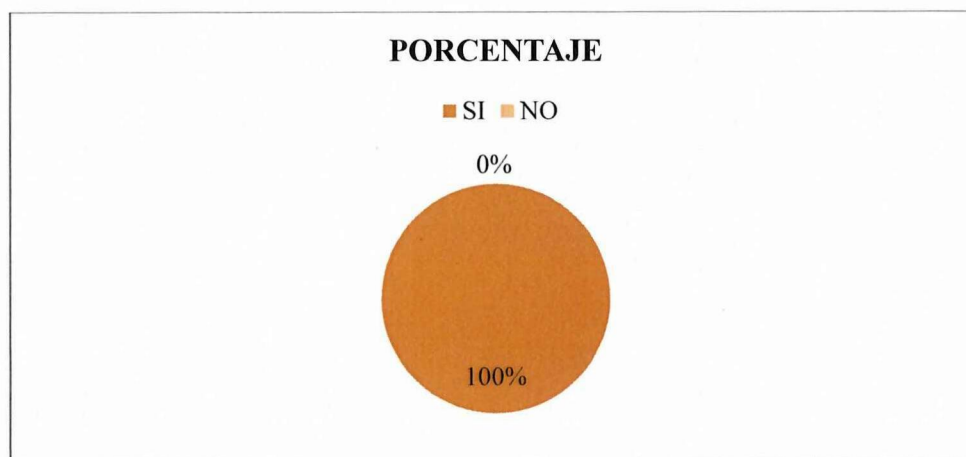
**TABLA N.- 3**

**¿Considera usted que el sistema de bombeo en la edificación del bloque “B” es el mayor consumidor de energía eléctrica?**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJES</b>
<b>SI</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>
<b>NO</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>

**ELABORADO POR:** Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO 2.6.3**



### **INTERPRETACIÓN**

Se observa en las encuestas que el 100% manifiesta que en la edificación del bloque “B” es el mayor consumidor de energía eléctrica por ende sus pagos son elevados.

Es evidente que el mayor consumidor de energía eléctrica es el bloque “B”, se pretende disminuir un poco el consumo de energía eléctrica en este bloque.

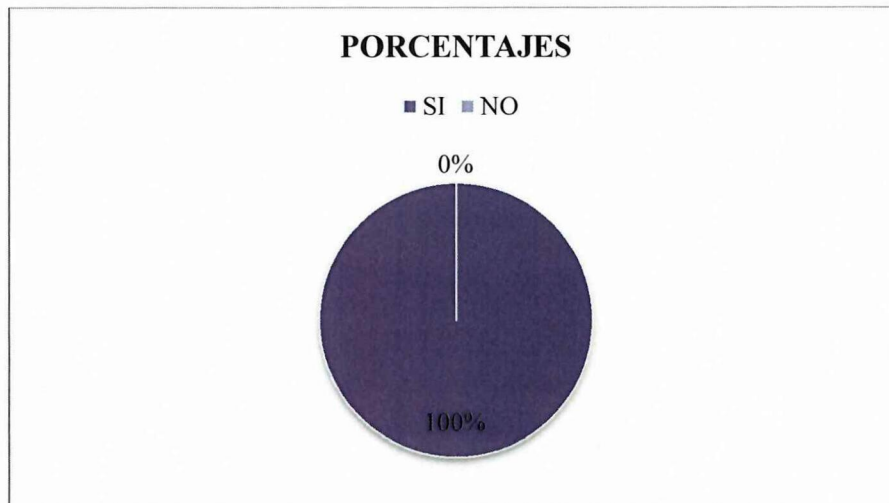
**TABLA N.- 4**

**¿Considera usted que si optimiza el funcionamiento del equipo de bombeo con un sistema automático se podría reducir el pago en las planillas?**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJES</b>
<b>SI</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>
<b>NO</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>

**ELABORADO POR:** Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO2.6.4**



**INTERPRETACIÓN**

El 100% de los funcionarios del departamento financiero considera que si se mejora el sistema de bombeo, reducirá el costo en las planillas de luz

El mejoramiento del equipo de bombeo reducirá el pago de energía eléctrica y también se lograría reducir la activación frecuente de los motores.

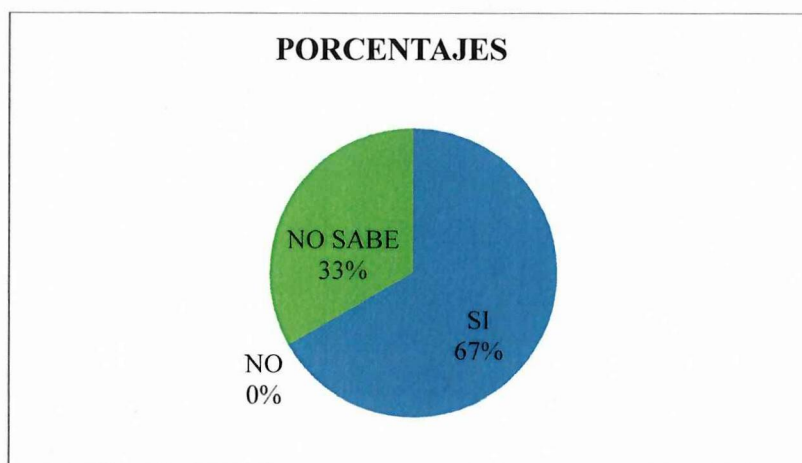
**TABLA N. 5**

**¿Cree usted que es necesaria la implementación de un nuevo sistema de bombeo de agua automático?**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	2	67%
NO	0	0%
NO SABE	1	33%
TOTAL	3	100%

ELABORADO POR: Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO2.6.5**



**INTERPRETACION**

Se observa, que el 67% de los encuestados están de acuerdo que se implemente un nuevo sistema de bombeo que ayude de esta manera a reducir el consumo eléctrico y el 33% no sabe si un nuevo sistema ayudara o no a un ahorro económico.

La mayoría contestaron que si les interesaría que se implemente un nuevo sistema de bombeo de agua que beneficie a la Universidad, para que exista un ahorro económico a la Institución.



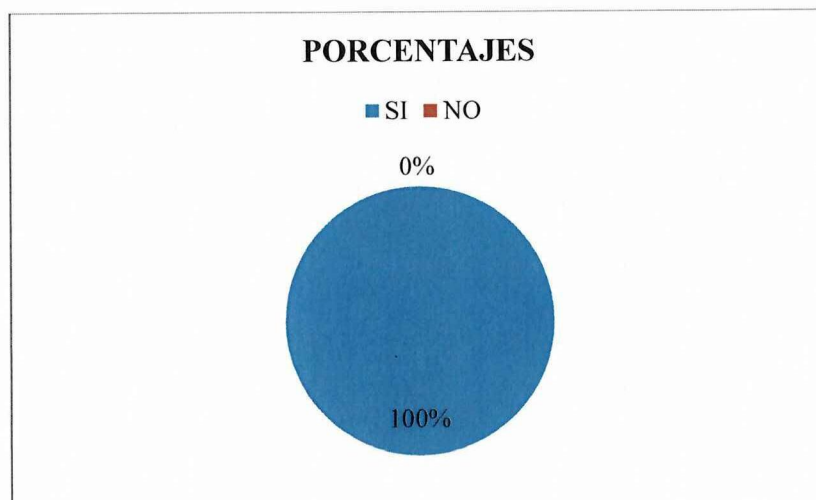
**TABLA N.- 6**

**¿Cree usted que un sistema de bombeo automático representaría un ahorro económico a la universidad?**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJES</b>
<b>SI</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>
<b>NO</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>

**ELABORADO POR:** Paul Mora y Javier Espín

**GRÁFICO 2.6.6**



**INTERPRETACIÓN**

El 100% de los encuestados consideran que un sistema de bombeo automático aportaría a un ahorro económico en la Universidad el cual beneficiaría mucho.

Con estos datos se puede evidenciar que con un nuevo sistema de bombeo automático si existiría un ahorro económico para la Universidad y las autoridades podrían utilizar en otro beneficio para la Institución.

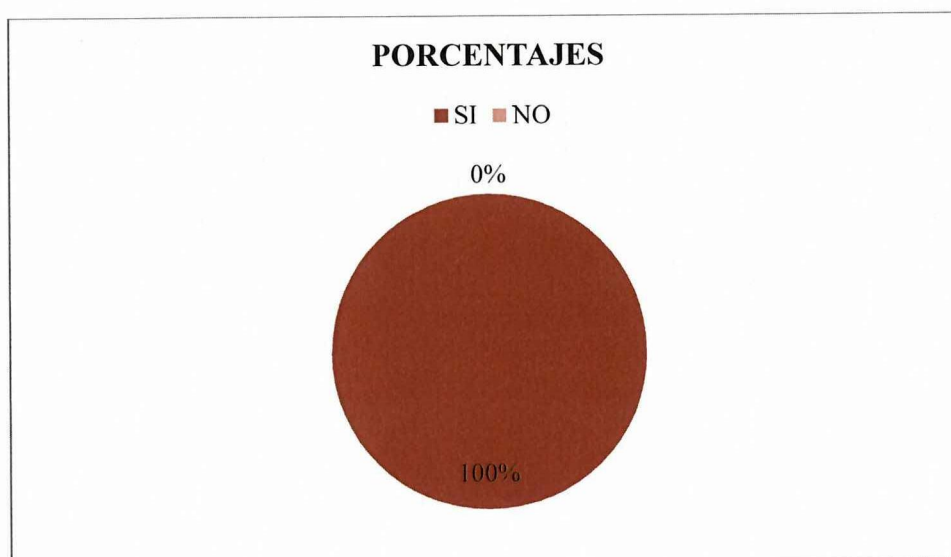
**TABLA N.-7**

**¿Usted apoyaría este propósito de implementar un sistema de bombeo automático para disminuir el consumo eléctrico en la edificación del bloque “B” de la Universidad?**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJES</b>
<b>SI</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>
<b>NO</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>

**ELABORADO POR:** Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO 2.6.7**



**INTERPRETACIÓN**

Como se puede observar, los tres funcionarios del departamento financiero que representa el 100% si apoyaría a este propósito de implementar un nuevo sistema de bombeo.

Los datos que se representan en el grafico nos permite deducir que si apoyarían este propósito de implementar un sistema de bombeo automático para disminuir el consumo eléctrico en el bloque “B” de la Universidad, ya que a la institución.

## 2.7 ENCUESTA DIRIGIDA AL FUNCIONARIO DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

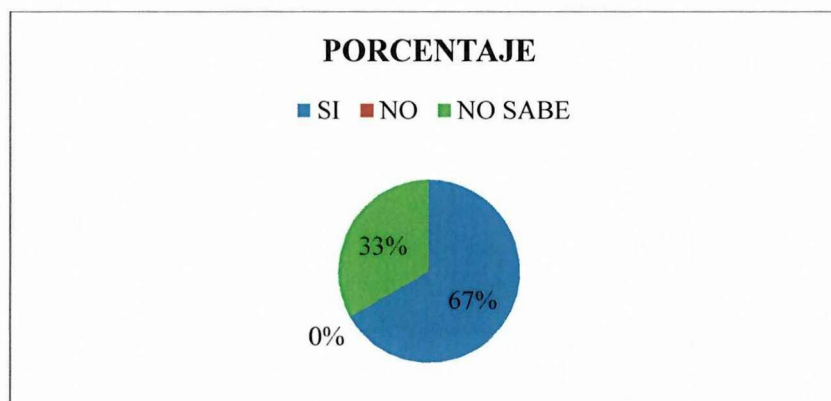
**TABLA N.1**

**¿El suministro de agua para los servicios sanitarios se realiza mediante presión, el cual ha presentado inconvenientes en su distribución dentro del edificio?**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	2	67%
NO	0	0%
NO SABE	3	33%
TOTAL	3	100%

ELABORADO POR: Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO 2.7.1**



### INTERPRETACION

El 67% considera que el suministro de agua para los servicios sanitarios se realiza mediante presión, el cual ha presentado inconvenientes, mientras que el 33% contesta que no saben cómo se distribuye el agua en los servicios sanitarios.

Se puede analizar que en su mayoría conocen que la distribución del agua en los baños sanitarios del bloque "B" de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se distribuye a través de presión el cual ha presentado inconvenientes en su distribución.

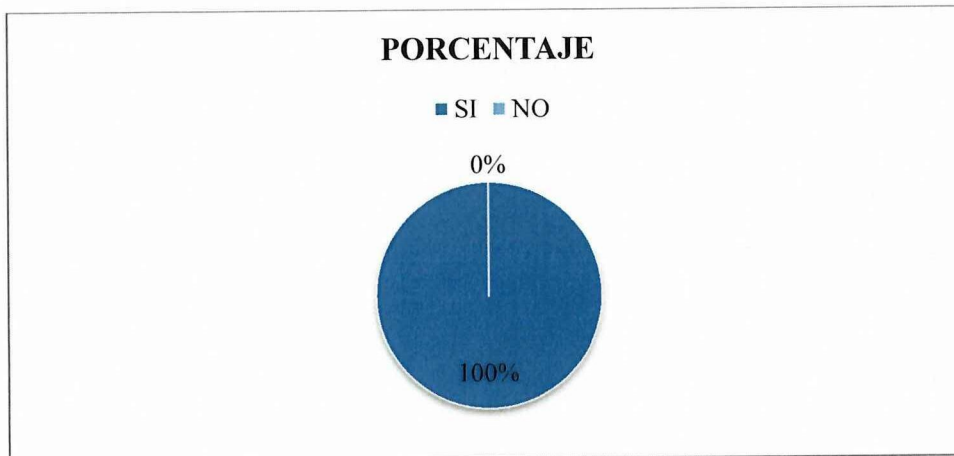
**TABLA N.-2**

**¿Conoce usted sobre estudios que se hayan realizado para reducir el consumo eléctrico?**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJES</b>
<b>SI</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>
<b>NO</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>

**ELABORADO POR:** Los investigadores

**GRAFICO 2.7.2**



**INTERPRETACIÓN**

De los datos que constan en el presente grafico se puede notar que el 100% de los encuestados conocen sobre estudios que se han realizado para reducir el consumo eléctrico dentro de la Universidad Técnica de Cotopaxi pero que no se han llegado a concluir.

De acuerdo con los datos obtenidos hemos analizado en su mayoría si conocen sobre estudios que han realizado dentro de la Universidad para reducir el consumo eléctrico, el cual hasta el momento no se ha podido realizar ya que las planillas eléctricas siguen siendo elevadas.

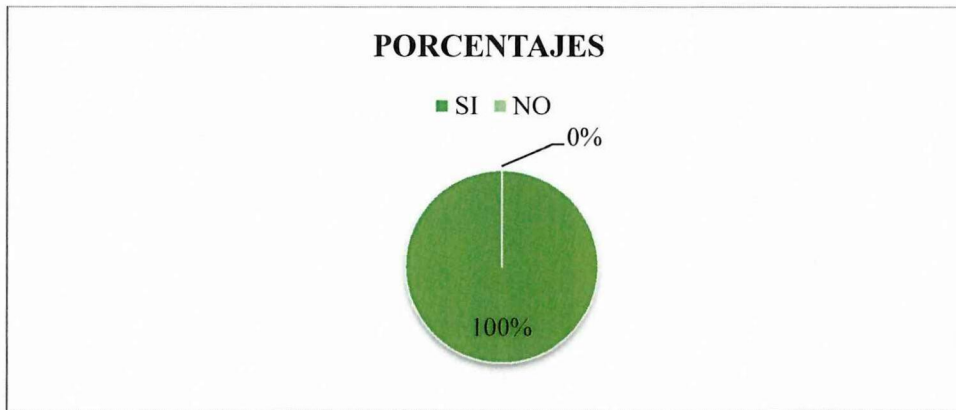
**TABLA N.- 3**

**¿Considera que la activación de las bombas en el sistema de bombeo actual es muy frecuente?**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	3	100%
NO	0	0%
TOTAL	3	100%

.ELABORADO POR: Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO2.7.3**



**INTERPRETACIÓN**

De los datos que se obtuvieron en el grafico consideran que de los 3 funcionarios del área de mantenimiento que equivale al 100% considera que la activación de las bombas en el sistema de bombeo actual es muy frecuente por el cual el consumo de energía eléctrica es elevado en sus planillas.

