



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**TÍTULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**Autores:**

Cuenca Satan Danny Javier

Mariscal Bravo Maricela Cristina

**Tutor Tesis:**

Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

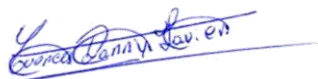
**Latacunga – Ecuador  
Febrero 2020**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Cuenca Satan Danny Javier y Mariscal Bravo Maricela Cristina, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, siendo Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez tutor del presente Trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, febrero 2020



---

Cuenca Satan Danny Javier

C.C. 0605408699



---

Mariscal Bravo Maricela Cristina

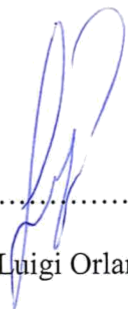
C.C. 1725031395

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, de los ponentes: Cuenca Satan Danny Javier y Mariscal Bravo Maricela Cristina, de la carrera de Ingeniería en 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 Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2020



.....  
Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez  
C.C. 0502529589

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Cuenca Satan Danny Javier y Mariscal Bravo Maricela Cristina con el título de Proyecto de titulación:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

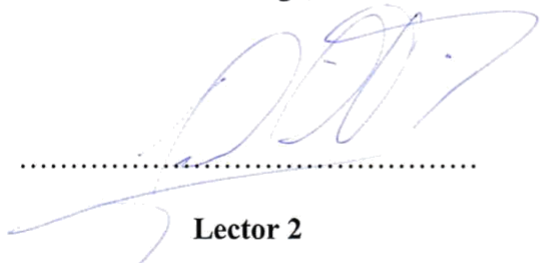
Latacunga, febrero 2020

Para constancia firman:

  
.....


**Lector 1 (Presidente)**

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas  
C.C.0502347768

  
.....

**Lector 2**

Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes  
C.C:0704400449

  
.....

**Lector 3**

Ing. Tannya Lucia Gallo Castillo  
C.C.1804154233

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi certifico que mediante el proyecto de propuesta tecnológica: “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”, de los estudiantes; **CUENCA SATAN DANNY JAVIER** y **MARISCAL BRAVO MARICELA CRISTINA** realizan la entrega de instrumentos de medición para variables físicas de nivel y flujo, para el Laboratorio de Investigación de Automatización y Control de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi. De acuerdo a lo anterior se hace constar que el proyecto de propuesta tecnológica se encuentra en las condiciones adecuadas.

Latacunga, febrero 2020



.....  
**DIRECTOR DE LA CARRERA**  
Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez  
C.C. 050311373-0

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios, a mis padres, por brindarme la existencia, a mis amigos y todos mis familiares cercanos, ser el apoyo y un pilar fundamental en aquellos momentos de dificultad y de debilidad en toda mi vida.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitir formarme, ser parte y un integrante más de la familia electromecánica, que ha sido como mi segundo hogar durante todo el proceso de mi vida universitaria.*

*Quiero agradecer a todos mis docente sin excepción alguna por haber brindado un grano de conocimiento y cultura para seguir un camino profesional lleno de ética, humildad y valores.*

*Al Ingeniero Luigi Freire y al Ingeniero Paúl Corrales por su excelencia como docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, darles mi agradecimiento por permitirme con el apoyo y ayuda llegar a culminar la etapa universitaria de manera muy positiva.*

*A todas aquellas personas mencionadas anteriormente mi eterna consideración y gratitud.*

*Danny Javier.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a mis padres, Sergio y Marcia por ser mi apoyo incondicional a lo largo del transcurso de mi vida, por ser mis guías y consejeros, pero por sobre todo enseñarme que no importa las adversidades que se presenten en el camino, siempre hay que luchar por los sueños y las metas trazadas.*

*A mis hermanos, Verónica, Irma, Joel y David por ser mi apoyo en momentos de debilidad y brindarme palabras sabias para seguir luchando.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrir sus puertas y permitirme ser parte de tan prestigiosa institución, por brindarme una educación de calidad y ser eje fundamental de mi formación profesional.*

*A mi tutor Ing. MSc. Luigi Freire por ser un excelente docente y guiarme en el transcurso del proyecto de titulación, al Ing. MSc. Paúl Corrales por haberme brindando sus conocimientos y consejos que me servirán a lo largo de mi vida profesional y personal.*

*A mis buenos amigos quienes me han brindado una amistad verdadera y han sabido llegar con palabras de aliento para continuar superándome cada día más.*

*A todos ustedes los llevare siempre en lo más profundo de mi corazón.*

*Maricela Cristina*

## DEDICATORIA

*El presente trabajo de titulación dedico principalmente a dos seres muy queridos, mis padres por ser quienes me inspiraron, me instruyeron y me dieron fuerza y valor para llevar este proceso de formación académica y hacer realidad un sueño de ser profesional.*

*El presente va dedicado al ser más especial y querido en mi vida como fue mi abuelita Ángela quien me brindo a cada instante todo su apoyo y me instruyo con cada uno de sus consejos a progresar día a día como persona y de manera académica.*

*A mis docentes que nos han apoyado en nuestro proyecto, impartiendo los conocimientos de toda índole y formándonos con valores y principios.*

*A mis amigos, compañera de tesis porque siempre hemos compartido una vida académica llenos de altos y bajos, que permitieron ser la inspiración para seguir adelante en la formación académica.*

*Danny Javier*

## DEDICATORIA

*Mi proyecto de titulación se lo dedico con todo mi afecto y amor a mis queridos padres, Sergio y Marcia, quienes me enseñaron cosas vitales de la vida y me encaminaron por el buen sendero e inculcaron en mí buenos consejos, por siempre apoyarme y ser mi sustento para cumplir mis metas siendo ellos el cimiento principal de toda mi formación personal y profesional.*

*A mis queridos hermanos Verónica, Irma, Joel y David por brindarme palabras de aliento y apoyo incondicional.*

*A mis amigos que siempre me han apoyado en todo momento sin esperar nada a cambio, quienes han compartido junto a mí, mis triunfos y derrotas.*

*Maricela Cristina*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xviii
1. INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	3
2.1. Título de la propuesta tecnológica .....	3
2.2. Tipo de propuesta alcance.....	3
2.3. Área del conocimiento .....	3
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica .....	3
2.5. Objeto de estudio y campo de acción .....	3
2.5.1. Objeto de estudio .....	3
2.5.2. Campo de acción .....	4
2.6. Situación Problémica y Problema.....	4
2.6.1. Situación Problémica.....	4
2.6.2. Problema.....	5
2.7. Hipótesis o formulación de pregunta científica .....	5
2.8. Objetivos.....	5
2.8.1. Objetivo General.....	5
2.8.2. Objetivos Específicos .....	5
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	6
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. Antecedentes .....	7

3.2.	Banco de Pruebas .....	8
3.2.1.	Fundamentos Básicos Sobre un Banco de Pruebas .....	8
3.2.2.	Elementos y Características de un Banco de Pruebas .....	8
3.3.	Instrumentación .....	9
3.3.1.	Conceptos básicos de instrumentación .....	10
3.4.	Instrumentación electrónica .....	12
3.4.1.	Sistemas de medida .....	12
3.4.2.	Características básicas de un sistema de medida.....	12
3.4.3.	Funciones de un sistema de medida .....	13
3.4.4.	Errores de medida.....	14
3.5.	Sensores .....	15
3.6.	Transmisores .....	15
3.6.1.	Tipo de conexiones de transmisores.....	16
3.7.	Flujo .....	18
3.7.1.	Sensores de Flujo.....	18
3.7.2.	Tipos de Sensores de Flujo.....	18
3.8.	Nivel.....	19
3.8.1.	Sensores De Nivel .....	19
3.8.2.	Tipos De Sensores De Nivel.....	19
3.9.	Microcontrolador .....	20
3.9.1.	Tarjeta de Adquisición de datos .....	20
3.10.	Bombas de agua .....	20
3.11.	Variador de Frecuencia .....	21
4.	METODOLOGÍA .....	22
4.1.	Descripción mecánica del banco de pruebas .....	23
4.1.1.	Tanques.....	23
4.1.2.	Tuberías.....	25
4.1.3.	Estructura del Banco de Pruebas .....	25
4.2.	Descripción y selección de los componentes eléctricos y electrónicos del banco de pruebas.....	27
4.2.2.	Bomba.....	27
4.2.3.	Sensor de Nivel.....	28
4.2.4.	Sensor de Flujo .....	33
4.2.5.	Variador de frecuencia.....	36

4.2.6.	Tarjeta de adquisición de datos .....	38
4.3.	Programación de software.....	39
4.4.	Análisis de errores .....	40
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	42
5.1.	Descripción del Equipo.....	42
5.1.1.	Diagrama del banco de pruebas.....	43
5.2.	Pruebas de error en medición.....	43
5.2.1.	Curvas de trazabilidad de los sensores .....	44
5.2.2.	Prueba de error de medición de flujo en el banco de pruebas. ....	46
5.2.3.	Prueba de error de medición de nivel en el banco de pruebas.....	51
5.2.4.	Medición de errores debido al observador .....	55
5.2.5.	Curvas de medición de nivel en función de la intensidad de corriente ....	60
5.2.6.	Curvas de medida de flujo en función de la intensidad de corriente.....	62
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	65
6.1.	Presupuesto .....	65
6.1.1.	Costo de maquinaria .....	66
6.1.2.	Costo de las horas de ingeniería en diseño y fabricación .....	66
6.1.3.	Gastos directos totales .....	67
6.1.4.	Gastos indirectos totales .....	67
6.2.	Análisis de impactos .....	67
6.2.1.	Impacto práctico: .....	67
6.2.2.	Impacto tecnológico: .....	67
6.3.	Beneficiarios y Beneficios.....	68
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
7.1.	Conclusiones.....	69
7.2.	Recomendaciones .....	69
8.	BIBLIOGRAFIA.....	70
9.	ANEXOS.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1: Tipos de Señal.....	9
Figura 3. 2: Conceptos básicos de Instrumentación parte 1 .....	10
Figura 3. 3: Conceptos básicos de Instrumentación parte 2 .....	11
Figura 3. 4: Características de un Sistema de Medida.....	12
Figura 3. 5: Funciones de un Sistema de Medida.....	13
Figura 3. 6: Curva de Errores .....	14
Figura 3. 7: Tipos de Errores de Medida .....	14
Figura 3. 8: Tipos de Sensores .....	15
Figura 3. 9: Tipos de Transmisores .....	16
Figura 3. 10: Conexión a 2 Hilos.....	16
Figura 3. 11: Conexión a 3 Hilos.....	17
Figura 3. 12: Conexión de 4 hilos .....	17
Figura 3. 13: Tipos de Sensores de Flujo .....	18
Figura 3. 14: Tipos de Sensores de Nivel.....	19
Figura 3. 15: Clasificación de Bombas de Agua .....	21
Figura 4. 1: Descripción de etapas de desarrollo del proyecto de tesis .....	23
Figura 4. 2: Medidas de tanques en mm.....	24
Figura 4. 3: Modelamiento estructural del banco de pruebas.....	26
Figura 4. 4: Análisis estructural del banco de pruebas .....	26
Figura 4. 5: Ubicación del sensor de nivel .....	30
Figura 4. 6: Mala instalación del sensor de nivel .....	31
Figura 4. 7: Distancia adecuada del sensor de nivel.....	31
Figura 4. 8: diámetro de guía de ondas.....	32
Figura 4. 9: Niveles de Altura que mide el sensor.....	32
Figura 4. 10: Esquema eléctrico de conexión (sensor nivel).....	33
Figura 4. 11: Formas de instalación de un flujómetro.....	35
Figura 4. 12: Distancia de instalación del flujómetro.....	35
Figura 4. 13: Esquema eléctrico de conexión (sensor flujo) .....	36
Figura 4. 14: Flujograma de programación DAQ.....	38
Figura 4. 15: Flujograma de la programación de software.....	39
Figura 4. 16: Pantalla de valores de nivel.....	39
Figura 4. 17: Pantalla de valores de flujo .....	40

Figura 5. 1: Banco de Pruebas .....	42
Figura 5. 2: Diagrama P&ID del banco de pruebas.....	43
Figura 5. 3: Curva de trazabilidad d sensores de nivel ultrasónico. ....	45
Figura 5. 4: Curva de trazabilidad de sensores de flujo de turbina. ....	46
Figura 5. 5: Curvas de medición sensores flujo (B.C).....	47
Figura 5. 6: Curva de error sensor de flujo (B.C).....	48
Figura 5. 7: Curvas de medición sensores flujo (B.P) .....	49
Figura 5. 8: Curva de error de sensor de flujo (B.P) .....	50
Figura 5. 9: Curva de medición de sensores de nivel (B.C) .....	51
Figura 5. 10: Curva de error de sensor de nivel (B.C).....	52
Figura 5. 11: Curva de error sensores de nivel (B.P) .....	53
Figura 5. 12: Curva de error sensores de nivel (B.P) .....	54
Figura 5. 13: Curva de medición rotámetro (B.C).....	56
Figura 5. 14: Curva de error rotámetro (B.C).....	57
Figura 5. 15: Curva de medición rotámetro (B.P) .....	58
Figura 5. 16: Curva de error rotámetro (B.P) .....	59
Figura 5. 17: Curva de nivel e intensidad de un sensor de nivel ultrasónico. ....	61
Figura 5. 18: Curva de nivel e intensidad de un amperímetro.....	62
Figura 5. 19: Curva de flujo e intensidad de un sensor de flujo de turbina. ....	63
Figura 5. 20: Curva de flujo de un Rotámetro e intensidad de un Amperímetro. ....	64
Figura II. 1: Programación Arduino .....	78
Figura II. 2:Programación Software .....	79
Figura III. 1:Sueldos mínimos 2019 ecuador .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Tareas por Objetivos .....	6
Tabla 4. 1: Características de los tanques.....	24
Tabla 4. 2: Características de la Estructura de un Banco de Pruebas:.....	25
Tabla 4. 3: Características de la bomba.....	28
Tabla 4. 4: Características del sensor de nivel.....	29
Tabla 4. 5: Parámetros de ajustes del sensor de nivel ultrasónico.....	29
Tabla 4. 6: Características del sensor de flujo .....	33
Tabla 4. 7: Parámetros del sensor de flujo de turbina .....	34
Tabla 4. 8: Diámetro nominal para instalación del flujómetro.....	36
Tabla 4. 9: Características del Variador de Frecuencia .....	36
Tabla 4. 10: Parámetros del variador de frecuencia G110 .....	37
Tabla 5. 1: Valores medidos de sensores de nivel ultrasónico, .....	44
Tabla 5. 2: Valores medidos de sensores de flujo de turbina. ....	45
Tabla 5. 3: Valores tomados de sensores de flujo (B.C) .....	46
Tabla 5. 4: Valores de errores calculados (B.C).....	47
Tabla 5. 5: Valores medidos sensores de flujo (B.P).....	49
Tabla 5. 6: Valores de errores calculados (B.P) .....	50
Tabla 5. 7: Valores tomados sensores nivel (B.C) .....	51
Tabla 5. 8: Valores de errores calculados nivel (B.C).....	52
Tabla 5. 9: Valores tomados sensores de nivel (B.P) .....	53
Tabla 5. 10: Error medido sensores de nivel (B.P).....	54
Tabla 5. 11: Valores de medición rotámetro (B.C) .....	55
Tabla 5. 12: Error medido rotámetro (B.C) .....	56
Tabla 5. 13: Valores de medición rotámetro (B.P).....	58
Tabla 5. 14: Error medido rotámetro (B.P) .....	59
Tabla 5. 15: Valores obtenidos sensores de nivel ultrasónico.....	60
Tabla 5. 16: Tabla de valores de nivel e intensidad de un sensor de nivel ultrasónico ..	60
Tabla 5. 17: Valores obtenidos (cinta métrica y la intensidad de un amperímetro). ....	61
Tabla 5. 18: Valores obtenidos del sensor de flujo de turbina. ....	62
Tabla 5. 19: Valores medidos de flujo e intensidad por sensor de flujo de turbina. ....	63
Tabla 5. 20: Valores obtenidos de flujo (rotámetro e intensidad en un amperímetro)..	64
Tabla 6. 1: Desglose de elementos importados .....	65

Tabla 6. 2: Desglose de compra de elementos locales .....	65
Tabla 6. 3: Costo de diseño de ingeniería.....	66
Tabla 6. 4: Gastos directos totales .....	67
Tabla 6. 5: Gastos indirectos totales.....	67
Tabla I. 1: Análisis Estructural del banco de pruebas. ....	73
Tabla II. 1: Pruebas generales de Nivel B.C.....	80
Tabla II. 2: Pruebas generales de Nivel B.P .....	81
Tabla II. 3: Pruebas generales de Flujo B.C .....	82
Tabla II. 4: Pruebas generales de Flujo B.P .....	83
Tabla II. 5: Personas que observaron medidas de rotámetro.....	84

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

**Autores:** Cuenca Satan Danny Javier  
Mariscal Bravo Maricela Cristina

#### RESUMEN

En el presente proyecto describe el desarrollo de tecnología para un proceso productivo óptimo con el uso de sensores, transmisores, señales, interfaces con opciones de supervisión del proceso. Principalmente, comprende la elaboración de un banco de pruebas de instrumentos de medición de nivel y flujo de tipo industrial, que realiza un proceso de bombeo de agua entre dos recipientes (principal y reserva) interconectados con tuberías y válvulas, en dicho proceso se realiza mediciones de variables físicas de nivel y flujo, el cual permite que el usuario, con los datos obtenidos pueda elaborar un análisis de precisión y exactitud utilizando algunos argumentos establecidos en la teoría de errores. A continuación el proyecto se divide en tres fases. En la primera fase se describe de manera general los conceptos bibliográficos que se utiliza en el área de instrumentación y control, el cual se basa en una descripción, características y uso adecuado de los equipos, componentes y accesorios de los que está compuesto el banco de pruebas de instrumentos de medición, a más de un diseño del modelo. En la segunda fase se detalla características y parámetros de funcionamiento de cada uno de los sensores de nivel y flujo, además de los elementos que se va a utilizar, se describe mediante procedimientos de cálculo como se dimensionó diferentes parámetros de algunos elementos y equipos, también se realiza una simulación de análisis estructural para verificar la resistencia mecánica de la composición y diseños del banco de pruebas de instrumentos de medición. En la última fase se realiza la configuración de cada uno de los sensores (nivel ultrasónico y flujo de turbina), también la adquisición de los valores medidos mediante el uso de un microcontrolador (Arduino) como una tarjeta de adquisición (DAQ), para efectuar con los datos obtenidos un análisis de precisión y exactitud aplicando teoría de errores de medición, y así mediante gráficas generadas en Excel observar el comportamiento de cada uno de los sensores en diferentes parámetros, de acuerdo a los resultados obtenidos se generó guías de prácticas de laboratorio para que los estudiantes realicen las conexiones y comprobaciones de cada uno de los instrumentos de medida de acuerdo a lo especificado en el presente proyecto.

**Palabras claves:** sensores, transmisores, interfaz, precisión, exactitud, instrumentación, nivel, flujo, tarjeta de adquisición de datos (DAQ), microcontrolador, arduino.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED**

**THEME: "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TEST BENCH FOR LEVEL AND FLOW MEASUREMENT INSTRUMENTS TO THE AUTOMATION AND CONTROL RESEARCH LABORATORY OF THE ELECTROMECHANICAL ENGINEERING PROGRAM AT THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI"**

**Authors:** Cuenca Satan Danny Javier  
Mariscal Bravo Maricela Cristina

**ABSTRACT**

This project describes the development of technology for an optimal production process with the use of sensors, transmitters, signals, and interfaces with process monitoring options. Fundamentally, it involves the development of an industrial level and flow measuring instrument testbed which performs a water pumping process between two vessels (main and reserve) that are interconnected with pipes and valve; in this process, measurements of physical level and flow variables are made, which allows the user, with the data obtained to produce an analysis of precision using some arguments established in the theory of errors. The project is divided into three stages. In the first stage, the bibliographic concepts used in the instrumentation and control area are described in a general way, which are based on a description, characteristics and appropriate use of the equipment, components, and accessories of which the test bench of measuring instruments is composed, additionally to the design of the model. The second stage details the characteristics and operating parameters of each level and flow sensor, plus the elements to be used; calculation procedures describe it as different parameters of some elements and equipment were dimensioned; a structural analysis simulation is also performed to verify the mechanical strength of the composition and designs of the measuring instrument test bench. In the last stage, the configuration of each sensor (ultrasonic level and turbine flow) is carried out, as well as the acquisition of the measured values through the use of a microcontroller (Arduino) as an acquisition card (DAQ) to carry out with the data obtained a precision analysis applying the theory of measurement errors; through graphs generated in Excel, researchers observe the behavior of each sensor in different parameters; according to the results obtained, laboratory practice guides were created for students to carry out the connections and check each measuring instrument as specified in the this project.

**Keywords:** sensors, transmitters, interface, precision, instrumentation, level, flow, data acquisition card (DAQ), microcontroller, Arduino.


## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores: Cuenca Satan Danny Javier y Mariscal Bravo Maricela Cristina, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, cuyo título “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”, lo realizaron 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 2020

Atentamente



---

Lcdo. Collaguazo Vega Wilmer Patricio Mg.  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.C: 1722417571

## **1. INFORMACIÓN BÁSICA**

### **Propuesto por:**

Cuenca Satan Danny Javier

Mariscal Bravo Maricela Cristina.

### **Tema aprobado:**

“Diseño e implementación de un banco de pruebas para instrumentos de medición de nivel y flujo para el Laboratorio de Investigación de Automatización y Control de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.”.

### **Carrera:**

Ingeniería Electromecánica.

### **Director del proyecto de titulación:**

Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

### **Equipo de trabajo:**

#### **Tutor**

Nombres: Luigi Orlando  
Apellidos: Freire Martínez  
Cédula de Identidad: 0502529589  
Email: luigi.freire@utc.edu.ec

#### **Ponente 1**

Nombres: Danny Javier  
Apellidos: Cuenca Satan  
Cédula de Identidad: 0605408699  
Email: danny.cuenca8699@utc.edu.ec

**Ponente 2**

Nombres: Maricela Cristina  
Apellidos: Mariscal Bravo  
Cédula de Identidad: 1725031395  
Email: maricela.mariscal1395@utc.edu.ec

**Lugar de ejecución:**

Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San Felipe.

**Tiempo de duración del proyecto:**

6 meses.

**Fecha de entrega:**

Enero del 2020.

**Línea (s) y sublíneas de investigación a las que se asocia el proyecto:**

Líneas de investigación: Procesos Industriales.

Sub líneas de investigación: Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

**Tipo de propuesta tecnológica:**

El tipo de propuesta tecnológica corresponde al diseño e implementación de un banco de pruebas de instrumentos de medición de nivel y flujo, utilizando sensores de nivel industrial que permita realizar prácticas de medición y con los valores obtenidos poder verificar su comportamiento de precisión y exactitud, aplicando la teoría de errores de medición para el Laboratorio de Investigación de Automatización y Control de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1. Título de la propuesta tecnológica**

Diseño e Implementación de un banco de pruebas para instrumentos de medición de nivel y flujo para el Laboratorio de Investigación de Automatización y Control de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **2.2. Tipo de propuesta alcance**

Se pretende optimizar la instrucción práctica en la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, implementando módulos con instrumentos de tecnología similar a las que están implementadas a nivel industrial, específicamente para medición de variables físicas de nivel y flujo.

### **2.3. Área del conocimiento**

Ingeniería, industria y construcción.

Sub áreas.- 52: Ingeniería y profesiones afines.

### **2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica**

Se propone el diseño y la implementación de un banco de pruebas de instrumentos para medición de nivel y flujo, su funcionamiento está basado en la medición de variables físicas de nivel y flujo utilizando sensores de nivel ultrasónico y de flujo de turbina, además obteniendo datos mediante un microcontrolador (Arduino) como una tarjeta de adquisición, aplicando conocimientos basados en la electrónica, instrumentación y control.

El proyecto va dirigido para la realización de mediciones como prácticas en la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que actualmente el Laboratorio de Investigación de Automatización y Control no cuenta con un banco de pruebas para instrumentos de medición de nivel y flujo.

### **2.5. Objeto de estudio y campo de acción**

#### **2.5.1. Objeto de estudio**

Banco de pruebas para instrumentos de medición de nivel y flujo, en el área de control,

medición e instrumentación en el Laboratorio de Investigación de Automatización y Control.

### **2.5.2. Campo de acción**

3311.02 Ingeniería de control

3313.25 Bombas y equipos para manipulación de líquidos

## **2.6.Situación Problémica y Problema**

### **2.6.1. Situación Problémica**

En la actualidad para el control de procesos industriales, siempre es necesario tomar datos de medición, ya sea porque, intervienen en forma directa o indirecta en las diferentes etapas de control. En un proceso de control, la etapa de medición cumple un papel muy importante, ya que permite conocer valores o datos reales para ser analizados y comparados, mediante datos obtenidos se puede realizar lazos de control más estables, acorde a la necesidad de la industria.

Una de las fuentes más aplicables en los procesos industriales es la utilización de fluidos, ya que se encuentran muy frecuentemente en distintos procesos principales de cada industria. Estos están presentes en diferentes estados físicos de acuerdo a sus características, por tal motivo, tienen que ser medidos y controlados en todo momento, para realizar un análisis de cómo relacionarlos en diferentes procesos industriales. El fluido que es utilizado con mayor frecuencia por su fácil adquisición y su costo reducido es el agua, ya que se utiliza en la mayoría de procesos industriales. En la utilización del agua es muy importante el proceso de medición, esto permite realizar un control frecuente del líquido para los diferentes procesos.

Dentro del campo profesional la competitividad en el área técnica se hace más marcada a medida que avanza la tecnología y las operaciones de un proceso de control, por lo cual se debe crear fuentes prácticas para que futuros profesionales, obtengan el desarrollo práctico suficiente para competir en el área de su desempeño, creando escenarios de aprendizaje para el fortalecer su conocimiento. Por esta razón, se propone realizar un proyecto que permita encontrar desde una perspectiva de la ingeniería, el análisis de errores en las mediciones con los sensores de nivel ultrasónico y de flujo de turbina, aportando un valioso conocimiento en el área profesional que incide la Ingeniería Electromecánica.

### **2.6.2. Problema**

La inexistencia de un banco de pruebas de instrumentos de medición de variables físicas de nivel y flujo, limita la realización de prácticas de mediciones y el análisis de error en la medida existente en cada uno de los equipos para el Laboratorio de Investigación de Automatización y Control de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo académico de Octubre 2019 – Marzo 2020

### **2.7. Hipótesis o formulación de pregunta científica**

¿El diseño y la implementación de un banco de pruebas de instrumentos de medición de nivel y flujo, permitirá la realización de prácticas de medición para poder analizarlas mediante la teoría de errores de medida de sensores tipo industriales en el área técnica de instrumentación y control de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

### **2.8. Objetivos**

#### **2.8.1. Objetivo General**

Implementar un banco de pruebas de instrumentos de medición de nivel y flujo utilizando principios de instrumentación y electrónica, para la realización de prácticas de mediciones y análisis de errores de medida, en el Laboratorio de Investigación de Automatización y Control de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### **2.8.2. Objetivos Específicos**

- Investigar en diferentes fuentes bibliográficas sobre las características y análisis fundamentales de instrumentación en bancos de pruebas de instrumentos de medición de variables física de nivel y flujo para la elaboración del proyecto de tesis.
- Construir el banco de pruebas de instrumentos de medición de nivel y flujo, aplicando el proceso de diseño, instrumentación y sistemas electrónicos.
- Analizar los datos adquiridos del banco de pruebas de instrumentos de medición de nivel y flujo, utilizando la teoría de errores de medida, comparando dos equipos de las mismas características.

## 2.9.Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Tabla 2. 1: Tareas por Objetivos

OBJETIVOS	TAREAS
<p>Investigar en diferentes fuentes bibliográficas sobre las características y análisis fundamentales de instrumentación en bancos de pruebas de instrumentos de medición de variables física de nivel y flujo para la elaboración del proyecto de tesis.</p>	<p>Recopilación de información de fuentes bibliográficas y virtuales relacionadas al tema de control e instrumentación de banco de medición.</p>
	<p>Revisar los diferentes proyectos de diseño e implementación acerca de banco de pruebas de medición</p>
	<p>Diseño y análisis en CAD de la estructura de soporte y todos los elementos y componentes a utilizar en el banco de pruebas de medición.</p>
<p>Construir el banco de pruebas de instrumentos de medición de nivel y flujo, aplicando el proceso de diseño, instrumentación y sistemas electrónicos.</p>	<p>Construir físicamente la estructura de soporte de acuerdo al análisis y dimensiones realizadas en el plano CAD</p>
	<p>Instalar cada uno de los elementos y componentes necesarios para la operación del banco de pruebas.</p>
<p>Analizar los datos adquiridos del banco de pruebas de instrumentos de medición de nivel y flujo, utilizando la teoría de errores de medida, comparando dos equipos de las mismas características.</p>	<p>Realizar las pruebas de funcionamiento y de medición de los instrumentos del banco de pruebas</p>
	<p>Generar un análisis de los datos tomados de la comparación de los instrumentos aplicando la teoría de errores.</p>
	<p>Realizar un manual de guías de laboratorio y de operación del banco de pruebas para su funcionamiento y manipulación adecuada.</p>

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Antecedentes**

A través de los años la tecnología dedicada a la automatización ha ido evolucionando, consecuentemente diferentes proyectos de desarrollo tanto en empresas como en el sistema educativo se enfocan en el diseño de estos sistemas con el fin de que estos sean más precisos y simples a la hora de supervisar diferentes sistemas industriales.

Los fluidos están presentes en la mayoría de los procesos industriales, ya sea porque intervienen en forma directa o indirecta en las etapas de procesos de producción. Los fluidos están ahí y, por lo tanto, tienen que ser controlados, y es necesario saber en todo momento cuáles son sus principales características y como se relacionan los fluidos en los diferentes procesos.

Se menciona a continuación algunos trabajos realizados para el uso de nuevas tecnologías y mejoras en los ámbitos de control de fluidos.

“Diseño y construcción de un módulo didáctico de control de flujo para el laboratorio de control de la EIE-CRI de la ESPOCH” [1], concluye en que la aplicación del módulo de flujo constituye un importante aporte para el aprendizaje de los estudiantes en el campo de instrumentación, sensores y sistemas de control.

“Diseño y construcción de un sistema de control de nivel de líquidos” [2], los resultados en cuanto al control digital, presenta la ventaja de que las contantes del compensador PE) pueden ser modificadas fácilmente y no están limitadas a un rango de variación restringido, esto es bastante útil en laboratorio para fines didácticos.

“Diseño e implementación de un sistema prototipo para la operación en línea de módulos didácticos para el aprendizaje de sistemas industriales de medición” [3], esta aplicación permite que los estudiantes tengan una herramienta adicional para realizar sus prácticas de laboratorio relacionadas con el aprendizaje de sistemas industriales de medición del programa de Ingeniería Electrónica.

“Diseño e implementación de controladores PID y control adaptativo de ganancias programadas con las variables nivel y flujo evaluados sobre un módulo didáctico” [4], concluye en que el control adaptativo de ganancias programadas en lazo cascada tiene un mejor rendimiento que

el controlador de ganancias programadas de lazo simple debido a que ante perturbaciones en la entrada de la planta se ve afectada de manera mínima su salida.

“Prototipo para control automático de nivel y flujo de líquidos” [5], Ha comprobado que las ecuaciones del sistema de flujo de agua en este tanque y las ecuaciones de control PID son aplicables y tienen un resultado coherente con los datos reales.

### **3.2. Banco de Pruebas**

Un banco de pruebas se fundamenta en la experimentación que consiste en prácticas de laboratorio, manteniendo al estudiante en contacto con variables conocidas, de tal manera que lo motive y lo induzca a comprobar, demostrar y reproducir dichas variables en condiciones controladas.

#### **3.2.1. Fundamentos Básicos Sobre un Banco de Pruebas**

En la actualidad el aprendizaje y la enseñanza se realizan mediante la estrecha interrelación de la parte teórica con la parte práctica, es por esto que hoy en día se busca métodos y dispositivos que integren los mismos, el uso de bancos de pruebas de forma didáctica han sido diseñados para iniciar al estudiante en programación, depuración y diagnóstico de sistemas de automatización sencillos.

#### **3.2.2. Elementos y Características de un Banco de Pruebas**

Un banco de pruebas como su nombre lo indica debe ser o estar constituido de tal forma que facilite la medición de variables físicas por medio de instrumentos utilizados en los laboratorios de instrumentación. Entre las características principales de un banco de pruebas se tiene las siguientes [6]:

- Permite que las señales de salida de cada instrumento sean conectadas a sistemas de registros, microprocesadores y microcontroladores entre otros.
- Al ser un tipo de banco de pruebas dirigido hacia el uso de prácticas de laboratorio cuenta con protección eléctrica y seguridad en sus conexiones.
- Permite la comprobación de configuraciones y acoplamiento de señales para dar tratamiento a una variable que se necesita visualizar.

- El banco de pruebas esta metodológicamente diseñado para la manipulación y operación por estudiantes, es decir permite una maleabilidad de instrumentos

Además que cuenta con varias ventajas dentro del área académica algunas se mencionan a continuación:

- Permite desarrollar aprendizaje autónomo de estudiantes y docentes que quieran enriquecer sus conocimientos, ya que permite la comprobación de configuraciones y acoplamiento de señales para dar tratamiento a una variable que se necesita visualizar.
- El docente puede trabajar con problemáticas de medición en la industria para que los estudiantes aprendan mucho más.
- Generalmente se diseña un banco de pruebas para la manipulación y operación por estudiantes con niveles básicos de electrónica que desean adquirir destrezas en la instrumentación.