Tomando en cuenta que en su mayoría conocen sobre la activación del sistema de bombeo es frecuente por lo cual se necesita mejorar el actual sistema de bombeo. Ya que por cada activación del sistema de bombeo, el consumo eléctrico se va acumulando.



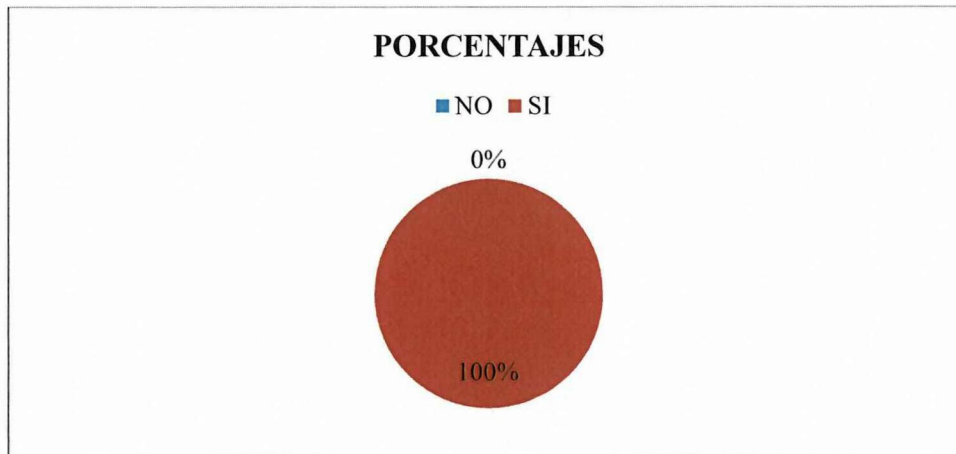
**TABLA N.- 4**

**¿Cree usted que, si disminuyeran los arranques (encendido) de los motores, reduciría el consumo eléctrico del sistema de bombeo?**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	3	100%
NO	0	0%
TOTAL	3	100%

ELABORADO POR: Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO 2.7.4**



**INTERPRETACIÓN**

De los datos obtenidos en el presente grafico se deduce que el 100% de los encuestados creen que, si se disminuye el arranque de los motores, reduciría el consumo eléctrico del sistema de bombeo ya que manifiestan que sería menos consumo de energía eléctrica si los arranques fueran menos.

Se deduce que si fueran menos los arranques dentro del sistema de bombeo seria menos el consumo de energía eléctrica y se llegara también a pagar una cantidad no tan elevada en las planillas respectivas

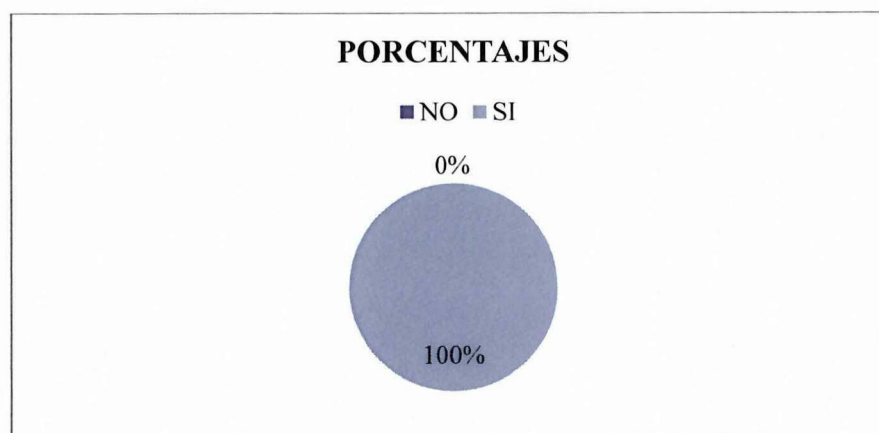
**TABLA N.- 5**

**¿Se podría evitar los arranques frecuentes del sistema de bombeo de agua en la edificación del bloque “B”, mediante un sistema automático y la utilización de tanques elevados de almacenamiento de agua?**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	3	100%
NO	0	0%
TOTAL	3	100%

ELABORADO POR: Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO 2.7.5**



**INTERPRETACIÓN**

Mediante los datos obtenidos en el grafico se establece que el 100% que equivale a los 3 funcionarios del área de mantenimiento manifiestan que si se podría evitar los arranques frecuentes del sistema de bombeo de agua, mediante un sistema automático y la utilización de tanques elevados de almacenamiento de agua.

Con los datos obtenidos hemos analizado que es indispensable mejorar el actual sistema de bombeo que existe dentro de la Universidad y también la utilización de tanques elevados de almacenamiento de agua, el cual beneficiaría mucho.

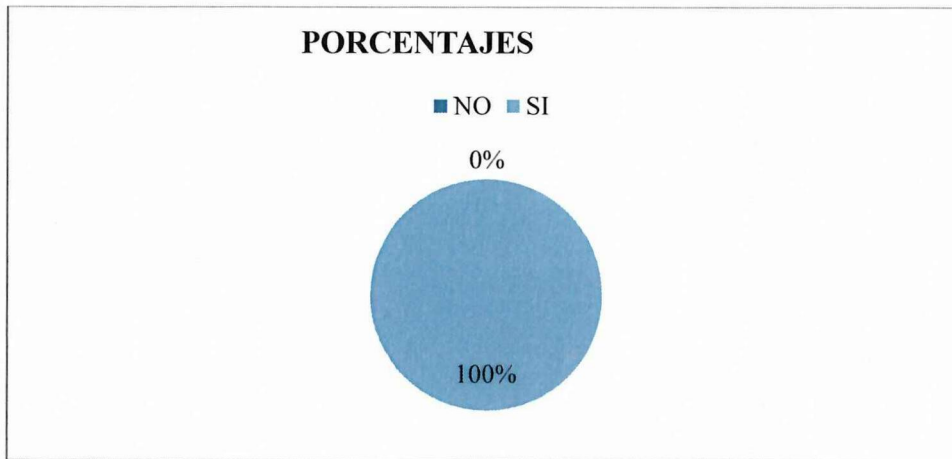
**TABLA N.- 6**

**¿Cree usted que se podría mejorar la eficiencia energética en el consumo eléctrico presentado en el equipo de bombeo actual?**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJES</b>
<b>SI</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>
<b>NO</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>

**ELABORADO POR:** Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO 2.7.6**



**INTERPRETACION**

De los datos obtenidos en el presente grafico dan a conocer que 3 funcionarios del área de mantenimiento que equivale al 100%, manifiestan que si se podría mejorar la eficiencia energética en el consumo eléctrico presentado en el equipo de bombeo actual.

Con este análisis vemos que siempre es importante mejorar el equipo actual del sistema de bombeo, ya que la tecnología día a día va avanzando, con esto mejoraría la eficiencia energética de la Universidad.

**TABLA N.- 7**

**¿Es necesaria la implementación de un sistema automático de bombeo de agua en la edificación del Bloque “B”, para reducir los costos en planillas eléctricas y en mantenimiento?**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	3	100%
NO	0	0%
TOTAL	3	100%

ELABORADO POR: Paul Mora y Javier Espín

**GRAFICO 2.7.7**



### **INTERPRETACIÓN**

De los datos obtenidos en el presente grafico se puede observar que el 100% están de acuerdo con la implementación de un sistema automático de bombeo de agua, para reducir los costos en planillas eléctricas y en mantenimiento que estas representan.

Los porcentajes obtenidos en este cuadro manifiesta que si se necesita de la implementación de un sistema de bombeo automático del agua para reducir costos en la planilla de energía eléctrica

## **2.8 ANÁLISIS DE LA ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA A LAS AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

Los investigadores consideraron pertinente entrevistar a las principales autoridades de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el propósito diagnosticar la situación actual sobre el sistema de bombeo en la edificación del bloque “B”.

### **Pregunta 1:**

¿Cuál es su opinión sobre la importancia de alcanzar la eficiencia energética en los sistemas eléctricos de la Universidad?

### **Pregunta 2:**

¿Considera que el sistema de bombeo en la universidad es el adecuado?

### **Pregunta 3:**

¿Considera usted que el sistema de bombeo en la universidad fueron construidas de acuerdo a los parámetros técnicos?

### **Pregunta 4:**

Desde su punto de vista, emita su opinión, se puede mejorar el sistema de bombeo y reducir el consumo eléctrico.

### **Pregunta 5:**

¿Se ha realizado alguna vez alguna campaña de concienciación sobre el uso del agua en los servicios sanitarios dentro de la universidad?

### **Pregunta 6:**

Desde su administración ¿que se podría implementar para reducir los costos de consumo de energía eléctrica?

### **Pregunta 7:**

¿Estaría dispuesto a confiar en nosotros para mejorar el actual sistema de bombeo de agua de los servicios sanitarios de la universidad, basándonos en parámetros técnicos?



## ENTREVISTA 1

**Ing. Msc. Hernán Yáñez Ávila** Rector de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

1.- Bueno consideramos que siendo la energía una posibilidad, para que podamos desarrollarnos dentro de los equipos que tenemos en la universidad dentro del servicio mismo de energía eléctrica y más importante que podamos optimizar los diferentes sistemas que existen con la finalidad de reducir gastos y de poder de hecho también poder tener de una manera planificada poder tener el uso adecuado de la energía como tal en nuestra institución.

2.- Bueno yo creo que está funcionando el sistema de bombeo, pero la verdad es como informes técnicos que nos permite determinar esto no he solicitado pero me parece que incluso se hizo de conformidad a una tecnología actual y en ese sentido datos que nos permita reportar esta situación no lo tengo pero creo que debemos priorizar la situación de que permita obtener un sistema de bombeo de la mejor manera y adecuado en ese sentido el sistema de bombeo creo no estamos utilizando incluso a gravedad sino solo a la necesidad funciona.

3.- Si se ha cumplido los diseños, las especificaciones de este sistema de bombeo.

4.- Por supuesto yo creo que el sistema de bombeo debe funcionar de una manera mixta, debe funcionar con un sistema de gravedad es un sistema más óptimo.

5.- No he realizado ese tipo de campañas porque en verdad no ha habido concientización de esta situación por eso no se ha realizado campañas en la Universidad

6.- Bueno primero hacer un tipo de campaña a todos los empleados, trabajadores sobre el uso mismo de las luminarias que deben quedar apagados, el uso de los equipos sean adecuados y alguien que esté a cargo sobre este monitoreo acerca del uso de la energía.

7.- Por supuesto con toda la confianza si es un estudio técnico adecuado donde demuestre que efectivamente esta de conformidad a normas, especificaciones cuentan con todo el apoyo de la institución.

## **ENTREVISTA 2**

**Ing. Msc. Guido YauliChicaiza** Vicerrector de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

1.- Bueno uno de las premisas es el ahorro y la utilización de los recursos energéticos en razón que, primero desde el punto de vista ambiental y luego desde el punto de vista económico institucional.

2.- A la segunda pregunta bueno hay un diseño que se ha establecido para cada bloque por lo que entiendo de que todo lo que es bombeo la capacidad que tiene esto debe estar acorde al consumo que debe hacer sin embargo si se debe hacer mejores siempre con el objeto de reducir perdidas innecesarias de agua se debe hacer optimización de este recurso y obviamente gastos que incurren en la Universidad Técnica de Cotopaxi

3.- En la tercera pregunta, claro para el diseño de una estructura del campo definitivamente a partir del diseño se entiende que esta calculados perfectamente en función a las características

4.- En la cuarta pregunta, claro si hay algún mecanismo fuera del que este diseñado que encamine a utilizar de pronto una automatización dentro del equipo.

5.- En la quinta pregunta, si a través del departamento bienestar universitario si ha hecho una campaña en sentido que se debe utilizar en forma racional el agua especialmente en los servicios higiénicos.

6.- En la sexta pregunta, bueno a lo mejor ir a la parte ecológica ver algún mecanismo que genere energía alternativa por ejemplo eólica de pronto así podemos ubicar en los últimos pisos del bloque a lo mejor las aspas para que por siempre y aflojar una cierta cantidad de energía que puede ser utilizada perfectamente, complementado obviamente a la red nacional.

7.- En la séptima pregunta, claro efectivamente toda iniciativa que este con los estudios técnicos, con los resultados esperados bien determinados tendrán todo el apoyo, su iniciativa se puede implementar siempre para que haya mejoras para la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2.9. COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA UTC.**

Debido a la falta de una verdadera política energética dentro de la Universidad, no se tienen datos históricos trascendentales que nos permita realizar un diagnóstico estadístico, por lo que hemos recurridos a los archivadores de pago de las planillas de luz que permanecen en el área del departamento financiero de la institución, con mediciones puntuales realizadas con instrumentos de medición de energía eléctrica, como es el analizador de redes.

### **2.9.1. Funcionamiento del Actual Sistema de Bombeo**

En la universidad, para el funcionamiento está conformada por tres bombas una denominada bomba auxiliar y las dos restantes denominadas bombas principales. Un tanque hidroneumático, dos cisternas con un volumen de 634 m<sup>3</sup>.

La función que realiza el tanque hidroneumático es la siguiente: con la entrada del agua bajo presión, comprime el aire hasta que el líquido llegue al nivel máximo y permita la activación del presostato que desconecta la bomba en el momento de salir el agua del tanque, este alcanza su nivel mínimo, la presión deseada y el presostato permite accionar nuevamente la bomba y cumplir de este modo su ciclo de funcionamiento.

El agua almacenada en la cisterna es succionada por la bomba auxiliar de 6.6 HP de potencia, su descarga va dirigida al tanque hidroneumático y de ahí a la red de distribución.

Si la demanda incrementa, entra en funcionamiento a más de la bomba auxiliar una bomba principal, si la demanda del servicio se eleva aún más entra en funcionamiento las dos bombas principales y la bomba auxiliar queda fuera de servicio.

El consumo de agua promedio de por cada estudiante es de 1.40 litros diarios y el consumo del sistema es de 5.2 m<sup>3</sup> por día, estos datos de consumo de agua se lo

consiguió con la ayuda del departamento financiero, se puede corroborar los datos registrados. Con los consumos diarios del sistema. En el cuadro 2.1 se describe el funcionamiento de las bombas según el caudal consumido.

**TABLA 2.2 ACCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS SEGÚN LA DEMANDA DEL SERVICIO**

<b>PAS O</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>CAUDAL (L/S)</b>
<b>1</b>	B. Auxiliar	3,14
<b>2</b>	B. Auxiliar + B. Principal	6,91
<b>3</b>	B. Principales	13,82
<b>4</b>	B. Auxiliar	3,14

FUENTE: DIENER, Ricardo, “memoria técnica instalaciones hidro-sanitarias”

## **SISTEMA DE BOMBEO**

Como ya se mencionó en el Capítulo I, las bombas son conocidas como maquinas hidráulicas puesto que se utiliza para transformar la energía mecánica proveniente de un motor en energía hidráulica.