### 3.3. Instrumentación

Todo sistema de instrumentos y dispositivos asociados, utilizados en un proceso industrial para: medir, detectar, supervisar, señalar, comunicar y controlar atributos de una variable física o proceso. Se toma mediciones de los procesos para: Monitoreo, Registro y Control. [7]

La Instrumentación está relacionada con la medición de las variables de procesos, los tipos de variables de acuerdo a su comportamiento en el tiempo son de tipo analógica y digital.

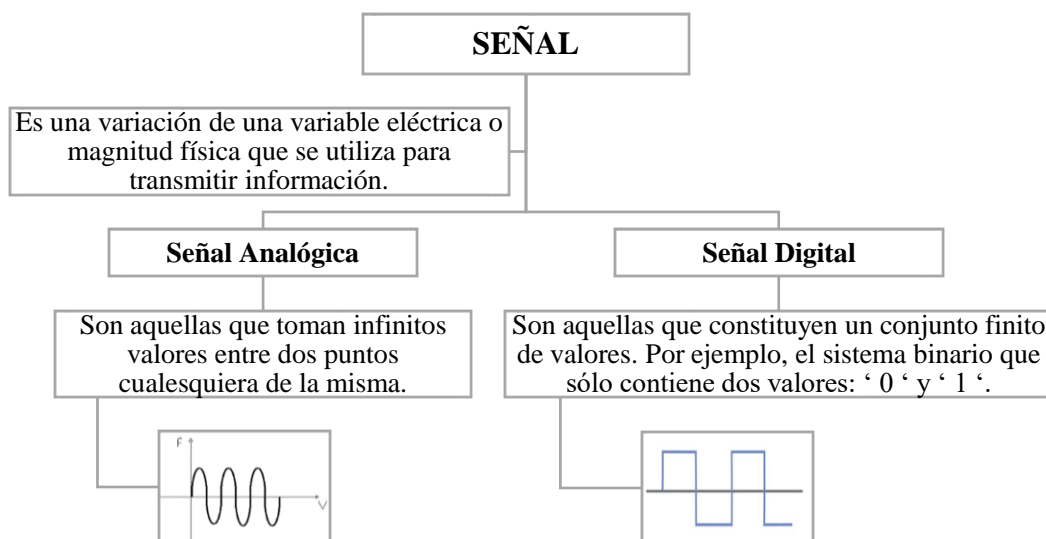


Figura 3. 1: Tipos de Señal

### 3.3.1. Conceptos básicos de instrumentación

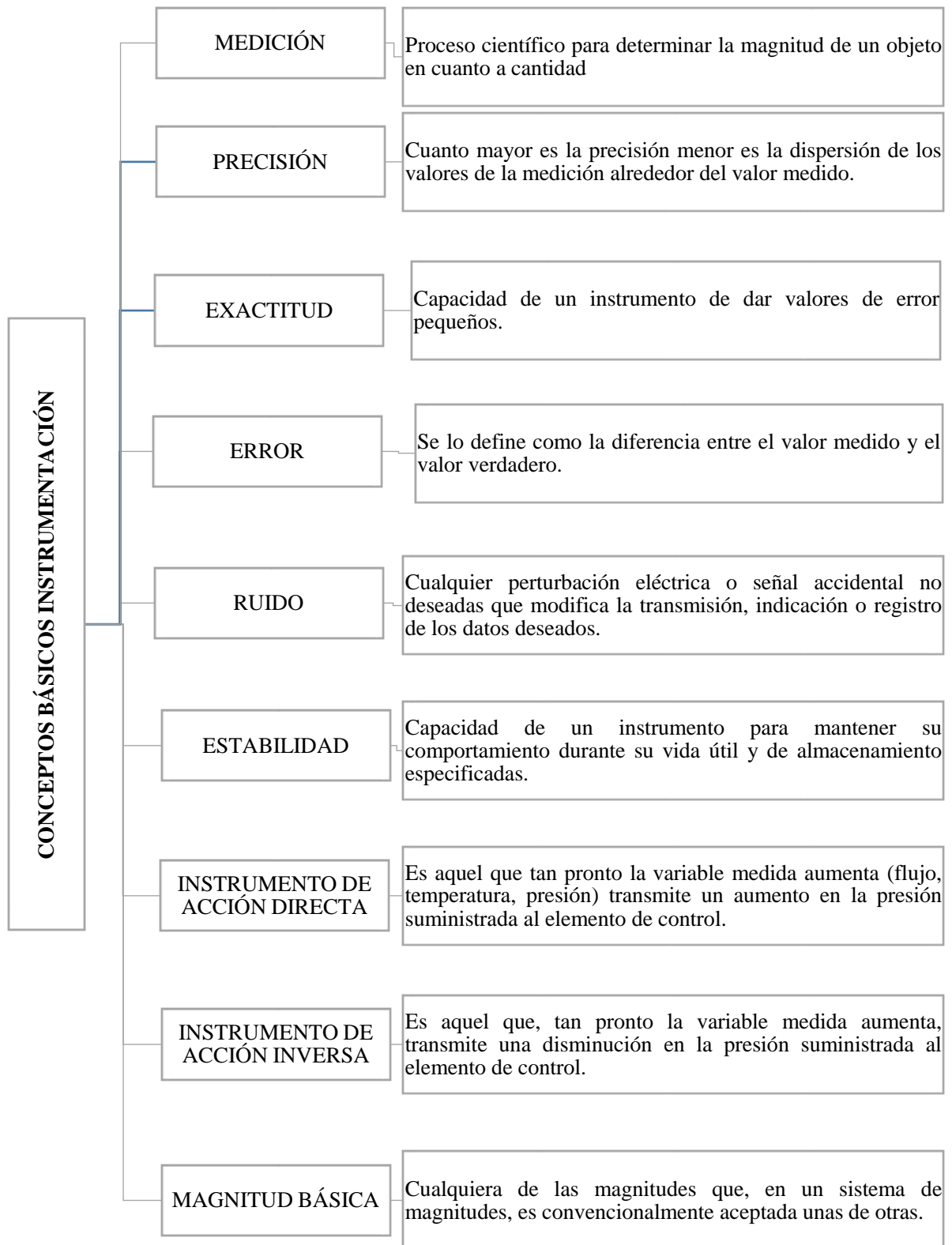


Figura 3. 2: Conceptos básicos de Instrumentación parte 1  
Fuente: [8].

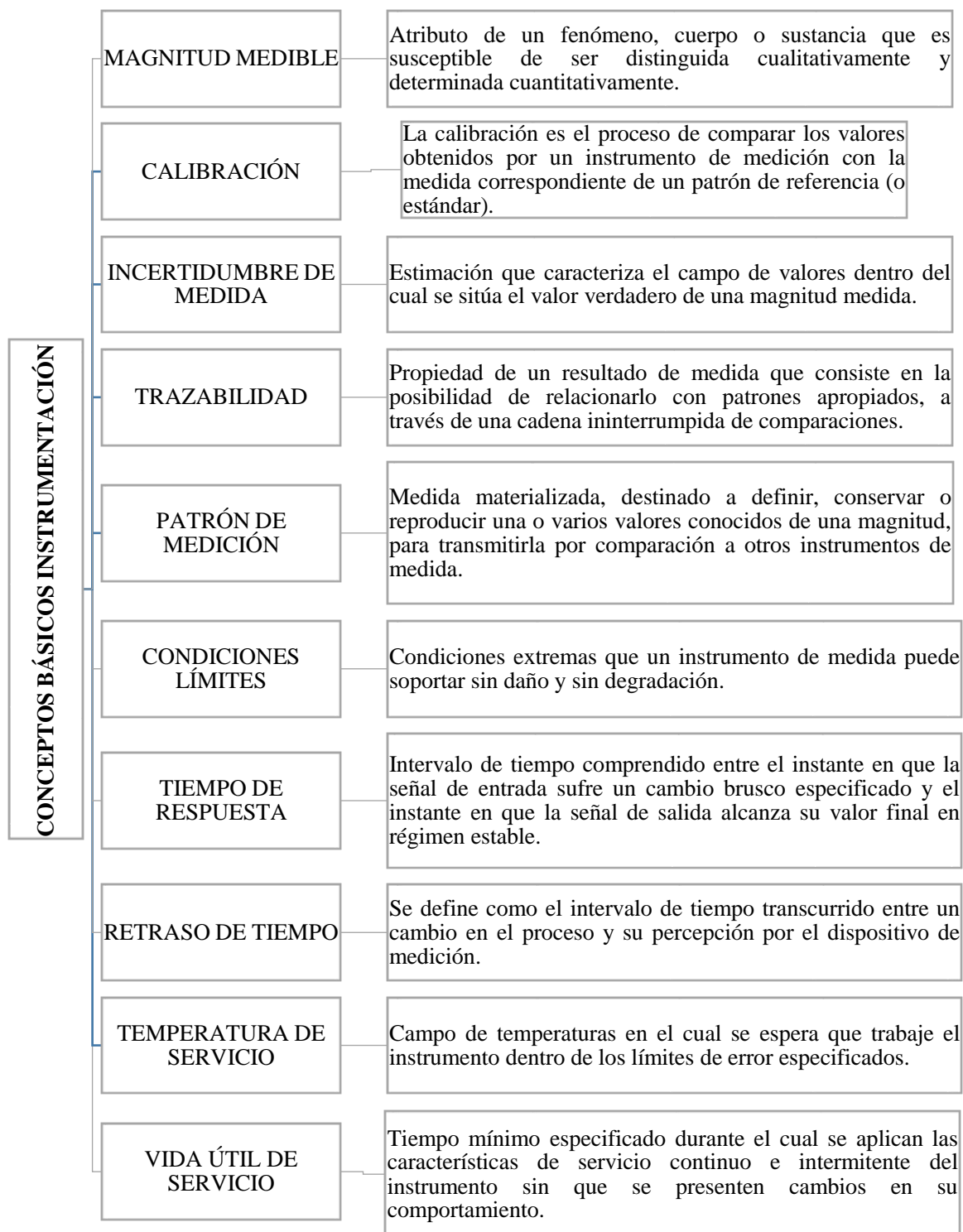


Figura 3. 3: Conceptos básicos de Instrumentación parte 2

Fuente: [8].

### 3.4. Instrumentación electrónica

La instrumentación electrónica se aplica cuando se usa un sensor y se procesa la información proveniente de variables tanto físicas como químicas, a partir de las cuales se realiza la visualización y control de los procesos, empleando dispositivos electrónicos. [8].

#### 3.4.1. Sistemas de medida

Un sistema de medida es aquel cuya finalidad es obtener información acerca de un proceso físico y presentar dicha información en la forma adecuada a un observador o a otro sistema de control.

#### 3.4.2. Características básicas de un sistema de medida

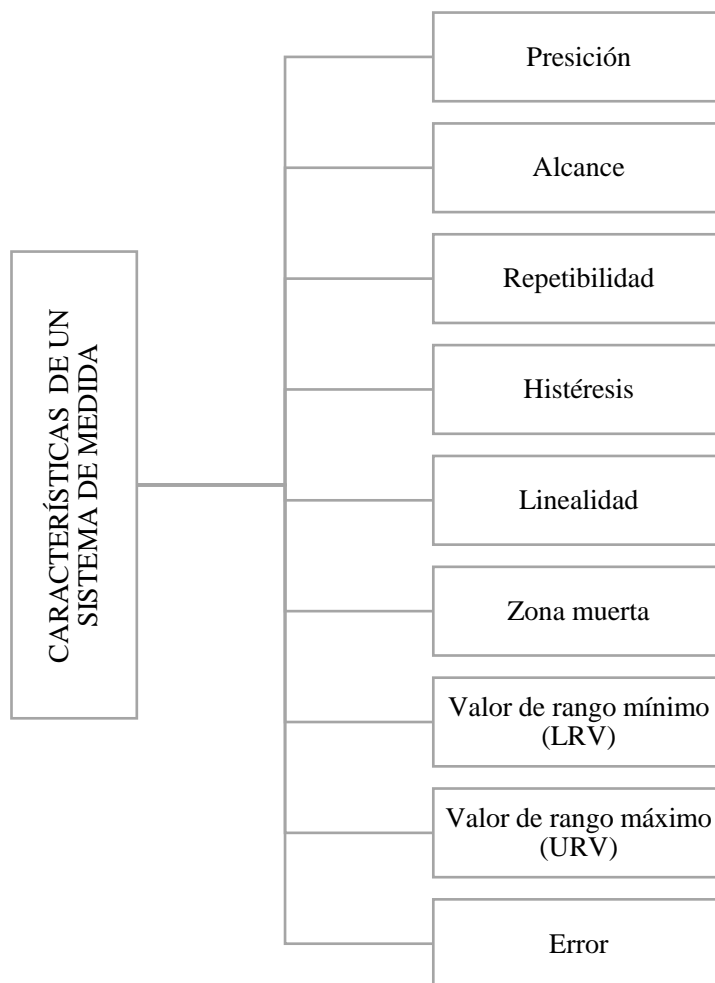


Figura 3. 4: Características de un Sistema de Medida  
Fuente: [8].

### 3.4.3. Funciones de un sistema de medida

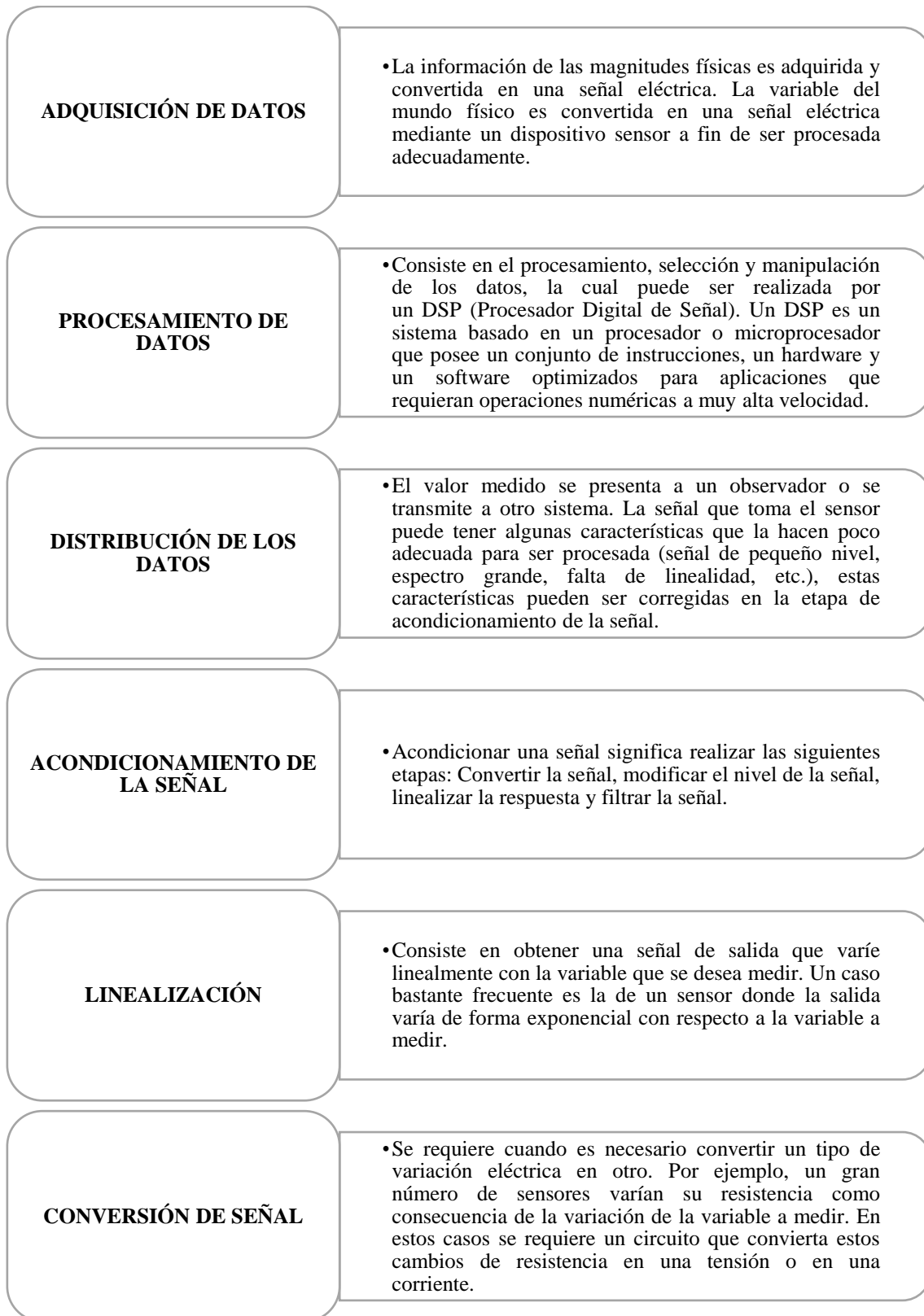


Figura 3. 5: Funciones de un Sistema de Medida

Fuente: [8].

### 3.4.4. Errores de medida.

La falta de precisión de un instrumento se puede explicar en función de los errores que se generan en los equipos y en los procesos con que se realiza la medida. Los errores que se cometen pueden clasificarse como:

- Errores sistemáticos: Son los debidos a defectos o fallos en el sistema de medida, o a las condiciones ambientales en que se desarrollan.
- Errores aleatorios: Son aquellos de naturaleza accidental, que son introducidos por el procedimiento de medida que se sigue. [9]

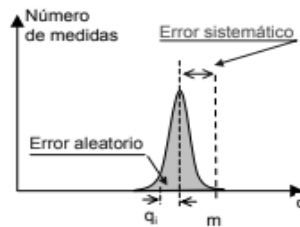


Figura 3. 6: Curva de Errores

Fuente: [9]

Los errores sistemáticos se disminuyen mediante la calibración del instrumento. Los errores accidentales se disminuyen mediante análisis estadístico.

En la siguiente tabla se muestra una clasificación de los errores y algunos ejemplos de su posible origen.

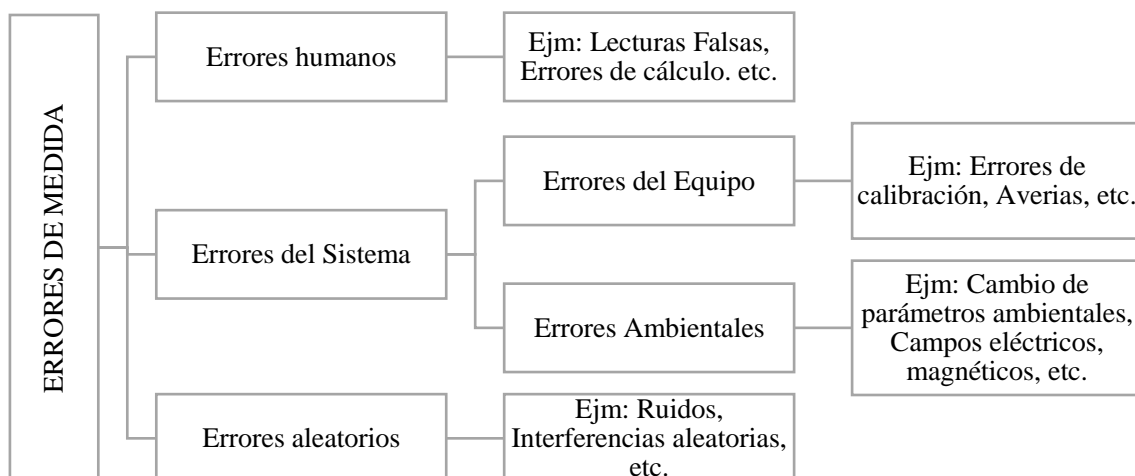


Figura 3. 7: Tipos de Errores de Medida

Cabe mencionar que una vez obtenidos los errores se realiza un análisis de los datos tomados y se identifica problemas relacionados a los distintos equipos, esto ayudara a mejorar su eficiencia y rendimiento [10]

### 3.5.Sensores

Un sensor es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida.

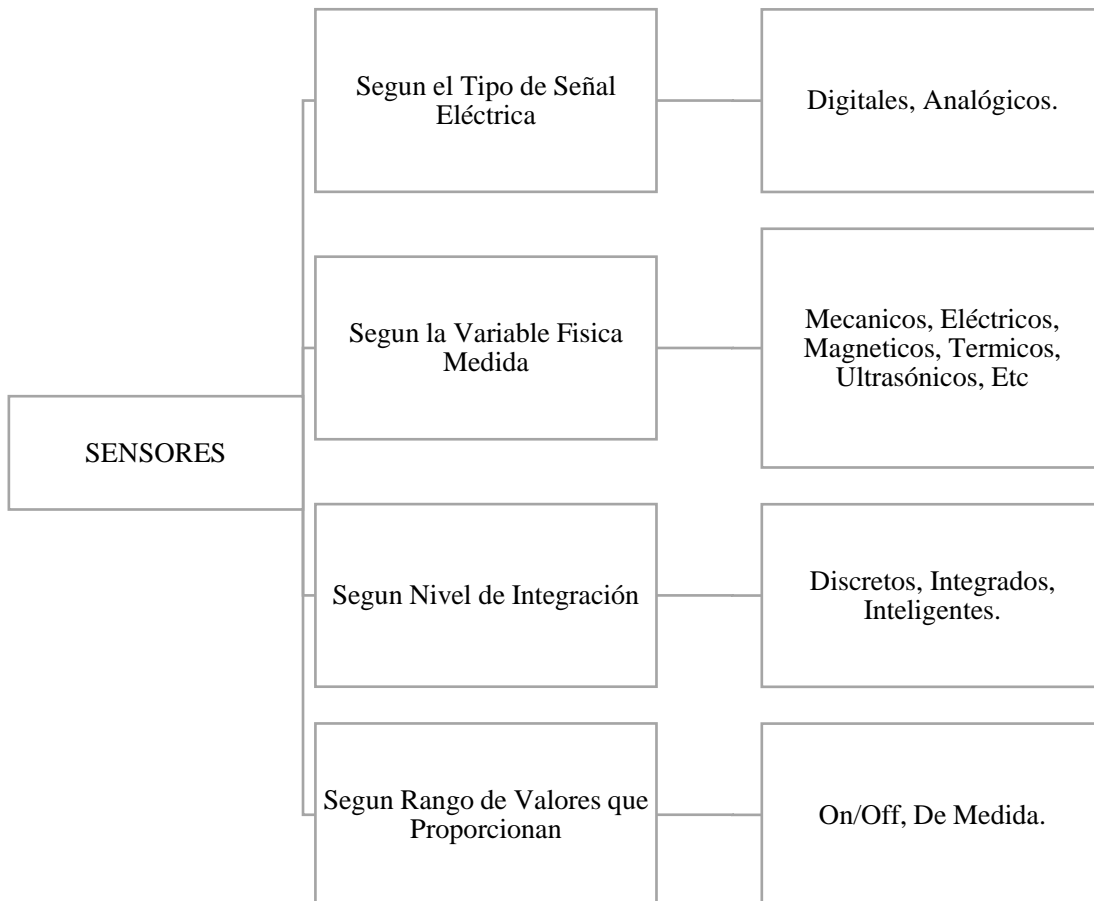


Figura 3. 8: Tipos de Sensores

### 3.6.Transmisores

Los transmisores son instrumentos que convierten la salida del sensor en una señal suficientemente fuerte como para transmitirla al controlador o a otro aparato receptor.

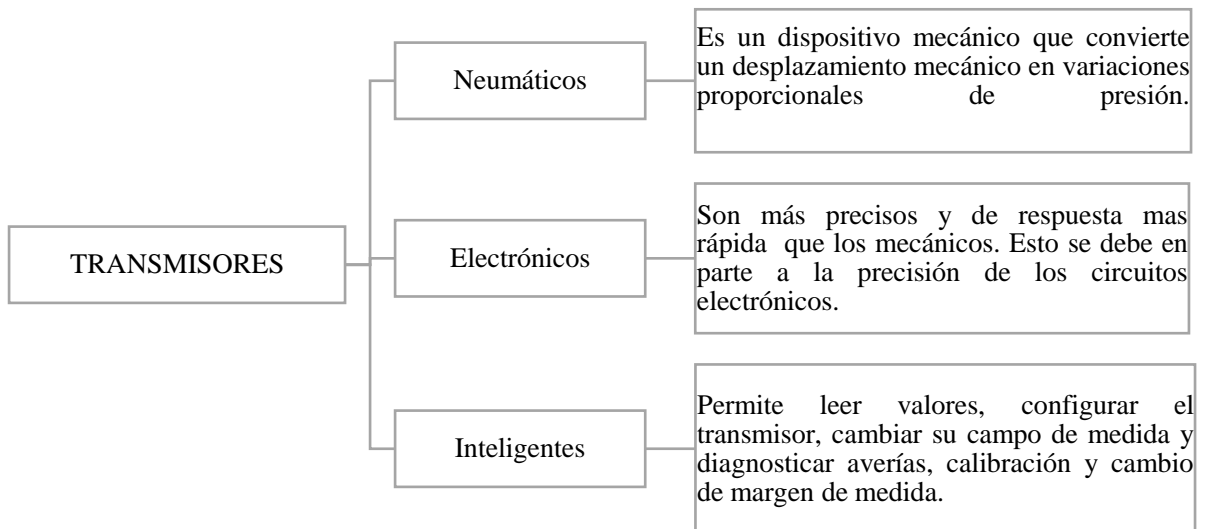


Figura 3. 9: Tipos de Transmisores  
Fuente: [11]

### 3.6.1. Tipo de conexiones de transmisores.

- **Conexión a dos hilos**

En la conexión a dos hilos, estos sirven para conectar el circuito de salida a la carga. El sensor puede ser visto como un interruptor, y necesariamente los mismos dos hilos alimentan el sensor. [12]

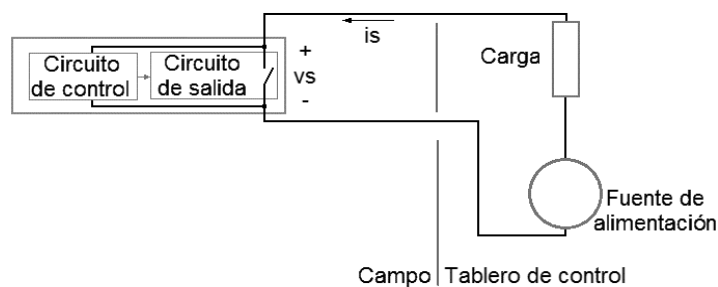


Figura 3. 10: Conexión a 2 Hilos  
Fuente: [13]

- **Conexión a tres hilos**

La conexión a tres hilos es la más común. Dos de los hilos son la alimentación del sensor y el tercer hilo va conectado a la salida del sensor, internamente uno de los cables de alimentación

debe ir al circuito de salida para suministrar energía a la carga, tal como se muestra en la siguiente figura. [12]

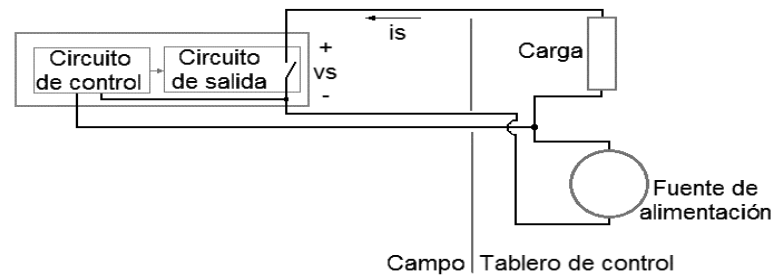


Figura 3. 11: Conexión a 3 Hilos

Fuente: [13]

- **Conexión a 4 hilos**

La conexión a 4 hilos tiene las mismas características que indicábamos para el sensor de tres hilos pero sumando un cuarto hilo que equivale a otra salida, teniendo el sensor una salida normalmente abierta y otra normalmente cerrada. Suele ser el cable de color blanco.

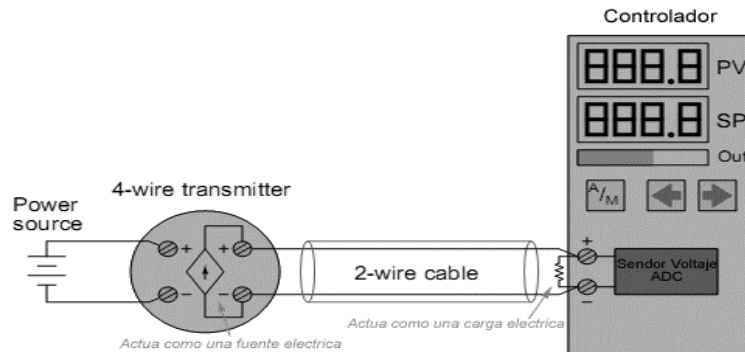


Figura 3. 12: Conexión de 4 hilos

Fuente: [13]

- **Valores estandarizados de voltaje e intensidad usados en instrumentación**

La señal (**4 a 20 mA**) se aplica a menudo en la transmisión de valores de presión y temperatura, flujo y nivel. Las variantes de 4 a 20 mA con tres hilos son poco habituales y se aplican únicamente para instrumentos que requieren un elevado nivel de energía auxiliar.

Otras señales muy frecuentes en la automatización industrial son de (**0 a 10 V, 1 a 5V y 1 a 10 V**). Las ventajas residen en el fácil manejo y en la detección fácil de errores mediante un

multímetro. Sin embargo este tipo de señalización de tensión es muy susceptible a perturbaciones electromagnéticas, provocando errores de medición. Por lo tanto se deben utilizar cables apantallados para la protección.

### 3.7.Flujo

Flujo es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,...) Por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. [14]

#### 3.7.1. Sensores de Flujo.

Instrumentos diseñados especialmente para comprender el comportamiento de los fluidos. Las opciones de flujómetros, medidores de flujo, o medidores de flujo, como también se les conoce, son muy abundantes y se diferencian entre sí por su funcionalidad, el nivel de precisión en las mediciones que ofrecen. [15]

#### 3.7.2. Tipos de Sensores de Flujo.

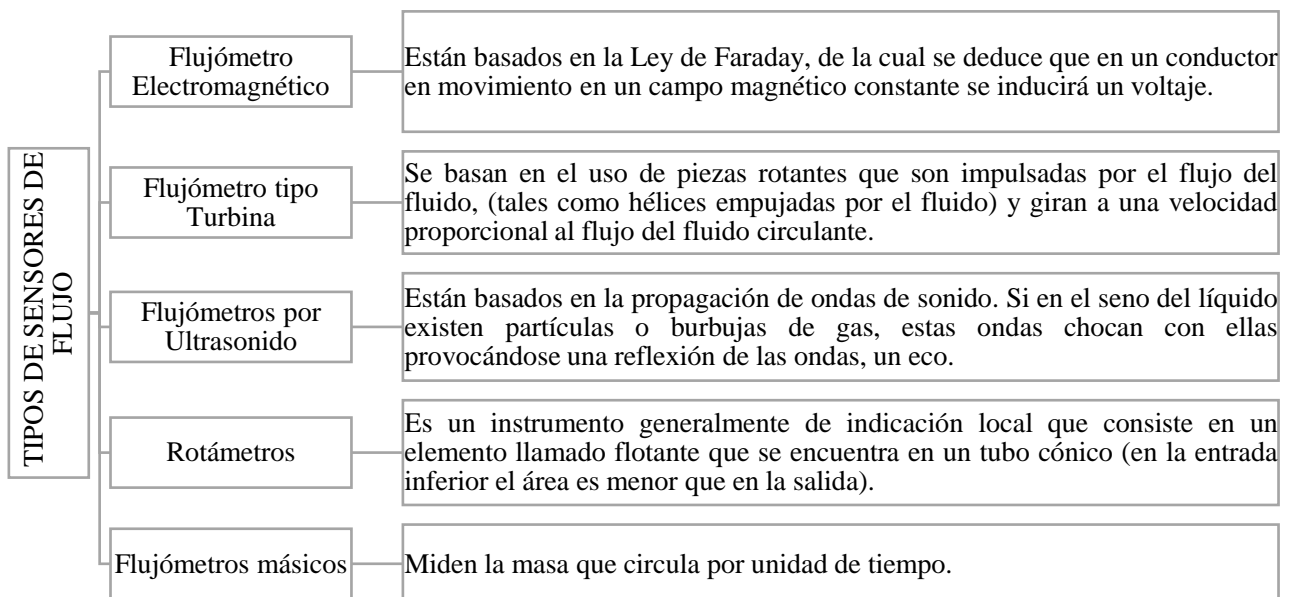


Figura 3. 13: Tipos de Sensores de Flujo

### 3.8.Nivel

Fluido que ocupa un espacio en un recipiente, la altura que toma en éstos determina un plano de nivel. [16]

#### 3.8.1. Sensores De Nivel

El Sensor de nivel es un dispositivo que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente.

Generalmente, este tipo de sensor funciona como alarma, indicando un sobre llenado cuando el nivel determinado ha sido adquirido, o al contrario una alarma de nivel bajo.

#### 3.8.2. Tipos De Sensores De Nivel

Principalmente se dividen en dos tipos: medidores de punto fijo y medidores continuos.