### **2.9.2. Características Del Equipo De Presión Del Sistema De Bombeo De Agua**

Estas características se basan en el equipo de bombeo del bloque B en la Universidad Técnica de Cotopaxi

#### **Motor y bomba (Auxiliar)**

Tipo	Bomba centrifuga horizontal.
Cantidad	1 unidad.
Caudal	3,14 litros/segundo.
TDH	61,29 mca (metros columna de agua)

Succión 50 mm  
Descarga 50 mm  
Potencia del motor 7,50 HP (incluye el 20% de la potencia para evitar sobrecargas)  
Potencia de la bomba 5,52 HP

### **Motor y bomba (Principal)**

Tipo Bomba centrífuga horizontal.  
Cantidad 2 unidad.  
Caudal 6,91 litros/segundo.  
TDH 61mca (metros columna de agua)  
Succión 75 mm  
Descarga 75 mm  
Potencia del motor 15 HP (incluye el 15% de la potencia para evitar sobrecargas)  
Potencia de la bomba 10,73 HP

### **Tanque hidroneumático**

Tipo vertical  
Cantidad 1 unidad  
Caudal 3,14 litros/segundo  
Volumen 1,01 m<sup>3</sup>



### **Presiones al interior del tanque**

Arranque	5,13 kg/cm <sup>2</sup>
Parada	6,13 kg/cm <sup>2</sup>
Carga inicial	5,13 kg/cm <sup>2</sup>
Ciclos/hora	40

### **2.9.3. Tablero De Control O Armario Eléctrico.**

El tablero de control de la Universidad dispone de juegos de electrodos - niveles, arrancadores termo – magnéticos, botonera para la selección manual o para funcionamiento automático, luz piloto de indicación de cada bomba, su funcionamiento es eléctrico. En la actualidad las luces pilotos no cumplen con su función que es, dar a conocer al operario cuál de los tres motores está en funcionamiento, paro o falla dependiendo de su incidencia, debido a que están deshabilitadas.

### **2.9.4. Tiempos De Activación Del Equipo De Presión**

Mediante el uso de un cronometro se ha podido determinar los tiempos de operacion (funcionamiento) y parada de la bomba en días laborables en la Institución educativa dando a conocer lo siguiente

Datos del día lunes, 04 de agosto de 2014, siendo las 8:51:06 am. Los tiempos se encuentran presentados en el formato (00:00:00) siendo; horas: minutos: segundos

Tiempo promedio ON; 00:00:16

Tiempo promedio OFF; 00:03:55 máximo, 00:01:15 mínimo

Numero de arranques en una hora: 21

Datos del día martes, 23 de Junio de 2015, siendo las 11:17:23 am. Los tiempos se encuentran presentados en el formato (00:00:00) siendo; horas: minutos: segundos. En este día se regaba el césped y las plantas en el bloque “A” (áreas verdes), se tenía un mayor consumo de agua.

Tiempo promedio ON; 00:00:18

Tiempo promedio OFF; 00:01:57 máximo, 00:00:53

Numero de arranques en 1 hora: 57.

Para conocer la potencia consumida del motor de la bomba con un tiempo de operación de 18 seg y 57 arranques presentados en una hora, la misma que se detalla en la ecuación 23.

$$E = P * H$$

$$E = 2,5 * 18/3600 * 57$$

$$E = 0,71 \text{ Kwh} \text{ (Consumo de energias electricas en una hora)}$$

$$E = 0,71 \text{ Kwh} * 16 = 11.36 \text{ Kwh/dia}$$

### **2.9.5 Datos del Analizador de Redes (Fluke 435 II)**

El analizador de redes se colocó en el cuarto de bombas durante el lapso de 7 días, la conexión se realizó en la caja térmica del mencionado lugar, los motores del sistema de bombeo se encuentra en delta. El analizador nos permitió obtener datos durante un día completo (24 horas)dando como resultado que el motor realiza 214 arranques, con un tiempo de operaciones de 2 minutos (0,033 horas), dando un valor de consumo de energía eléctrica que se puede determinar mediante la ecuación 23.

$$E = P * H$$

$$E = 2,5 * 0.033 * 214$$

$$E = 17,83 \text{ Kwh/dia (Consumo de energia electricas en una dia)}$$

$$E = 534,9 \frac{\text{Kwh}}{\text{dias}} \text{ (Consumo de energia electrica en un mes)}$$

### 2.9.6 Curva de Tensión Entre Fases y Regulación de Voltaje

Según la norma IEC 60034-2 que menciona sobre el desequilibrio de tensiones, establece un valor del 2% el cual no debe ser superado para tener un sistema equilibrado. En la siguiente figura se ilustra las tensiones entre fases (escogiendo las tensiones entre A-B-C) con valor medio de cada fase los cuales son:

$$\text{Fase (A)} = 121.29 \text{ (V)}$$

$$\text{Fase (B)} = 121.78 \text{ (V)}$$

$$\text{Fase (C)} = 121.96 \text{ (V)}$$

Comprobar si el sistema está equilibrado según la norma IEC 60034-2 mediante la relación con las tres fases y mediante la regla de tres para obtener el porcentaje:

$$\text{Fase (A) - Fase (B)} = |X| * 100\% / \text{Fase (C)} = X\%$$

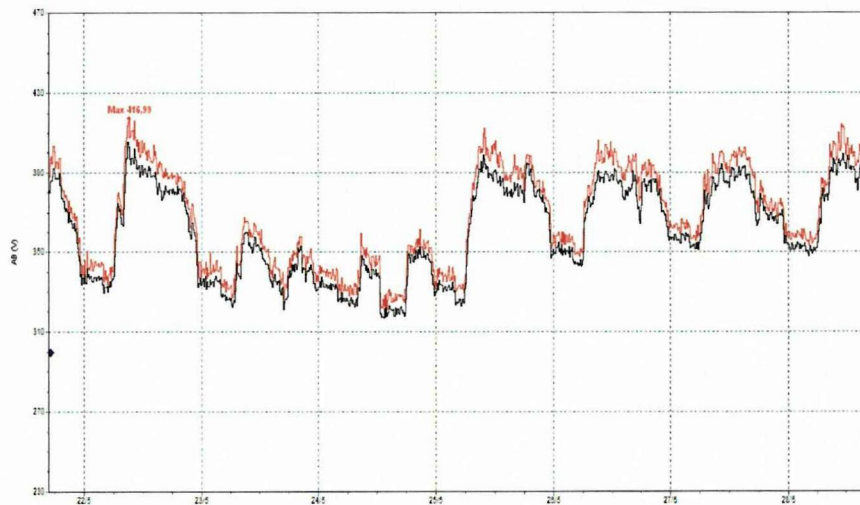
$$121.29 \text{ (V)} - 121.78 \text{ (V)} = |0.49|$$

$$|0.49| \text{ (V)} * 100\% / 121.96 \text{ (V)} = \mathbf{0,401 \%}$$

Se puede decir que el sistema está equilibrado ya que no supera el 2% establecido por la norma para considerar como un sistema desequilibrado

En la figura 2.1 se aprecia el comportamiento de las formas de onda de los voltajes en las tres fases A, B y C, (escogiendo las tensiones entre A-B) con valores medios y máximos que se han producido desde la fecha de inicio indicada anteriormente y que se localiza en la parte inferior de la curva (día/mes).

**FIGURA N.- 2.1 CURVA DE LA TENSIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE LA UTC**



FUENTE: Analizador de redes FLUKE 435II

### INTERPRETACIÓN

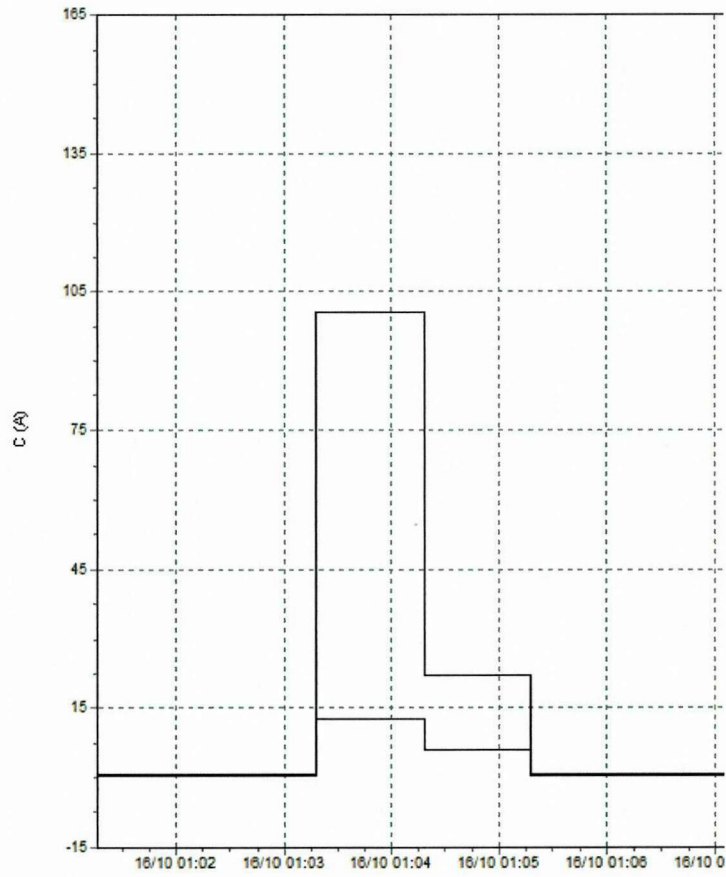
En la figura N.- 2.1 Se observa la curva de tensión entre las fases A Y B, se puede visualizar que tiene un máximo de 121.78 voltios que se encuentra dentro de los parámetros regidos por la norma IEC 634-2 que establece que no supere el valor del 2% para que el sistema se encuentre balanceado.

#### 2.9.7. Curva de Intensidades de Corriente

En la siguiente figura N.- 2.2 y 2.3 se expone el comportamiento de la intensidad de corriente que se ha generado en el transcurso de los siete días de medida del analizador de redes en el equipo de presión del sistema de bombeo de agua para los servicios sanitarios.

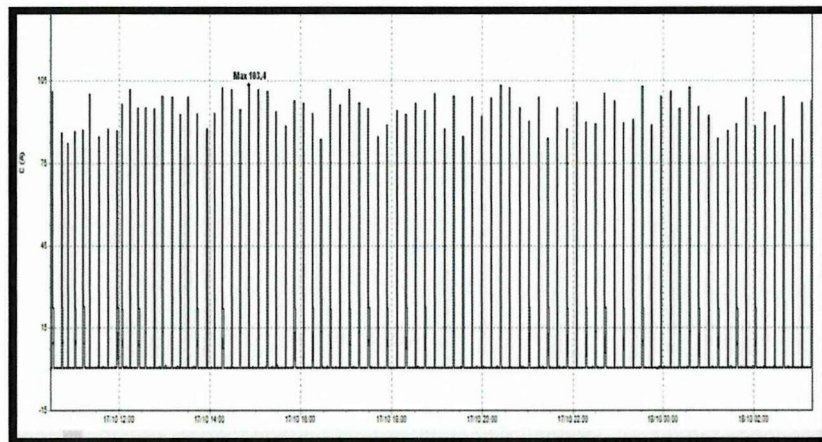


**FIGURA N.- 2.2 CURVAS DE LA CORRIENTE DEL SISTEMA DE BOMBEO**



**FUENTE:** Analizador de redes FLUKE 435II

**FIGURA N.-2.3 CURVAS DE CORRIENTES REGISTRADAS EN 14 HORAS**



FUENTE: Analizador de redes FLUKE 435II

### INTERPRETACIÓN

En la figura N.- 2.2 se puede apreciar que el sistema de bombeo de agua posee la siguiente curva de corriente, en la cual tiene un tiempo de operaciones de 2 minutos, con una corriente nominal de 18 Amperios y una intensidad de arranques de 97,8 Amperios, dando un consumo de energía eléctrica de 17,83 Kwh en un día, calculo obtenido con la ecuación 2,3.

En la figura N.- 2.3 se puede apreciar las continuas operaciones por parte del sistema de bombeo, en un periodo de 14 horas (cada cuadrícula tiene un tiempo de 2 horas) dando un valor de 71 operaciones, con una potencia de 2,5 kw, se puede calcular la energía consumida en este tiempo por sistema de bombeo, mediante la ecuación 22.

$$E = P * H$$

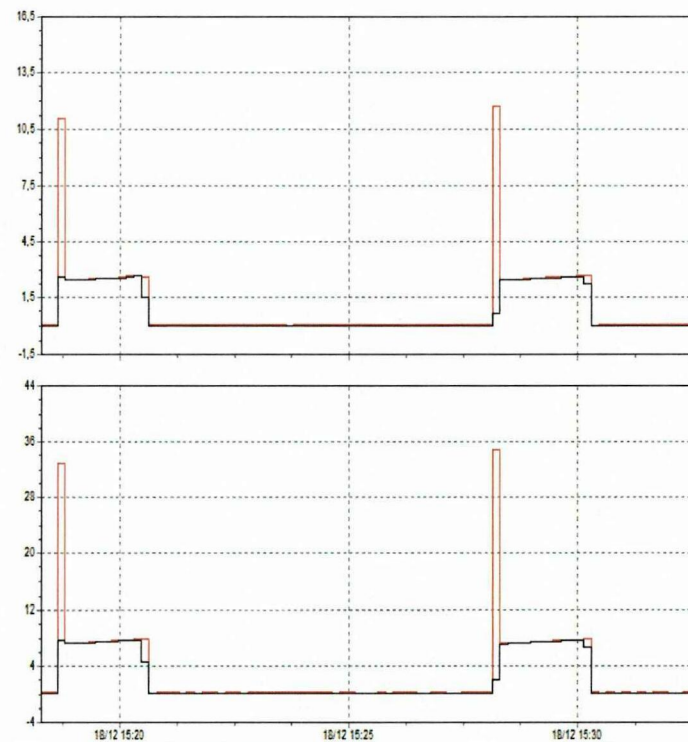
$$E = 2,5 * 0.033 * 71$$

$$E = 5,91 \text{ Kwh} \text{ (Consumo de energia electricas en un tiempo de 14 horas)}$$

### 2.9.8. Curva de la Potencia Activa

De igual forma se estudia la curva generada por parte de la potencia activa, en la figura N.-2.4 su unidad en Kilovatios (Kw)

**FIGURA N.-2.4 CURVA DE LA POTENCIA ACTIVA DEL SISTEMA DE BOMBEO DE LA UTC**



FUENTE: Analizador de redes FLUKE 435II

### INTERPRETACIÓN

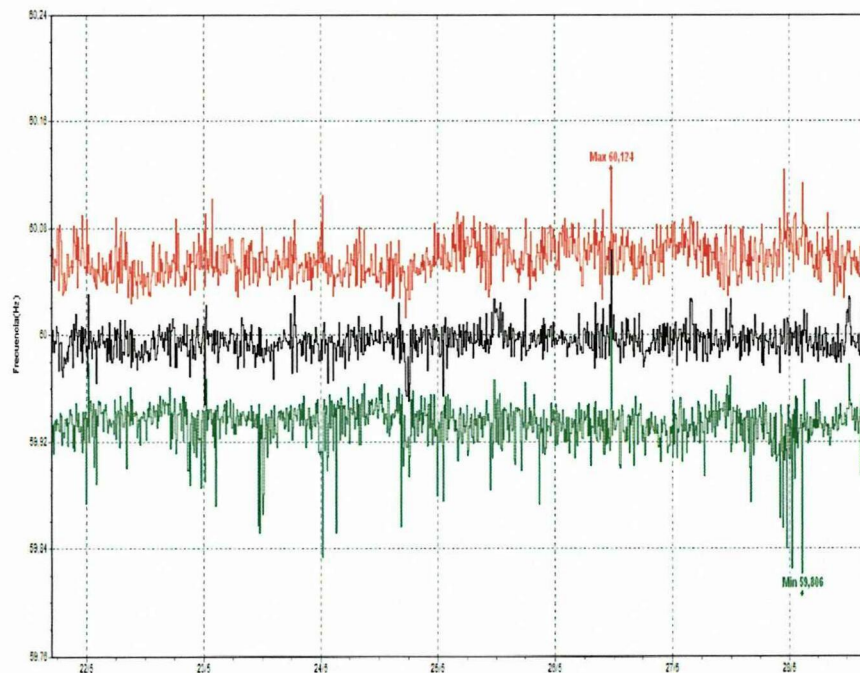
La potencia al igual que la corriente se encuentran relacionados entre sí y por tal razón poseen la misma variación, la potencia de operación del motor del sistema de bombeo es de 2,5 Kw.