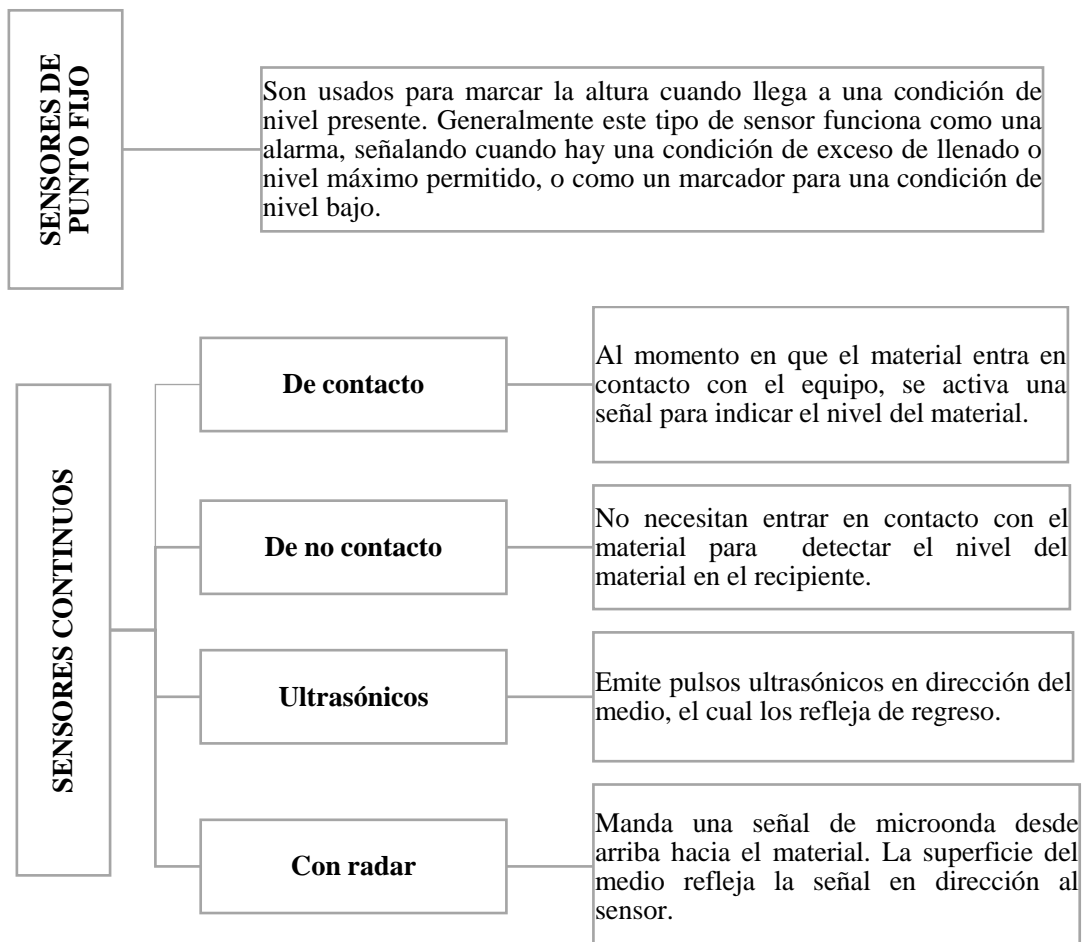


Figura 3. 14: Tipos de Sensores de Nivel

### **3.9. Microcontrolador**

Es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación impregnada. Es como una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida. También incluye a un procesador y por supuesto memoria que puede guardar el programa y sus variables (flash y RAM). Funciona como una mini PC. Su función es la de automatizar procesos y procesar información.

El microcontrolador se aplica en toda clase de inventos y productos donde se requiere seguir un proceso automático dependiendo de las condiciones de distintas entradas. [17]

#### **3.9.1. Tarjeta de Adquisición de datos**

Las tarjetas de adquisición de datos (DAQ) actúan como la interfaz entre una computadora y señales físicas, es decir, la información recaudada por el sensor se pasa hacia la DAQ, el cual se encarga de transformar los códigos del mundo real a los códigos digitales, como si se tratara de un intérprete que traduce de un lenguaje a otro, con el fin de que el sistema digital (es decir, cualquier computadora o dispositivo electrónico) sea capaz de comprender los signos del analógico.

Las tarjetas de adquisición de datos consisten en tres partes principales: por un lado está el circuito de acondicionamiento de señales, después está el convertidor analógico-digital (ADC por sus siglas en inglés) y, finalmente, el bus del ordenador. [18]

### **3.10. Bombas de agua**

Hoy en día el uso de bombas de agua se extiende a una gran variedad de aplicaciones comerciales, industriales, residenciales y agrícolas, que cubren diversas situaciones como las siguientes: [19]

- Drenar el agua de un sótano.
- Extraer agua de un pozo.
- Trasladar agua de un lugar a otro, aún a diferentes niveles del suelo.
- Incrementar la presión o el caudal de agua.
- Vaciar y llenar piscinas, estanques o bañeras de hidromasaje. Entre otras.

Los términos primordiales utilizados para especificar y por lo tanto medir el funcionamiento de las bombas son: Descarga o flujo, Cabeza, Potencia y Eficiencia. [20]



Figura 3. 15: Clasificación de Bombas de Agua

### 3.11. Variador de Frecuencia

Sistema utilizado para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna. Un variador de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual se suministra por un motor.

Otra forma en que son conocidos los variadores de frecuencia son como Drivers ya sea de frecuencia ajustable (ADF) o de CA, VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia), micro drivers o inversores; esto depende en gran parte del voltaje que se maneje. [21]

Un variador de frecuencia es utilizado para diversas funciones en la industria en las cuales destaca

- Reducción del consumo eléctrico.
- Mejor control operativo.
- Las pérdidas en las instalaciones se minimizan.
- Programación sencilla de arranque suave, paro y frenado.
- Se reduce el mantenimiento.
- Se puede controlar varios motores.
- Protección a motores.
- Capacidad de bypass ante cualquier fallo del variador.

#### **4. METODOLOGÍA**

El presente proyecto de tesis se orienta hacia un estudio de tipo descriptivo. Cada una de las etapas presenta una relación clara y concisa para el desarrollo general. La base fundamental del proceso se encuentra dirigida hacia la recopilación de la información y la inclusión de todas las temáticas de control, automatización y la descripción de componentes.

De igual manera el proyecto de tesis se apoyó en tres diferentes modalidades, investigación de campo, ya que se trabajó en la toma de datos de las variables de investigación las mismas que serán manejadas mediante técnicas de control y diseño electrónico, la investigación bibliográfica, permite iniciar la búsqueda de antecedentes e investigaciones de relevancia en textos impresos como digitales con respecto al diseño y construcción de bancos de pruebas para aplicar opciones más viables en este tipo de proyecto, además permite establecer el correspondiente marco teórico y una correcta fundamentación científica, la investigación experimental, ya que se realizó varias pruebas de control de las variables de nivel y flujo.

Para el proceso de la investigación científica, la técnica es una herramienta de fundamental importancia, ya que de ella dependerá la organización de la investigación.

Una técnica investigativa puede tener los siguientes objetivos:

- Aportar instrumentos para manejar la información.
- Ordenar las etapas de la investigación.
- Llevar un control de los datos.
- Orientar la obtención de conocimientos.

En el presente proyecto de tesis se utilizó las siguientes técnicas:

- Observación.-Comportamiento de instrumentos análogos.
- Medición.- toma de datos de valores reales de sensores de nivel y flujo.
- Modelación y simulación: Diseño del banco de pruebas.

El presente proyecto además utilizó el método cuantitativo ya que influyen principalmente las variables eléctricas como el voltaje y corriente para las entradas digitales y analógicas del Arduino debido a su voltaje que es de 5V y la corriente máxima es de 20mA

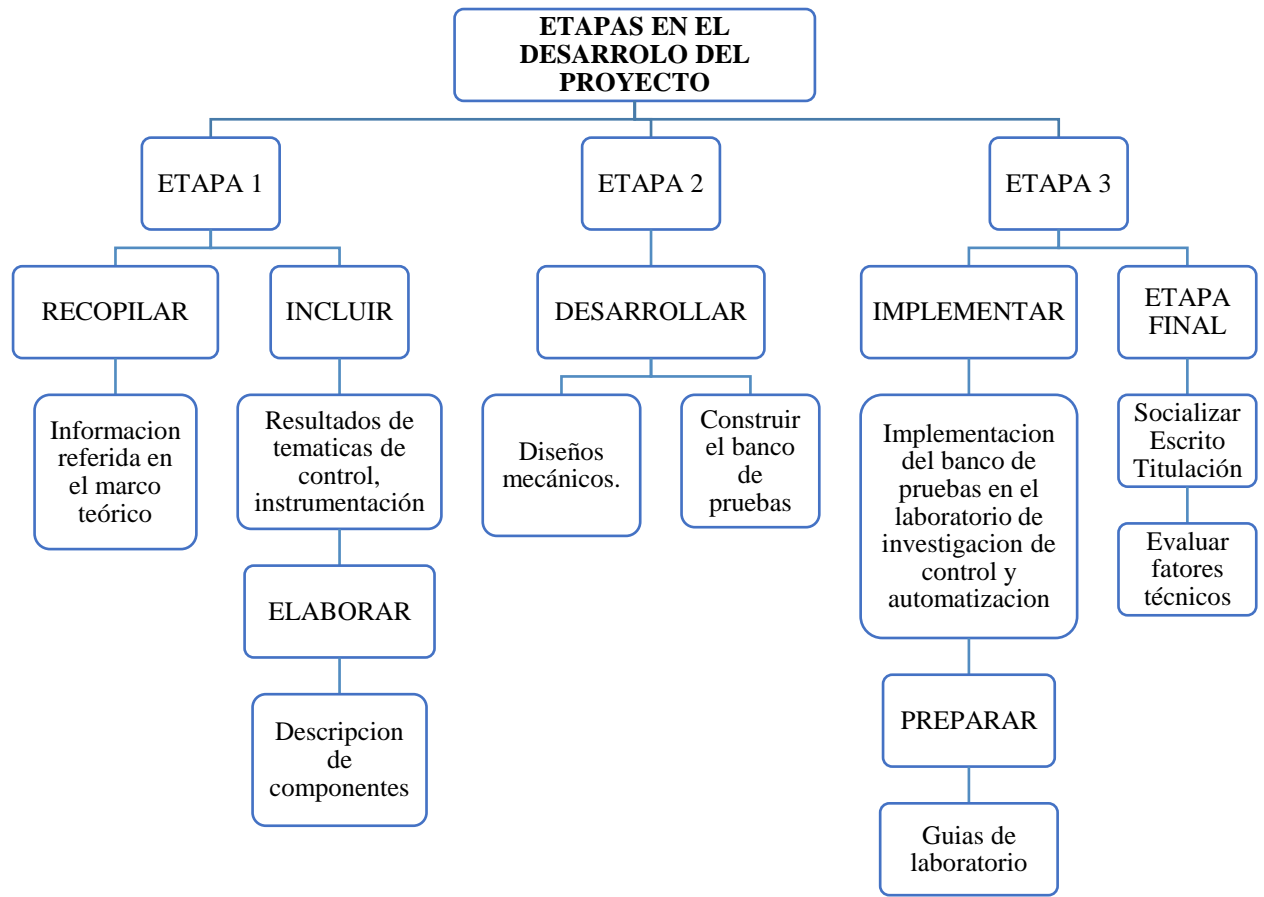


Figura 4. 1: Descripción de etapas de desarrollo del proyecto de tesis

#### 4.1.Descripción mecánica del banco de pruebas

A continuación se presenta una descripción detallada y de forma jerárquica de cada uno de los elementos a utilizar en el desarrollo del banco de pruebas, así como criterios para su selección y su función dentro del sistema de control.

##### 4.1.1. Tanques

Los tanques a utilizar serán en forma de un paralelogramo. La cantidad de líquido a almacenar se lo realiza mediante la siguiente ecuación.

$$V = L1 \times L2 \times H \quad (4.1)$$

Donde:

V: Volumen de tanque (m<sup>3</sup>/h).

L1: Largo del tanque (mm)

L2: Ancho del tanque (mm)

H: Altura del tanque (mm)

De acuerdo a las necesidades, los tanques a utilizar tienen las siguientes características y mediciones.

- **Tanque de reserva y Tanque principal**

Tabla 4. 1: Características de los tanques

CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES	
Tipo de material	Policarbonato, Acrílico
Forma	Paralelogramo

- **Medidas de los tanques en mm**

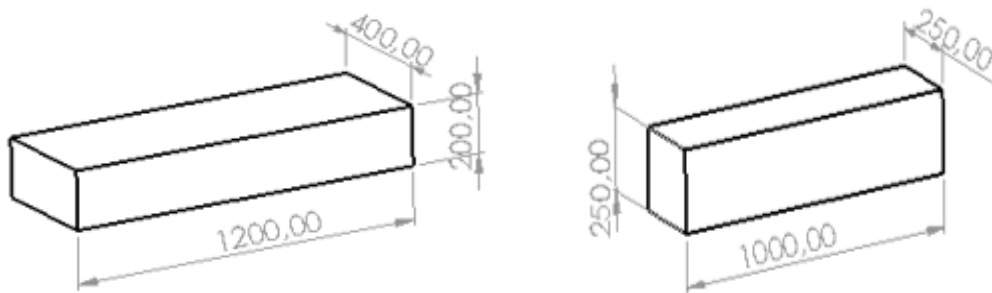


Figura 4. 2: Medidas de tanques en mm

- **Cantidad de líquido a almacenar**

- ✓ **Tanque de reserva**

$$L1 \times L2 \times h = V$$

$$(1200mm \times 400mm \times 200mm) = V$$

$$V = 96000000mm^3$$

$$V = 0.096m^3$$

Abarca 0.096m<sup>3</sup> de agua equivalente a 96 litros de agua almacenada.

✓ **Tanque principal**

$$L1 \times L2 \times h = V$$

$$(1000mm \times 250mm \times 250mm) = V$$

$$V = 62500000mm^3$$

$$V = 0.0625m^3$$

Abarca 0.0625m<sup>3</sup> de agua equivalente a 62.5litros de agua.

**4.1.2. Tuberías.**

Para la realización del banco de pruebas se necesita una tubería y accesorios que cumpla con las siguientes características.

- Bajo nivel de oxidación.
- Resistencia a la intemperie.
- Maniobrabilidad.

Las tubería a ocupar será de tipo PVC roscable y de 1 pulgada

**4.1.3. Estructura del Banco de Pruebas**

El equipo debe ser construido sobre una estructura metálica, la que soporte los elementos constitutivos del módulo y que consta además de un tablero en cuya parte frontal se disponen las conexiones de señal de cada uno de los sensores a utilizar.

Tabla 4. 2: Características de la Estructura de un Banco de Pruebas:

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS	
Tubo Tipo Rectangular	25x50x2mm
Garruchas	60kg c/u
Cobertura de Mesa	Tol negro

Una vez dada las características y realizado el diseño en un software de modelamiento en 3D

se presenta un análisis estructural del banco de pruebas y verificando que todo esté acorde a las necesidades del proyecto se procede a la construcción del mismo.

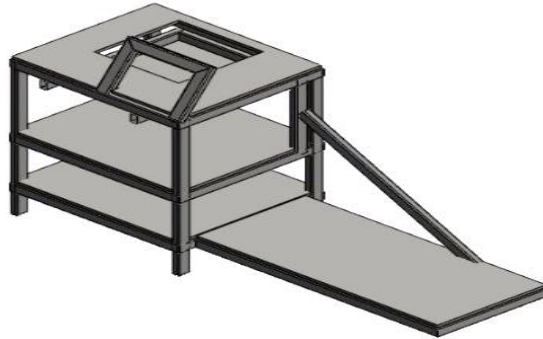


Figura 4. 3: Modelamiento estructural del banco de pruebas

- **Análisis estructural**

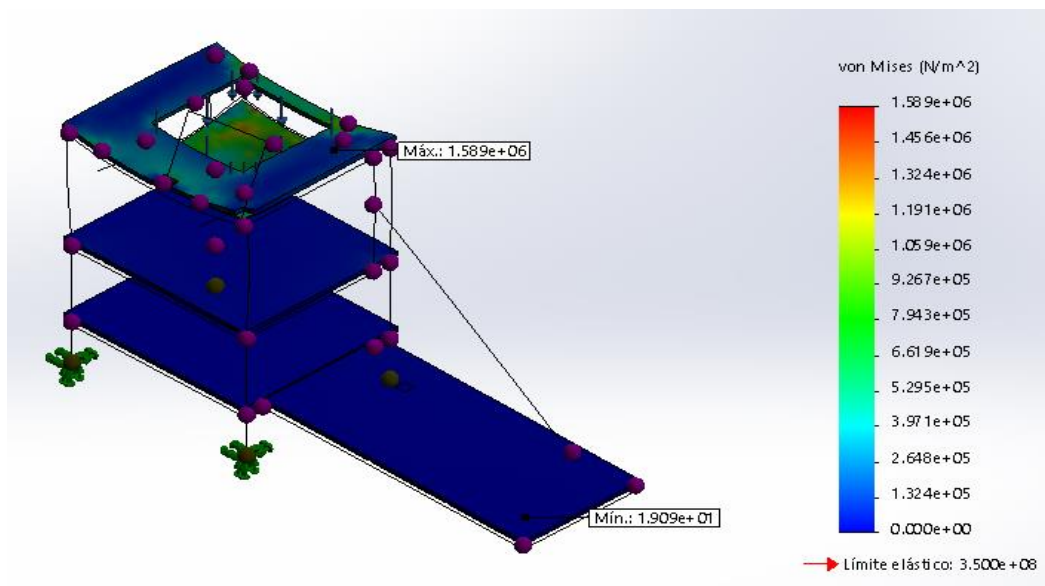


Figura 4. 4: Análisis estructural del banco de pruebas

Una vez realizado el modelamiento de la estructura de la mesa del banco de pruebas, se realiza el análisis estructural en el software utilizado para el modelamiento (ver Anexo I.1) , para que una estructura sea totalmente segura su factor de seguridad debe ser mayor a 1 puesto que el factor de seguridad es la relación entre el esfuerzo normal permisible y el esfuerzo normal de diseño [22] , es decir su límite de elasticidad debe ser mayor a los esfuerzos a los que estará sometido el banco de pruebas, concluyendo así que la estructura de la mesa es capaz de soportar todos los elementos y esfuerzos que se utilicen, el factor de seguridad de la mesa es de 1,83,



Donde:

P: Potencia en HP, necesaria.

Q: Caudal (LPM)

H: Altura total del bombeo (m).

SG: Gravedad específica. 1.

$$P = \frac{70 \times 2m \times 1}{450}$$

$$P = 0,31HP$$

La bomba a adquirirse debe contar con las siguientes características.

Tabla 4. 3: Características de la bomba.

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LA BOMBA	
Tipo	Periférica
Flujo	60l/min
Voltaje Nominal	Trifásica 220V
Potencia	½ HP

#### 4.2.3. Sensor de Nivel

La medida de nivel de líquidos en un tanque puede realizarse por varios métodos según el líquido almacenado, el tipo de tanque, etc.

Para la elección del tipo de sensor a utilizar y sus características se considera los siguiente aspectos: El tanque principal donde serán tomados los datos de nivel se encuentra ubicado en la parte central de la mesa del banco de pruebas a una altura de 0,92 m, la altura del tanque es de 1m por tanto se encuentra a una altura total de 2m, por tanto la opción más viable es la utilización de un sensor de no contacto, se requiere que su salida analógicas sea de 4-20 mA.

Una vez mencionadas las características que se necesitan, el sensor que mejor se acopla a nuestras necesidades y a adquirirse cuenta con las siguientes características.

Tabla 4. 4: Características del sensor de nivel

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DEL SENSOR DE NIVEL	
Tipo	Ultrasónico GL-101
Salidas	Analógica
Pantalla	Digital
Señal	4-20 mA
Alimentación	24 V

Para la configuración del sensor debe realizarse los siguientes pasos:

- **Parámetros de configuración del sensor de nivel ultrasónico**

Se muestra a continuación los parámetros esenciales para el uso del sensor de nivel.

Tabla 4. 5: Parámetros de ajustes del sensor de nivel ultrasónico

CADA FUNCIÓN CLAVE	
(Tecla A)	Funcionamiento normal – tecla Menú: Introduzca la interfaz de entrada de contraseña.
	Menú de la interfaz elemento - tecla de página, tecla de retorno: menú para volver desplazamiento para el nivel anterior. Pulsación larga para salir a condiciones normales de trabajo.
	De estado de entrada - Enter: confirmar la entrada de datos y salir del menú.
(Tecla B)	De la interfaz de menú: entre en el menú o entrar en el estado.
	Status de entrada - Key Shift: mueve el cursor hacia la derecha.
(Tecla C)	De la interfaz elemento de menú - página arriba clave: pulse la tecla en el menú.
	Interfaz de entrada - llaves de adición: de 0 a 9, signo menos, el punto decimal se rodeó de modo.
AJUSTES BÁSICOS	
Introduzca la interfaz de entrada de contraseña o el modo de entrada de datos, pulse (tecla B) para mover el cursor hacia la derecha, y pulse (tecla C) para seleccionar el dígito o símbolo. En la interfaz de la medida normal, pulse (una clave) para visualizar la introducción de la contraseña, la contraseña predeterminada es "0000". Pulse (tecla A) para confirmar la entrada y entrar en la interfaz de menú por defecto.	

MENÚ	
USER	Usuario contraseña: introduzca la contraseña de menú por defecto, la contraseña predeterminada es "0000".
SYSTEMS	LANGUAGE: Idioma del menú: (Ingles - Chino)
SAVE/RESTORE	Restaurar parámetros: restaurar las tablas de parámetros de copia de seguridad.
OUTPUT	F0: Salida de punto de partida: el punto de salida de la corriente de arranque (4 mA), corresponde al valor inicial del nivel. FS: Punto final de salida: la corriente de punto de extremo de salida (20 mA), corresponde con el valor final del nivel.  Analog, RS485, Switch
DISPLAY	Tiempo de respuesta del sensor, Uint (cm), point 2, convert (1), contrast 5, Display Delay 900
MOUNTING	WORK MODE .-Modo de trabajo, Level Val, mount height
PROBE	FILTERING.- Tiempo de lectura: Filter rapidly, Filter stable, Filter fast, Filter none, Filter normal

▪ **Parámetros de instalación**

La sonda del sensor debe ser instalada en una posición donde no hay obstrucción entre el emisor de la sonda y el medio a medir.

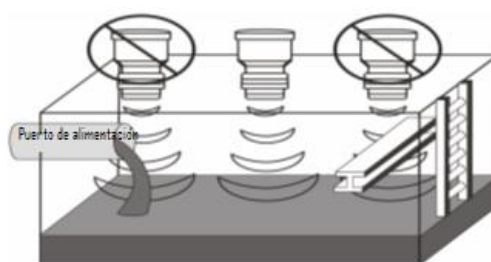


Figura 4. 5: Ubicación del sensor de nivel

La forma del recipiente se debe considerar al instalar la sonda. Si la sonda del sensor está instalado incorrectamente, un recipiente de una forma determinada generará un eco secundario. Estos problemas se concentran principalmente en la parte superior del tanque cónica y esférica.

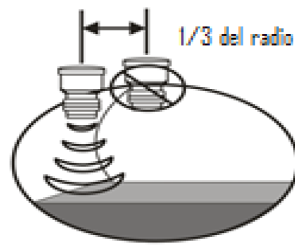


Figura 4. 6: Mala instalación del sensor de nivel

La sonda puede ser montada con brida o G estándar 1 1/2 rosca (interfaz de instalación y el objeto). Ya sea bridada o roscada, o con o sin un cono, asegúrese de que la parte inferior de los sobresale sonda de la parte inferior de la interfaz de proceso.

La sonda debe instalarse de modo que el camino acústico entre el transmisor y la pared del vaso se mantiene dentro de la zona deseada. Si la distancia de instalación es menor que la distancia especificada en la zona ideal, la sonda debe instalarse en la zona "espacio mínimo". Si la distancia desde la pared lateral está todavía por debajo de la línea de "paso mínimo", el transmisor no puede ser capaz de medir el nivel correctamente.

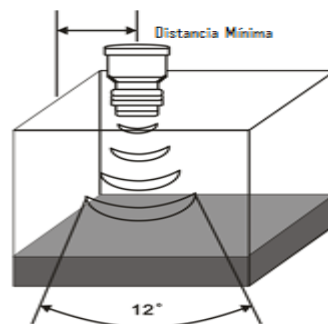


Figura 4. 7: Distancia adecuada del sensor de nivel

En la medición de material sólido, la sonda debe ser instalada a una distancia de la pared de 1/3 de la pared lateral al centro de la entrada. Cuando se apila el material, se formará una superficie cónica. Las posiciones mostradas en las figuras 5 y 6 de montaje de la sonda darán una lectura del nivel de material de medio, que es la altura del nivel de material cuando el material es de nivel. Esto es cierto para el apilamiento cónica o la superficie de apilamiento cóncava que se produce durante la descarga.

El nivel medio medido para esta instalación sólo es válida para contenedores cilíndricos y la abertura de alimentación está en la línea central del recipiente. En el caso de envases de otras

formas o donde la entrada no está en la posición neutral, la sonda deberá ser instalado de acuerdo con los requisitos del usuario y debe cumplir con los requisitos anteriores.

El diámetro de guía de ondas debe ser mayor que 120 mm, y sin juntas.

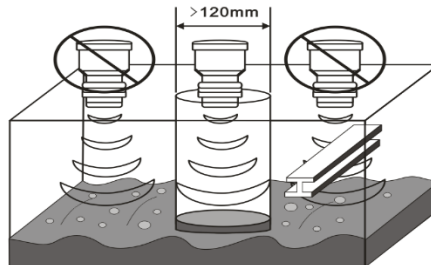


Figura 4. 8: diámetro de guía de ondas

#### ▪ Modos de operación

Este producto tiene un modo de nivel (medido alto) y el modo de nivel (diferencia medida).

“A” es la distancia desde el extremo de la sonda a la superficie del líquido, “D” es la altura de la superficie del líquido, es decir, “ $D = B \text{ (posición de montaje)} - A$ ”, cuando se utiliza esta función, la posición de instalación (B) es la altura total del fondo del tanque a la cabeza de la sonda de nivel,

El medidor de nivel muestra el nivel del nivel de líquido (D).

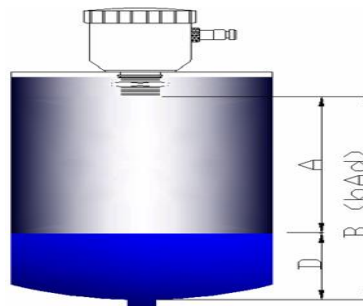


Figura 4. 9: Niveles de Altura que mide el sensor

Fuente: [23]

Se recomienda utilizar una fuente de alimentación DC 24V, la fuente de alimentación DC debe estar conectado a la tierra.

Esquema eléctrico de corriente (voltaje) de salida conectado al segundo diagrama instrumento

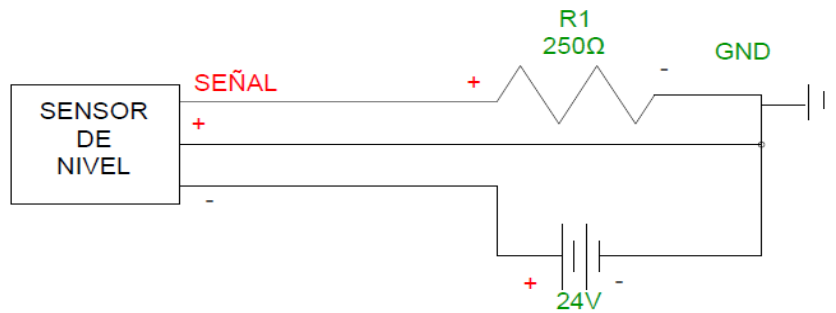


Figura 4. 10: Esquema eléctrico de conexión (sensor nivel)

#### 4.2.4. Sensor de Flujo

El sensor de flujo recoge la velocidad del flujo del líquido. Las características esenciales para la elección del sensor de flujo a utilizar son las siguientes: salidas analógica de 4-20mA, caudal volumétrico en un amplio rango, La exactitud es elevada, del orden de  $\pm 0.3 \%$ .

El sensor de acuerdo a las necesidades del banco de pruebas y a adquirirse cuenta con las siguientes características.

Tabla 4. 6: Características del sensor de flujo

CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE FLUJO	
Tipo	De turbina
Pantalla	Digital
Señal	4-20mA
Alimentación	24 V
Modelo	LWGY-DN25

Para el uso del sensor de nivel debe realizarse los siguientes pasos:

- **Parámetros de configuración del sensor de flujo**

Se muestra a continuación los parámetros esenciales para el uso del sensor de flujo.

Tabla 4. 7: Parámetros del sensor de flujo de turbina

<b>CADA FUNCIÓN CLAVE</b>		
(Tecla S)	Permite el paso al menú al tener 5 segundos aplastado tecla de retorno: menú para volver desplazamiento para el nivel anterior	
(Tecla E)	Permite el ingreso de valores de los parámetros seleccionados De estado de entrada - Enter: confirmar la entrada de datos y salir del menú.	
<b>AJUSTES BÁSICOS</b>		
<p>Introduzca la interfaz de entrada de contraseña o el modo de entrada de datos, pulse (tecla S) para mover el cursor hacia la derecha, y pulse (tecla E) para seleccionar el dígito o símbolo. En la interfaz de la medida normal, pulse (una clave) para visualizar la introducción de la contraseña, la contraseña predeterminada es “2010” o “2011”. Pulse (tecla E) para confirmar la entrada y entrar en la interfaz de menú por defecto.</p>		
<b>MENÚ</b>		
FUNCIÓN	SIGNIFICADO	CARACTERÍSTICAS
密碼輸入	Ingreso contraseña	Permite el ingreso al menú, puede ser tanto para el menú principal “2010” y el menú de configuración de señal “2011”
流量單位	Unidad de flujo	Seleccionable: l/h, l/min, L/s, m <sup>3</sup> /h, m <sup>3</sup> /min, m <sup>3</sup> /sg
流量範圍	Rango de flujo	Valor: 0-99999 (Este parámetro representa el caudal máximo del flujómetro)
流量響應	Respuesta de flujo	Tiempo de amortiguación/tiempo constante, valor predeterminado: 3 segundos
恆定	Constante K	Ingreso de una constante basado en la cantidad de pulsos sobre metros cúbicos
傳感器重置	Reseteo del sensor	Reiniciar los parámetros enviados de fabrica
退出	Salida	Seleccionable: 4-20ma /0-10ma , Seleccione el modo de salida de corriente correcto basado en la aplicación del usuario

- **Parámetros de instalación**

**Forma de instalación del flujómetro.**

El montaje del flujómetro en la tubería puede hacerse en POSICION VERTICAL u HORIZONTAL, pero siempre se ha de evitar que el flujómetro se pueda quedar vacío. Nunca se debe instalar un flujómetro en una descarga abierta o se debe utilizar una válvula anti retorno, por lo tanto, en la siguiente figura podemos observar el tipo de instalación del flujómetro.

- **Forma vertical y horizontal**

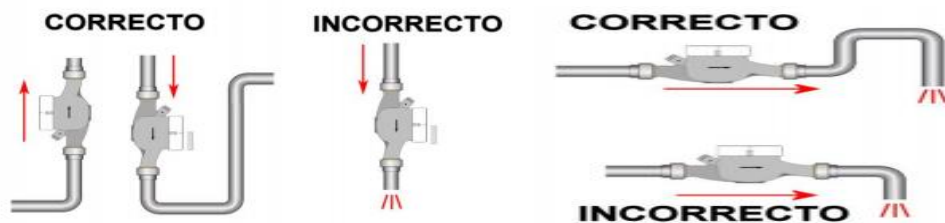


Figura 4. 11: Formas de instalación de un flujómetro

**Ubicación correcta del flujómetro**

Instalar la turbina justo después o antes de un elemento perturbador del flujo, tal como un codo, una reducción, una válvula regulatoria o una bomba, hace que el líquido llegue al medidor con un elevado nivel de turbulencia, que provocará lectura inestable y errónea.

Por tal motivo en la siguiente imagen se muestra las dimensiones de longitud de instalación de tubería recta antes y después del flujómetro de forma correcta:

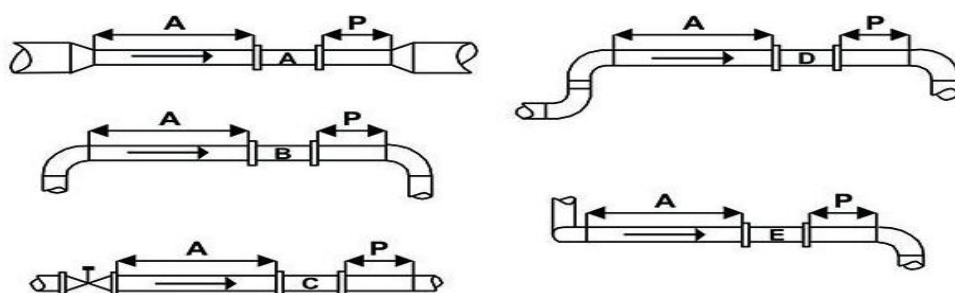


Figura 4. 12: Distancia de instalación del flujómetro

## Ubicación correcta del tramo de tubería recto antes y después del flujómetro

En la presente tabla se especifica los valores multiplicados por el diámetro nominal (DN), dicho resultado es la distancia de tubería en línea recta antes y después del flujómetro.