La potencia nominal del motor es de 6,6 HP (4,921KW), por lo tanto indica que el motor trabaja al 50% de su capacidad.

### 2.9.9. Comportamiento de la Frecuencia

En la siguiente figura N.- 2.5 se describe a la frecuencia, las formas de onda de color rojo (valor máximo), negro (valor medio) y verde (valor mínimo).

**FIGURA 2.5 CURVA DE LA FRECUENCIA DEL SISTEMA DE BOMBEO DE LA UTC**



FUENTE: Analizador de redes FLUKE 435II

### INTERPRETACIÓN

La frecuencia es normalmente muy estable y debe estar próxima al valor nominal (valor medio), que en nuestro país es de 60 hercios (Hz). En el día normal de labores en el que todos los estamentos que conforman la comunidad universitaria cotopaxense trabajan con regularidad así como el fin de semana, no se puedan observar situaciones anormales de variación de frecuencia, esta varía de 59.806 Hz (valor mínimo) hasta los 60.124 Hz (valor máximo) mostrando normalidad en este aspecto. Según las normas IEEE (Comparison of standards for determining of three phase induction) considera una variación del  $\pm 0.8\%$  y en otras normas como

la IEC 34 consideran normales cuando poseen una variación no mayor al 0.5 Hz. Los datos del fluke demuestran un porcentaje del 0,41% lo cual indica que se encuentra dentro de los parámetros normales. En comparación con el dato anterior no se encuentra diferencia alguna.

### **Armónicos y factor de potencia**

Hay que recordar que los armónicos son distorsiones periódicas de las ondas sinusoidales de potencia, corriente o tensión y en una empresa o edificación para que sea eficiente en este sentido, el THD (distorsión total armónica) en porcentaje no debe propasarse el 5%, si exceden este valor se les impone una multa de carácter económico. En la universidad el porcentaje máximo de THD es de 1.16%. En cuanto al factor de potencia en días laborables tiene un valor aproximado de 0,97 que se encuentra en los parámetros normales.

## **2.10. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.**

En lo que corresponde a la presente investigación, la comprobación de la hipótesis planteada se lo ha realizado utilizando la técnica de comprobación directa, verificable de carácter textual y que tiene como fundamento los datos obtenidos en la investigación los mismos que permiten confirmar la hipótesis formulada, en concordancia con cada una de las preguntas planteadas a los participantes en la investigación, de los datos estadísticos y técnicos obtenidos y que en forma general se explica a continuación.

### **2.10.1. Hipótesis**

“Un nuevo sistema automático de bombeo para el suministro de agua en la edificación del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, disminuirá un poco en el consumo en las planillas eléctricas”

La verificación de esta hipótesis se lo realiza a través de tres puntos:

1. El análisis e interpretación de los criterios expresados por las diferentes autoridades de la Universidad permiten validar la hipótesis planteada.

2. Al ser sometida la hipótesis a un tratamiento técnico, por medio de análisis estadísticos de los archivos de pagos que reposan en el Departamento Financiero de la Universidad Técnica de Cotopaxi, de mediciones puntuales realizadas con instrumentos eléctricos, datos del analizador de redes. Confirman la hipótesis de la investigación.



## 2.11. CONCLUSIONES

Realizando un análisis de los resultados de la investigación, se puede concluir en lo siguiente:

- El diseño actual del sistema de bombeo que provee de agua a los sanitarios de la edificación del bloque “B” no es adecuado para el bloque los arranques son muy frecuentes, con un tiempo de 16 segundos de operación y un tiempo de 195 segundos sin operación.
- La activación constante del motor del sistema de bombeo afecta gravemente su vida útil, ya que se calienta el bobinado y se deteriora los aislamientos del mismo. Se ha registrado un promedio de 214 arranques en un día completo.
- La alternativa para optimizar el consumo de energía dentro de la Universidad, es un sistema de gestión energética que integre a toda la población universitaria.
- Mediante los cálculos realizados se determinó que el consumo de energía eléctrica en un día es de 17,83 Kwh y 534,9 Kwh en un mes.

## **2.12.- RECOMENDACIONES.**

A través de las conclusiones a las que los investigadores han llegado, se permite hacer las siguientes recomendaciones:

- Resulta esencial la implementación de un nuevo diseño automático en el sistema de bombeo, debido a que la actual forma de operación no es la adecuada.
- El consumo de electricidad en la edificación del bloque “B” tiene mayor demanda a causa del sistema de bombeo actual, donde se aprecia una activación constante del motor, el mismo que se debería reducir y así contribuir de cierta forma a la reducción de consumo eléctrico.
- Implementar un sistema de medición para llevar registros del consumo de energía eléctrica por circuito (portador energético), permitiendo realizar un profundo análisis estadístico.

## **CAPITULO III**

### **3.1 DESARROLLO DEL PROYECTO**

Mediante el presente trabajo investigativo se detalla la realización del diseño e implementación de un sistema automático, para el suministro de agua en los servicios sanitarios en el edificio del bloque “B” propuesto, el cual presenta un sistema por gravedad más no por presión, reduciendo los arranques frecuentes del motor del sistema de bombeo, de esta forma mejorando el consumo de energía eléctrica, los resultados se verán reflejados en la activación (encendido) del motor y de los pagos de planillas de consumo de energía eléctrica.

### **3.2 TEMA**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE BOMBEO EN EL SUMINISTO DE AGUA EN LOS SANITARIOS DEL BLOQUE “B”, PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2014-2015.

### **3.3 PRESENTACIÓN**

Los sistemas automáticos en la actualidad forman parte esencial en los procesos industriales los cuales son promotores para el desarrollo empresarial, presentando eficiencia y eficacia.

A través de una gestión eficiente y sistemática de la energía, las políticas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como los costos de la energía y otros impactos ambientales, tiene que ver con la implementación de normas Internacionales en; industrias, empresas entre otras.

Por otra parte la Constitución de la República del Ecuador menciona en la Subsecretaría de la calidad resolución No. 13 522 (Suplemento del Registro Oficial No. 168 (23-01-2014) de su Art. 15 “determina que el estado promoverá en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientales limpias y de energías alternativas eficientes no Contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria ni afectara el derecho al agua”

La Universidad Técnica de Cotopaxi como ente público se rige con normas Ambientales de gestión y eficiencia energética, en la actualidad requiere de una gran demanda de servicio eléctrico, debido al consumo que presentan los motores para el bombeo de agua para los servicios sanitarios de la edificación del bloque “B”.

En la actualidad la eficiencia energética es un tema fundamental que a más de reducir los gases de efecto invernadero presenta un ahorro económico y energético, por ende la Universidad Técnica de Cotopaxi, matriz San Felipe, existe alto consumo de la energía eléctrica en el sistema de bombeo de agua para el edificio del “B” y que necesita una pronta solución a esta problemática, que afecta a la economía de la institución y así poder contribuir con la gestión energética que plantea la constitución ecuatoriana.

El equipo de investigadores que realizará éste proyecto deberá contribuir a la reducción de operaciones en el motor del sistema de bombeo para que este reduzca el consumo de energía eléctrica de la Universidad.

Con esta investigación se plantea optimizar los recursos económicos destinados para los pagos del servicio eléctrico, presentando un notable ahorro en la facturación de las planillas.

La investigación realizada considera aspectos importantísimos para la mejora del consumo energético dentro del boque académico “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que es de vital importancia la implementación de un nuevo Sistema automático de bombeo para mejorar la eficiencia energética dentro de la misma.

Los investigadores en tal razón están consciente de la necesidad de elevar la eficiencia energética en la Universidad presenta esta propuesta que tiene enfoque técnico-administrativo, cuyo punto de partida son las conclusiones de la investigación, fundamentándose en el marco teórico hasta llegar a una propuesta completa.

Es importante anotar que la propuesta tiene dos enfoques, uno técnico que presenta soluciones generales al problema energético dentro de la Universidad, y el enfoque más importante que es el administrativo en donde se desea reducir los costos de consumo de energía eléctrica en sus planillas, a lo largo de la historia de la Universidad se ha constituido como carta de presentación de la misma.

### **3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA**

El Ecuador al ser un país económicamente dependiente de los recursos energéticos no renovables principalmente de la exportación de petróleo no ha tenido un desarrollo adecuado en varios aspectos entre los que se puede mencionar la soberanía energética.

En la actualidad el tema de eficiencia energética es un verdadero desafío para el sector privado como el sector público, en nuestro país se ha creado campañas para reducir la demanda de energía eléctrica, las industrias buscan nuevas tecnologías para ser más eficientes, la universidad sinónimo de excelencia tiene que unirse a estas políticas utilizando al máximo todo tipo de recurso, por lo tanto es necesario disminuir la demanda de servicio eléctrico debido al consumo innecesario que presentan los motores para el bombeo de agua para los servicios sanitarios.



Este proceso de bombeo se podrá realizar con un menor consumo energía eléctrica, se pretende minimizar las pérdidas de energía eléctrica realizando un estudio del comportamiento del sistema de bombeo de agua para los sanitarios en el edificio del bloque “B”, además se pretende evitar arranques o accionamientos muy frecuentes por parte del mencionado sistema, a través de un nuevo sistema de control para el llenado de tanques de almacenamiento de agua.

Esta investigación propone un ahorro económico significativo a la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante una optimización del consumo de energía eléctrica en el sistema de bombeo de agua para los sanitarios en el edificio del bloque “B”, ya que este sistema demanda un elevado consumo eléctrico para su funcionamiento que es transformar la energía eléctrica en energía mecánica para mover los alabes, y bombear el agua que es distribuida mediante tuberías hacia los servicios sanitarios dentro de la institución educativa. También se aportara con la disminución de gases de efecto invernadero.

La tesis es factible ya que se cuenta con el presupuesto, el material necesario y sobre todo con el apoyo de los docentes para poder realizar nuestro trabajo investigativo.

El tema propuesto por los investigadores es económicamente viable, debido a que se utilizaría ciertos elementos existentes en el sistema.

### **3.5 OBJETIVOS.**

#### **3.5.1 Objetivo General.**

Reducir los constantes arranques del sistema de bombeo y mejorar la distribución de agua para los servicios sanitarios, mediante la implementación de un nuevo sistema de agua por gravedad, en el bloque “B”.

#### **3.5.2 Objetivos Específicos**

- Conocer las características de funcionamiento en el actual sistema de bombeo.

- Diseñar e implementar el nuevo sistema de control para el abastecimiento de agua en los sanitarios del bloque “B” según las características presentadas del actual sistema.
- Comparar los pagos de planillas eléctricas de la edificación del bloque antes y después de la implementación.

### **3.6 UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA.**

Para la investigación se ha escogido el sistema de bombeo de agua, para la edificación del bloque “B” perteneciente al edificio central de la Universidad Técnica de Cotopaxi que funciona en el Cantón Latacunga, Parroquia Eloy Alfaro.

### **3.7 FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DE LA PROPUESTA.**

La presente propuesta reúne todas las condiciones para su ejecución ya que se cuenta con el respaldo necesario resumido en los siguientes aspectos.

#### **Aspecto Administrativo.**

- Las autoridades de la Universidad apoyan toda actividad que busca mejorar el consumo de energía eléctrica dentro de la institución, prestando todas las facilidades para la ejecución del proyecto propuesto.
- Los funcionarios del área financiera y de mantenimiento de la Universidad están dispuestos a participar, aportando con información en la recolección de datos y en forma activa en el proceso de mejoramiento energético de la institución.
- La reducción del consumo de energía eléctrica en el funcionamiento del equipo de bombeo en el bloque “B”, permitirá ahorrar recursos económicos permitiendo resolver otras necesidades institucionales como por ejemplo la implementación de laboratorios para CIYA en las diferentes especialidades que oferta la institución y superar la categoría C.

### **Aspecto Técnico.**

La solución técnica propuesta en el presente capítulo, una vez implementada mostrara resultados inmediatos en cuanto al consumo de energía eléctrica y económica.

Una vez implementado el nuevo Sistema de Bombeo, para el suministro de agua en el bloque “B” en la institución, se contara con un sistema de distribución de agua por gravedad, eliminando así el sistema de bombeo por presión, aportando en el mejoramiento energético y su eficiencia.

### **3.8 IMPACTO DE LA PROPUESTA.**

El tema propuesto por los postulantes fue de gran interés, para las autoridades universitarias, funcionarios del área financiera y mantenimiento, debido a que su ejecución conlleva dos aspectos de mejora, los cuales son:

- Económico: Porque generará un ahorro económico para la institución educativa.
- Mejora la eficiencia energética: Se reduce el consumo de electricidad por parte de las bombas

Una vez que se diseñe e implemente el nuevo sistema de bombeo en el bloque “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi matriz San Felipe, los resultados de su funcionamiento podrán ser observados a mediano y largo plazo, basado en los siguientes aspectos:

- Analizador de redes (Fluke),
- Tiempos de funcionamiento y parada del equipo de presión
- Caudalímetro

### **3.9. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

La propuesta que nosotros elaboramos es con la intención de reducir el costo de planillas eléctricas dentro de la universidad que se plantea en esta investigación, está dividida en dos grupos que son:

- Propuestas en el aspecto técnico.
- Propuesta general en el aspecto financiero.

Cabe recalcar que después de la comprobación de la hipótesis dentro de la investigación, nos da como resultado la falta de una política energética adecuada dentro de la universidad, incide en los altos valores que cancela la institución son elevados, por lo que la propuesta de mayor importancia en este caso es la parte financiera, ya que desde ese departamento se cancela los valores elevados en las planillas de energía eléctrica, dentro de la historia de la universidad no ha existido ningún registro de mantenimiento, diseños eléctricos adecuados que ayuden a reducir los costos de energía eléctrica.

En la propuesta no se han descuidado aspectos técnicos ya que es otro punto importante dentro de la Universidad, desde ahí radica la importancia del diseño e implementación de un sistema automático de bombeo en el suministro de agua en los sanitarios en el edificio del bloque “B” para mejorar la eficiencia en el sistema de bombeo y reducir costos en planillas eléctricas.

En esta parte se detalla el inicio del diseño e implementación del sistema de bombeo y el suministro hacia los servicios sanitarios en la edificación del bloque “B”, de la misma forma su funcionamiento y control que se va a realizar para garantizar su operatividad y su servicio sin ningún inconveniente, tomando en cuenta que la implementación de dicho sistema automático se lo realizara con el propósito de mejorar el actual sistema de bombeo de la Universidad.

### **3.9.1. Propuestas en el Aspecto Técnico.**

El principal problema técnico que se detecto es:

- Sistema de Bombeo.

La propuesta dentro del ámbito técnico es mejorar el sistema de bombeo actual con la implementación de un sistema automático de bombeo en los servicios sanitarios, la cual se desea realizar mediante presión ya que los arranques el motor son muy frecuentes, se pueden observar mediante pagos ya cancelados que el edificio del bloque “B” es el mayor consumidor de energía eléctrica, por tal motivo al momento de cancelar cantidades sumamente elevadas, por tal razón nosotros con esta propuesta queremos que no se siga cancelando dichos valores en las planillas eléctricas.

El sistema de bombeo es inadecuado para el bloque “B”, ya que el diseño original fue creado para cuando se haya construido todo el campus universitario, por lo que hemos visto la necesidad de realizar un nuevo diseño e implementación en el sistema automático de bombeo en la edificación del bloque “B” tomando en cuenta lo siguiente:

Actualmente el sistema de bombeo dentro del bloque “B” es el mayor consumidor ya que consume aproximadamente 5676.9 Kwh. por lo que se cancela 3645.00 dólares por mes, dándonos un pago anual de 43,740.00 dólares aproximadamente. Al diseñar e implementar un nuevo sistema de bombeo, con la colocación de dos tanque de agua de 2500 litros, que su precio es en los 1.600 dólares, la tubería de dos pulgadas en un valor de 16.00, dos boyas en 30.00 dólares, más el costo de la instalación incluida los insumos y gastos imprevistos se llega a los 4000 dólares. El tiempo de llenado de los dos tanques de almacenamiento de agua es 45 minutos, con una altura de 104 cm tomado desde la base en donde reposan los tanques hasta el nivel del flotador, el cual es el sistema de control para que los tanques no se desborden y la distribución de agua sea por gravedad en cada planta del bloque “B”, disminuyendo de esta manera los arranques en el sistema de bombeo, y también nos permitirá reducir los costos en las planillas de luz.