Tabla 4. 8: Diámetro nominal para instalación del flujómetro

	A	B	C	D	E
A	10	15	50	20	30
P	5	5	5	5	5

Se muestra a continuación, el esquema eléctrico de sensor de flujo.

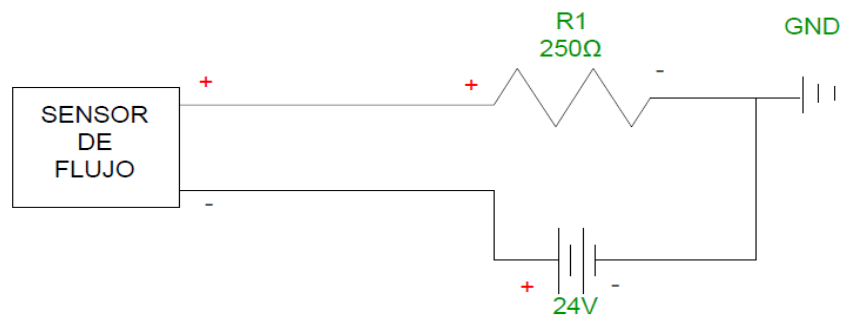


Figura 4. 13: Esquema eléctrico de conexión (sensor flujo)

### 4.2.5. Variador de frecuencia





De acuerdo a las características necesarias el variador de frecuencia utilizar es:

Tabla 4. 9: Características del Variador de Frecuencia

CARACTERÍSTICAS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA	
Modelo	Siemens G110
Entradas de Voltaje	200-240V
Salida de Voltaje	0-230V
Potencia de Motor	1 HP
Serie	XAW409-001182

Para el uso del variador de frecuencia los parámetros que se podrían poner en uso son los siguientes:

Tabla 4. 10: Parámetros del variador de frecuencia G110

<b>CADA FUNCIÓN CLAVE</b>		
Tecla 	Pulsar para acceder a parámetros, Pulsar o para seleccionar el índice.	
Tecla 	Cambiar el valor de dicho dígito pulsando dentro del parámetro seleccionado	
Tecla 	Pulsar (botón de funciones), el dígito derecho parpadea.	
	Si aparece en la pantalla significa que el convertidor está trabajando tareas de mayor prioridad.	
<b>AJUSTES BÁSICOS</b>		
<p>Pulsar “<b>P</b>” para acceder a parámetros. Pulsar hasta que se visualice P0719 por ejemplo, nuevamente pulsar “<b>P</b>” para acceder al índice del parámetro una vez dentro del parámetro pulsar <math>\wedge</math> o <math>\vee</math> para seleccionar el índice. Pulsar “<b>P</b>” para visualizar el valor actual ajustado. Pulsar <math>\wedge</math> o <math>\vee</math> hasta obtener el valor requerido. Pulsar “<b>P</b>” para confirmar y almacenar el valor. Pulsar hasta que se visualice r0000.</p> <p>Pulsar para volver a la pantalla estándar (tal como la definió el cliente)</p>		
<b>MENÚ</b>		
N.-	NOMBRE	PARÁMETROS
P0304	Tensión nominal del motor	220
P0305	Corriente nominal del motor	0,8 A
P0307	Potencia nominal del motor	1/2HP
P0309	Rendimiento nominal del motor	60%
P0310	Frecuencia nominal del motor	60Hz
P0311	Velocidad nominal del motor	3450RPM
P1080	Velocidad Mín.	26Hz
P1082	Velocidad Máx.	70Hz
P0701	Entrada digital 0 – 3	1 (ON/OFF)
P0702	Entrada digital 1 4	12 (Inversión de sentido de giro)
P0703	Entrada digital 2 5	9 (Acuse de fallo)
P0010=30	Reponer ajustes	30, 1 (Restauración de valores de fábrica)
P0970=1		

#### 4.2.6. Tarjeta de adquisición de datos

De acuerdo a las necesidades la tarjeta de adquisición (DAQ) de datos será una tarjeta Arduino UNO ya que cuenta con las características básicas para su utilización.

Voltaje de operación: 5V, Voltaje de entrada (recomendado): 7-12V, Voltaje de entrada (límites): 6-20V, Pines de E/S digitales: 14, Pines de entrada analógica: 6

- **Programación de tarjeta de adquisición de datos (DAQ)**

La programación de la DAQ en este caso una tarjeta Arduino UNO se encarga de recibir datos desde los sensores de nivel y flujo, para poder recibir los datos desde dichos sensores primero se debe acondicionar la magnitud para la entrada del microcontrolador con que se recibe los datos.

Como bien se sabe una tarjeta Arduino soporta entre 0-5V, por tanto la señal de los sensores es muy alta, es por eso que se hace uso de una resistencia de  $250\Omega$ , una vez obtenido el voltaje en el rango necesario las señales son recibidas por la tarjeta Arduino y esta se encarga de mandar otra señal al programa informático, en donde se podrá observar las magnitudes enviadas por los sensores.

Para observar la programación realizada en la tarjeta ver anexo II.1, a continuación un flujograma con los pasos o ciclos que realiza la tarjeta de adquisición de datos.

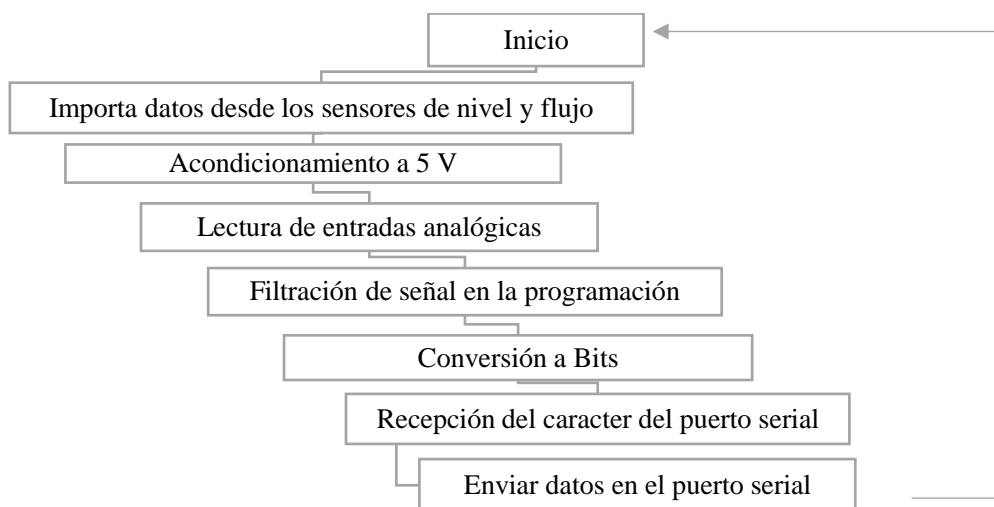


Figura 4. 14: Flujograma de programación DAQ

### 4.3. Programación de software

Se muestra a continuación un flujograma de la programación realizada en el software indicando cada uno de los pasos que realiza, para ver la programación completa ver anexo II.2

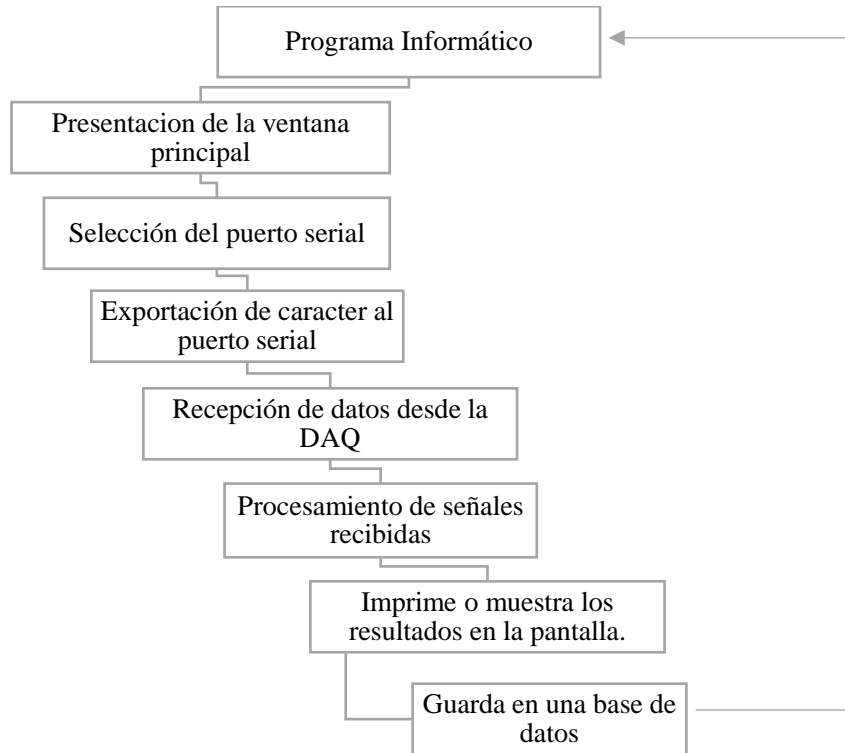


Figura 4. 15: Flujograma de la programación de software.

Se muestra a continuación la vista general de las pantallas principales.

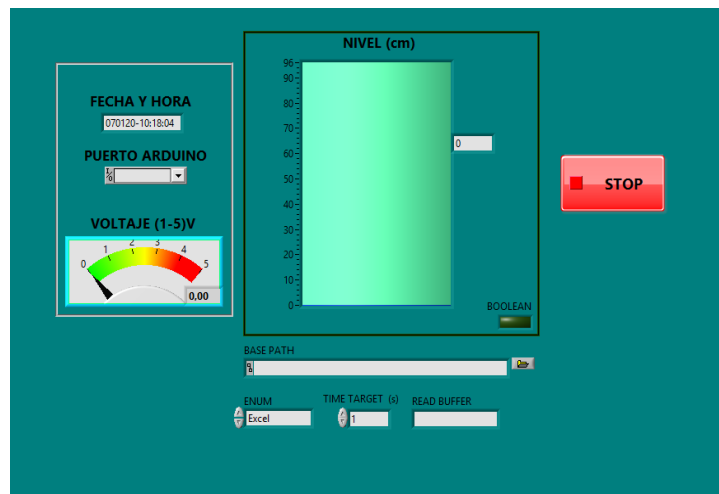


Figura 4. 16: Pantalla de valores de nivel



Figura 4. 17: Pantalla de valores de flujo

Los datos mostrados en la pantalla del software cuenta con el puerto serial que conecta Arduino, la fecha y hora en que se realiza la toma de datos, un botón de stop que permite paralizar el software, el tipo de documento a generar, y más importante la pantalla que muestra los valores de medida de cada uno de los sensores.

#### 4.4. Análisis de errores

Una particularidad esencial de la Física y de las Ingenierías es el uso de números y de ecuaciones. Cualquier estudio o proyecto, necesariamente debe incluir un aspecto cuantitativo. Es imprescindible dar números para describir los tamaños, las intensidades, las magnitudes de lo que se está tratando. Las magnitudes empleadas se obtienen de un proceso de medición. Pero al efectuar una medida, nunca será posible determinar las infinitas cifras decimales que debe poseer el número real puro, la realización práctica de las medidas será en general imperfecta, realizada con aparatos para los que no es posible garantizar la absoluta ausencia de pequeños defectos y elaborada por personas cuyos sentidos no son infinitamente perspicaces.

Debido a todo lo mencionado en el párrafo anterior, estos números probablemente no serán idénticos.

Para el análisis dentro de nuestro proyecto de tesis realizaremos los siguientes cálculos, y se utilizarán las siguientes fórmulas:

#### Error Absoluto

$$E = |X_m - X_r| \quad (4.3)$$

Donde:

Xm: valor medido.

Xr: valor real

### **Error Relativo**

$$e = \frac{E}{X_m} \quad (4.4)$$

Donde:

E: error Absoluto

Xm: valor medido

El error real, puede ser tanto positivo como negativo si nuestra medida discrepa por exceso o por defecto del valor real. La cota o límite de error es una cantidad siempre positiva, indicando únicamente

que el tamaño del error real es inferior a dicho valor. Como no conocemos nunca el valor exacto, tampoco sabemos si el error es por exceso o por defecto y por eso le ponemos un límite.

Para el cálculo de errores al obtener varias medidas se procede al cálculo del valor medio de todas las magnitudes obtenidas mediante la siguiente formula:

$$X = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (4.5)$$

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1.Descripción del Equipo

El objetivo esencial del presente proyecto es la implementación de un banco de pruebas para instrumentos de medida destinado para la realización de prácticas de laboratorio que permita la preparación del estudiante en control de procesos industriales.

El banco de pruebas es básicamente un circuito cerrado de agua, en el cual se suministra líquido desde un tanque de reserva hacia el tanque principal en donde se realiza la medición de flujo y el control de nivel. Los componentes principales del sistema son los sensores tanto de flujo y nivel, un variador de frecuencia y un microcontrolador los mismos que reciben y procesan datos para determinar las acciones a tomar de acuerdo a las necesidades y requerimientos del estudiante.

El bombeo de agua hacia el tanque principal se lo realiza por medio de una bomba, la misma que es alimentada mediante un variador de frecuencia y suministra un flujo de acuerdo a la velocidad designada con el variador de frecuencia. La medición del nivel de líquido en el tanque principal se la hace mediante un sensor de nivel ultrasónico.

El esquema siguiente muestra de manera general el funcionamiento del sistema.



Figura 5. 1: Banco de Pruebas

### 5.1.1. Diagrama del banco de pruebas

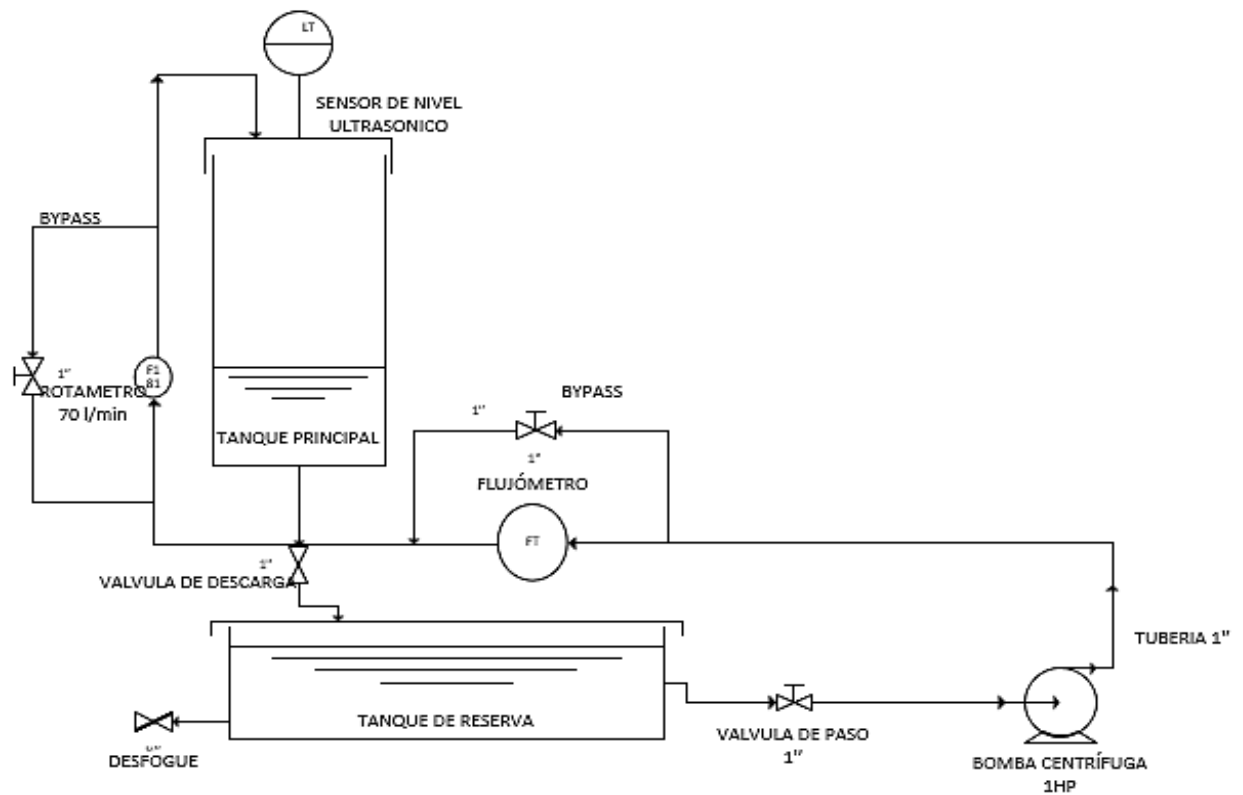


Figura 5. 2: Diagrama P&ID del banco de pruebas

La figura 5.2. Muestra un diagrama del banco de pruebas de instrumentos de medición y flujo donde se puede observar los equipos y materiales utilizados.

Se observa como transita el fluido desde el tanque de reserva hasta el tanque principal, durante el trayecto del fluido pasa a través de dos instrumentos de medición, el sensor de flujo de turbina y el rotámetro mismos que se encargan de medir el flujo en este caso en l/min, una vez que el tanque principal empieza a llenarse del líquido entra en funcionamiento el sensor de nivel ultrasónico mismo que da su medida en cm, si en algún momento se desea realizar el mantenimiento tanto del sensor de flujo como el del rotámetro el banco de pruebas cuenta con bypass estos a su vez permitirán el uso del banco de pruebas sin el uso de los instrumentos de medición.

### 5.2. Pruebas de error en medición

Se muestra a continuación cada una de las mediciones de errores de lectura entre dos sensores de flujo y nivel, además de muestra errores de medición humana en los rotámetros usados en el

banco de pruebas. Adicional se realiza mediciones generales anexo II.3

### 5.2.1. Curvas de trazabilidad de los sensores

La trazabilidad es la propiedad del resultado de una medición de un patrón mismo que puede ser relacionado a referencia determinada, es decir por patrones internacionales, la trazabilidad es un atributo no del instrumento sino la respuesta que se obtiene al emplearse dicho instrumento

#### ▪ Curvas de trazabilidad de nivel en función de la intensidad de corriente

Se realizan distintas mediciones en el banco de pruebas y se obtienen las siguientes medidas, para poder obtener las curvas de trazabilidad se toma la medida dada por el sensor de nivel ultrasónico y su intensidad como referencia respecto a otro sensor de nivel ultrasónico en el que se comprobaba su correcto funcionamiento

Tabla 5. 1: Valores medidos de sensores de nivel ultrasónico,

TIEMPO (sg)	NIVEL SENSOR ULTRASÓNICO (Referencia) (cm)	INTENSIDAD SENSOR ULTRASÓNICO (Referencia) (mA)	NIVEL SENSOR ULTRASÓNICO (Comparado) (cm)	INTENSIDAD SENSOR ULTRASÓNICO (Comparado) (mA)
0	0,00	4,00	0,00	4,00
5	3,63	4,63	3,59	4,61
15	10,61	5,84	10,68	5,90
25	18,98	7,30	18,86	7,24
35	26,90	8,66	26,78	8,54
45	34,34	9,97	34,27	9,91
55	45,38	11,89	45,40	11,90
60	50,33	12,76	50,47	12,89

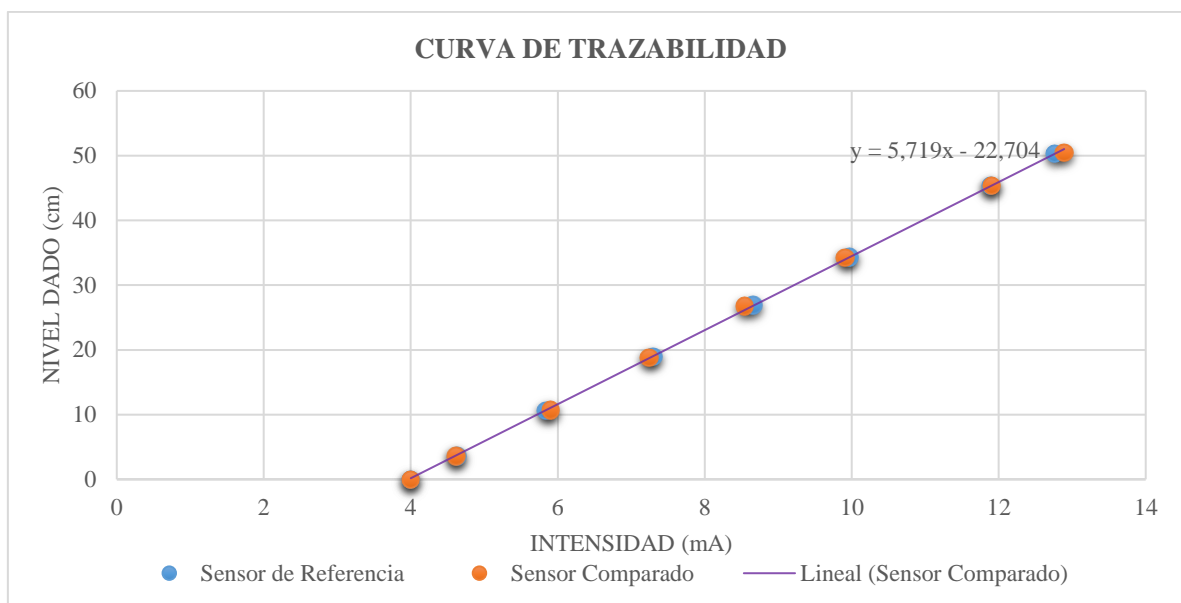


Figura 5. 3: Curva de trazabilidad d sensores de nivel ultrasónico.

▪ **Curvas de trazabilidad de flujo en función de la intensidad de corriente**

Se realizan distintas mediciones en el banco de pruebas y se obtienen las siguientes medidas, para poder obtener las curvas de trazabilidad se toma el sensor de flujo de turbina como referencia respecto a la intensidad de corriente obtenida.

Tabla 5. 2: Valores medidos de sensores de flujo de turbina.

FRECUENCIA (Hz)	SENSOR FLUJO DE TURBINA (Referencia) (l/min)	INTENSIDAD SENSOR FLUJO DE TURBINA (Referencia) (mA)	SENSOR FLUJO DE TURBINA (Comparado) (l/min)	INTENSIDAD SENSOR FLUJO DE TURBINA (Comparado) (mA)
0	0,00	4,00	0,00	4,00
26	19,43	9,19	19,49	9,24
30	21,85	9,84	21,91	9,90
35	27,67	11,38	27,62	11,33
40	33,33	12,89	33,45	12,99
45	38,70	14,32	38,61	14,23
50	43,77	15,68	43,72	15,72
55	48,76	17,00	48,82	17,06
60	52,57	18,03	52,61	18,07
65	54,95	18,65	54,91	18,61

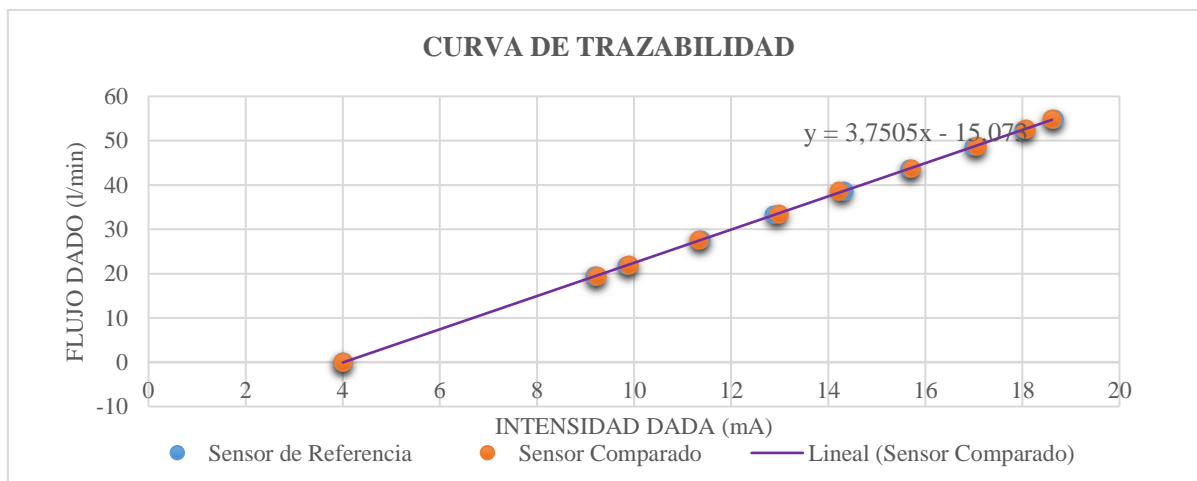


Figura 5. 4: Curva de trazabilidad de sensores de flujo de turbina.

### 5.2.2. Prueba de error de medición de flujo en el banco de pruebas.

Cada una de las tablas siguientes muestra las mediciones tomadas de cada uno de los sensores de flujo.

- **Medición de sensores de flujo banco de pruebas de bomba centrífuga (B.C).**

Los datos mostrados en la siguiente tabla se lo realizó en el banco de pruebas elaborado por los ponentes, el banco de pruebas cuenta con sensores de nivel y flujo y se utiliza una bomba centrífuga para la succión de líquido desde el tanque de reserva hacia el tanque principal donde se ejecutaron las pruebas correspondientes para la toma de datos y el análisis de error de cada una de las curvas obtenidas.

Tabla 5. 3: Valores tomados de sensores de flujo (B.C)

FRECUENCIA (Hz)	REVOLUCIÓN (RPM)	SENSOR FLUJO 1 (referencia) (l/min)	SENSOR FLUJO 2 (mediciones de prueba) (l/min)
0	0,00	0,00	0,00
26	1546	27,21	27,18
30	1783	32,75	32,69
35	2077	39,76	39,73
40	2370	47,03	47,12
45	2662	54,42	54,51
50	2952	61,01	61,09
55	3240	67,94	67,91

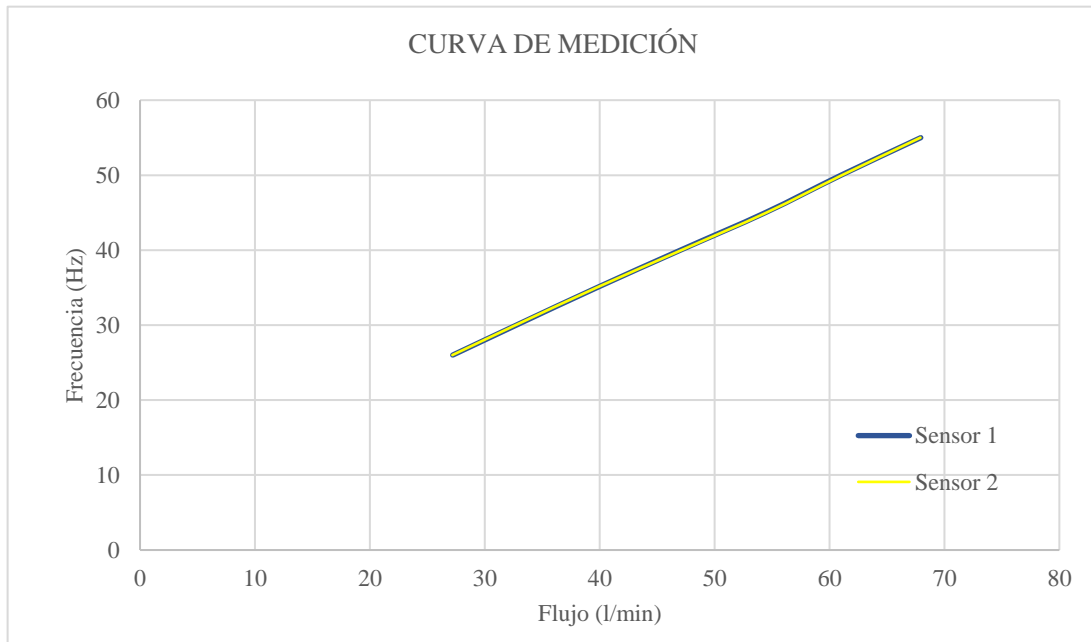


Figura 5. 5: Curvas de medición sensores flujo (B.C)

Mediante la fórmula (4.3) y (4.4) se calcula el error absoluto y relativo de la tabla 5.1.

Tabla 5. 4: Valores de errores calculados (B.C)

ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO	EXPRESIÓN DEL ERROR	EXPRESIÓN DEL VALOR
0,03	0,11	27,21±0,11	27,10 <27,21> 27,32
0,06	0,18	32,75±0,18	32,57 <32,75> 32,93
0,03	0,08	39,76±0,07	39,68 <39,76> 39,84
-0,09	-0,19	47,03±0,19	46,84 <47,03> 47,22
-0,09	-0,17	54,42±0,16	54,25 <54,42> 54,59
-0,08	-0,13	61,01±0,13	60,88 <61,01> 61,14
0,03	0,04	67,94±0,04	67,90 <67,94> 67,98

De acuerdo al manual obtenido por el fabricante del sensor de flujo tiene una precisión de 1% estándar y personalizado de 0,5% y 0,2%

Por tanto nuestro sensor de flujo al estar configurado para 70 l/min y sus salidas ser de 4 – 20

mA, se procede a calcular un valor de  $\pm 0,35$  usando en valor de 0,5% de referencia.

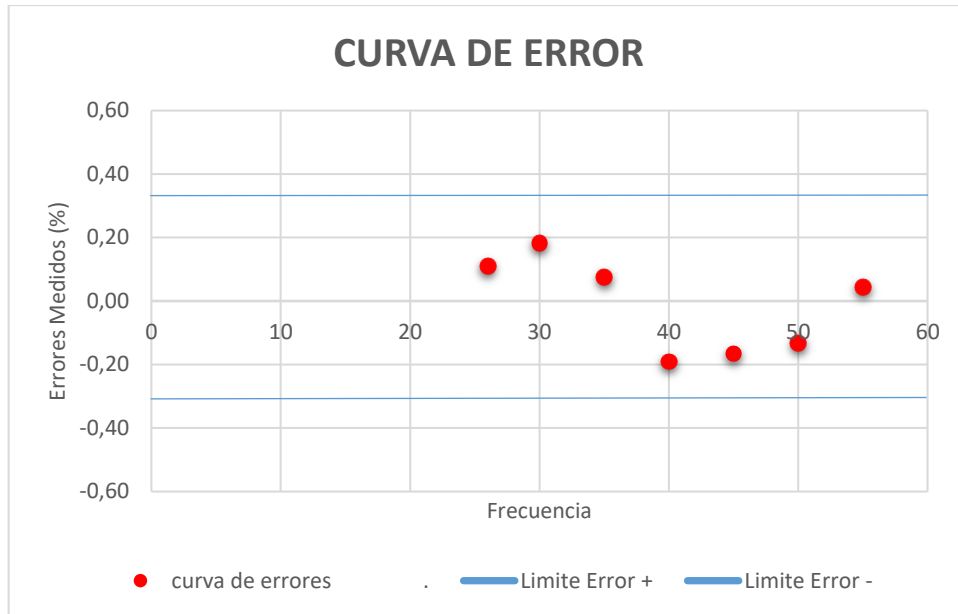


Figura 5. 6: Curva de error sensor de flujo (B.C)

Análisis: La siguiente curva indica los valores de error en porcentajes bajos las oscilaciones vistas en la figura muestran variaciones de 0,2% en ciertos momentos, esto se debe a que el fluido al ser succionado por la bomba llega a tener ligeros cambios de presión, se ha realizado un cálculo de error medio total de la mediciones obtenidas en los errores y se obtiene una valor de 0,02%. Por tanto se puede apreciar que el sensor es preciso pero no exacto.

▪ **Medición de sensores de flujo banco de pruebas de bomba periférica (B.P).**

Los datos mostrados en la siguiente tabla se lo realizó en el banco de pruebas elaborado por los ponentes, el banco de pruebas cuenta con sensores de nivel y flujo y se utiliza dos bombas periféricas en paralelo (Cuando se acoplan dos o más bombas en paralelo, cada una de éstas aspira el fluido desde un tanque, para reunir sus respectivos caudales impulsados en una tubería de impulsión común para ellas. En este tipo de acoplamiento, el caudal total del acoplamiento es la suma de los caudales individuales, y la altura total es constante e igual a la de cada una de las bombas individualmente) para la succión de líquido desde el tanque de reserva hacia el tanque principal donde se ejecutaron las pruebas correspondientes para la toma de datos y el análisis de error de cada una de las curvas obtenidas

Tabla 5. 5: Valores medidos sensores de flujo (B.P)

FRECUENCIA (Hz)	REVOLUCIÓN (RPM)		SENSOR FLUJO 1 (referencia) (l/min)	SENSOR FLUJO 2 (mediciones de prueba) (l/min)
	TRUPER	PEDROLLO		
0	0	0	0,00	0,00
26	1607	1650	19,43	19,49
30	1717	1765	21,85	21,91
35	1993	2057	27,67	27,62
40	2306	2347	33,33	33,45
45	2536	2632	38,70	38,61
50	2800	2918	43,77	43,72
55	3061	3200	48,76	48,82
60	3297	3473	52,57	52,61
65	3432	3732	54,95	54,91

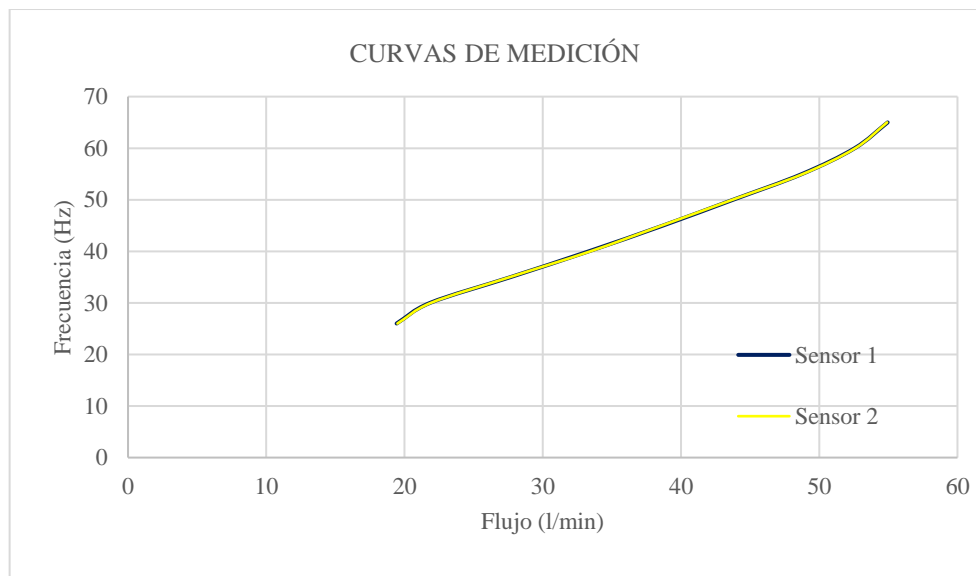


Figura 5. 7: Curvas de medición sensores flujo (B.P)

Mediante la fórmula (4.3) y (4.4) se calcula el error absoluto y relativo de la tabla 5.3.

Tabla 5. 6: Valores de errores calculados (B.P)

ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO	EXPRESIÓN DEL ERROR	EXPRESIÓN DEL VALOR
-0,06	-0,31	19,43±0,31	19,12 <19,43> 19,74
-0,06	-0,27	21,85±0,27	21,58 <21,85> 22,12
0,05	0,18	27,67±0,18	27,49 <27,67> 27,85
-0,12	-0,36	33,33±0,36	32,97 <33,33> 33,69
0,09	0,23	38,70±0,23	38,47 <38,70> 38,93
0,05	0,11	43,77±0,11	43,66 <43,77>43,88
-0,06	-0,12	48,76±0,12	48,64 <48,76> 48,88
-0,04	-0,08	52,57±0,08	52,49 <52,57> 52,65
0,04	0,07	54,95±0,07	54,88 <54,95> 55,02

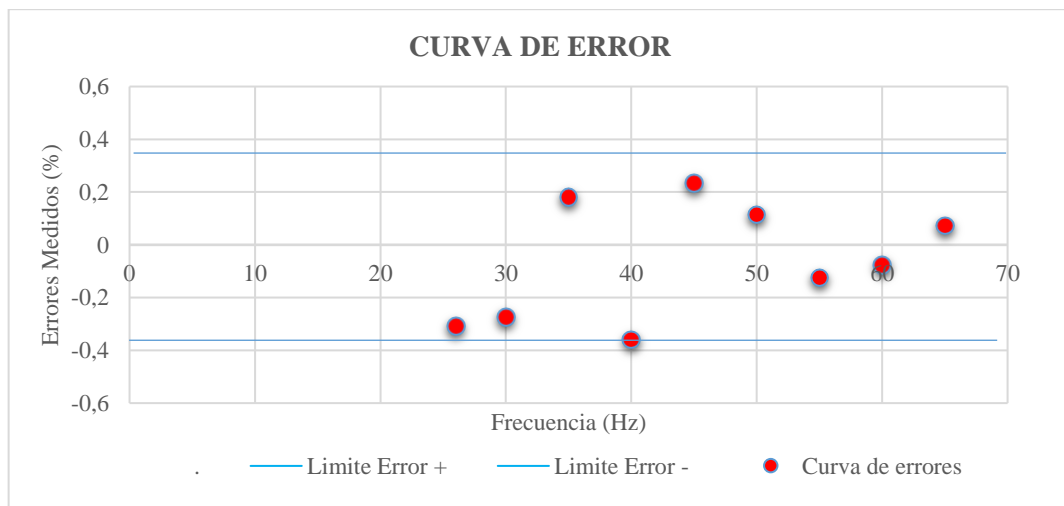


Figura 5. 8: Curva de error de sensor de flujo (B.P)

Análisis: La siguiente curva indica los valores de error en porcentajes bajos las oscilaciones vistas en la figura muestran variaciones de 0,1% en ciertos momentos, se ha realizado un cálculo de error medio total de la mediciones obtenidas en los errores y se obtiene una valor de -0,06%,

en este caso al usar el sensor en el banco de pruebas con 2 bombas periféricas en el sensor es preciso pero no exacto.

### 5.2.3. Prueba de error de medición de nivel en el banco de pruebas.

Cada una de las tablas siguientes muestra las mediciones tomadas de cada uno de los sensores de nivel.

- **Medición de sensores de nivel banco de pruebas de bomba centrífuga (B.C).**

Los valores medidos se realizaron en determinados tiempos a una frecuencia de 25hz.

Tabla 5. 7: Valores tomados sensores nivel (B.C)

TIEMPO (sg)	NIVEL SENSOR ULTRASÓNICO (Referencia) (cm)	NIVEL SENSOR ULTRASÓNICO (Comparado) (cm)
0	0,00	0,00
5	3,63	3,59
15	10,61	10,68
25	18,98	18,86
35	26,90	26,78
45	34,34	34,27
55	45,38	45,4
60	50,33	50,47

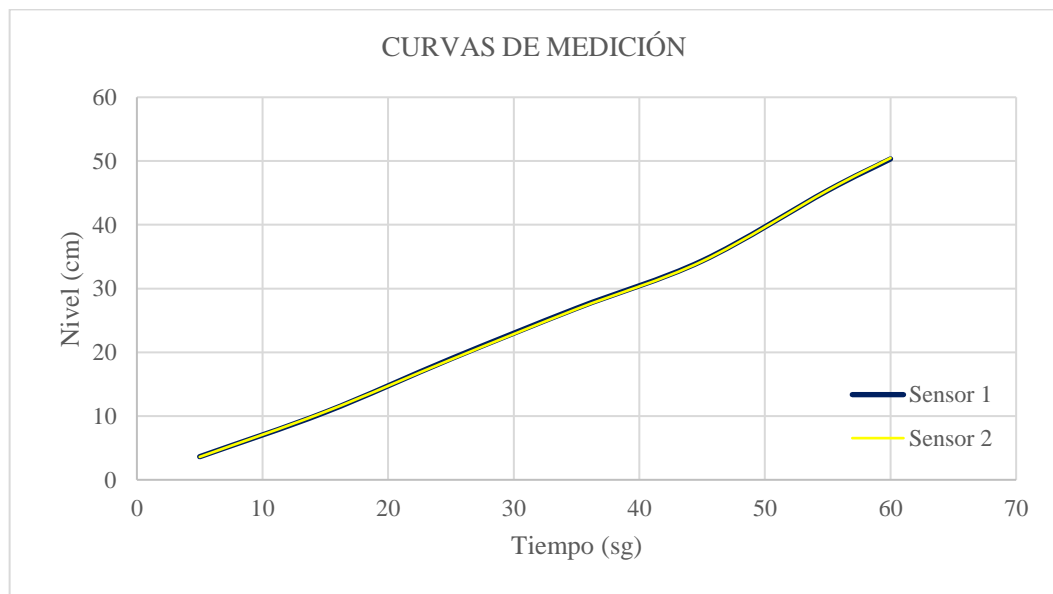


Figura 5. 9: Curva de medición de sensores de nivel (B.C)

Mediante la fórmula (4.3) y (4.4) se calcula el error absoluto y relativo de la tabla 5.5.

Tabla 5. 8: Valores de errores calculados nivel (B.C)

ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO	EXPRESIONES DE ERROR	EXPRESIONES DEL VALOR
0,04	0,011	3,63±0,01	3,6189 <3,63> 3,6411
-0,07	-0,01	10,61±0,01	10,6034 <10,61> 10,6166
0,12	0,01	18,98±0,01	18,9736 <18,98> 18,9864
0,12	0,004	26,900±0,004	26,896 <26,900> 26,905
0,07	0,002	34,340±0,002	34,338 <34,340> 34,342
-0,02	-0,0004	45,3800±0,0004	45,3796 <45,3800> 45,3804
-0,14	-0,002	50,330±0,002	50,327 <50,330> 50,332

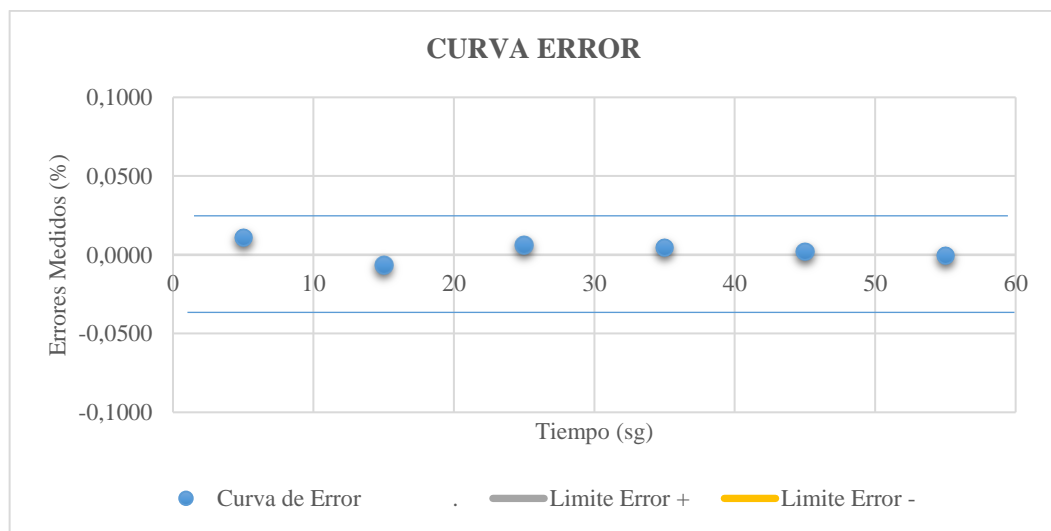


Figura 5. 10: Curva de error de sensor de nivel (B.C)

Análisis: la siguiente curva muestra el comportamiento que tiene un sensor de nivel durante cierto tiempo, los errores de medición de nivel se lo realizaron en el banco de pruebas con una bomba centrífuga son pequeños y por lo tanto se concluye que dicho sensor se encuentra en una calibración adecuada, tomando en cuenta que otro sensor de nivel fue referencia para la realización de la curva de error. Se concluye que el sensor es preciso y poco exacto

- **Medición de sensores de nivel banco de pruebas de bomba periférica (B.P).**

Los valores medidos se realizaron en determinados tiempos a una frecuencia de 25hz.

Tabla 5. 9: Valores tomados sensores de nivel (B.P)

TIEMPO (sg)	NIVEL SENSOR (cm)	NIVEL SENSOR (cm)
0	0,00	0,00
5	3,10	3,11
15	7,90	7,87
25	14,50	14,45
35	20,30	20,32
45	25,35	25,39
55	30,40	30,47
60	33,8	33,85

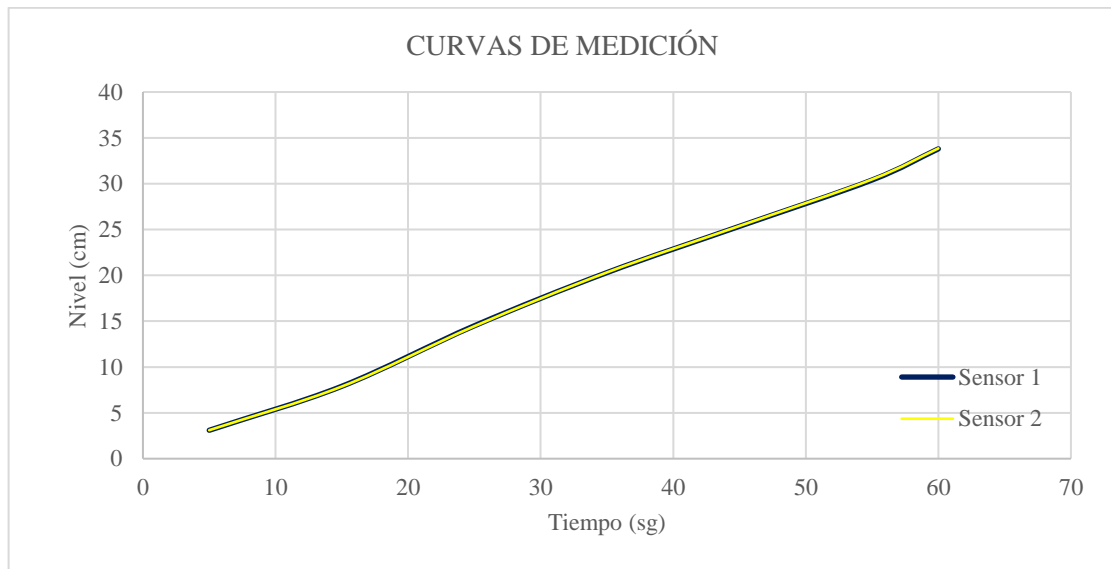


Figura 5. 11: Curva de error sensores de nivel (B.P)

Mediante la fórmula (4.3) se calcula el error de medición

Tabla 5. 10: Error medido sensores de nivel (B.P)

ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO	EXPRESIONES DE ERROR	EXPRESIONES DEL VALOR
-0,01	-0,003	3,10±0,003	3.097<3,10>3,103
0,03	0,004	7,90±0,004	7,896<7,90>7,904
0,05	0,003	14,50±0,003	14,407<14,50>14,503
-0,02	-0,001	20,30±0,001	20,299<20,30>20,001
-0,04	-0,002	25,35±0,002	25,348<25,35>25,352
-0,07	-0,002	30,40±0,002	3,397<30,40>30,402
-0,05	-0,001	33,8±0,001	33,799<33,8>33,8001

Mediante la fórmula (4.3) y (4.4) se calcula el error absoluto y relativo de la tabla 5.8.

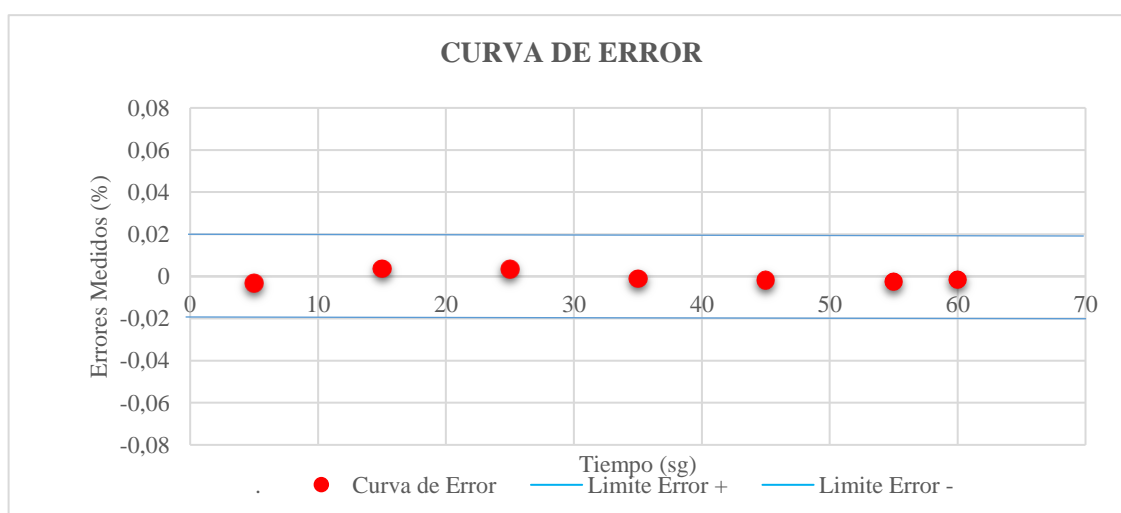


Figura 5. 12: Curva de error sensores de nivel (B.P)

Análisis: la siguiente curva muestra el comportamiento que tiene un sensor de nivel durante cierto tiempo, los errores de medición de nivel se lo realizaron en el banco de pruebas con una

bomba centrífuga dichos errores son pequeños y por lo tanto se concluye que dicho sensor se encuentra en una calibración adecuada, tomando en cuenta que otro sensor de nivel fue referencia para la realización del análisis de error de medida. Se concluye que el sensor es preciso y poco exacto

#### 5.2.4. Medición de errores debido al observador

Los siguientes datos fueron tomados por varias personas (anexo II.4) a nivel visual, se procede al cálculo de error de medición de lectura.

- **Medición de flujo en rotámetros del banco de pruebas de bomba centrífuga (B.C).**

Tabla 5. 11: Valores de medición rotámetro (B.C)

FRECUENCIA (Hz)	FLUJO ROTAMETRO 1 (l/min)				SENSOR FLUJO (Ref). l/min
	ESTUDIANTE 1	ESTUDIANTE 2	ESTUDIANTE 3	ESTUDIANTE 4	
0	0	0	0	0	0,00
26	26	25	26	26	27,21
30	33	32	34	33	32,75
35	41	42	40	40	39,76
40	48	48	47	47	47,03
45	55	55	56	55	54,42
50	63	62	61	62	61,01
55	69	70	69	68	67,94

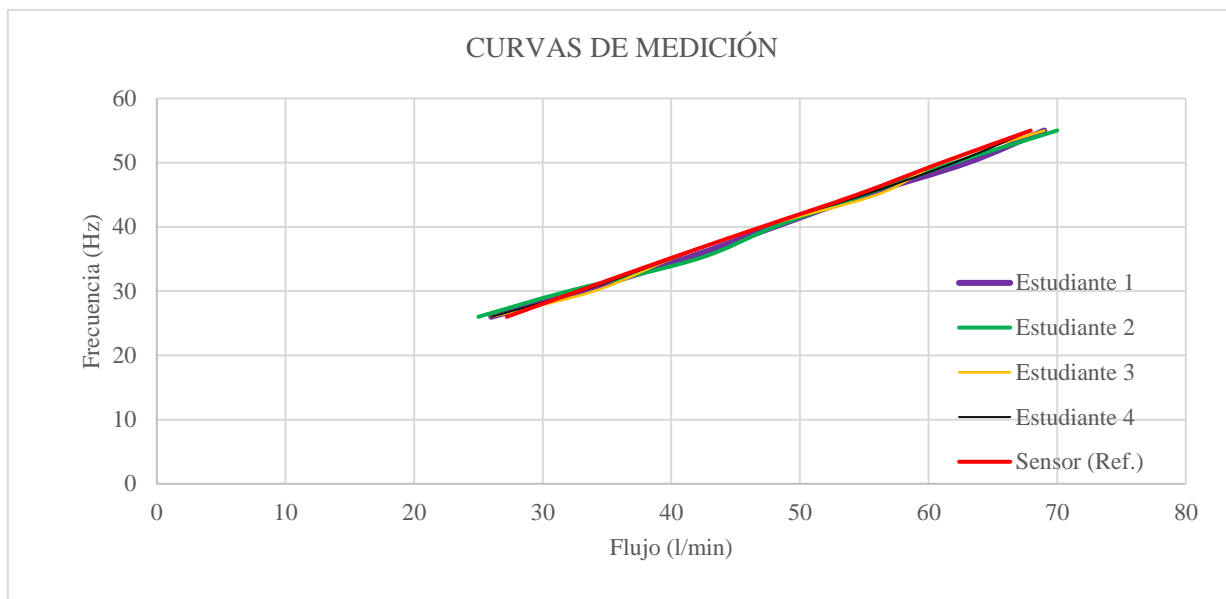


Figura 5. 13: Curva de medición rotámetro (B.C)

Se realiza el cálculo de la medición media de los valores dados por las personas que ayudaron en la toma de datos, mediante la fórmula (4.4), y se procede a la medición de errores de medición mediante la fórmula (4.3).

Tabla 5. 12: Error medido rotámetro (B.C)

FRECUENCIA (Hz)	ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO
26	-1,46	-0,057
30	0,25	0,008
35	0,99	0,024
40	0,47	0,010
45	0,83	0,015
50	0,99	0,016
55	1,06	0,015

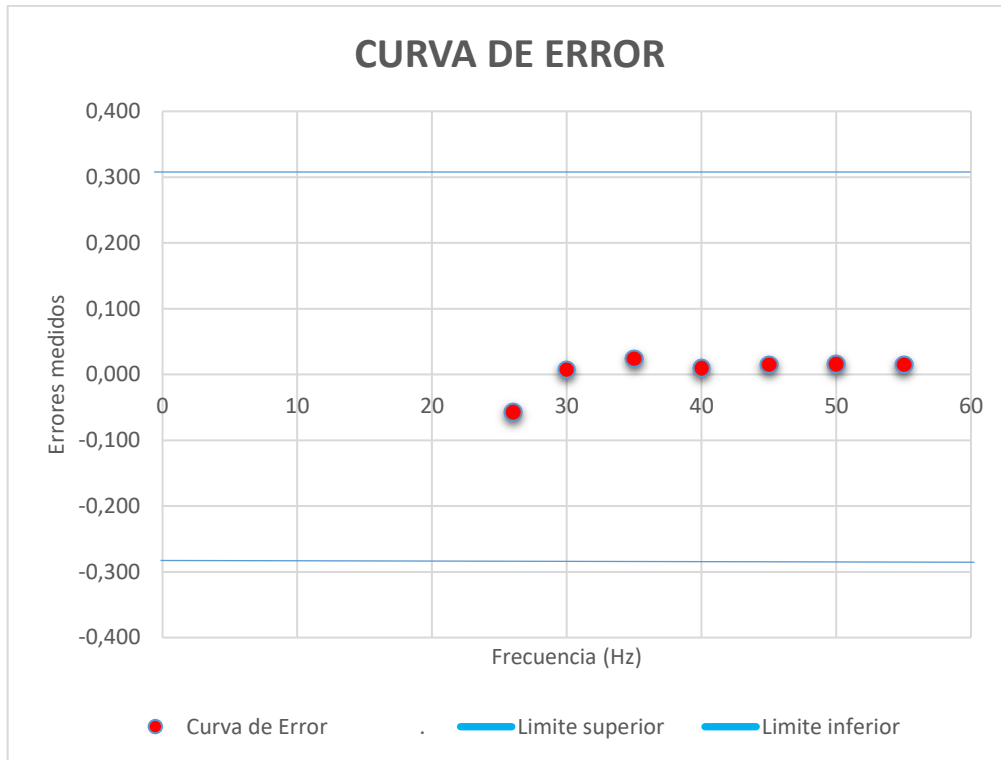


Figura 5. 14: Curva de error rotámetro (B.C)

Análisis: la siguiente curva muestra el comportamiento que tiene un rotámetro durante mediciones de flujo realizada por varias personas, los errores de medición a nivel visual se lo realizaron en el banco de pruebas con una bomba centrífuga y al ser por observación se puede apreciar una curva con dispersiones ya que no todas las personas van a contar con un mismo criterio y una visión exacta. Se concluye que dicho rotámetro se encuentra en una calibración adecuada.

- **Medición de flujo en rotámetros del banco de pruebas de bomba periférica (B.P).**

Los siguientes datos fueron tomados por varias personas (anexo) a nivel visual, se procede al cálculo de error de medición de lectura.

Tabla 5. 13: Valores de medición rotámetro (B.P)

FRECUENCIA (Hz)	FLUJO ROTAMETRO 2 (l/min)				SENSOR FLUJO (Ref.) (l/min)
	ESTUDIANTE 1	ESTUDIANTE 2	ESTUDIANTE 3	ESTUDIANTE 4	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	20	21	22	23	19,43
30	23	23	24	25	21,85
35	28	27	27	28	27,67
40	33	33	34	35	33,33
45	38	37	38	37	38,70
50	43	43	45	44	43,77
55	48	48	49	50	48,76
60	52	51	52	52	52,57
65	56	57	55	58	54,95

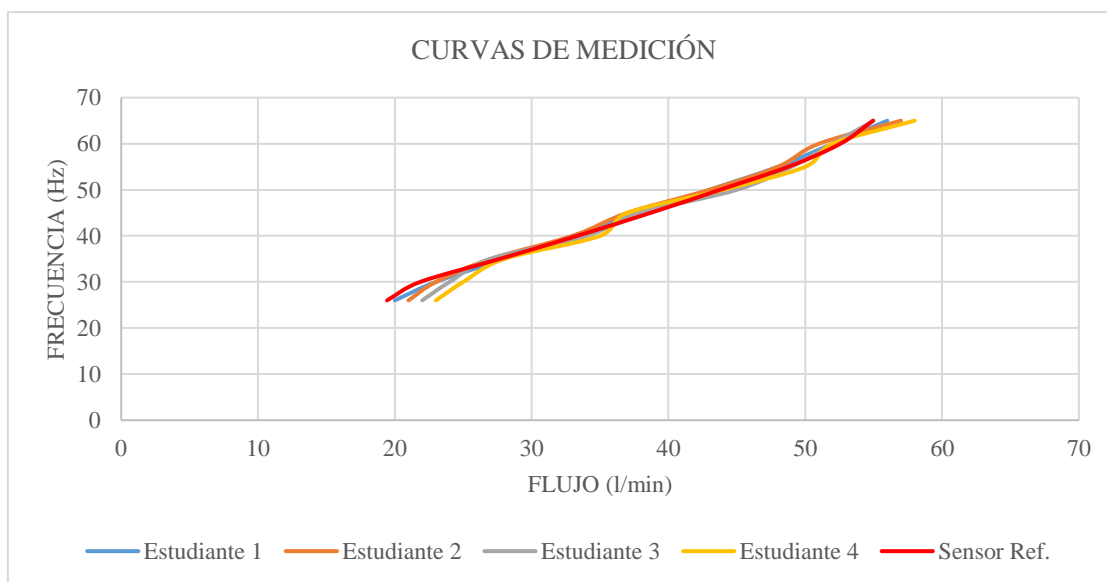


Figura 5. 15: Curva de medición rotámetro (B.P)

Se realiza el cálculo de la medición media de los valores dados por las personas que ayudaron en la toma de datos, mediante la fórmula (4.4), y se procede a la medición de errores de medición mediante la fórmula (4.3).

Tabla 5. 14: Error medido rotámetro (B.P)

FRECUENCIA (HZ)	ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO
26	2,07	0,096
30	1,90	0,080
35	-0,17	-0,006
40	0,42	0,012
45	-1,20	-0,032
50	-0,02	0,000
55	-0,01	0,000
60	-0,82	-0,016
65	1,55	0,027

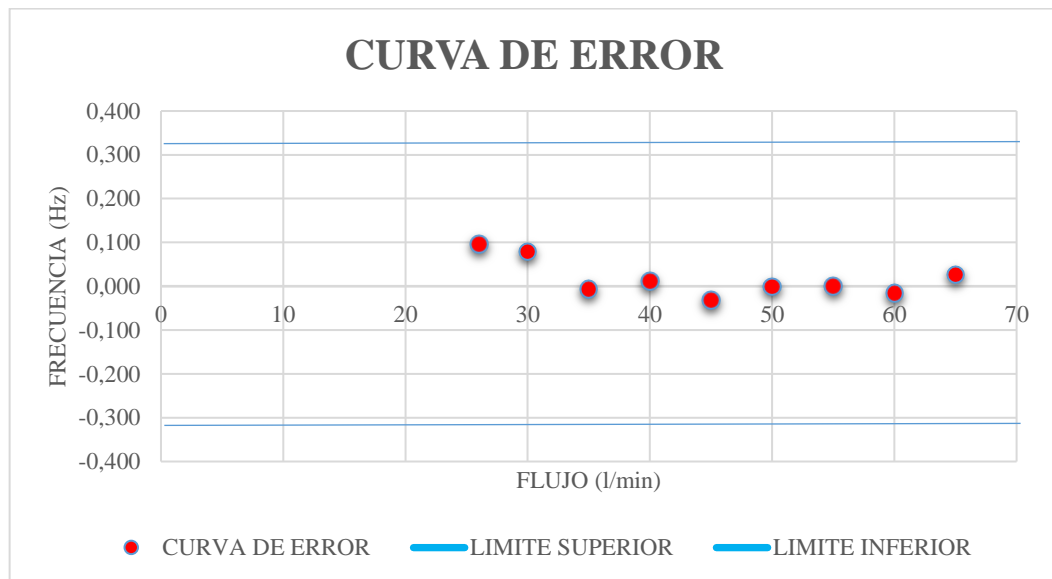


Figura 5. 16: Curva de error rotámetro (B.P)

Análisis: la siguiente curva muestra el comportamiento que tiene un rotámetro durante mediciones de flujo realizada por varias personas, los errores de medición a nivel visual se lo realizaron en el banco de pruebas con una bomba centrífuga y al ser por observación se puede apreciar una curva con dispersiones ya que no todas las personas van a contar con un mismo criterio y una visión exacta. Se concluye que dicho rotámetro se encuentra en una calibración adecuada

### 5.2.5. Curvas de medición de nivel en función de la intensidad de corriente

Se realizan distintas mediciones en el banco de pruebas y se obtienen las siguientes medidas, para poder obtener las curvas de medición se toma el sensor de nivel ultrasónico como referencia respecto a la intensidad de corriente obtenida.

Tabla 5. 15: Valores obtenidos sensores de nivel ultrasónico

TIEMPO (sg)	NIVEL CINTA (cm)	NIVEL SENSOR ULTRASONICO (Referencia) (cm)	INTENSIDAD SENSOR ULTRASONICO (mA)	AMPERÍMETRO (mA)
0	0,00	0,00	4,00	4,00
5	3,69	3,63	4,63	4,50
15	10,68	10,61	5,84	5,60
25	19,00	18,98	7,30	7,10
35	27,02	26,90	8,66	8,50
45	34,31	3,34	9,97	9,80
55	45,32	45,38	11,89	11,70
60	50,37	50,33	12,76	12,50

- **Nivel dado por sensor ultrasónico y la intensidad de corriente**

Tabla 5. 16: Tabla de valores de nivel e intensidad de un sensor de nivel ultrasónico

SENSOR ULTRASONICO DE NIVEL (Referencia) (cm)	INTENSIDAD DEL SENSOR DE NIVEL ULTRASONICO (mA)
0	4,00
3,63	4,63
10,61	5,84
18,98	7,30
26,90	8,66
34,34	9,97
45,38	11,89
50,33	12,76

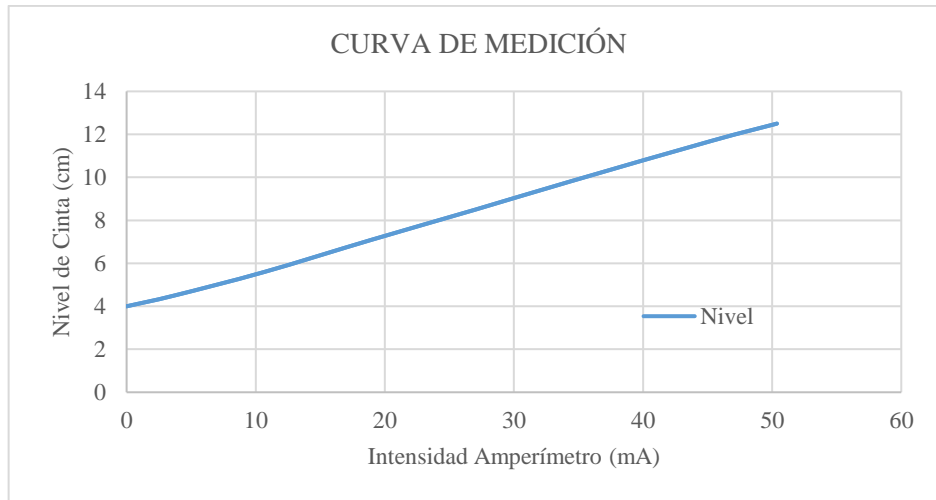


Figura 5. 17: Curva de nivel e intensidad de un sensor de nivel ultrasónico.

El análisis de curva, muestra que el nivel de agua aumenta conforme aumenta la intensidad del sensor, se toma en cuenta que el sensor tiene su salida de 4 a 20 mA por tanto 4 es el valor inicial y 20 es el valor máximo, El análisis de curva es útil para garantizar que el sensor mide de una manera óptima.

- **Nivel observado mediante una Cinta Métrica (cm) y la Intensidad de un amperímetro (B.C)**

Tabla 5. 17: Valores obtenidos de una cinta métrica y la intensidad de un amperímetro.

NIVEL CINTA (cm)	AMPERÍMETRO (mA)
0,00	4,00
3,69	4,50
10,68	5,60
19,00	7,10
27,02	8,50
34,31	9,80
45,32	11,70
50,37	12,50

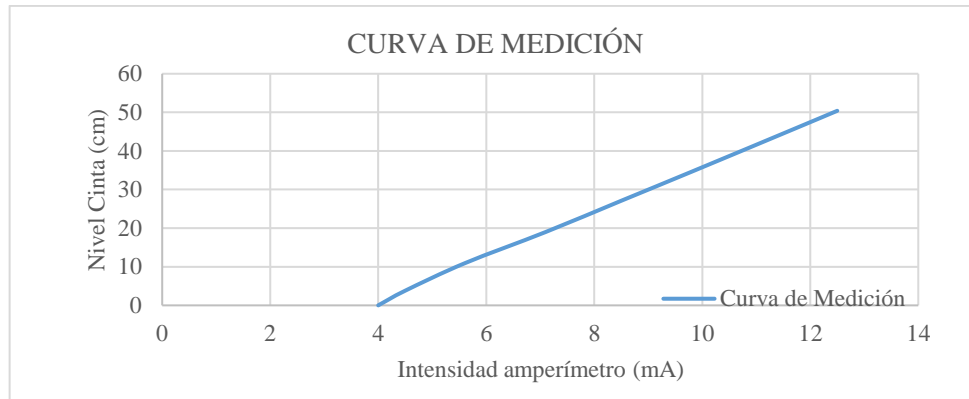


Figura 5. 18: Curva de nivel e intensidad de un amperímetro.