### **3.10. REVISIÓN DE PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA Y SU NUEVO DISEÑO.**

Los planos sobre las redes de distribución de agua que posee la Universidad no fue de mucha ayuda para entender el recorrido de la red principal y secundaria, ya que el montaje para la distribución hacia la red secundaria no se halló en los servicios sanitarios de las mujeres en la planta baja de la edificación del bloque “B”, sino en el denominado “ducto eléctrico”, localizada en el pasillo para el ingreso a los sanitarios, junto a la tubería de acero galvanizado para el sistema contra incendios.



En el cuarto de bombas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, matriz San Felipe, la disposición de las bombas se encuentran colocadas en paralelo, en este caso se suman los caudales, conserva las alturas. Todas las impulsiones se conectan ordenadamente a una conducción general común o a un múltiple de impulsión.

Su empleo se justifica por ejemplo cuando en un abastecimiento el consumo de agua fluctúa mucho con el tiempo, si bien las condiciones de uso se mantienen. La utilización de una sola bomba tratando de satisfacer una amplia gama de consumo sería factible, pero a costa de trabajar con rendimientos bajísimos en determinados puntos de funcionamiento. Poniendo en funcionamiento en forma progresiva los grupos necesarios según el consumo, se logra mantener el rendimiento dentro de márgenes razonables.

### **3.10.1. Reconocimiento de la Tubería del Sistema de Distribución de Agua Por Presión.**

La tubería principal es de plástico (PVC) con diámetro de 2 pulgadas la cual alimenta al ramal secundario, mientras que la tubería secundaria que es de color rojo y distribuye el agua a los sanitarios del bloque “B”. La unión entre la tubería principal y la secundaria se encuentra conectada por medio de una llave de paso que permite bloquear el paso de agua a todo el ramal secundario de un determinado piso. En la figura 3.1 se observa la llave de paso para impedir o permitir el paso del fluido hacia el ramal secundario que es el punto de distribución de agua para los sanitarios en un determinado piso.

**FIGURA 3.1 UNIÓN DE TUBERÍA PRINCIPAL Y SECUNDARIA POR MEDIO DE LA LLAVE DE PASO**



Elaborado por: Javier Espín y Víctor Mora

El recorrido de la tubería principal culmina en el tercer piso alimentando a su último ramal en la tercera planta del bloque “B”, mediante tapones y una manguera de color verde que cumple la función de una válvula de alivio, si la presión se incrementa en exceso, evitando que la tubería colapse la cual se observa en la figura 3.2.

**FIGURA 3.2 CULMINACIÓN DE LA TUBERÍA PRINCIPAL Y MANGUERA DE EVACUACIÓN**



Elaborado por: Víctor Mora y Javier Espín

### **3.11. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POR GRAVEDAD**

Como se mencionó anteriormente los planos otorgados por la Universidad, no proporcionan datos actuales.

Por tal razón se dio un seguimiento de las tuberías que se encuentran en el lugar de revisión situado en los sanitarios de las mujeres y posteriormente en el ducto de instalaciones eléctricas o “casilleros” del personal de limpieza donde guardaban sus implementos y accesorios de limpieza como son escobas, desinfectantes entre otros. Se solicitó de forma verbal y presentando la autorización entregada por el rectorado de la institución, la reubicación temporal de sus herramientas de trabajo, el retiro de los candados de sus “casilleros” en cada piso, facilitando de esta forma el seguimiento de la tubería, y su implementación para el nuevo sistema de distribución de agua.

#### **3.11.1 Selección y Colocación de los Tanques de Almacenamiento de Agua**

De acuerdo con el estudio de Cristian Laverde la Universidad Técnica de Cotopaxi Matriz San Felipe en el bloque B el consumo diario de agua en los servicios sanitarios es de 5000 litros diario por tal razón se escogió dos tanques con la capacidad de 2500 litros de agua cada uno, en función de consumo de agua en los sanitarios del bloque B

Para la colocación de dos tanques de almacenamiento de agua con una capacidad de 2500 litros cada uno, se contó con la aprobación del consorcio Cotopaxi para que el lugar de emplazamiento de los tanques sea seguro y también se contó con la autorización del rector de la Universidad Técnica de Cotopaxi el Ing. Hernán Yánez Ávila. Con las debidas autorizaciones se procede con la colocación adecuada y segura de los tanques que van hacer ubicados en la terraza del bloque “B”.

En la figura 3.3 se resalta mediante una circunferencia la ubicación de los tanques para el servicio de agua en los sanitarios del bloque académico “B”, perteneciente a la unidad académica CYA (Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas).

### FIGURA 3.3 UBICACIÓN DE LOS TANQUES



Elaborado por: Javier Espín y Víctor Mora

### CALCULO DEL CONSUMO DE AGUA EN LOS TANQUES

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 h$$

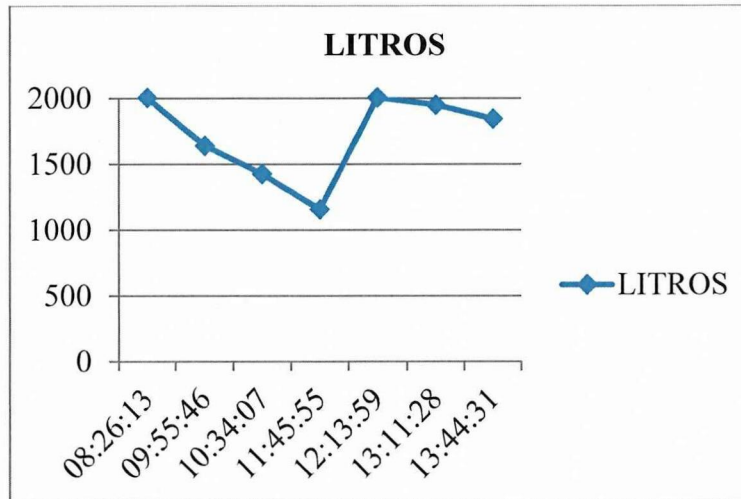
$$V = 0,785 \times 2,458 \times h$$

La tabla: 3.1 muestra los resultados de la ecuación en función de la altura a la que se encuentra el agua en el tanque de almacenamiento de agua de 2500 litros de capacidad.

**TABLA: 3.1 CONSUMO DE AGUA EN LOS SERVICIOS SANITARIOS DEL DÍA MARTES 7 DE AGOSTO**

HORA	ALTURA (CM)	LITROS
8:26:13	104	2006
9:55:46	85	1640
10:34:07	74	1427
11:45:55	60	1157
12:13:59	104	2006
13:11:28	101	1948,8
13:44:31	95,5	1842

Elaborado por: Javier Espín y Víctor Mora



Elaborado por: Javier Espín y Víctor Mora

### INTERPRETACION

El día martes 7 de Agosto del 2015 se procede a determinar el consumo de agua en los servicios sanitarios del bloque “B”. Con los tanques conectados en serie y con una altura de 104 centímetros (tomada desde la base de un tanque), representando 2006 litros en cada uno de ellos, se procede a tomar el tiempo en un día normal de labores en la institución educativa, dando como resultado un consumo de 847 litros en un tiempo de 3 horas con 19 minutos, desde las 8:26 am hasta las 11:45:55 lo cual representa una activación (1 activación = 5 arranques) para el llenado de los tanques. El tiempo promedio para que el nivel del agua llegue a la altura inicial de 104 centímetros de 28 minutos.

Mediante la utilización del analizador de redes se detectó 4activaciones (1 activación = 5 arranques) para llenar los tanques de almacenamiento de agua cuando hayan utilizado en los sanitarios 847 litros, durante un día laboral. Matemáticamente tenemos que:

$$(847)*(2)*(4) = 6776 \text{ litros.}$$

El valor de 6776 litros calculado no es un valor fijo debido a que el sistema es variable, pero es el mayor consumo registrado del mes de Agosto del año 2015



Con la aprobación del Consorcio Cotopaxi, la autorización del rector para el ingreso de los tanques y trabajos en la edificación del bloque “B”, se procede con la instalación de los tanques, quedando como lo indica la figura 3.4.

**FIGURA 3.4 COLOCACIÓN E INSTALACIÓN DE LOS DOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA LOS SANITARIOS EN EL EDIFICIO DEL BLOQUE “B”**



Elaborado por: Javier Espín y Víctor Mora

Para realizar la conexión de los tanques de almacenamiento de agua expresado en la figura 3.4, se procedió de la siguiente manera.

Con los “casilleros” libres y sin candado en cada piso, se pudo determinar la tubería principal, posteriormente suspender el suministro de agua por parte de las bombas, realizar el desagüe del fluido por las tuberías e implantar el nuevo sistema que distribuirá agua a los ramales secundarios. Procediendo con el aislamiento de la tubería principal con la secundaria, perforación en la terraza, a la altura de la tubería principal, junto al cuarto donde se sitúan el banco de baterías de los paneles solares, con una abertura de 20\*20 centímetros cuadrados.

Al culminar con los empates de la tubería secundaria con la nueva bajante desde los tanques de almacenamiento de agua y el aislamiento de la tubería principal utilizando tapones se obtiene lo expuesto en el siguiente. En la figura 3.5 se

observa el nuevo diseño realizado por los tesistas, en la izquierda se encuentra la tubería para el llenado de tanques, (antes usado para la distribución de agua para la red secundaria) localizados en la terraza y a la derecha la tubería “bajante” desde los tanques hasta la red secundaria en cada piso de la edificación del bloque “B”, esta tubería fue implementada y unida a la red secundaria.

**FIGURA 3.5 NUEVA CONEXIÓN DE TUBERÍAS PARA EL LLENADO DE TANQUES Y LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LOS SANITARIOS DE BLOQUE “B”**



Elaborado por: Javier Espín y Víctor Mora

Las presiones de bombeo están definidas por una presión mínima y máxima regulada en el presostato y su lectura se da en un manómetro, expresada la presión en PSI (libra por pulgada cuadrada)

Las lecturas son de 26 psi que es la mínima para que la bomba entre en funcionamiento y la máxima es de 56 psi la cual corta el suministro de energía eléctrica al motor de la bomba y se suspende el bombeo del fluido.

La tubería instalada para el llenado de agua de agua en los tanques, tiene una presión nominal de trabajo de 1.38 MPa con cedula 80 y su diámetro de 2 pulgadas, que va a cumplir su función sin ningún problema ya que la presión máxima del sistema es de 56 psi.

En la figura 3.6 se observa el mismo sistema de seguridad descrita en la figura 3.5 pero con la diferencia que la tubería principal no distribuye agua al ramal secundario para los servicios sanitarios de la tercera planta en el edificación del bloque “B”, sino que distribuya directamente a los dos tanques de almacenamiento de. La tubería que se observa al lado derecho es la bajante colocada por los tesisistas. Esta tubería comienza desde los tanques de almacenamiento de agua y culmina en la planta baja

### FIGURA 3.6 MODIFICACION DE LA TUBERIA PRINCIPAL



Elaborado por: Javier Espín y Víctor Mora

Cuando se realiza un diseño completo del sistema de distribución de agua partiendo desde el equipo de bombeo, red principal y secundaria (ramales), los accesorios que se utiliza en todo su recorrido, se requiere una metodología para la realización del diseño como se ha mencionado en el capítulo uno. Se debe tener presente que la metodología para el diseño puede ser diferente dependiendo del diseñador y su forma de realizar los cálculos. Los investigadores teniendo en cuenta una posible utilización de recursos como, diagrama de Moody, los números de Reynolds, perdidas en accesorios, rugosidad de la tubería, temperatura del fluido entre otros se realizó un estudio para entender y aplicar estos métodos para ser aplicados si fuera necesario.

Como la tubería principal es vertical llegando al tercer piso y solo para llenar los reservorios de agua. En esta red se ha implementado una tubería con un recorrido de 3.79 metros hasta llegar a los tanques. La mencionada distancia es mínima, no se ha requerido regular la presión en el tanque hidroneumático obteniendo un caudal de 3.14 litros para el llenado en los tanques.

Un dato importante a mencionar en este proceso de investigación es que el suministro de agua por parte del sistema de bombeo en estudio se ha compartido con la edificación del bloque “A” mediante un sistema de distribución de agua por presión para los sanitarios en cada piso, el mismo que era utilizado en la edificación del bloque “B” antes de la ejecución de este proyecto.

### **3.11.2. CONEXIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CON LA TUBERÍA.**

La unión entre la tubería principal y la red secundaria, se aisló suspendiendo el flujo de agua proveniente de las bombas hacia los servicios sanitarios de cada piso, independizando a las dos redes (principal y secundaria), para que la tubería principal se dirija a los tanques de almacenamiento que se encuentran ubicados en la terraza del bloque “B” cumpliendo la única función de llenar los dos tanques.

Para el llenado de los tanques se realizó una conexión en serie utilizando una tubería de 1 pulgada, una llave de paso para permitir o interrumpir el flujo de agua, cuando se de mantenimiento a los tanques, la distancia entre la base, la unión de la tubería con el tanque es de 1 metro.

La tubería de 2 pulgadas que está unida a los tanques a una altura de 30 centímetros desde la base, está conectada igualmente en serie cada una con su llave de paso, esta tubería se va a convertir en la tubería principal que alimentara a la tubería secundaria localizada en cada piso, para su respectivo uso por parte de la población universitaria, dando lugar al suministro de agua por gravedad y eliminando la distribución por presión. En la siguiente figura 3.7 se puede

observar las características de estos tanques de almacenamiento de agua de 2500 litros.

### FIGURA 3.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE IMPLEMENTADOS



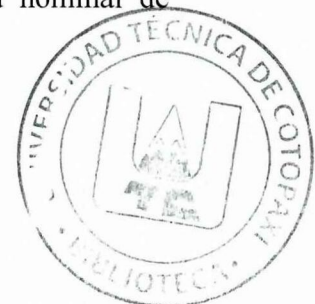
Fuente:

<http://www.ditecna.com.ec/files/documentos/Plastigama/Costruccion/Tanques-de-polietileno.PDF>


### CARACTERISITICAS DE LOS TANQUES

1. **Tapa de traba.**- Con seguro giratorio garantizando la calidad del agua.
2. **Capacidad.**- Estos tanques tienen la capacidad de almacenar 2500 litros de agua.
3. **Refuerzo Estructural.** Tiene un soporte para que al momento de colocarlos la base sea más fuerte.

Las dimensiones de los tanques, se especifican en la tabla 3.2 donde da conocer sus características como son; la altura, los diámetros y su capacidad nominal de llenado la cual se presenta a continuación:



**TABLA 3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS TANQUES**

	CAPACIDAD EN LITROS			A	B	H
	Nominal	Total	Útil	mm	Mm	Mm
	2500	2540	2400	550	1568	1460

Fuente: <http://www.ditecna.com.ec/files/documentos/Plastigama/Costruccion/Tanques-de-polietileno.PDF>

La base de los tanques se debe asentarse obligatoriamente sobre una superficie plana, horizontal y limpia, por tal motivo cada tanque está asentado sobre dos bases metálicas que se han colocado a los costados de los tanques y en el medio se asienta sobre la viga de acero de la estructura metálica, permitiendo la distribución del peso de los tanques.

Para la colocación de los tanques en la terraza para el llenado se contó con la aprobación del Consorcio Cotopaxi, mediante su representante, para que el lugar escogido por los investigadores sea el adecuado y evitar un posible pandeo o el colapso en el techo debido al peso de los tanques.

Para la colocación de los tanques se contó con la siguiente gráfica, para realizar un correcto asentamiento de los tanques, evitando cualquier inconveniente con los tanques y la terraza.

### **CALCULO DE LA TUBERIA**

Mediante la utilización de un caudalímetro se pudo determinar el caudal, el cual posee un valor de: 3.14 lt/s, y una velocidad de: 0.12m/s, el tipo de tubería seleccionada fue la misma que se encuentra instalada en el sistema de distribución de agua para los sanitarios del bloque “B” la cual es de plástico PVC de 2

pulgadas el cual posee un diámetro interno de 48.6 mm, con lo cual se realiza los siguientes cálculos partiendo de las modificaciones realizadas en la tubería.

$$Re = \frac{d \cdot V}{\nu} \text{Ecu. 1}$$

$$Re = \frac{(0,12 \text{ m/s}) * (0,0486 \text{ m})}{(1,002 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})}$$

$$Re = 5,82 \times 10^3$$

$$f = \frac{64}{5,82 \times 10^3}$$

$$f = 0,011$$

Calculo de pérdidas primarias

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \text{ Ecu: 9}$$

$$h_f = (0,011) * \frac{20}{0,0486 \text{ m}} * \frac{(0,12 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s})}$$

$$h_f = (4,526)(0,0073)$$

$$h_f = 0,0033$$

Calculo de pérdidas secundarias

$$h_a = \frac{\Sigma k \cdot V^2}{2g}$$

Ecu: 10

$$h_a = (6,49)(0,00073)$$

$$h_a = 0,0047$$

$$h_T = h_f + h_a$$

$$h_T = 0,0033 + 0,0047$$

$$h_T = 0,0080 \text{ m}$$

**Tabla 3.3 COEFICIENTE DE LA TABLA DE RUGOSIDAD K**

Accesorios	Rugosidad absoluta total	
Válvula chek	1	2,5
Codos 90	3	0,99
Unión	1	0,3
Reducción	1	0,5
Válvula de paso	1	0,2
Tee	1	2,0
Total	8	6,49

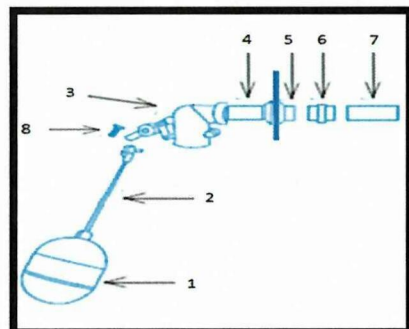
Elaborado por: Javier Espín y Víctor Mora

La tubería de 2 pulgadas seleccionada para llevar el fluido hacia los tanques es la adecuada debido a que no existe turbulencia en el sistema ya que se tiene un flujo laminar.

### 3.11.3. Control Automático de Llenado de Los Tanques Elevados de Agua.

Para el llenado de tanques antiguamente lo realizaban mediante la supervisión de una persona, quien era el encargado de evitar que se desborde el agua. En la actualidad existen diversas formas de control para evitar que los tanques o cisternas se desborden, pero el más común y utilizado es el control por medio de boyas, el cual se puede visualizar en la siguiente figura 3.8:

**FIGURA 3.8 INSTALACIÓN DEL FLOTADOR CON EL TANQUE Y SUS PARTES**



Fuente:

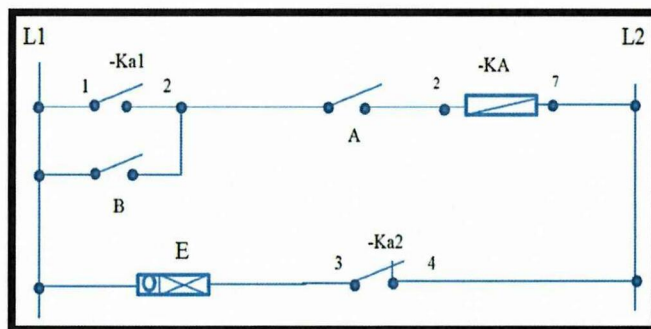
<http://www.ditecna.com.ec/files/documentos/Plastigama/Costruccion/Tanques-de-polietileno.PDF>

Listado de elementos que intervienen en el proceso de control en el llenado de tanques:

1. Flotador
2. Varilla
3. Válvula de llenado
4. Tubería de 1 1/2 de pulgada
5. Adaptador colocados en la pared del tanque
6. Unión universal (al interior del tanque)
7. Adaptador (al exterior del tanque)
8. Tubería de 1 1/2 de pulgada
9. Pasador para que ambas piezas queden perfectamente integradas

Este modo de control es sencillo y no requiere de consumo de energía eléctrica, todo depende del caudal existente y del nivel de líquido, para permitir la abertura o bloqueo parcial o total del paso del agua para nuestro caso. Estos flotadores son de bajo costo y eficientes, en cada tanque se encuentra un flotador para el control automático en el llenado de los dos tanques. Este sistema se puede representar mediante un diagrama de bloques de control para la electroválvula mediante la utilización de un relé, utilizando un contacto normalmente abierto y uno cerrado, el esquema se representa en la figura 3.9 el mismo que se expone a continuación:

**FIGURA 3.9 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONTROL DEL RELÉ Y ELECTROVÁLVULA PARA EL LLENADO DE TANQUES DEL BLOQUE “B”**



ELABORADO POR: Javier Espín y Víctor Mora

Cuando el nivel del agua está al máximo en los tanques de almacenamiento el contacto del flotador (A) se encuentra normalmente abierto (NA). Cuando el nivel de agua se reduce por el consumo en los sanitarios del bloque “B”, el contacto del flotador (A) se pone en la posición, normalmente cerrado (NC). El flotador (B), cumple la misma función, pero cuando el nivel del agua alcanza su nivel mínimo en los tanques. Cuando se cierra el contacto del flotador (B), se activa la bobina del contactor del relé, activando el contacto (NA) permitiendo el enclavamiento del mismo y el contacto (NC) el cual impide el paso de corriente eléctrica al electroimán (E), permitiendo así el paso del fluido para el llenado de los tanques. Cuando alcanza su nivel máximo el contacto de flotador (A) se cierra y bloquea el paso de la corriente hacia la bobina del relé y bloqueando e paso del agua para los tanques.

La boya impide que se desborde los tanques si se presentara algún inconveniente con el sistema, esta forma de control es una forma de control automático, sin necesidad de energía eléctrica y solo depende del nivel de agua en los tanques para que permita el paso del fluido. Por tal razón se implementó este sistema automático de control independiente porque la electroválvula puede estar accionada aun cuando los tanques hayan alcanzado su nivel máximo, en la figura 3.10 se puede apreciar esta forma de control que se puede considerar como “control de emergencia.

**FIGURA 3.10 CONTROL DE LLENADO DE TANQUES POR PARTE DE LA VÁLVULA DE PASO Y FLOTADOR**



**ELABORADO POR:** Javier Espín y Víctor Mora

### **3.11.4.-PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CONTROL.**

El nuevo funcionamiento fue un éxito, ya que se obtuvo lo esperado por el sistema implementado, procediendo con las pruebas y toma de datos refiriéndose a tiempos mediante la utilización de cronometro y se registró el tiempo de

- Llenado de los tanques a un determinado nivel
- Arranque de las bombas
- Los litros por minuto consumidos en un determinado tiempo

Comprobar si la distribución de agua en los sanitarios de cada piso es la misma “normal” cuando estaba en funcionamiento el sistema anterior. Revisar y analizar los datos del analizador de redes (Fluke), con la información de pagos de planillas eléctricas por parte de la institución educativa, no se considera en este trabajo debido al tiempo que demanda para su análisis. Pero con la utilización de un cronometro, el caudal consumido (Lit/seg) se puede obtener la información para observar si se ha mejorado la eficiencia energética por parte del equipo de presión en la universidad.

### **3.11.5.- Llenado de los Dos Tanques**

Una vez diseñado la nueva forma de distribución de agua para los sanitarios e implementado el nuevo sistema de control en los tanques de almacenamiento de agua situados en la terraza de la edificación del bloque “B”. Se procedió a desbloquear el circuito de las bombas, abriendo la llave de paso en la tubería principal que sale de las bombas y con la apertura de la llave de paso para el llenado de los dos tanques totalmente vacíos, se registró un tiempo de 45 minutos con 38 segundos para su llenado y cierre de las dos válvulas de control influenciadas por el flotador.

### **3.11.6.- Arranque de las Bombas**

Los tiempos de arranque y parada en el funcionamiento de la bomba, fueron tomados de la misma forma que en el sistema de bombeo anterior. Con los resultados obtenidos se procedió a comparar con datos anteriores, permitiendo

realizar las siguientes graficas del funcionamiento del equipo de presión en días laborables en la institución educativa.

### 3.12.- COMPARACIÓN DE DATOS

Los cálculos demuestran que las pérdidas por la implementación de los tanques en la terraza de la edificación del bloque "B" y el nuevo diseño de la tubería partiendo desde la planta baja es de:

$$h_T = 0,0047 \text{ mca (metros de columna de agua)}$$

Con el diseño anterior las pérdidas son mayores debido a que el recorrido es más extenso y las pérdidas secundarias son mayores. Por ejemplo; en codos la constante de rugosidad para incrementar debido a existencia de 4 codos y 2 Tees en cada planta, por lo tanto:

Constante de rugosidad en codos, en el anterior diseño es de;

$$K: 0,33 * 4 = 1,32$$

Constante de rugosidad en codos, en el nuevo diseño es de;

$$K: 0,33 * 3 = 0,99$$

Constante de rugosidad de las Tee, en el anterior diseño es de;

$$K: 2 * 2 = 4$$

Constante de rugosidad de las tee, en el nuevo diseño es de;

$$K: 2 * 1 = 2$$

El cálculo de pérdidas secundarias solo considerando, los codos y las Tees se tendría, aplicando la ecuación 10 y reemplazando los nuevos valores en la tabla 3.1 y conservando los anteriores, se tiene lo siguiente:

$$h_a = \frac{\sum k * V^2}{2g}$$

$$(8.82)(0,00073)$$

$$h_a = 0,0064 \text{ mca (metros de columna de agua)}$$

El tiempo de funcionamiento con el anterior sistema de bombeo es de 18 segundos y con la implementación realizada es de 5 segundos en promedio, siendo la diferencia de 13 segundos menos el cual representa un 72.22%. El tiempo de funcionamiento se acorto significativamente, representando menor consumo de energía eléctrica, ya que los 13 segundos menos con 24 arranques en 1 hora es 5, 2 minutos menos de consumo. Ahora los 5,2 minutos en 15 horas de labores desde la 7:00 am hasta las 10:00pm, me da un promedio de 1.30 horas menos de consumo en un día de labores con un alto consumo de agua por cuestión de riego. El porcentaje de ahorro de energía eléctrica por día en función del número de arranques en 1 hora, considerando que la universidad mantiene 15 horas laborables me da un porcentaje con valor de 12% de consumo eléctrico por parte del sistema de bombeo actual, presentando un decrecimiento del 88%.

Para este análisis se consideró los arranques realizados por el equipo de presión durante una hora. Ahora se va a realizar los tiempos donde el equipo pasa en reposo y luego se activa cuando su presión llega a su valor mínimo y máximo, en un día de labores normal.

El sistema de bombeo sigue funcionando con el tanque hidroneumático, debido a que este equipo de presión brinda su servicio al bloque académico "A" y al sistema de riego. Pero se reduce os arranques en el día:

Sistema de distribución de agua por presión, para los servicios sanitarios del bloque "B" (diseño) anterior 191 arranques, datos de fuke, con fecha: 15 /10/ 2015.

Sistema de distribución de agua por gravedad, para los servicios sanitarios del bloque "B" (diseño) nuevo sistema 49 arranques, datos de fuke 18/12/ 2015.

Esto se debe a la implementación de los dos tanques de 2500 litros, el cual su diseño está provisto para tener entre 4 a 5 arranques al día, para ser llenado de agua en los tanques localizados en la terraza del bloque "B"

### 3.13.- RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE REDES.

Mediante la colocación del analizador de redes en el tablero de control del sistema de bombeo se obtuvo mediciones de; voltaje, corriente, potencia y frecuencia en el motor de la bomba para llevar una comparación con el diseño anterior y el actual.

#### 3.13.1 Curva De Tensión Entre Fases y Regulación de Voltajes

Según la norma IEC 60034-2 que menciona sobre el desequilibrio de tensiones, establece un valor del 2% el cual no debe ser superado para tener un sistema equilibrado. En la siguiente figura se ilustra las tensiones entre fases (escogiendo las tensiones entre A-B-C) con valor medio de cada fase los cuales son:

Fase (A)= 121.28 (V)

Fase (B)= 121.73 (V)

Fase (C)= 121.97 (V)

Comprobar si el sistema está equilibrado según la norma IEC 60034-2 mediante la relación con las tres fases y mediante la regla de tres para obtener el porcentaje:

Fase (A) - Fase (B)=  $|X| * 100\% / \text{Fase (C)} = X\%$

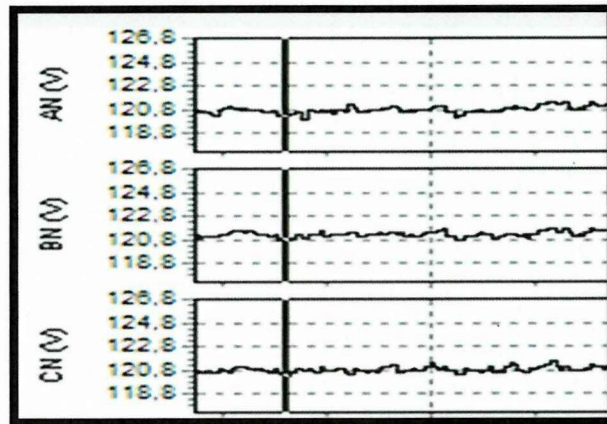
$121.28 \text{ (V)} - 121.73 \text{ (V)} = |0.45|$

$|0.45| \text{ (V)} * 100\% / 121.97 \text{ (V)} = \mathbf{0,368 \%}$

Se puede decir que el sistema está equilibrado ya que no supera el 2% establecido por la norma para considerar como un sistema desequilibrado. No sé a presentado cambios en cuanto al porcentaje calculado con el sistema anterior

En la figura 3.11 se aprecia el comportamiento de las formas de onda de los voltajes en las tres fases A, B y C.

**FIGURA N.- 3.11 CURVA DE LA TENSIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE LA UTC**



ELABORADO POR: Javier Espín y Víctor Mora

Las tensiones entre fase se encuentran con un valor de:

Fase (A)= 121.28 (V)

Fase (B)= 121.73 (V)

Fase (C)= 121.97 (V)

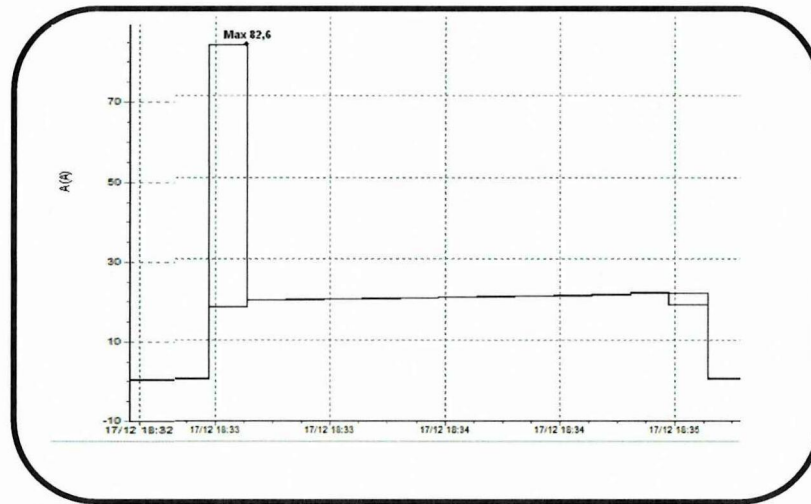
La cual indica que se tiene un sistema balanceado ya que el valor de cada fase es similar entre las tres fases.