El análisis de curva, muestra que el nivel de agua aumenta conforme aumenta la intensidad del sensor, se toma en cuenta que el sensor tiene su salida de 4 a 20 mA por tanto 4 es el valor inicial y 20 es el valor máximo. El análisis de curva es útil para garantizar que el sensor mide de una manera óptima dado. Y que la cinta métrica utilizada en el tanque principal se asemeja a las medidas dadas en el sensor.

### 5.2.6. Curvas de medida de flujo en función de la intensidad de corriente

Se realizan distintas mediciones en el banco de pruebas y se obtienen las siguientes medidas, para poder obtener las curvas de medición se toma el sensor de flujo de turbina como referencia respecto a la intensidad de corriente obtenida.

Tabla 5. 18: Valores obtenidos del sensor de flujo de turbina.

FRECUENCIA (Hz)	FLUJO ROTAMETRO (l/min)	SENSOR DE FLUJO DE TURBINA (l/min)	INTENSIDAD DEL SENSOR DE FLUJO DE TURBINA (mA)	AMPERÍMETRO (mA)
0	0,00	0,00	4,00	4,00
26	20,00	19,43	9,19	9,27
30	23,00	21,85	9,84	9,93
35	28,00	27,67	11,38	11,53
40	33,00	33,33	12,89	13,03
45	38,00	38,70	14,32	14,49
50	43,50	43,77	15,68	15,84
55	48,50	48,76	17,00	17,19
60	52,00	52,57	18,03	18,23
65	56,50	54,95	18,65	18,84

- **Flujo e intensidad dado por sensor de flujo de turbina**

Tabla 5. 19: Valores medidos de flujo e intensidad por sensor de flujo de turbina.

SENSOR FLUJO DE TURBINA (l/min)	INTENSIDAD DEL SENSOR (mA)
0,00	4,00
19,43	9,19
21,85	9,84
27,67	11,38
33,33	12,89
38,70	14,32
43,77	15,68
48,76	17,00
52,57	18,03
54,95	18,65

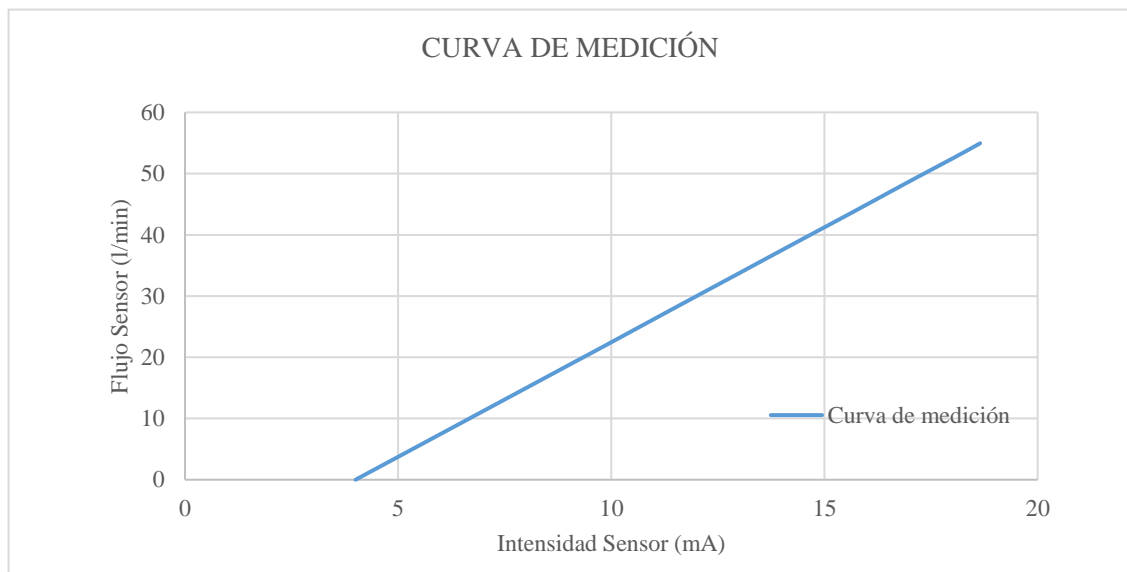


Figura 5. 19: Curva de flujo e intensidad de un sensor de flujo de turbina.

El análisis de curva, muestra que el flujo de agua aumenta conforme aumenta la intensidad del sensor, se toma en cuenta que el sensor tiene su salida de 4 a 20 mA por tanto 4 es el valor inicial y 20 es el valor máximo, El análisis de curva es útil para garantizar que el sensor mide de una manera óptima dado.

- **Flujo dado por un rotámetro y la intensidad de corriente dado por un amperímetro**

Tabla 5. 20: valores obtenidos de flujo de un rotámetro e intensidad en un amperímetro.

FLUJO ROTÁMETRO (l/min)	AMPERÍMETRO. (mA)
0,00	4,00
20,00	9,27
23,00	9,93
28,00	11,53
33,00	13,03
38,00	14,49
43,50	15,84
48,50	17,19
52,00	18,23
56,50	18,84

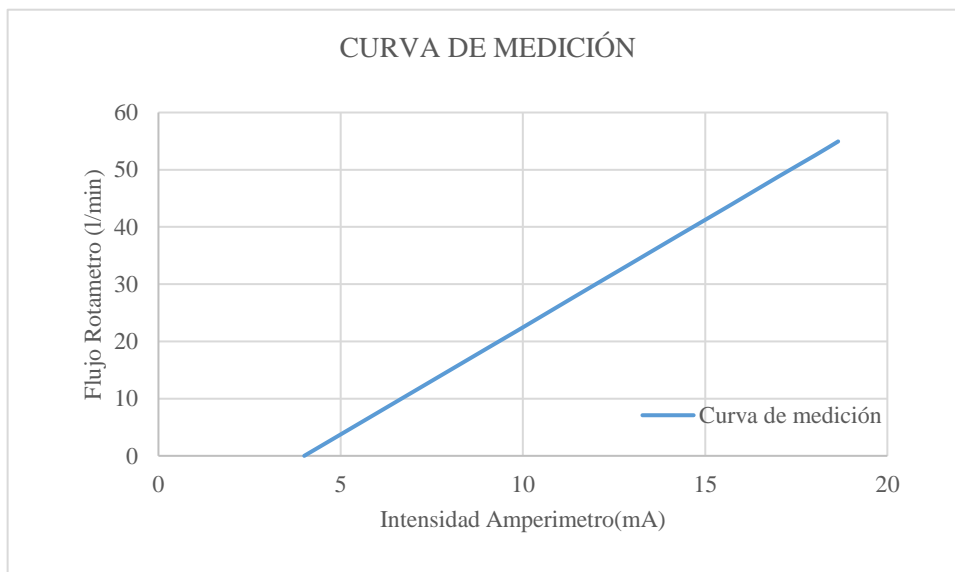


Figura 5. 20: Curva de flujo de un Rotámetro e intensidad de un Amperímetro.

El análisis de curva, muestra que el flujo de agua aumenta conforme aumenta la intensidad del sensor, se toma en cuenta que el sensor tiene su salida de 4 a 20 mA por tanto 4 es el valor inicial y 20 es el valor máximo. El análisis de curva es útil para garantizar que el sensor mide de una manera óptima dado. Y que el rotámetro utilizado en el banco de pruebas mide dentro del rango de medición en el sensor

## 6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 6.1.Presupuesto

Se realizó el análisis de gastos realizados para el desarrollo del proyecto de tesis, con el fin de determinar el costo beneficio del mismo. Se encuentra tomado en cuenta la cantidad de los materiales del mismo, mano de obra, gastos indirectos. A continuación, en la Tabla 6.1 se detalla el costo de los materiales importados que se utilizó para la construcción del banco de pruebas. Además, en la Tabla 6.2 se detalla los componentes que fueron comprados en la localidad.

Tabla 6. 1: Desglose de elementos importados

ITEM	VALOR UNIT (\$)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
Sensor de nivel y flujo	218,78	4	875,12
Rotámetro	106,38	2	212,76
Plugs hembra y macho	0,92	300	277,57
TOTAL			1365,45

Tabla 6. 2: Desglose de compra de elementos locales

ITEM	VALOR UNIT (\$)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
Accesorios de 1'' tubería	200,00	1	200,00
Tubería 1'' PVC roscable	14,28	1,5	21,42
Tanque de Acrílico 5mm reforzado con aluminio	233,85	1	233,85
Tanque de Policarbonato, reforzado con ángulos metálicos	55,84	1	55,84
Mesa metálica	115,00	1	115,00
Bomba 1/2Hp	123,99	1	123,99
Bomba 1Hp	280,00	1	280,00
Lamina de aluminio compuesto	20,00	1	20,00
TOTAL			1050,10

### 6.1.1. Costo de maquinaria

Para la fabricación del banco de pruebas fue necesario hacer el uso de varias máquinas pequeñas tanto para poder pulir y lograr un buen acabado, entre otras actividades.

No se realiza costo por uso de herramientas pues cada uno de los ponentes contaba con sus herramientas de trabajo.

### 6.1.2. Costo de las horas de ingeniería en diseño y fabricación

Para lograr el diseño final del banco de pruebas se han empleado varias horas tanto en diseño como en la fabricación final, tiempo de realización de pruebas y corrección de errores, se detalla en la siguiente tablas. Para determinar el costo de la hora de trabajo según el salario mínimo publicado en 2019 (anexo III.1) es de \$408,95 (cuatrocientos ocho dólares con 95 centavos americanos), posterior a ello se realizó el cálculo tomando en cuenta al Código de Trabajo, donde menciona que durante la semana deben cumplirse las 40 horas.

$$\#horas = 8 \text{ horas} \times 20 \text{ dias}$$

$$\#horas = 160 \text{ horas}$$

$$\text{Costo} = \frac{408,95}{160} = 2,56\$ \text{ la hora}$$

Tabla 6. 3: Costo de diseño de ingeniería

N.- DE HORAS	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT(\$)	VALOR TOTAL (\$)
130	Diseño mecánico	2,56	332,8
160	Ensamble mecánico	2,56	409,6
90	Programación	2,56	230,4
80	Pruebas de funcionamiento	2,56	204,8
TOTAL			1177,6

### 6.1.3. Gastos directos totales

Tabla 6. 4: Gastos directos totales

GASTOS DIRECTOS	COSTO (\$)
Elementos importados	1365,45
Elementos locales	1050,10
TOTAL	2415,55

### 6.1.4. Gastos indirectos totales

Tabla 6. 5: Gastos indirectos totales

GASTOS INDIRECTOS	COSTO (\$)
Diseño de ingeniería	1177,6
TOTAL	1177,6

## 6.2. Análisis de impactos

### 6.2.1. Impacto práctico:

El tema de esta tesis abarca gran cantidad de información relacionada con elementos de medida (sensores y transductores), tipos de señales (digital, analógica), elementos motrices (bomba centrífuga y periférica). Información que será de gran ayuda para la enseñanza de los estudiantes de generaciones actuales y futuras de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### 6.2.2. Impacto tecnológico:

Para la Carrera de Ingeniería Electromecánica realizaremos el aporte de un banco de pruebas de instrumentos de medición de nivel y flujo en el cual los estudiantes puedan observar los sistemas de instrumentación actuales de medida.

Con el afán de estar a la par con el avance de la ciencia y tecnología dentro del campo de instrumentación, y en relación directa con los nuevos estándares de la industria y su migración a nuevas tecnologías de optimización de recursos y procesos industriales, hemos tratado de implementar un banco de pruebas que esté a nivel tecnológico de cualquier instalación industrial existente, ubicando sensores, equipamiento de conexión, etc.

### **6.3. Beneficiarios y Beneficios.**

Los principales beneficiarios del proyecto es la Universidad Técnica De Cotopaxi, son los usuarios del Laboratorio de Investigación de Automatización y Control.

Los beneficios del trabajo de grado son:

- Conocimiento en el manejo de sensores tipo industrial de nivel y flujo
- Manipulación en el uso de un variador de frecuencia
- Aprender a utilizar los sistemas de medida de líquidos. (Bombeo).
- Enseñanza de aplicaciones para la medición de flujo.
- Enseñanza de aplicaciones para la medición de nivel.
- Conocimiento de los procesos aplicados en la industria con el manejo de fluidos.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1. Conclusiones**

- En el banco de pruebas al realizar la instalación de los equipos se observó que se aplica, dos formas de conexiones, en los sensores de nivel y una conexión de tres hilos y en los sensores de flujo una conexión de dos hilos esto permite conocer las diferentes formas de conectar los transmisores de acuerdo a su aplicabilidad dentro del área de instrumentación.
- Se observó la importancia de la instrumentación ya que permite analizar y medir variables físicas que existen en diferentes procesos con equipos aplicados en la industria.
- En la pruebas realizadas de medición y la toma de datos utilizando la teoría de errores se observó que los cuatro de sensores adquiridos tanto para nivel y flujo están dentro de del rango establecido de precisión de acuerdo a las característica de fabricación.
- Se concluye que los cuatro tipos de sensores adquiridos tanto para nivel y flujo están dentro del rango establecido de precisión de acuerdo a las características de diseño de cada uno.
- Para la construcción del banco de pruebas se realizó una simulación de análisis estructural para garantizar la resistencia del material al peso de todos los elementos que se va a distribuir en el Banco de Pruebas.

### **7.2. Recomendaciones**



- Antes empezar el uso de los banco de pruebas es necesario leer los manuales de cada uno de los equipos, esto evitara el mal uso, la mala configuración, datos erróneos en la medición y daños irreversibles en los equipos.
- Para realizar las conexiones eléctricas del banco de pruebas se recomienda verificar los esquemas de conexiones de cada uno de los equipos, para evitar daños en los usuarios que realizan prácticas y en cada uno de los equipos.
- Antes de la utilización del banco de pruebas de instrumentos de nivel y flujo se debe analizar los componentes del que está conformado, ya sean fuentes de alimentación, terminales de entrada y salida de los sensores para evitar su mala utilización y deterioro.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. D. G. OROSCO, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL PARA EL LABORATORIO DE CONTROL DE LA EIE-CRI DE LA ESPOCH,» ESPOCH, Riobamba, 2012.
- [2] D. S. B. MEJIA, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS,» EPN, Quito, 1994.
- [3] J. S. V. L. DANIEL FELIPE CLAVIJO RÍOS, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PROTOTIPO PARA LA OPERACIÓN EN LÍNEA DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA EL APRENDIZAJE DE SISTEMAS INDUSTRIALES DE MEDICIÓN,» UST, Bogota, 2018.
- [4] I. N. T. V. U. ING. BYRON RAMIRO ROMERO ROMERO, «“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLADORES PID Y CONTROL ADAPTATIVO DE GANANCIAS PROGRAMADAS CON LAS VARIABLES NIVEL Y CAUDAL EVALUADOS SOBRE UN MÓDULO DIDÁCTICO”,» ESPOL, Guayaquil, 2016.
- [5] R. M. C. M. JOSEPH VERGARA, «PROTOTIPO PARA CONTROL AUTOMÁTICO DE NIVEL Y CAUDAL DE LÍQUIDOS,» *INGENIUS*, n° N° 6, pp. 9-18, 2011.
- [6] J. A. V. Guativa, N. J. G. Gaona y L. I. Domínguez, «Unidad modular para la ejecución de prácticas de instrumentación electrónica,» *INGENIUM*, vol. 16, n° 32, pp. 89-101, 2015.
- [7] J. M. RODRÍGUEZ, «CURSO DE FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION ELECTRONICA,» FAMILIA SANCELA, 2006.
- [8] D. L. CORRALES, «INSTRUMENTACION INDUSTRIAL,» EPN, Quito, 2007.
- [9] J. M. D. MOYANO, «INSTRUMENTACION ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES,» UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, Santander, 2005.
- [10] F. Luigi, R. Verny, C. Jessica y C. Byron, «Propuesta de un plan alternativo de optimización energética,» *ESPACIOS*, vol. 40, n° 30, p. 4, 2019.
- [11] ARNOLD, «INGENIERÍA MECAFENIX,» 7 ABRIL 2017. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/>.
- [12] W. TOMASI, SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS, MEXICO: PRENTICE HALL INC, 2003.
- [13] I. M. E, «CONTROL REAL ESPAÑOL,» 10 OCTUBRE 2015. [En línea]. Available: <https://controlreal.com>.
- [14] M. MEDINA, «FISICA DE FLUIDOS Y TERMODINAMICA,» 16 FEBRERO 2015. [En

- línea]. Available: <https://mauriciomedinasierra.wordpress.com/>.
- [15] S. TORRES, «SENSORE DE FLUJO, PRINCIPIOS DE MEDICIÓN,» EL ABC DE LA AUTOMATIZACION.
- [16] H. M. GUZMÁN, «MECANICA DE FLUIDOS,» de *FISICA 2*, LIMA, 2009, pp. 1- 44.
- [17] D. R. E-MORMOLEJO, «HETPRO,» UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/>.
- [18] J. INDUSTRIAL, «JM Industrial Technology S.A. de C.V.,» MÉXICO, 2012.
- [19] R. S. I. MARTÍN, «MECÁNICA DE FLUIDOS,» UNIVERSIDAD DE ALICANTE, ESPAÑA, 2011.
- [20] K. J. BLANCO ROBERTO, «DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE NIVEL DE LIQUIDOS,» UTN, IBARRA, 2015.
- [21] QUIMINET, «QUIMINET INFORMACION Y NEGOCIOS SEGUNDO A SEGUNDO,» 16 JUNIO 2011. [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/>.
- [22] R. C. Hibbeler, «MECÁNICA DE MATERIALES,» de *ESFUERZO (FACTOR DE SEGURIDAD)*, México, PEARSON EDUCACIÓN, 2006, p. 50.
- [23] L. ELECTRONIC, Escritor, *ULTRASONIC LEVEL GAUGE USE MANUAL*. [Performance]. LIYUAN ELECTRONIC, 2019.
- [24] Y. FM, «XATAKA BASICS,» AGOSTO 2018. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/basics/>.

## 9. ANEXOS

ANEXOS	TABLAS Y DIAGRAMAS DE PROYECTO DE TESIS	0
<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PROPUESTA TECNOLÓGICA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>TÍTULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL Y FLUJO PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica</b></p> <p style="text-align: center;">Autores: <b>Cuenca Satan Danny Javier</b> <b>Mariscal Bravo Maricela Cristina</b></p>		
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> Septiembre 2019 – Febrero 2020	

Análisis estructural

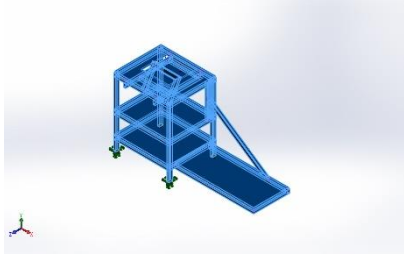
Tabla I. 1: Análisis Estructural del banco de pruebas.

<b>INFORMACIÓN DE MODELO</b>		
		
Nombre del modelo: ESTRUCTURA MECÁNICA BANCO DE PRUEBAS		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Saliente-Extruir13 	Sólido	Masa:52.8199 kg Volumen:0.00671155 m <sup>3</sup> Densidad:7870 kg/m <sup>3</sup> Peso:517.635 N
Saliente-Extruir12 	Sólido	Masa:47.9977 kg Volumen:0.00609882 m <sup>3</sup> Densidad:7870 kg/m <sup>3</sup> Peso:470.378 N
Saliente-Extruir14 	Sólido	Masa:6.21648 kg Volumen:0.000789896 m <sup>3</sup> Densidad:7870 kg/m <sup>3</sup> Peso:60.9215 N
Saliente-Extruir15[4] 	Sólido	Masa:0.0547811 kg Volumen:6.96075e-06 m <sup>3</sup> Densidad:7870 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.536855 N
Saliente-Extruir11 	Sólido	Masa:47.9977 kg Volumen:0.00609882 m <sup>3</sup> Densidad:7870 kg/m <sup>3</sup> Peso:470.378 N

Continuación...

<b>ANEXO I</b>	<b>TABLAS Y DIAGRAMAS DE METODOLOGÍA</b>	<b>1 DE 1</b>
----------------	--	---------------

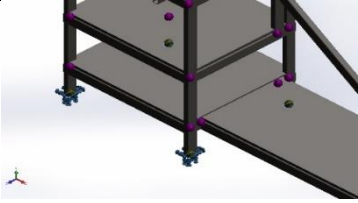
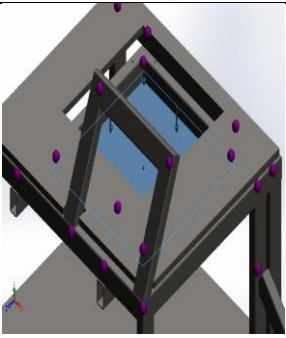
<b>Propiedades de estudio</b>	
Nombre de estudio	Análisis de Estructura Mecánica
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla mixta
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
<b>Unidades</b>	
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

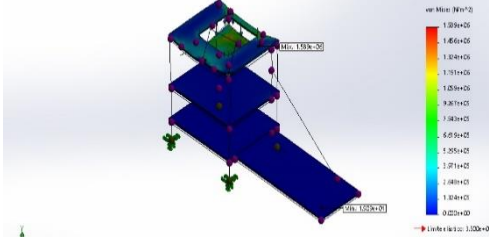
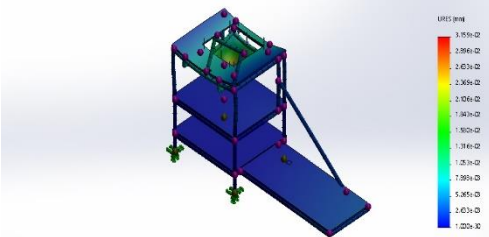
<b>Propiedades de material</b>	
Referencia de modelo	Propiedades
	Nombre: AISI 1020 Acero laminado en frío Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 3.5e+08 N/m <sup>2</sup> Límite de tracción: 4.2e+08 N/m <sup>2</sup> Módulo elástico: 2.05e+11 N/m <sup>2</sup> Coeficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 7870 kg/m <sup>3</sup> Módulo cortante: 8e+10 N/m <sup>2</sup> Coeficiente de dilatación térmica: 1.17e-05 /Kelvin

Continuación....

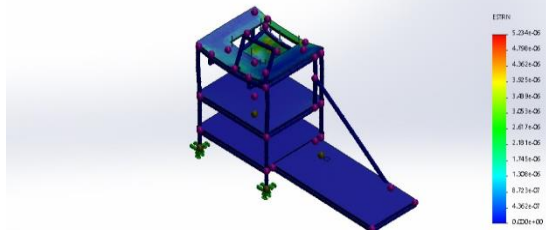
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>Septiembre 2019 – Febrero 2020</b>	
---	---	---

<b>ANEXO I</b>	<b>TABLAS Y DIAGRAMAS DE METODOLOGÍA</b>	<b>1 DE 1</b>
----------------	--	---------------

<b>Cargas y sujeciones</b>				
<b>Nombre de sujeción</b>	<b>Imagen de sujeción</b>	<b>Detalles de sujeción</b>		
Fijo-1		Entidades:	4 cara(s)	
		Tipo:	Geometría fija	
<b>Fuerzas resultantes</b>				
<b>Componentes</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultante</b>
Fuerza de reacción(N)	3.8147e-06	650	4.17419e-06	650
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	1e-33
<b>Cargas</b>				
<b>Nombre de carga</b>	<b>Cargar imagen</b>	<b>Detalles de carga</b>		
Fuerza-1		Entidades:	1 cara(s)	
		Tipo:	Aplicar fuerza normal	
		Valor:	650 N	
Continuación....				

Resultados del estudio			
Nombre Tensiones1	Tipo VON: Tensión de von Mises	Mín. 0.000e+00 N/m <sup>2</sup> Nodo: 2022	Máx. 1.589e+06 N/m <sup>2</sup> Nodo: 9817
<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: 8px;"> <div> <p>Nombre del estudio: ESTRUCTURA MECÁNICA</p> <p>Nombre del caso: Analisis de Estructura Mecanica (Como resultado)</p> <p>Tipo de resultado: Tensiones de Estructura Mecanica</p> <p>Escala de deformación: 100%</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p> <p>1.589e+06</p> <p>1.464e+06</p> <p>1.339e+06</p> <p>1.214e+06</p> <p>1.089e+06</p> <p>964e+05</p> <p>839e+05</p> <p>714e+05</p> <p>589e+05</p> <p>464e+05</p> <p>339e+05</p> <p>214e+05</p> <p>89e+05</p> <p>0.000e+00</p> <p>→ Valores de: 1.000e+00</p> </div> </div>  <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"><b>ESTRUCTURA MECÁNICA-Análisis de Estructura Mecánica-Tensiones-Tensiones1</b></p>			
Nombre Desplazamientos1	Tipo URES: Desplazamientos resultantes	Mín. 0.000e+00 mm Nodo: 2022	Máx. 3.159e-02 mm Nodo: 9497
<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: 8px;"> <div> <p>Nombre del estudio: ESTRUCTURA MECÁNICA</p> <p>Nombre del caso: Analisis de Estructura Mecanica (Como resultado)</p> <p>Tipo de resultado: Desplazamientos de Estructura Mecanica</p> <p>Escala de deformación: 100%</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>URES (mm)</p> <p>3.159e-02</p> <p>2.986e-02</p> <p>2.813e-02</p> <p>2.640e-02</p> <p>2.467e-02</p> <p>2.294e-02</p> <p>2.121e-02</p> <p>1.948e-02</p> <p>1.775e-02</p> <p>1.602e-02</p> <p>1.429e-02</p> <p>1.256e-02</p> <p>1.083e-02</p> <p>9.10e-03</p> <p>7.37e-03</p> <p>5.64e-03</p> <p>3.91e-03</p> <p>2.18e-03</p> <p>0.45e-03</p> <p>0.000e+00</p> </div> </div>  <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"><b>ESTRUCTURA MECÁNICA-Análisis de Estructura Mecánica-Desplazamientos-Desplazamientos1</b></p>			
Nombre Deformaciones unitarias1	Tipo ESTRN: Deformación unitaria equivalente	Mín. 0.000e+00 Elemento: 8753	Máx. 5.234e-06 Elemento: 4237

Nombre del modelo: ESTRUCTURA MECÁNICA  
 Nombre de estudio: Análisis de Estructura Mecánica (Predeterminado < Como mecanizado > -)  
 Tipo de resultado: Deformación unitaria (Definiciones: unitaria)  
 Escala de deformación: 5375.4

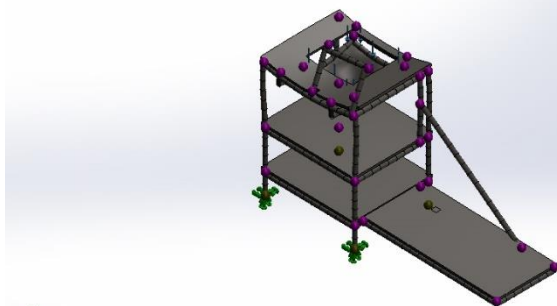


ESTRUCTURA MECÁNICA-Análisis de Estructura Mecánica-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Continuación....

Nombre	Tipo
Desplazamientos1 {1}	Deformada

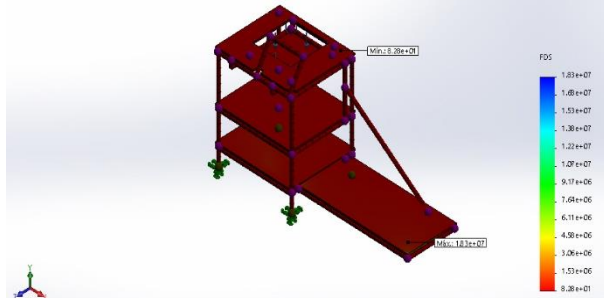
Nombre del modelo: ESTRUCTURA MECÁNICA  
 Nombre de estudio: Análisis de Estructura Mecánica (Predeterminado < Como mecanizado > -)  
 Tipo de resultado: Deformada (Desplazamiento1 {1})  
 Escala de deformación: 5375.4



ESTRUCTURA MECÁNICA-Análisis de Estructura Mecánica-Desplazamientos-Desplazamientos1 {1}

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	8.28e+01 Nodo: 17893	1.83e+07 Nodo: 2646

Nombre del modelo: ESTRUCTURA MECÁNICA  
 Nombre de estudio: Análisis de Estructura Mecánica (Predeterminado < Como mecanizado > -)  
 Tipo de resultado: Factor de seguridad (Factor de seguridad)  
 Color: Tensión von Mises máx.  
 Contribución (Factor de seguridad) FOS mín = 83



ESTRUCTURA MECÁNICA-Análisis de Estructura Mecánica-Factor de seguridad-Factor de seguridad1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
 Septiembre 2019 – Febrero 2020



ANEXO II	ANÁLISIS DE RESULTADOS	1 DE 4
----------	------------------------	--------

```

DAQ_1BOMBAS_CODIGO

#define VREF 5.0
#define RESOLUCION 1023
int sensorPin = A0;
float Y = 0.0;
float alpha = 0.02;
float S = Y;
float t1=0;
char dato_recibido;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  Y = (float)analogRead (sensorPin)
  S = (alpha*Y)+((1-alpha)*S);
  delay(5);
  if (Serial.available()>0) {
    dato_recibido= Serial.read();
    if (dato_recibido=='E'){
      t1=((S*(VREF/RESOLUCION))*100);
      Serial.print(t1);
      Serial.print("S");
      delay(5);
    }
    if (dato_recibido=='F')
    { }
  }
}

```

Figura II. 1: Programación Arduino

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> Septiembre 2019 – Febrero 2020	
---	--	---

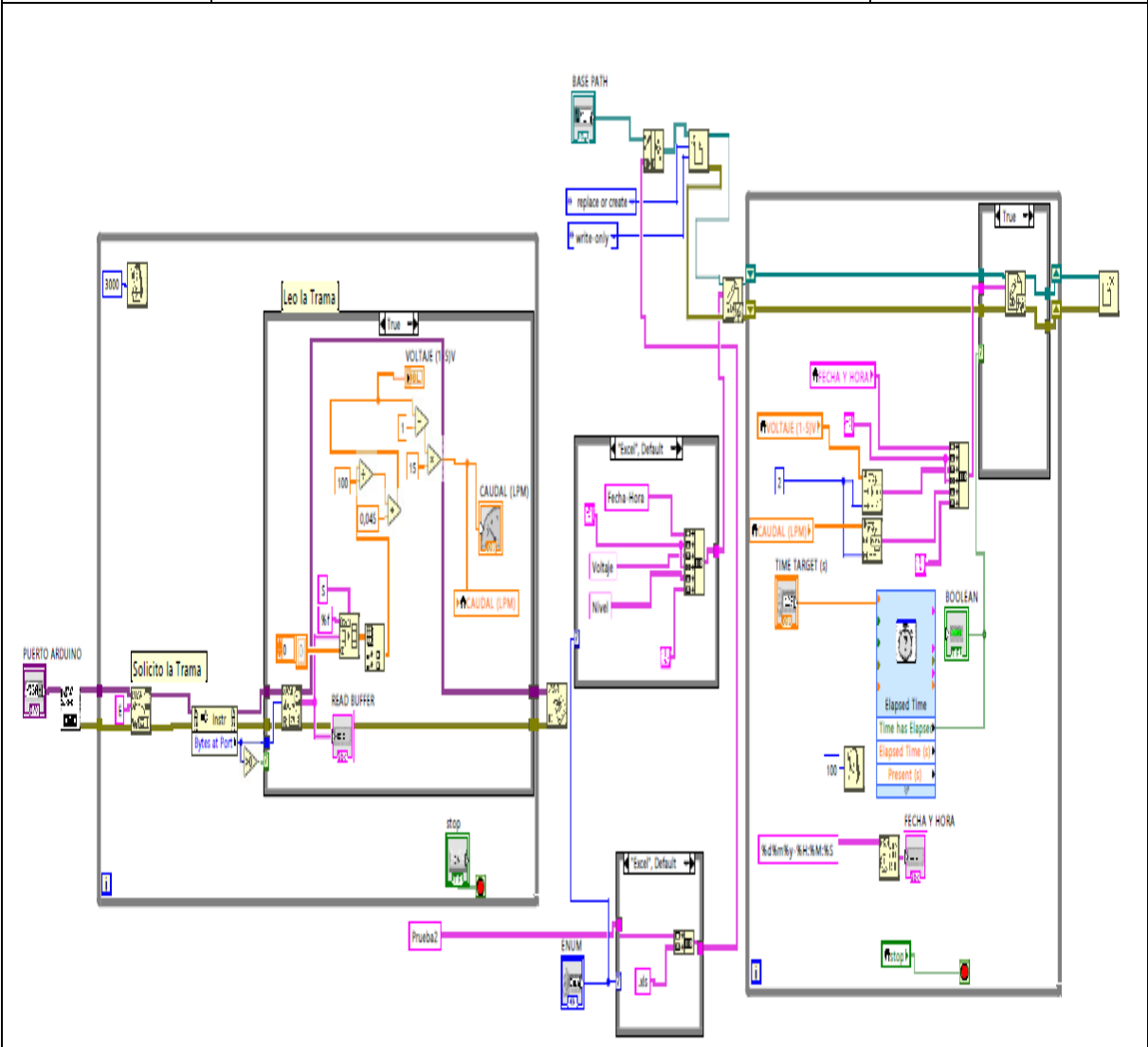








Figura II. 2: Programación Software

ANEXO II	ANÁLISIS DE RESULTADOS		3 DE 4
PRUEBAS GENERALES DE NIVEL (B.C)			
Tabla II. 1: Pruebas generales de Nivel B.C			
TIEMPO (sg)	NIVEL CINTA (cm)	NIVEL SENSOR (cm)	NIVEL S. INFORMÁTICO (cm)
0	0,00	0,00	0,00
5	3,80	3,63	3,78
15	10,90	10,61	10,67
25	19,00	18,98	19,15
35	27,10	26,90	27,19
45	34,6	34,34	34,52
55	45,7	45,38	45,88
60	50,4	50,33	50,37
INTENSIDAD SENSOR (Amper)	AMPERIMETRO (Amper)	VOLTIMETRO (Volt)	VOLTAJE S.INFORMÁTICO (Volt)
4,00	4,00	1,00	1,00
4,63	4,50	1,15	1,16
5,84	5,60	1,45	1,46
7,30	7,10	1,82	1,81
8,66	8,50	2,16	2,15
9,97	9,80	2,48	2,46
11,89	11,70	2,97	2,94
12,76	12,50	3,17	3,13
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>Septiembre 2019 – Febrero 2020</b>		

ANEXO II	ANÁLISIS DE RESULTADOS		3 DE 4
PRUEBAS GENERALES DE NIVEL (B.P)			
Tabla II. 2: Pruebas generales de Nivel B.P			
TIEMPO (sg)	NIVEL CINTA (cm)	NIVEL SENSOR (cm)	NIVEL S. INFORMÁTICO (cm)
0	0,00	0,00	0,00
5	3,10	3,03	2,71
15	7,90	7,83	7,68
25	14,50	14,56	14,54
35	20,30	20,30	20,45
45	25,35	25,33	25,66
55	30,40	30,47	30,86
60	33,8	33,79	34,17
INTENSIDAD SENSOR (Amper)	AMPERIMETRO (Amper)	VOLTIMETRO (Volt)	VOLTAJE S. INFORMÁTICO (Volt)
4,00	4,00	1,00	1,00
4,53	4,30	1,13	1,11
5,38	5,20	1,34	1,32
6,58	6,40	1,64	1,61
7,66	7,40	1,89	1,86
8,49	8,30	2,12	2,08
9,40	9,20	2,35	2,31
9,99	9,80	2,49	2,45
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>Septiembre 2019 – Febrero 2020</b>		



ANEXO II	ANÁLISIS DE RESULTADOS		3 DE 4	
PRUEBAS GENERALES DE FLUJO (B.C)				
Tabla II. 3: Pruebas generales de Flujo B.C				
FRECUENCIA (Hz)	REVOLUCIÓN (RPM)	FLUJO ROTAMETRO (LPM)	FLUJO SENSOR (LPM)	FLUJO S.INFORMÁTICO (LPM)
0	0,00	0,00	0,00	0,00
26	1546	26,00	27,21	26,95
30	1783	33,00	32,75	32,72
35	2077	41,00	39,76	37,97
40	2370	48,00	47,03	46,55
45	2662	55,00	54,42	53,02
50	2952	63,00	61,01	59,67
55	3240	69,00	67,94	67,02
I. SENSOR (Amper)	MULTIMETRO		V. S. INFORMÁTICO (Volt)	
	I. (Amper)	V. (Volt)		
4,00	4,00	1,00	1,00	
10,22	9,95	2,53	2,54	
11,36	11,49	2,84	2,87	
13,05	12,97	3,26	3,17	
14,80	14,68	3,68	3,66	
16,30	16,41	4,13	4,03	
17,94	18,00	4,51	4,41	
19,00	19,52	4,88	4,83	
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>Septiembre 2019 – Febrero 2020</b>			

**PRUEBAS GENERALES DE FLUJO (B.P)**

Tabla II. 4: Pruebas generales de Flujo B.P

FRECUENCIA (Hz)	REVOLUCIÓN (RPM)		FLUJO ROTAMETRO (cm)	FLUJO SENSOR (cm)	FLUJO S. INFORMÁTICO (cm)
	TRUPER	PEDROLLO			
0	0	0	0,00	0,00	0,00
26	1607	1650	20,00	19,43	19,42
30	1717	1765	23,00	21,85	21,82
35	1993	2057	28,00	27,67	27,67
40	2306	2347	33,00	33,33	33,22
45	2536	2632	38,00	38,70	38,62
50	2800	2918	43,50	43,77	42,67
55	3061	3200	48,50	48,76	47,92
60	3297	3473	52,00	52,57	51,52
65	3432	3732	56,50	54,95	53,92

I. SENSOR (Amper)	MULTIMETRO		V. S. INFORMÁTICO (Volt)
	I. (Amper)	V. (Volt)	
4,00	4,00	1,00	1,00
9,19	9,27	2,31	2,29
9,84	9,93	2,47	2,46
11,38	11,53	2,87	2,84
12,89	13,03	3,24	3,21
14,32	14,49	3,59	3,57
15,68	15,84	3,93	3,84
17,00	17,19	4,27	4,20
18,03	18,23	4,52	4,43
18,65	18,84	4,67	4,59

ANEXO II	ANÁLISIS DE RESULTADOS	4 DE 4																					
<p>Datos de personas que realizaron la medición en los rotámetros del banco de pruebas</p> <p>Tabla II. 5: Personas que observaron medidas de rotámetro.</p> <table border="1" data-bbox="240 577 1329 965"> <thead> <tr> <th data-bbox="240 577 486 696">NOMBRES</th> <th data-bbox="486 577 783 696">APELLIDOS</th> <th data-bbox="783 577 1042 696">CÉDULA</th> <th data-bbox="1042 577 1329 696">OCUPACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="240 696 486 763">Rubén Darío</td> <td data-bbox="486 696 783 763">Guambi Manitio</td> <td data-bbox="783 696 1042 763">1500788086</td> <td data-bbox="1042 696 1329 763">Estudiante ELM UTC</td> </tr> <tr> <td data-bbox="240 763 486 846">Jonathan Stalin</td> <td data-bbox="486 763 783 846">Llambo Toalombo</td> <td data-bbox="783 763 1042 846">1804717443</td> <td data-bbox="1042 763 1329 846">Estudiante ELM UTC</td> </tr> <tr> <td data-bbox="240 846 486 913">William Héctor</td> <td data-bbox="486 846 783 913">López Mamallacta</td> <td data-bbox="783 846 1042 913">1600756017</td> <td data-bbox="1042 846 1329 913">Estudiante ELM UTC</td> </tr> <tr> <td data-bbox="240 913 486 965">Maricela Cristina</td> <td data-bbox="486 913 783 965">Mariscal Bravo</td> <td data-bbox="783 913 1042 965">1725031395</td> <td data-bbox="1042 913 1329 965">Potente de la tesis</td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRES	APELLIDOS	CÉDULA	OCUPACIÓN	Rubén Darío	Guambi Manitio	1500788086	Estudiante ELM UTC	Jonathan Stalin	Llambo Toalombo	1804717443	Estudiante ELM UTC	William Héctor	López Mamallacta	1600756017	Estudiante ELM UTC	Maricela Cristina	Mariscal Bravo	1725031395	Potente de la tesis
NOMBRES	APELLIDOS	CÉDULA	OCUPACIÓN																				
Rubén Darío	Guambi Manitio	1500788086	Estudiante ELM UTC																				
Jonathan Stalin	Llambo Toalombo	1804717443	Estudiante ELM UTC																				
William Héctor	López Mamallacta	1600756017	Estudiante ELM UTC																				
Maricela Cristina	Mariscal Bravo	1725031395	Potente de la tesis																				
	<p align="center"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> Septiembre 2019 – Febrero 2020</p>																						

<b>ANEXO III</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>1 DE 1</b>
------------------	-------------------------------	---------------

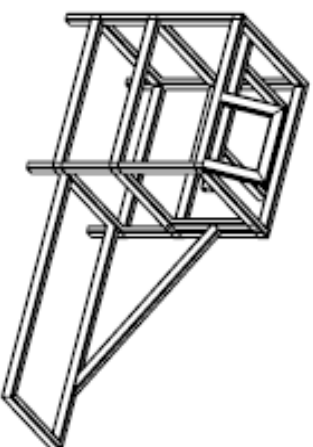
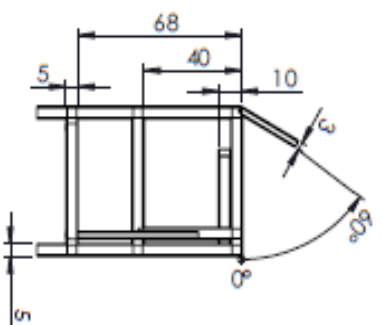
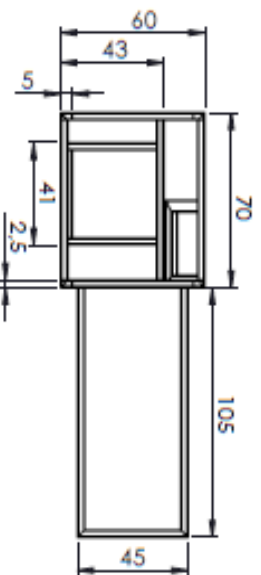
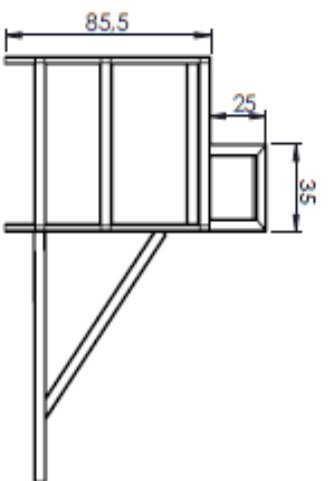
SUELDOS MINIMOS EN ECUADOR 2019

ANALISTA / ESPECIALIST A/ INSPECTOR / SUPERVISOR DEL SECTOR DE METALMEC ANICA	B3	INCLUYE: SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO MECÁNICO, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO, SUPERVISOR DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, SUPERVISOR DE PATIOS Y MOVIMIENTO, SUPERVISOR DE ENDEREZADORA, SUPERVISOR DE BODEGA, SUPERVISOR DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA, INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD, INSPECTOR DE PALANQUILLA, INSPECTOR MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO, INSPECTOR MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO	0830000000003	408,95
TÉCNICOS DEL SECTOR DE METALMEC ANICA	C1	INCLUYE: OPERADOR OXICORTE DIGITAL, OPERADOR BAROLADORA DIGITAL, <b>ELECTROMECHANICO</b> , ELECTRONICO, OPERADOR DE CORTE DE HILO, OPERADOR DE MÁQUINAS DE ELECTROEROSIÓN, PREPARADOR DE COLORES, OPERADOR DE SECCION, TORNERO, SOLDADOR ESPECIALIZADO, ELECTRICISTA ESPECIALIZADO, MECÁNICO ESPECIALIZADO, OPERADOR SENIOR	0820000000006	408,84

Figura III. 1: Sueldos mínimos 2019 Ecuador

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>Septiembre 2019 – Febrero 2020</b>	
---	---	---

**PLANO**



1	PIEZA 1	MATERIAL 1	1	MODELO 1	PIESO 1	DESIGNACIONES 1
2	PIEZA 2	MATERIAL 2	2	MODELO 2	PIESO 2	DESIGNACIONES 2



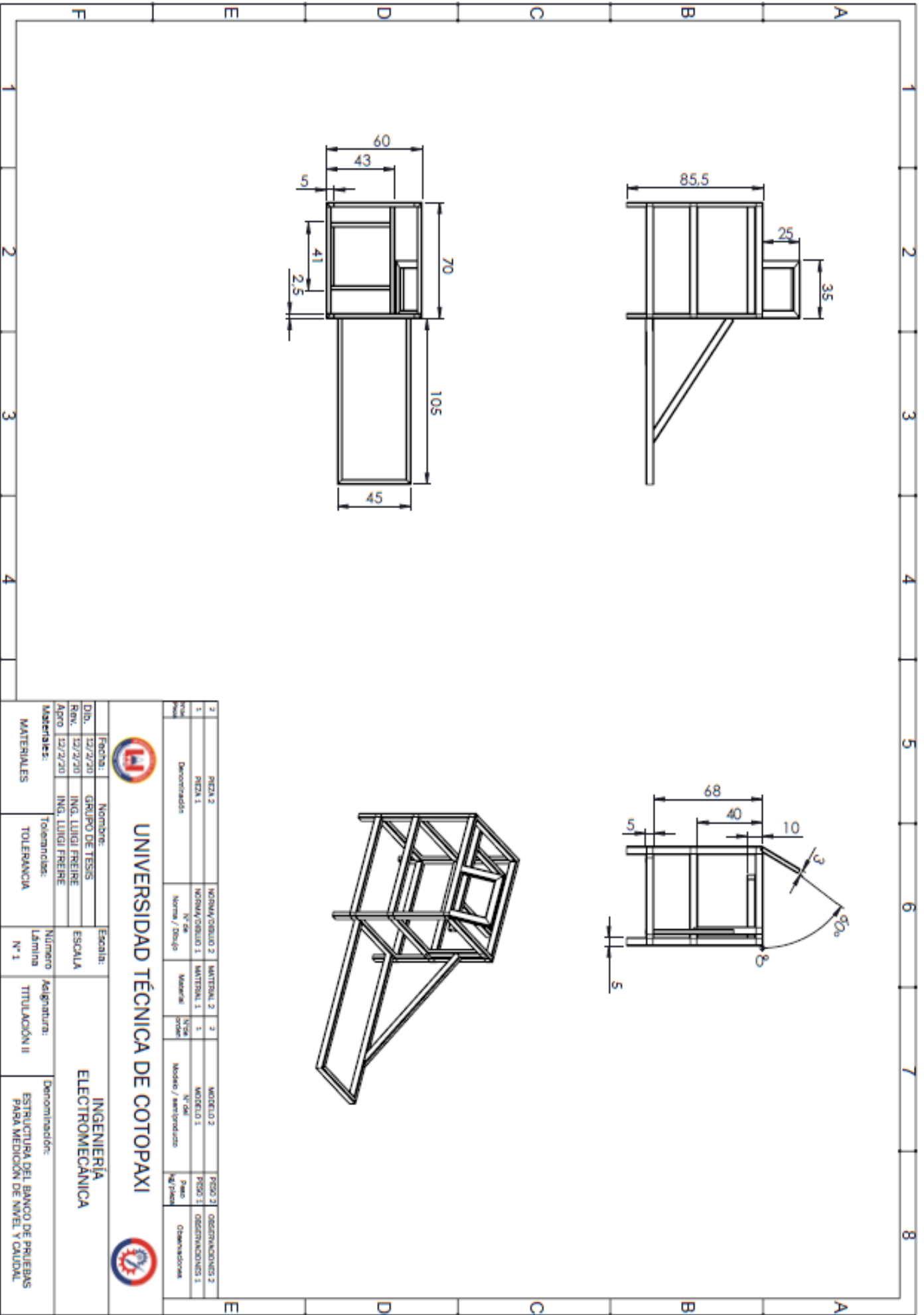
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



INGENIERÍA  
ELECTROMECÁNICA

Fecha:	Nombre:	Escala:	Dominador:
12/2/20	GRUPO DE TESIS	ESCALA	
Rev. 12/2/20	ING. LUIS FREIRE		
Apr. 12/2/20	ING. LUIS FREIRE		

MATERIALES	TOLERANCIA	Numero Lámina N° 1	Asignatura: TITULACIÓN II	Denominador: ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS PARA MEDICIÓN DE NIVEL Y CAUDAL.
------------	------------	--------------------	---------------------------	---



# PRÁCTICAS DE LABORATORIO

## PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM804	MEDIDAS ELÉCTRICAS E INSTRUMENTACIÓN	
PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	ELECTRÓNICA	DURACIÓN (HORAS)
1	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Mediciones de nivel utilizando un sensor ultrasónico.	2

1	OBJETIVO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adiestrar al estudiante en el uso de sensores de nivel, para determinar sus características y su aplicación en el campo de la instrumentación.</li> </ul>

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p><b>2.1. INTRODUCCIÓN</b></p> <p><b>Sensores de nivel</b></p> <p>El Sensor de nivel es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente.</p> <p>Integral para el control de procesos en muchas industrias, los Sensor de nivel se dividen en dos tipos principales. Los Sensor de nivel de punto se utilizan para marcar una altura de un líquido en un determinado nivel preestablecido. Generalmente, este tipo de sensor funciona como alarma, indicando un sobre llenado cuando el nivel determinado ha sido adquirido, o al contrario una alarma de nivel bajo. Los sensores de nivel continuos son más sofisticados y pueden realizar el seguimiento del nivel de todo un sistema. Estos miden el nivel del fluido dentro de un rango especificado, en lugar de en un único punto, produciendo una salida analógica que se correlaciona directamente con el nivel en el recipiente. Para crear un sistema de gestión de nivel, la señal de salida está vinculada a un bucle de control de proceso y a un indicador visual.</p>

### **Sensores de nivel ultrasónico**

Sensor de nivel ultrasónicos sin contacto.- Estos sensores incorporan un procesador de señal analógica, un microprocesador, decimal codificado en binario (BCD) switch de rango, y un circuito de salida del controlador. Transmite los impulsos a una puerta de señal de la ruta del microprocesador a través del procesador de la señal analógica del sensor, que envía un haz ultrasónico a la superficie del líquido. El sensor de nivel detecta el eco de la superficie y la envía de vuelta al microprocesador para una representación digital de la distancia entre el sensor y el nivel de la superficie. A través de una actualización constante de las señales recibidas, el microprocesador calcula los valores promedios para medir el nivel de líquido.

Con un sensor de nivel continuo, el microprocesador convierte el valor promediado para una señal analógica de 4 a 20 mA lineal con el nivel de líquido. Cuando el eco de nivel no vuelve al sensor en 8 segundos, la señal de salida del sistema cae por debajo de 4 mA, lo que indica una condición de bajo nivel o de tubo vacío. Con un sensor de punto, el microprocesador compara el valor medio con el ajuste del interruptor BCD y energiza un relé de salida, ya sea para la indicación de nivel alto o bajo. Una pérdida de señal superior a 8 segundos, desactiva el relé y restaura su estado original. La electrónica incorpora un retraso de medio segundo que minimiza los efectos de superficie debidos a la turbulencia.

### **2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS**

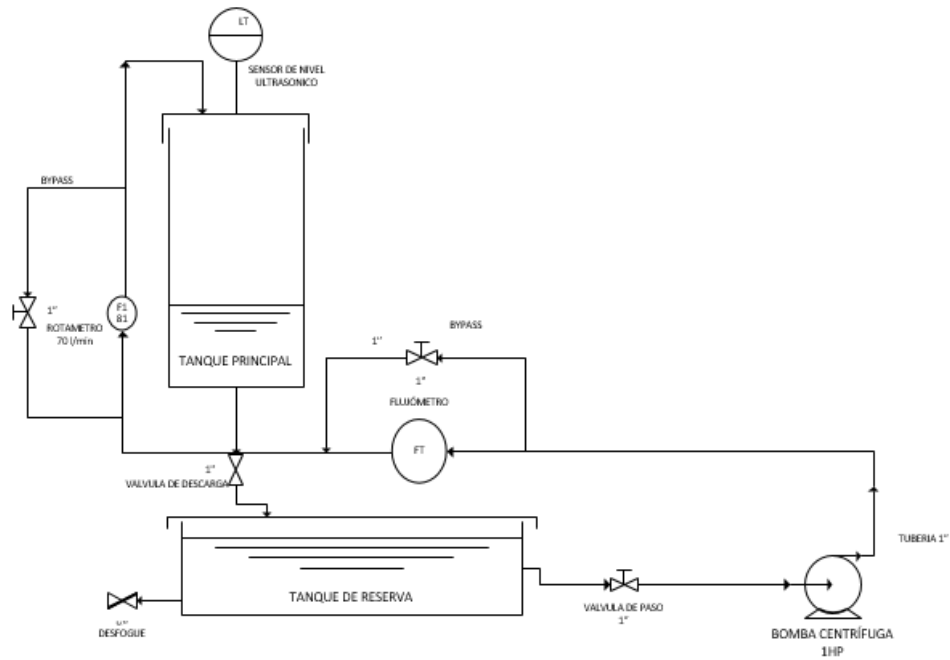
1. Fuente DC 24V
2. Multímetro Digital
3. Sensores de nivel ultrasónico.
4. Bomba de agua de trifásica 220V; ½ HP
5. Variador de Frecuencia G110

### **2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD**

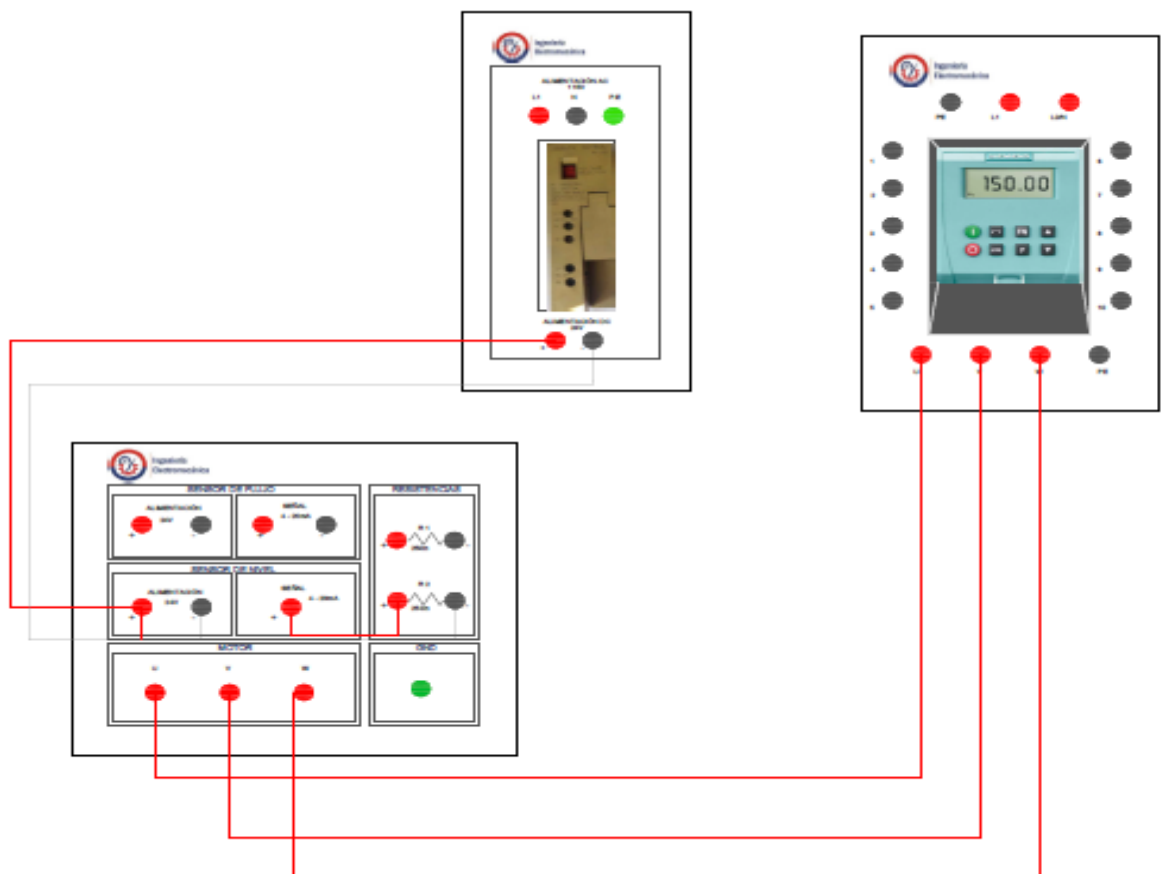
Los estudiantes deberán tener todas las precauciones y seguridades socializadas al inicio del ciclo con respecto al uso de los laboratorios.

### **2.4.PROCEDIMIENTO**

- a) Verificar los elementos a utilizar en la práctica.



b) Conexión de los elementos en el Banco de Pruebas.

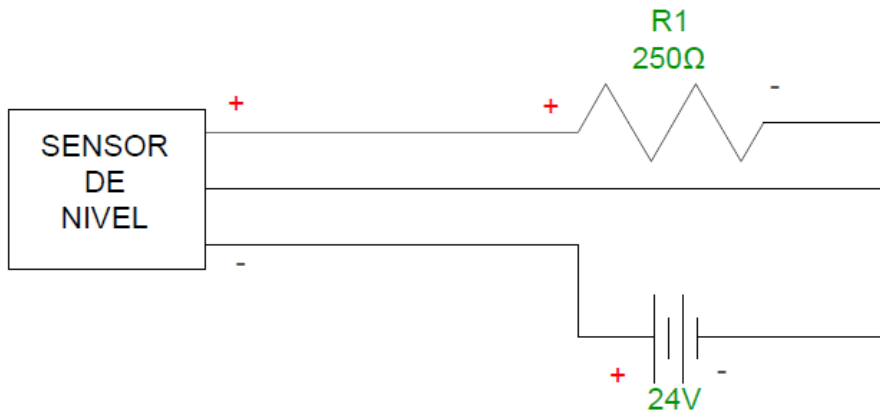


En el tablero de conexión del banco de pruebas de instrumentos de medición se cuenta con la señalización de cada uno de los elementos a conectar

Primero para la conexión de la bomba con el variador de frecuencia se muestra las letras U, V, W en el panel de conexión misma letras se encuentran en el variador de frecuencia por tanto

se debe hacer la conexión U con U, V con V y W con W.

Para la conexión del sensor de nivel ultrasónico primero se utiliza el siguiente diagrama.



en el panel de control se conecta de la misma manera que el diagrama para luego proceder a alimentar a la fuente de 24 V (+ con + y – con -)




c) Verificar la configuración del sensor de nivel.

<b>CADA FUNCIÓN CLAVE</b>	
(Tecla A)	Funcionamiento normal – tecla Menú: Introduzca la interfaz de entrada de contraseña.
	Menú de la interfaz elemento - tecla de página, tecla de retorno: menú para volver desplazamiento para el nivel anterior. Pulsación larga para salir a condiciones normales de trabajo.
	De estado de entrada - Enter: confirmar la entrada de datos y salir del menú.
(Tecla B)	De la interfaz de menú: entre en el menú o entrar en el estado.
	Status de entrada - Key Shift: mueve el cursor hacia la derecha.
(Tecla C)	De la interfaz elemento de menú - página arriba clave: pulse la tecla en el menú.
	Interfaz de entrada - llaves de adición: de 0 a 9, signo menos, el punto decimal se rodeó de modo.
<b>AJUSTES BÁSICOS</b>	
Introduzca la interfaz de entrada de contraseña o el modo de entrada de datos, pulse (tecla B) para mover el cursor hacia la derecha, y pulse (tecla C) para seleccionar el dígito o símbolo. En la interfaz de la medida normal, pulse (una clave) para visualizar la introducción de la contraseña, la contraseña predeterminada es "0000". Pulse (tecla A) para confirmar la entrada y entrar en la interfaz de menú por defecto.	
<b>MENÚ</b>	
USER	Usuario contraseña: introduzca la contraseña de menú por defecto, la contraseña predeterminada es "0000".
SYSTEMS	LANGUAGE: Idioma del menú: (Ingles - Chino)

SAVE/RESTORE	Restaurar parámetros: restaurar las tablas de parámetros de copia de seguridad.
OUPUT	F0: Salida de punto de partida: el punto de salida de la corriente de arranque (4 mA), corresponde al valor inicial del nivel.  FS: Punto final de salida: la corriente de punto de extremo de salida (20 mA), corresponde con el valor final del nivel.  Analog, RS485, Switch
DISPLAY	Tiempo de respuesta del sensor, Uint (cm), point 2, convert (1), contrast 5, Display Delay 900
MOUNTING	WORK MODE .-Modo de trabajo, Leval Val, mount height
PROBE	FILTERING.- Tiempo de lectura: Filter rapidly, Filter stable, Filter fast, Filter none, Filter normal

d) Alimentar desde la red la fuente y el variador de frecuencia.

e) Antes de proceder configurar correctamente el variador de frecuencia.

CADA FUNCIÓN CLAVE		
Tecla 	Pulsar para acceder a parámetros, Pulsar o para seleccionar el índice.	
Tecla 	Cambiar el valor de dicho dígito pulsando dentro del parámetro seleccionado	
Tecla 	Pulsar (botón de funciones), el dígito derecho parpadea.	
	Si aparece en la pantalla significa que el convertidor está trabajando tareas de mayor prioridad.	
AJUSTES BÁSICOS		
<p>Pulsar “P” para acceder a parámetros. Pulsar hasta que se visualice P0719 por ejemplo, nuevamente pulsar “P” para acceder al índice del parámetro una vez dentro del parámetro pulsar ^ o v para seleccionar el índice. Pulsar “P” para visualizar el valor actual ajustado. Pulsar ^ o v hasta obtener el valor requerido. Pulsar “P” para confirmar y almacenar el valor. Pulsar hasta que se visualice r0000.</p> <p>Pulsar para volver a la pantalla estándar (tal como la definió el cliente)</p>		
MENÚ		
N.-	NOMBRE	PARÁMETROS
P0304	Tensión nominal del motor	220
P0305	Corriente nominal del motor	0,8 A
P0307	Potencia nominal del motor	1/2HP

P0309	Rendimiento nominal del motor	60%
P0310	Frecuencia nominal del motor	60Hz
P0311	Velocidad nominal del motor	3450RPM
P1080	Velocidad Mín.	26Hz
P1082	Velocidad Máx.	70Hz
P0701	Entrada digital 0 – 3	1 (ON/OFF)
P0702	Entrada digital 1 4	12 (Inversión de sentido de giro)
P0703	Entrada digital 2 5	9 (Acuse de fallo)
P0010=30	Reponer ajustes	30, 1 (Restauración de valores de fábrica)
P0970=1		

f) Realizar pruebas de medición.

g) Una vez obtenidas varias medidas, realizar curvas de comportamiento del nivel en los tiempos utilizados.

## 2.5. TRABAJO PREPARATORIO

1.- Una vez realizadas las conexiones adecuadas en el banco de pruebas y la conexión del sensor de nivel realice distintas mediciones en diferentes tiempos.

Tiempo	Frecuencia
20 sg	25
	30
	35
	40
	45
	50
	55
	60

2. De acuerdo a las mediciones adquiridas realice el mismo procedimiento en el banco de pruebas que cuenta con dos bombas conectadas en paralelo.

### 2.5.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

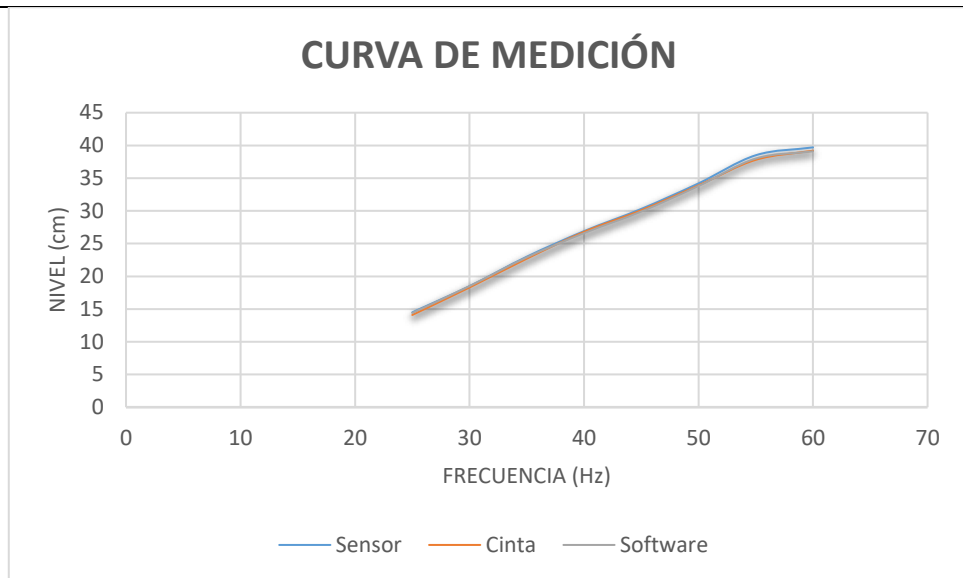
Con los datos dados en el trabajo preparatorio llene las siguiente tablas

La tabla para la toma de medidas se la realiza a 20 segundos

Frecuencia	Nivel del sensor	Nivel de la cinta	Nivel del software
25			

30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			

<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>																																				
<b>3.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>																																					
Realizar pruebas de medición.																																					
Los valores medidos son:																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Frecuencia</th> <th>Nivel del sensor</th> <th>Nivel de la cinta</th> <th>Nivel del software</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>25</td><td>14,5</td><td>14,1</td><td>14,4</td></tr> <tr><td>30</td><td>18,5</td><td>18,3</td><td>18,5</td></tr> <tr><td>35</td><td>23</td><td>22,7</td><td>22,9</td></tr> <tr><td>40</td><td>26,9</td><td>26,8</td><td>26,6</td></tr> <tr><td>45</td><td>30,3</td><td>30,1</td><td>29,9</td></tr> <tr><td>50</td><td>34,2</td><td>33,9</td><td>33,8</td></tr> <tr><td>55</td><td>38,5</td><td>37,8</td><td>38,0</td></tr> <tr><td>60</td><td>39,7</td><td>39,2</td><td>39,1</td></tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Nivel del sensor	Nivel de la cinta	Nivel del software	25	14,5	14,1	14,4	30	18,5	18,3	18,5	35	23	22,7	22,9	40	26,9	26,8	26,6	45	30,3	30,1	29,9	50	34,2	33,9	33,8	55	38,5	37,8	38,0	60	39,7	39,2	39,1	
Frecuencia	Nivel del sensor	Nivel de la cinta	Nivel del software																																		
25	14,5	14,1	14,4																																		
30	18,5	18,3	18,5																																		
35	23	22,7	22,9																																		
40	26,9	26,8	26,6																																		
45	30,3	30,1	29,9																																		
50	34,2	33,9	33,8																																		
55	38,5	37,8	38,0																																		
60	39,7	39,2	39,1																																		
Una vez obtenidas varias medidas, realizar curvas de comportamiento del nivel																																					



Análisis: La siguiente curva muestra el comportamiento que tiene un sensor de nivel durante un tiempo determinado (20sg) y variando la frecuencia a la que trabaja la bomba se toma la medida de nivel observando que tanto en los 3 sistemas de nivel no varía mucho la magnitud medida.