### 3.13.2 Curva De Intensidad De Corriente

En la siguiente figura 3.2 se expone el comportamiento de la intensidad de corriente que se ha generado en el transcurso de los siete días de medida del analizador de redes en el equipo de presión del sistema de bombeo de agua para los servicios sanitarios. En la parte vertical se detalla los amperios y en la parte horizontal los días, el cual está representado en cada cuadrícula.



**FIGURA 3.12 CURVAS DECORRIENTES DE LAS TRES FASES EN EL SISTEMA DE BOMBEO DE LA UTC**



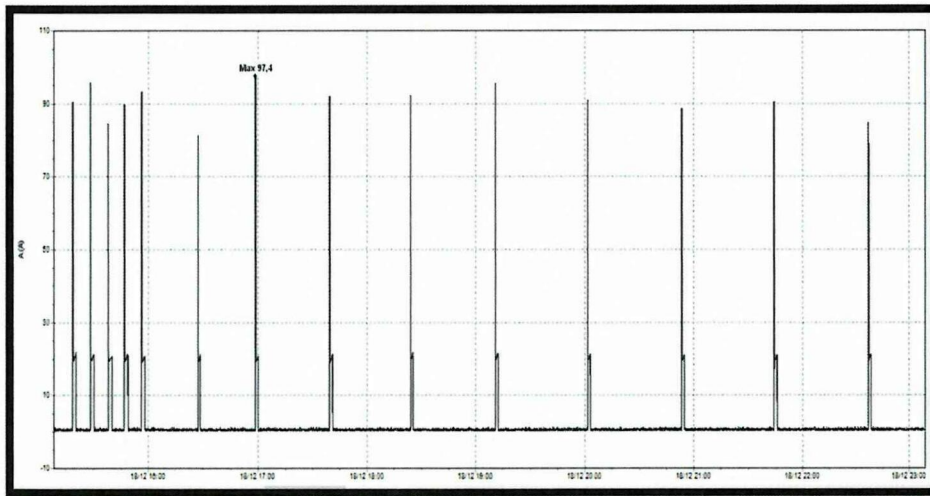
**FUENTE:** Analizador de redes FLUKE 435II

### **INTERPRETACIÓN**

Se puede visualizar en la figura N.- 3.12 que el motor del sistema de bombeo posee un consumo de corriente de 20 Amperios, el tiempo promedio que permanece encendido el motor es de 125 segundos por cada arranque. Para el llenado de los dos tanques almacenamiento de agua se tiene un tiempo de 45 minutos con un promedio de 6 arranques. Mantiene una corriente de arranque de 98,5 Amperios durante 5 segundos.

En la siguiente figura 3.13 se aprecia los números de operaciones en 14 horas.

**FIGURA 3.13 CURVAS DE CORRIENTE REGISTRADAS EN 14 HORAS**



**FUENTE:** Analizador de redes FLUKE 435II

### **INTERPRETACIÓN**

En la figura N.- 3.13 se puede apreciar que los arranques no son muy continuas por parte del sistema de bombeo, en un periodo de 14 horas (cada cuadrícula tiene un tiempo de 2 horas), dando un valor de 14 operaciones, con una potencia de 2,5 Kw, se puede calcular la energía consumida en este tiempo por sistema de bombeo, mediante la ecuación 23:

$$E = P * H$$

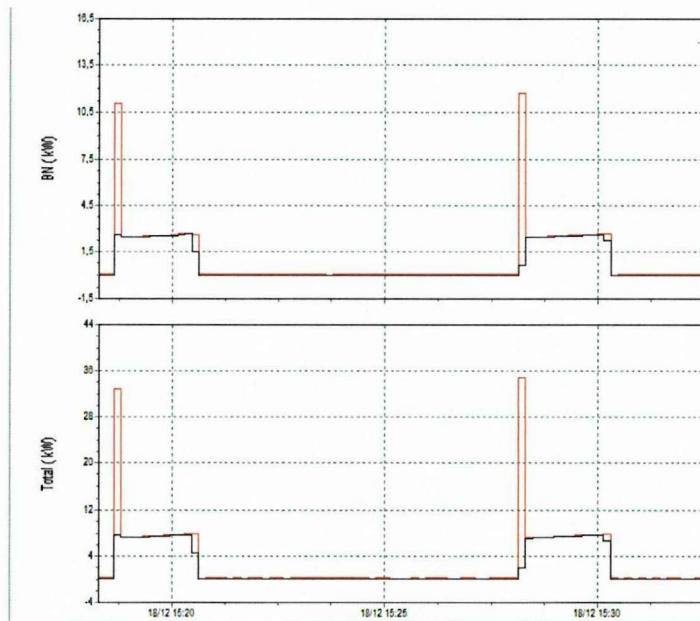
$$E = 2,5 Kw * 0.033 * 14$$

$E = 1,155 KwH$  (Consumo de energía eléctrica en un tiempo de 14 horas).

#### ***3.13.3 La Potencia Activa del Sistema de Bombeo***

De igual forma se estudia las curvas generadas por parte de la potencia aparente, representada por su unidad en Kilovatios (KW) en la figura 3.14, la parte vertical se expresa los Kw, y en la parte horizontal los días el cual está representado en cada cuadrícula.

**FIGURA 3.14 CURVA DE LA POTENCIA ACTIVA DEL SISTEMA DE BOMBEO DE LA UTC**



FUENTE: Analizador de redes FLUKE 435II

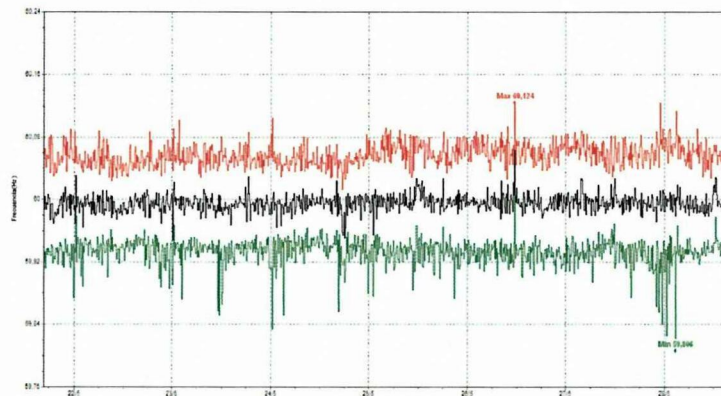
### INTERPRETACIÓN

Como se puede observar la potencia está en función de la corriente. Si existe un flujo de corriente eléctrica también existe una determinada potencia la cual tiene un valor de 2.5 Kw en cada arranque que se presenta en el motor. En un sistema de bombeo eficiente se debería tener una operación de larga duración y con un mínimo número de arranques, para evitar un consumo innecesario de energía eléctrica y evitar un posible sobrecalentamiento al motor de la bomba.

#### *3.13.4 Comportamiento De La Frecuencia*

En la siguiente figura N 3.15 se describe a la frecuencia, los formas de onda de color rojo (valor máximo), negro (valor medio) y verde (valor mínimo).

**FIGURA 3.15 CURVA DE LA FRECUENCIA DEL SISTEMA DE BOMBEO DE LA UTC**



FUENTE: Tubería de la U.T.C

### INTERPRETACIÓN

La frecuencia es normalmente muy estable no se ha presentado cambios con la implementación. El valor nominal es en Hertz (Hz) y varía de 59.806 Hz (valor mínimo) hasta los 60.124 Hz (valor máximo) mostrando normalidad en este aspecto, según las normas IEEE (Comparison of estándares for determining of three Phase induction) considera una variación del  $\pm 0.8\%$ , los datos del fluke demuestran un porcentaje del 0,41% lo cual indica que se encuentra dentro de los parámetros normales. En comparación con el dato anterior no se encuentra diferencia alguna.

De acuerdo con los datos del fluke se presenta el cálculo de la energía eléctrica presentada en kw/h de acuerdo a la ecuación:

Funcionamiento del sistema por presión (antes) analizando un arranque con un tiempo de 2 minutos

$$E = P * H$$

$$E = 2,5Kw * 0,033H = 0,083KwH$$

Si se tiene 214 arranques en un día, el consumo es de:

17,83 KwH (consumo en un día)

535 KwH (consumo en un mes)

Funcionamiento del sistema por gravedad (implementando el nuevo sistema)  
analizando un arranque con un tiempo de 2.5 minutos

$$E = P * H$$

$$E = 2,5Kw * 0,041H = 0,104KwH$$

Si se tiene 38 arranques en un día, el consumo es de:

3,95 KwH (consumo en un día)

118,75 KwH (consumo en un mes)

La Universidad Técnica de Cotopaxi, según la Empresa Eléctrica Cotopaxi. Por cada KwH la institución paga un valor de 0,15 dólares, el cual da un valor económico a cancelar de:

Antes:

80,25 dólares

Después:

17,81 dólares

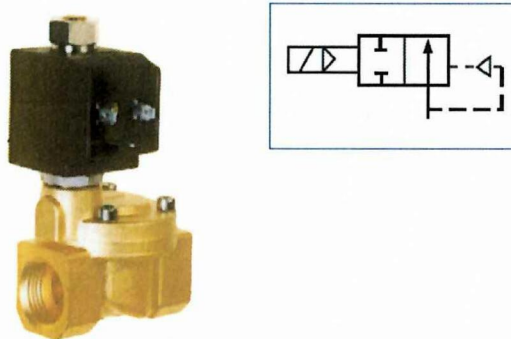
La universidad tiene un ahorro económico de 62,44 dólares por mes, al año representa un monto de 749,28 dólares

### 3.14. CARACTERÍSTICAS DE LA ELECTROVÁLVULA

La electroválvula seleccionada es una válvula N/C, la figura se aprecia su forma física y su simbología se ve a continuación. La misma que se aprecia en la figura 3.16.



### FIGURA 3.16 ELECTROVÁLVULA INSTALADA PARA EL CONTROL DEL FLUIDO



Fuente: <http://www.ditecna.com.ec/files/documentos/Plastigama/Costruccion/Tanques-de-polietileno.PDF>

#### Datos técnicos

Presión mínima de funcionamiento: 0,3 bar

Tensión: 220V

Temperatura máxima: 80°C

Juntas: aprobadas de FPM – EPDM – EPDM-KTW y certificadas DWGW para uso con agua potable cuerpo latón partes internas acero inoxidable

Fluido: aire - agua - aceite ligero

Válvula: unidireccional.

#### Conexión de la electroválvula

Para la conexión de la electroválvula se consideró el diámetro de la tubería (1 pulg) que permite el llenado de los tanques de almacenamiento de agua.

**FIGURA 3.17 ELECTROVÁLVULA CONECTADA CON LA TUBERÍA  
PARA EL LLENADO DE LOS DOS TANQUES**



**Elaborado:** Mora Paul y Espín Javier

La electroválvula tiene un solenoide que se actúa cuando se energiza cambiando su posición de normalmente abierta (NA) a la posición normalmente cerrada (NC), lo cual bloquea el paso del fluido a los tanques su activación está en función del programador (Timer Control). El conductor utilizado es el cable sucre 2\*10 AWG.

### 3.15.- CONCLUSIONES.

- Con la implementación realizada se logró un promedio de 3 arranques en una hora a diferencia del sistema anterior que realizaba 35 arranques en una hora. El sistema anterior era altamente ineficiente, con un consumo de energía de 12 Kwh de pérdida debido al excesivo número de arranques.
- Con el sistema de bombeo actual se logró una reducción de 0.449 Kw.h que representa el 3.6%, esto en relación con la comparación del antes y después de la implementación de tanques elevados en la terraza del bloque “B” y por parte de la distribución de agua por gravedad.
- Mediante esta implementación mejoro el rendimiento del sistema de bombeo de agua para los sanitarios del bloque “B”.
- Los valores de tensión, corriente y frecuencia cumplen con las normas IEC0034 que menciona la eficiencia de los motores trifásicos, sus valores se encuentran dentro de lo establecido.

### 3.16.- RECOMENDACIONES.

- El sistema de distribución de agua para los sanitarios del bloque A y del bloque B se debería independizar para que la activación de la bomba no sea muy frecuente.
- Es indispensable que la universidad tenga actualizado los planos del suministro de agua, partiendo desde el equipo de presión hasta su utilización en los servicios sanitarios de esta manera poder realizar labores de mantenimiento y realizar estudios para determinar la eficiencia del sistema.
- En la actualidad existen motores de alta eficiencia cumpliendo con las normas de calidad y eficiencia energética, la universidad debe utilizar este tipo de motores para aprovechar al máximo esta oportunidad de mejoramiento en los sistemas eléctricos.
- Realizar una verdadera gestión de eficiencia energética y campañas para el uso racional de los recursos hídricos, para evitar el desperdicio de agua o el uso inadecuado del mismo, además cambiar las llaves en los inmuebles sanitarios por llaves automáticas push que brinden un mejor servicio, se cierran automáticamente, eliminando el inconveniente de que alguien se haya olvidado cerrar la llave después de su uso, por lo que esto afecta al consumo de energía eléctrica por parte del sistema de bombeo.
- El mantenimiento del tanque hidroneumático se debe realizar cada 15 días para ver los arranques constantes, debido a la pérdida de aire en los mencionados tanques de esta forma se disminuirá los arranques.

### 3.17.- BIBLIOGRAFÍA.

#### CITADA

- Banco Interamericano de Desarrollo, *Evaluación de sistemas de bombeo de agua*. [En línea]. Texto infor. Primera edición. Modificado: 6 de Septiembre de 2011. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2015]. Disponible en la web; <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum>
- CEAC, *Automatismos y Cuadros Eléctricos I*. [En línea]. Texto infor. Curso de instalador electricista 8. Modificado el 15 de Mayo de 2013. [Fecha de consulta: 23 de Abril de 2015]. Pag. 3-9. Disponible en la web; <http://www.4shared.com/get/Qds6ciJYce/08-Automatismos>
- CRANE. *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. [En línea]. Texto infor. Unidad II Simbología y esquemas. Modificado: 25 de Agosto de 2003. [Fecha de consulta: 23 de Abril de 2015]. Pag. 40. Disponible en la web; <http://es.scribd.com/doc/24466165/Crane-flujo-de-Fluidos-en-Valvulas-#scribd>
- MOREANO, Edwin *Gestión de la energía eléctrica en la edificación de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ciudad de Latacunga durante el periodo 2012 - 2013, para mejorar el consumo de la energía eléctrica. Diseño de un programa de soluciones técnicas económicamente viable*". Latacunga Julio del 2012, Fecha de consulta: 6 de Febrero de 2015. Pág. 8
- MOYA, Ramón. *Eficiencia Energética en Empresas de Agua y Saneamiento en Países de Latino América y El Caribe*. Texto infor. Banco Interamericano de Desarrollo, 2011. Fecha de consulta 6 de Febrero de 2014. Resumen pág. 6. Disponible en la web

- ROLDÁN, José. *Automatismos y cuadros eléctricos*. [En línea]. Texto infor. Quinta edición. Thomson Editores Spain Paraninfo S.A. 2007. [Fecha de consulta: 26 de Abril de 2015]. Pág.: 12-15.

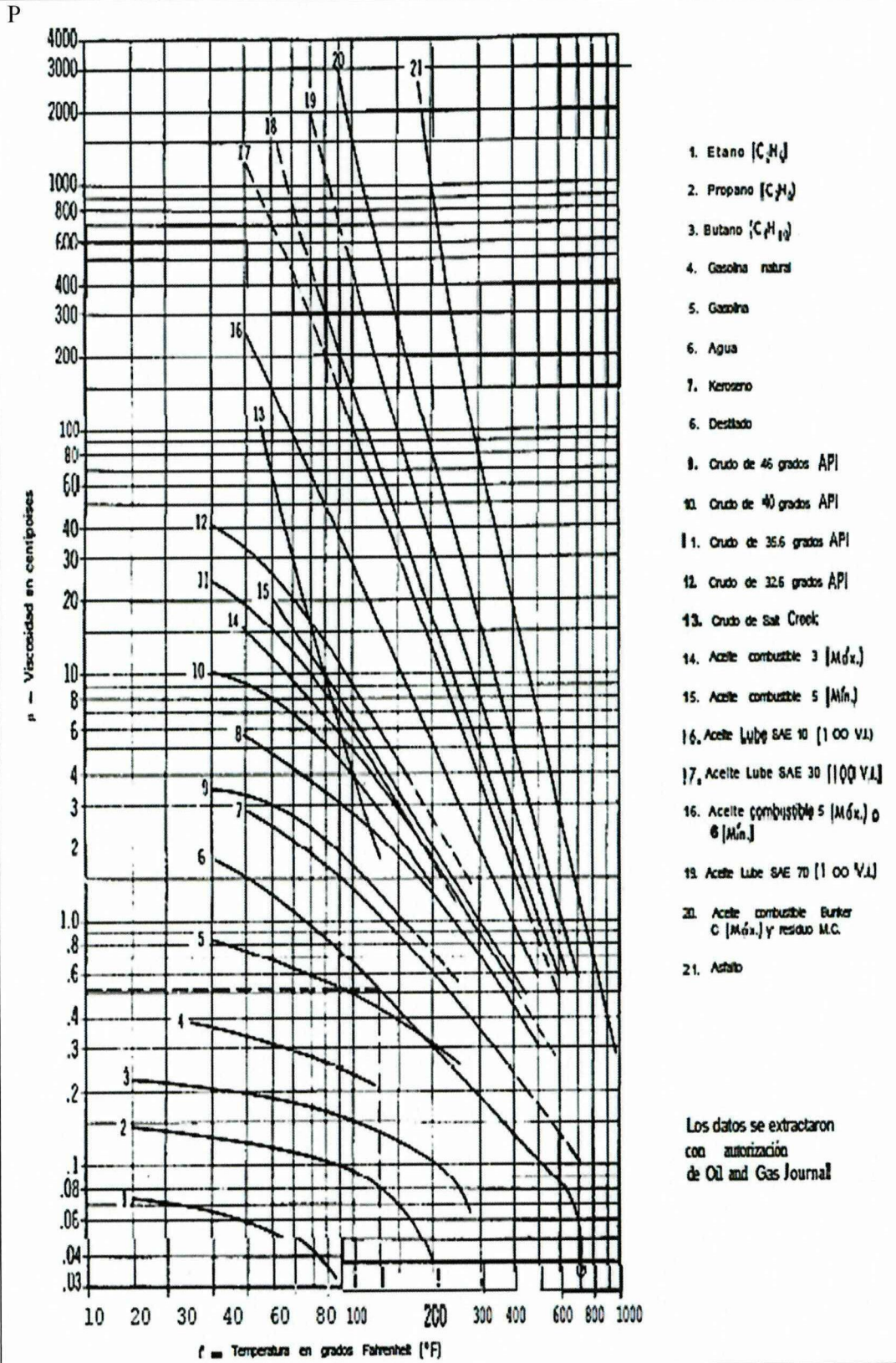
## Consultada

- ADMIN, *Automatismos Industriales*. [En línea]. Texto infor. Esquemas de automatismos. Modificado: 23 de Agosto de 2009. [Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2015]. Pag. 3. Disponible en la web; <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.esquemas.automatismos.pdf>
- CABALLANO José, *Automatización de Procesos Industriales*. [En línea]. Texto infor. Autómatas eléctricos. Modificado el xx de xx de 20xx. [Fecha de consulta: 23 de Abril de 2015]. Pag. 3. Disponible en la web; [http://www.caballano.com/IOI\\_Automatizacion.pdf](http://www.caballano.com/IOI_Automatizacion.pdf).
- CARROBLES Marcial y RODRÍGUEZ Félix. Manual de Mecanica Industrial. Neumatia e hidráulica II. Edición: Cultural S.A. 2000. [Fecha de consulta: 1 de Mayo de 2015]. Pag. 12.
- EL TELÉGRAFO. *Nuevas tarifas se definen según nivel de consumo*. [En línea]. Texto infor. Sección Noticias. Quito 3 de Junio de 2015. [Fecha de consulta: 3 de Junio de 2015]. Disponible en la web: <http://www.telegrafo.com.ec/noticias/informacion-general/item/nuevas->
- EspaGroup, *Apéndice Técnico*. [En línea]. Texto infor. Primera edición. Modificado: 11 de Enero de 2007. [Fecha de consulta: 27 de Abril de 2015]. Disponible en la web; [http://www.espagroup.com/pdfs/apt2000\\_Apendice\\_Tecnico\\_ok.pdf](http://www.espagroup.com/pdfs/apt2000_Apendice_Tecnico_ok.pdf).
- FERNÁNDEZ Pedro. *BOMBAS CENTRÍFUGAS Y VOLUMÉTRICAS*. [En línea]. Texto infor. Universidad de Cantabria. Modificado: 31 de Julio de 2011. [Fecha de consulta: 27 de Abril de 2015].

- Fluke Corporation. *Fluke 434-II/435-II/437-II*. [En línea]. Texto infor. Manual de uso. Modificado: 31 de Agosto de 2012. [Fecha de consulta: 22 de Mayo de 2015]. Disponible en la web: [http://www.cedesa.com.mx/pdf/fluke/fluke\\_434II-435II\\_user\\_manual.pdf](http://www.cedesa.com.mx/pdf/fluke/fluke_434II-435II_user_manual.pdf)
- MOTT, Robert. *Mecánica de fluidos*. Sexta edición. Editada por: Pearson Educación 2006. [Fecha de consulta: 1 de Mayo de 2015]. Pag. 11. Disponible en la web: <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/mecanica-de-fluidos-robert-mott-6ta-edicion.pdf>
- Organización Panamericana de Salud. *Guía para la selección equipos de bombeo para sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento para el medio rural*. [En línea]. Texto infor. Lima 2007. Modificado: 6 de Mayo de 2008. [Fecha de consulta: 27 de Abril de 2015]. Disponible en la web; <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/miscela/guiaselequiposbombeo-rural.pdf>
- ROTOPLAS. “*Manual de instalación y mantenimiento*”. [En línea]. Texto infor. Primera edición Junio 2013. Modificado: 29 de Agosto de 2013. Junio de 2015. [Fecha de consulta: 4 de Julio de 2015].
- Sterling SIHI. *Principios Básicos para el Diseño de Instalaciones de Bombas Centrífugas*. [En línea]. Texto infor. Séptima edición 2003. Miembro del Sterling Fluid SystemsGroup. Modificado: 6 de Julio de 2005. [Fecha de consulta: 2 de Mayo de 2015]. Disponible en la web; <http://www.supplyequip.com/pdf/SIHI-Liq-PrincipiosB%C3%A1sicos.pdf>
- TecsupVirtu@l, *Control Eléctrico de Motores*, [En línea]. Texto infor. Unidad II Simbología y esquemas. Modificado: 25 de Agosto de 2003. [Fecha de consulta: 23 de Abril de 2015]. Pag. 40. Disponible en la web; <http://es.scribd.com/doc/229681384/IyCnet-Simbologia-y-Esquemas>

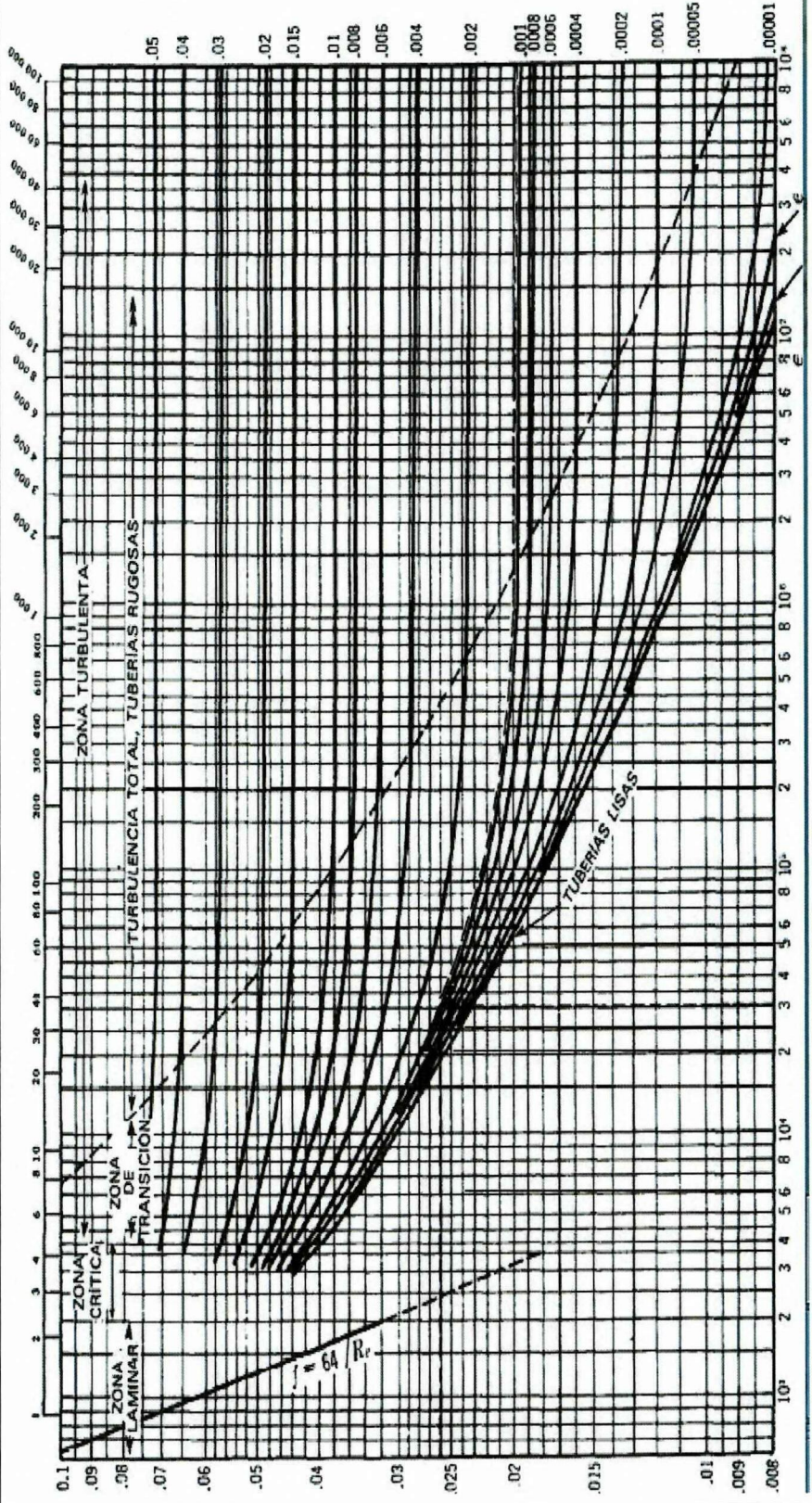
- TELEMECANIQUE y otros. *Equipo didáctico para el estudio del Mando, protección y regulación*. [En línea]. Texto infor. Schneider Electric S.A. Modificado: 17 de Octubre de 2003. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2015]. Pag. 99. Disponible en la web; <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/equipos/Mq-motoresI.pdf>
- TELESQUEMARIO, *Manual Electrotécnico*. [En línea]. Texto infor. Schneider Electric España, S.A. Modificado el 13 de Noviembre de 2009. [Fecha de consulta: 27 de Abril de 2015]. Pag.117. Disponible en la web; <http://www.schneider-electric.com.co/documents/soporte/>

# ANEXOS



FUENTE: Mecánica de Fluidos

AUTOR: Claudio Mataix



FUENTE: Mecánica de Fluidos

AUTOR: Claudio Mataix











ANEXO 3	<b>COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ABSOLUTA, K PARA TUBERÍAS COMERCIALES</b>	1-3
---------	---	-----

<i>Tipo de tubería</i>	<i>Rugosidad absoluta</i> — <i>k (mm)</i>	<i>Tipo de tubería</i>	<i>Rugosidad absoluta</i> — <i>k (mm)</i>
Vidrio, cobre o latón estirado..	<0,001 (o lisa)	Hierro galvanizado . . . . .	0,15 a 0,20
Latón industrial . . . . .	0,025	Fundición corriente nueva...	0,25
Acero laminado nuevo . . . . .	0,05	Fundición corriente oxidada .	1 a 1,5
Acero laminado oxidado . . . . .	0,15 a 0,25	Fundición asfaltada . . . . .	0,1
Acero laminado con incrustaciones . . . . .	1,5 a 3	Cemento alisado . . . . .	0,3 a 0,8
Acero asfaltado . . . . .	0,015	Cemento bruto . . . . .	Hasta 3
Acero roblonado . . . . .	0,03 a 0,1	Acero roblonado . . . . .	0,9 a 9
Acero soldado, oxidado . . . . .	0,4	Duelas de madera . . . . .	0,183 a 0,91

FUENTE: FUENTE: Mecánica de Fluidos

AUTOR: Claudio Mataix

<b>ANEXO 4</b>	<b>COEFICIENTES PARA PÉRDIDAS EN ACCESORIOS Y CODOS</b>	<b>1-4</b>
----------------	---	------------

Tees	Figura					
	$\zeta$	0.5	1.0	1.5	3.0	0.05
	Figura					
	$\zeta$	0.1	0.15	2.0	3.0	

codos

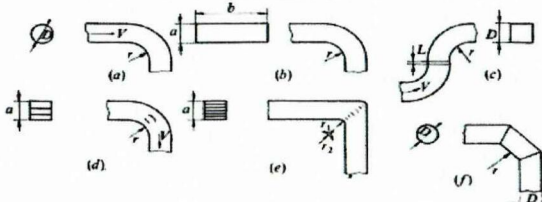
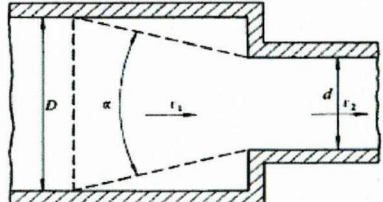
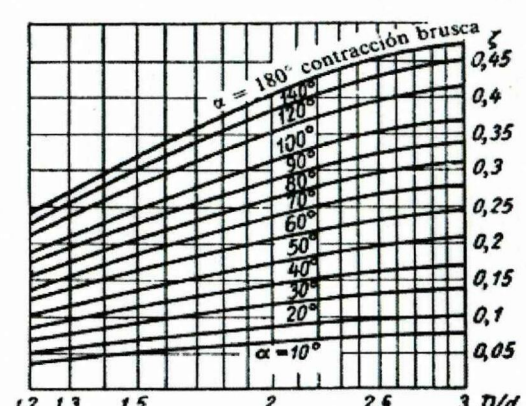


FIG. 11-8. Coeficientes  $\zeta$  de pérdidas en *codos* diversos:

(a) $\frac{r}{D} = 0$	0,25	0,5	1,0
$\zeta = 0,8$	0,4	0,25	0,16

Contracciones





FUENTE: Mecánica de Fluidos

AUTOR: Claudio Matáis

ANEXO 5	COEFICIENTES PARA PÉRDIDAS EN ACCESORIOS Y CODOS (CONTINUACIÓN)	1-5
Válvula de compuerta, con 3/4 de apertura		1,00-1,15
Válvula de check		2,5
Válvula de compuerta, con 1/2 de apertura		5,6
Válvula de compuerta, con 1/4 de apertura		24,0
Unión		0,3
Válvula de globo, completamente abierta 10,0		10,0
válvula en ángulo, completamente abierta		5,0
Válvula de compuerta, completamente abierta		0,2
Codo de radio corto ( $r/d = \pm 1$ )		0,9
Codo de radio mediano		0.75-0.80
Codo de 45"		0.4-0.42

FUENTE: FUENTE: Mecánica de Fluidos

AUTOR: Claudio Matáis