#### 4 CONCLUSIONES

En el banco de pruebas al realizar la instalación de los equipos se observó que se aplica, dos formas de conexiones, en los sensores de nivel y una conexión de tres hilos y en los sensores de flujo una conexión de dos hilos esto permite conocer las diferentes formas de conectar los transmisores de acuerdo a su aplicabilidad dentro del área de instrumentación.

Se observó la importancia de la instrumentación ya que permite analizar y medir variables físicas que existen en diferentes procesos con equipos aplicados en la industria.

#### 5 RECOMENDACIONES

Antes de hacer uso de los equipos utilizados pedir una guía técnica a los docente que imparten la materia

#### 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.eicos.com/datos-tecnicos/que-es-un-sensor-de-nivel/>

<https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>

## PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM804	MEDIDAS ELÉCTRICAS E INSTRUMENTACIÓN	
PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	ELECTRÓNICA	DURACIÓN (HORAS)
2	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Mediciones de flujo utilizando un sensor tipo de rodete de turbina	2

1	OBJETIVO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adiestrar al estudiante en el uso de sensores de flujo, para determinar sus características y su aplicación en el campo de la instrumentación.</li> </ul>

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p><b>2.1. INTRODUCCIÓN</b></p> <p>Sensores de flujo</p> <p>El sensor de flujo es un dispositivo que, instalado en línea con una tubería, permite determinar cuándo está circulando un líquido o un gas.</p> <p>Sensores tipo rodete de turbina</p> <p>Los flujómetros de turbina son medidores volumétricos. Cuando el fluido pasa a través del medidor, se activa un rotor y el movimiento se transmite electrónicamente o mecánicamente.</p> <p>Los sensores de flujo tipo turbina tienen varias ventajas entre ellas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene alta precisión.</li> <li>• Posibilita la medición en ambas direcciones.</li> <li>• La resistencia de los cojinetes permite que el medidor soporte vibraciones.</li> </ul> <p><b>2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fuente DC 24V</li> <li>2. Multímetro Digital</li> <li>3. Sensores de flujo tipo rodete de turbina</li> </ol>

4. Bomba de agua de trifásica 220V, 1/2HP

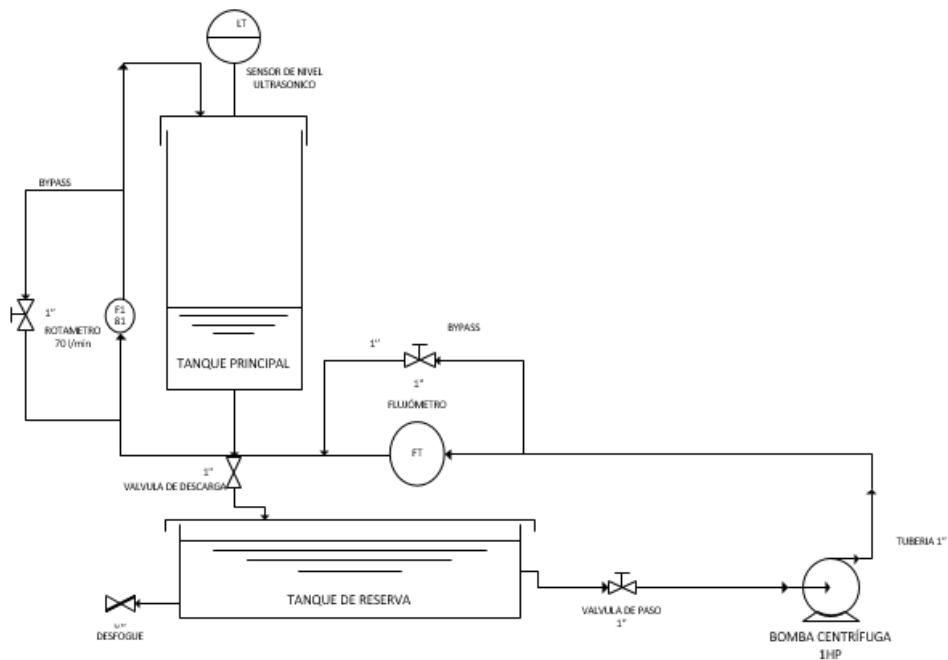
5. Variador de Frecuencia

### 2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

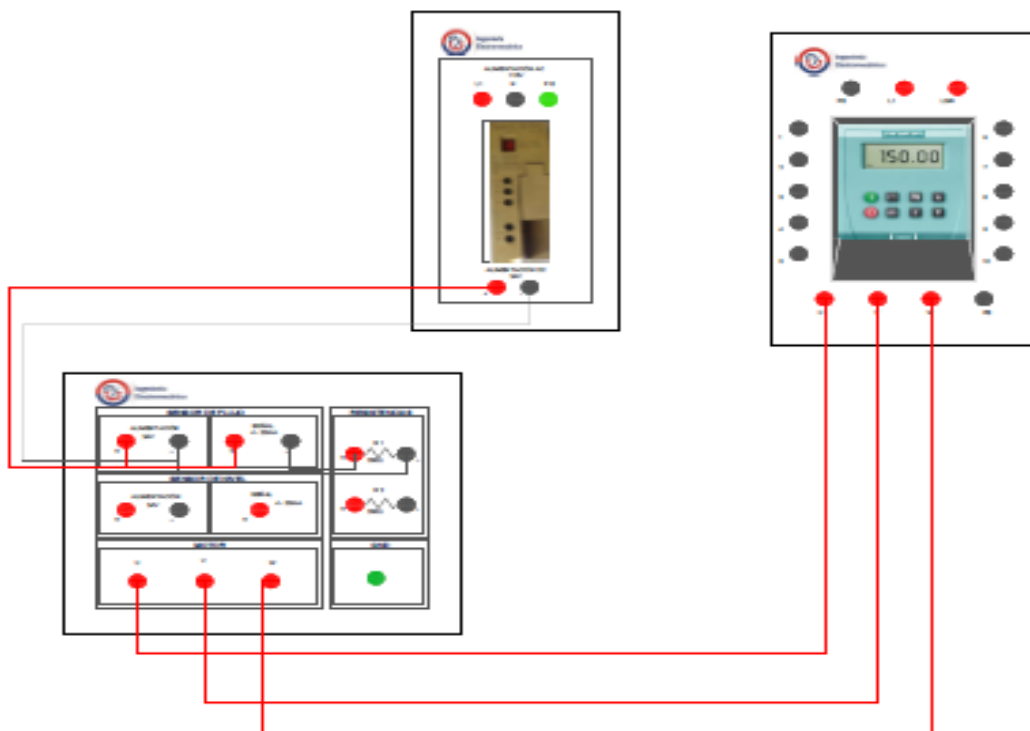
Los estudiantes deberán tener todas las precauciones y seguridades socializadas al inicio del ciclo con respecto al uso de los laboratorios.

### 2.6.PROCEDIMIENTO

h) Verificar los elementos a utilizar en la práctica.



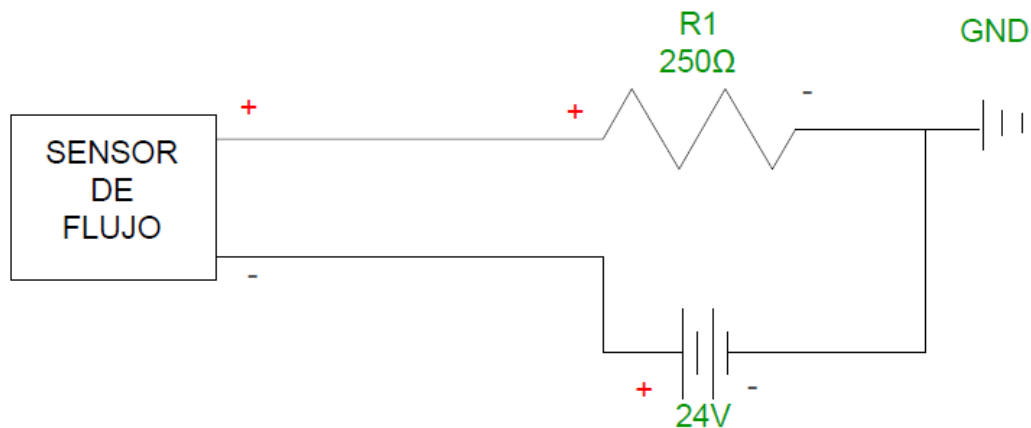
i) Conexión de los elementos en el Banco de Pruebas.



En el tablero de conexión del banco de pruebas de instrumentos de medición se cuenta con la señalización de cada uno de los elementos a conectar

Primero para la conexión de la bomba con el variador de frecuencia se muestra las letras U, V, W en el panel de conexión misma letras se encuentran en el variador de frecuencia por tanto se debe hacer la conexión U con U, V con V y W con W.

Para la conexión del sensor de flujo de turbina primero se utiliza el siguiente diagrama.



en el panel de control se conecta de la misma manera que el diagrama para luego proceder a alimentar a la fuente de 24 V (+ con + y - con -)




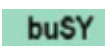
j) Verificar la configuración del sensor de flujo.

CADA FUNCIÓN CLAVE		
(Tecla S)	Permite el paso al menú al tener 5 segundos aplastado tecla de retorno: menú para volver desplazamiento para el nivel anterior	
(Tecla E)	Permite el ingreso de valores de los parámetros seleccionados De estado de entrada - Enter: confirmar la entrada de datos y salir del menú.	
AJUSTES BÁSICOS		
Introduzca la interfaz de entrada de contraseña o el modo de entrada de datos, pulse (tecla S) para mover el cursor hacia la derecha, y pulse (tecla E) para seleccionar el dígito o símbolo. En la interfaz de la medida normal, pulse (una clave) para visualizar la introducción de la contraseña, la contraseña predeterminada es “2010” o “2011”. Pulse (tecla E) para confirmar la entrada y entrar en la interfaz de menú por defecto.		
MENÚ		
FUNCIÓN	SIGNIFICADO	CARACTERÍSTICAS
密碼輸入	Ingrese contraseña	Permite el ingreso al menú, puede ser tanto para el menú

		principal “2010” y el menú de configuración de señal “2011”
流量單位	Unidad de flujo	Seleccionable: l/h, l/min, L/s, m <sup>3</sup> /h, m <sup>3</sup> /min, m <sup>3</sup> /sg
流量範圍	Rango de flujo	Valor: 0-99999 (Este parámetro representa el caudal máximo del flujómetro)
流量響應	Respuesta de flujo	Tiempo de amortiguación/tiempo constante, valor predeterminado: 3 segundos
恆定	Constante K	Ingreso de una constante basado en la cantidad de pulsos sobre metros cúbicos
傳感器重置	Reseteo del sensor	Reiniciar los parámetros enviados de fabrica
退出	Salida	Seleccionable: 4-20ma /0-10ma , Seleccione el modo de salida de corriente correcto basado en la aplicación del usuario

k) Alimentar desde la red la fuente y el variador de frecuencia.

l) Antes de proceder configurar correctamente el variador de frecuencia.

CADA FUNCIÓN CLAVE		
Tecla 	Pulsar para acceder a parámetros, Pulsar o para seleccionar el índice.	
Tecla 	Cambiar el valor de dicho dígito pulsando dentro del parámetro seleccionado	
Tecla 	Pulsar (botón de funciones), el dígito derecho parpadea.	
	Si aparece en la pantalla significa que el convertidor está trabajando tareas de mayor prioridad.	
AJUSTES BÁSICOS		
<p>Pulsar “P” para acceder a parámetros. Pulsar hasta que se visualice P0719 por ejemplo, nuevamente pulsar “P” para acceder al índice del parámetro una vez dentro del parámetro pulsar ^ o v para seleccionar el índice. Pulsar “P” para visualizar el valor actual ajustado. Pulsar ^ o v hasta obtener el valor requerido. Pulsar “P” para confirmar y almacenar el valor. Pulsar hasta que se visualice r0000.</p> <p>Pulsar para volver a la pantalla estándar (tal como la definió el cliente)</p>		
MENÚ		
N.-	NOMBRE	PARÁMETROS
P0304	Tensión nominal del motor	220
P0305	Corriente nominal del motor	0,8 A

P0307	Potencia nominal del motor	1/2HP
P0309	Rendimiento nominal del motor	60%
P0310	Frecuencia nominal del motor	60Hz
P0311	Velocidad nominal del motor	3450RPM
P1080	Velocidad Mín.	26Hz
P1082	Velocidad Máx.	70Hz
P0701	Entrada digital 0 – 3	1 (ON/OFF)
P0702	Entrada digital 1 4	12 (Inversión de sentido de giro)
P0703	Entrada digital 2 5	9 (Acuse de fallo)
P0010=30	Reponer ajustes	30, 1 (Restauración de valores de fábrica)
P0970=1		

m) Realizar pruebas de medición.

n) Una vez obtenidas varias medidas, realizar curvas de comportamiento del nivel en los tiempos utilizados.

## 2.7. TRABAJO PREPARATORIO

1.- Una vez realizadas las conexiones adecuadas en el banco de pruebas y la conexión del sensor de flujo realice distintas mediciones en diferentes frecuencias.

Frecuencia
25
30
35
40
45
50

Se debe realizar en el máximo de 50 Hz en el uso del banco de pruebas con bomba centrífuga.

2. De acuerdo a las mediciones adquiridas realice el mismo procedimiento en el banco de pruebas que cuenta con dos bombas conectadas en paralelo.

### 2.7.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Con los datos dados en el trabajo preparatorio llene las siguiente tablas

Frecuencia	Flujo del sensor	Flujo del Rotámetro	Flujo del software
25			
30			
35			
40			
45			
50			

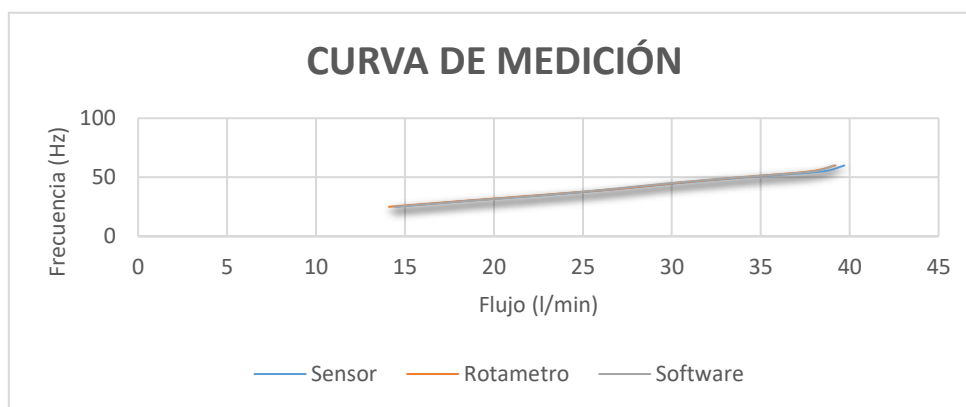
### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los valores obtenidos son

Frecuencia	Flujo del sensor	Flujo del Rotámetro	Flujo del software
25	14,5	14,1	14,4
30	18,5	18,3	18,5
35	23	22,7	22,9
40	26,9	26,8	26,6
45	30,3	30,1	29,9
50	34,2	33,9	33,8
55	38,5	37,8	38,0
60	39,7	39,2	39,1

Una vez obtenidas varias medidas, realizar curvas de comportamiento del nivel en los tiempos utilizados.



Análisis: La siguiente curva muestra el comportamiento que tiene un sensor de flujo al variar la frecuencia a la que trabaja la bomba se toma la medida de flujo observando que tanto en los 3 sistemas de flujo no varía mucho la magnitud medida.

### 4 CONCLUSIONES

En el banco de pruebas al realizar la instalación de los equipos se observó que se aplica, dos formas de conexiones, en los sensores de nivel y una conexión de tres hilos y en los sensores de flujo una conexión de dos hilos esto permite conocer las diferentes formas de conectar los transmisores de acuerdo a su aplicabilidad dentro del área de instrumentación.

Se observó la importancia de la instrumentación ya que permite analizar y medir variables físicas que

existen en diferentes procesos con equipos aplicados en la industria.

## **5 RECOMENDACIONES**

Antes de hacer uso de los equipos utilizados pedir una guía técnica a los docentes que imparten la materia

## **6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

<https://www.badgermeter.de/fileadmin/content/badgermeter/media/seiten/Service/>

<http://www.eicos.com/datos-tecnicos/que-es-un-sensor-de-nivel/>  
<https://es.slideshare.net/marcocalderonlayme/sensores-de-caudal-tipo-turbina>

## PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM804	MEDIDAS ELÉCTRICAS E INSTRUMENTACIÓN	
PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	ELECTRÓNICA	DURACIÓN (HORAS)
3	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Mediciones de flujo y nivel utilizando un sensor tipo de rodete de turbina y sensor ultrasónico	2

1	OBJETIVO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adiestrar al estudiante en el uso de sensores de flujo, para determinar sus características y su aplicación en el campo de la instrumentación.</li> </ul>

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p><b>2.1. INTRODUCCIÓN</b></p> <p><b>Sensores.</b></p> <p>Un sensor es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida.</p> <p><b>Sensores de flujo</b></p> <p>El sensor de flujo es un dispositivo que, instalado en línea con una tubería, permite determinar cuándo está circulando un líquido o un gas.</p> <p>Sensores tipo rodete de turbina</p> <p>Los flujómetros de turbina son medidores volumétricos. Cuando el fluido pasa a través del medidor, se activa un rotor y el movimiento se transmite electrónicamente o mecánicamente.</p>

Los sensores de flujo tipo turbina tienen varias ventajas entre ellas:

- Tiene alta precisión.
- Posibilita la medición en ambas direcciones.
- La resistencia de los cojinetes permite que el medidor soporte vibraciones.

### **Sensores de nivel**

El Sensor de nivel es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente.

Integral para el control de procesos en muchas industrias, los Sensor de nivel se dividen en dos tipos principales. Los Sensor de nivel de punto se utilizan para marcar una altura de un líquido en un determinado nivel preestablecido. Generalmente, este tipo de sensor funciona como alarma, indicando un sobre llenado cuando el nivel determinado ha sido adquirido, o al contrario una alarma de nivel bajo. Los sensores de nivel continuos son más sofisticados y pueden realizar el seguimiento del nivel de todo un sistema. Estos miden el nivel del fluido dentro de un rango especificado, en lugar de en un único punto, produciendo una salida analógica que se correlaciona directamente con el nivel en el recipiente. Para crear un sistema de gestión de nivel, la señal de salida está vinculada a un bucle de control de proceso y a un indicador visual.

### **Sensores de nivel ultrasónico**

Sensor de nivel ultrasónicos sin contacto.- Estos sensores incorporan un procesador de señal analógica, un microprocesador, decimal codificado en binario (BCD) switch de rango, y un circuito de salida del controlador. Transmite los impulsos a una puerta de señal de la ruta del microprocesador a través del procesador de la señal analógica del sensor, que envía un haz ultrasónico a la superficie del líquido. El sensor de nivel detecta el eco de la superficie y la envía de vuelta al microprocesador para una representación digital de la distancia entre el sensor y el nivel de la superficie. A través de una actualización constante de las señales recibidas, el microprocesador calcula los valores promedios para medir el nivel de líquido.

Con un sensor de nivel continuo, el microprocesador convierte el valor promediado para una señal analógica de 4 a 20 mA lineal con el nivel de líquido. Cuando el eco de nivel no vuelve al sensor en 8 segundos, la señal de salida del sistema cae por debajo de 4 mA, lo que indica una condición de bajo nivel o de tubo vacío. Con un sensor de punto, el microprocesador compara el valor medio con el ajuste del interruptor BCD y energiza un relé de salida, ya sea para la indicación de nivel alto o bajo. Una pérdida de señal superior a 8 segundos, desactiva el relé y restaura su estado original. La electrónica incorpora un retraso de medio segundo que minimiza los efectos de superficie debidos a la turbulencia

## 2.4.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

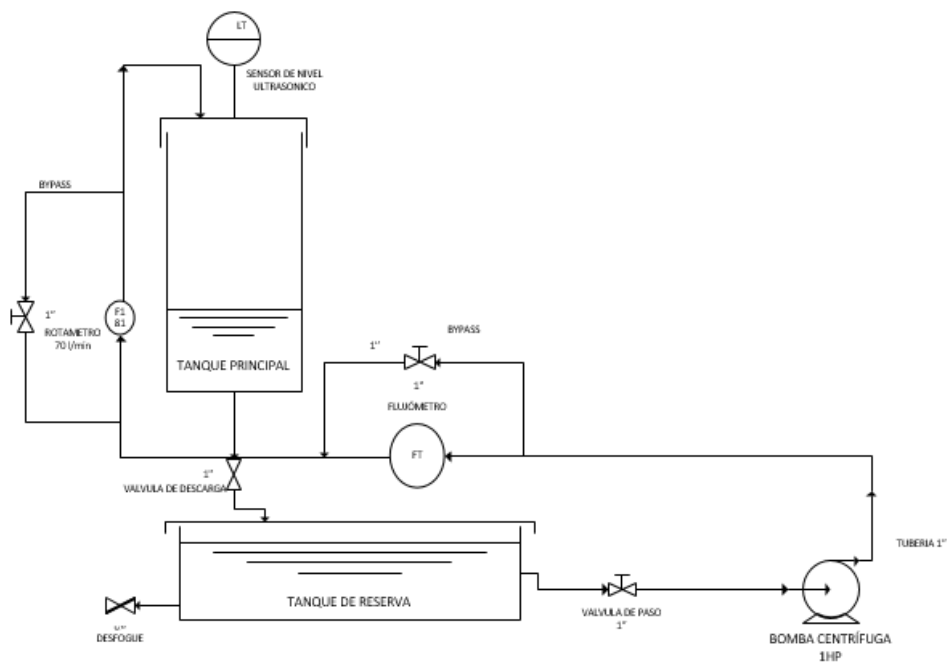
- Fuente DC 24V
- Multímetro Digital
- Sensores de flujo tipo rodete de turbina
- Sensores de nivel ultrasónico
- Bomba de agua de trifásica 220V, 1/2HP
- Variador de Frecuencia

## 2.5.MEDIDAS DE SEGURIDAD

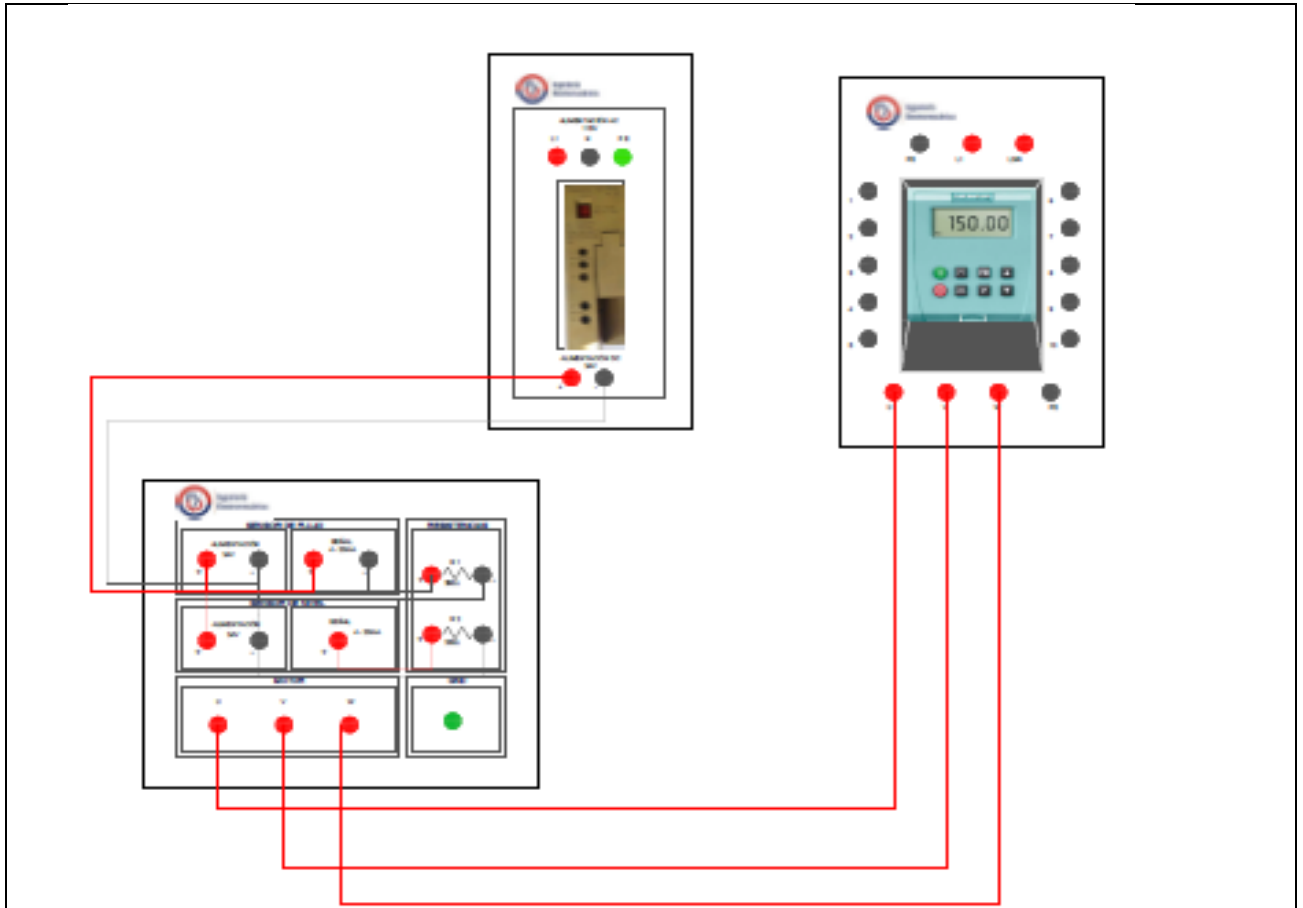
Los estudiantes deberán tener todas las precauciones y seguridades socializadas al inicio del ciclo con respecto al uso de los laboratorios.

## 2.8.PROCEDIMIENTO

- o) Verificar los elementos a utilizar en la práctica.



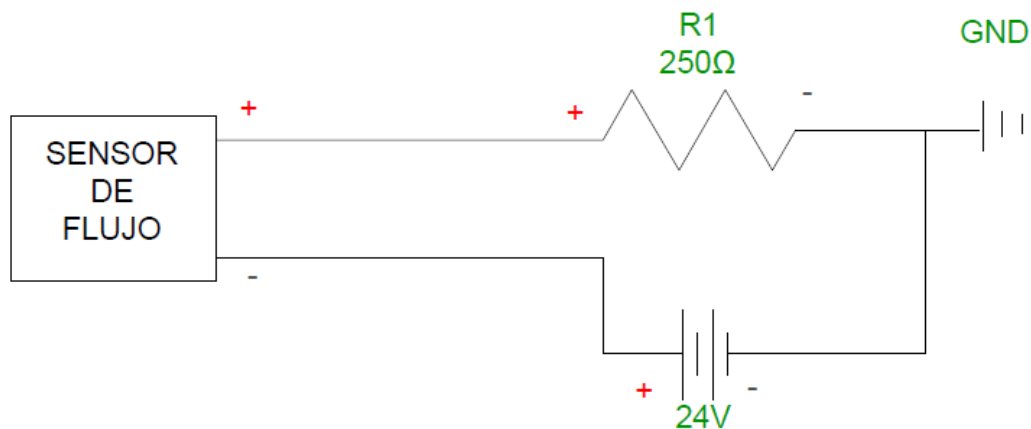
- p) Conexión de los elementos en el Banco de Pruebas.



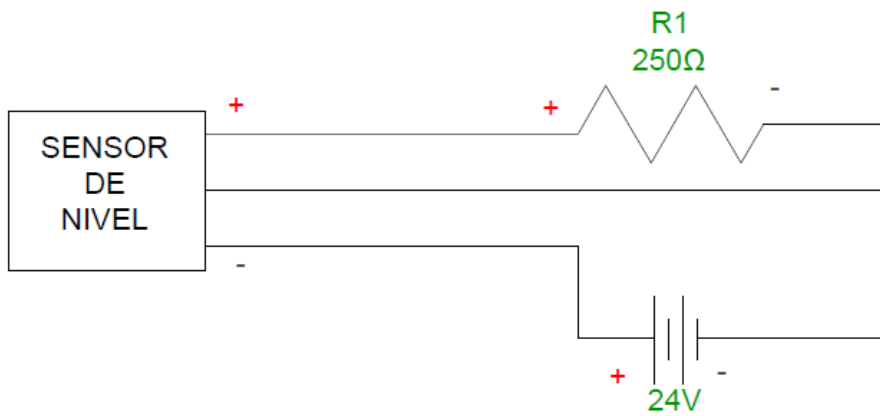
En el tablero de conexión del banco de pruebas de instrumentos de medición se cuenta con la señalización de cada uno de los elementos a conectar

Primero para la conexión de la bomba con el variador de frecuencia se muestra las letras U, V, W en el panel de conexión misma letras se encuentran en el variador de frecuencia por tanto se debe hacer la conexión U con U, V con V y W con W.

Para la conexión del sensor de flujo de turbina primero se utiliza el siguiente diagrama.



Para la conexión del sensor de nivel ultrasónico primero se utiliza el siguiente diagrama.



En el panel de control se conecta de la misma manera que el diagrama para luego proceder a alimentar a la fuente de 24 V (+ con + y – con -)

q) Verificar la configuración del sensor de flujo.

CADA FUNCIÓN CLAVE		
(Tecla S)	Permite el paso al menú al tener 5 segundos apastado tecla de retorno: menú para volver desplazamiento para el nivel anterior	
(Tecla E)	Permite el ingreso de valores de los parámetros seleccionados De estado de entrada - Enter: confirmar la entrada de datos y salir del menú.	
AJUSTES BÁSICOS		
Introduzca la interfaz de entrada de contraseña o el modo de entrada de datos, pulse (tecla S) para mover el cursor hacia la derecha, y pulse (tecla E) para seleccionar el dígito o símbolo. En la interfaz de la medida normal, pulse (una clave) para visualizar la introducción de la contraseña, la contraseña predeterminada es “2010” o “2011”. Pulse (tecla E) para confirmar la entrada y entrar en la interfaz de menú por defecto.		
MENÚ		
FUNCIÓN	SIGNIFICADO	CARACTERÍSTICAS
密碼輸入	Ingrese contraseña	Permite el ingreso al menú, puede ser tanto para el menú principal “2010” y el menú de configuración de señal “2011”
流量單位	Unidad de flujo	Seleccionable: l/h, l/min, L/s, m <sup>3</sup> /h, m <sup>3</sup> /min, m <sup>3</sup> /sg
流量範圍	Rango de flujo	Valor: 0-99999 (Este parámetro representa el caudal máximo del flujómetro)

流量響應	Respuesta de flujo	Tiempo de amortiguación/tiempo constante, valor predeterminado: 3 segundos
恒定	Constante K	Ingreso de una constante basado en la cantidad de pulsos sobre metros cúbicos
傳感器重置	Reseteo del sensor	Reiniciar los parámetros enviados de fabrica
退出	Salida	Seleccionable: 4-20ma /0-10ma , Seleccione el modo de salida de corriente correcto basado en la aplicación del usuario




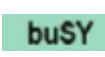
r) Verificar la configuración del sensor de nivel

<b>CADA FUNCIÓN CLAVE</b>	
(Tecla A)	Funcionamiento normal – tecla Menú: Introduzca la interfaz de entrada de contraseña.
	Menú de la interfaz elemento - tecla de página, tecla de retorno: menú para volver desplazamiento para el nivel anterior. Pulsación larga para salir a condiciones normales de trabajo.
	De estado de entrada - Enter: confirmar la entrada de datos y salir del menú.
(Tecla B)	De la interfaz de menú: entre en el menú o entrar en el estado.
	Status de entrada - Key Shift: mueve el cursor hacia la derecha.
(Tecla C)	De la interfaz elemento de menú - página arriba clave: pulse la tecla en el menú. Interfaz de entrada - llaves de adición: de 0 a 9, signo menos, el punto decimal se rodeó de modo.
<b>AJUSTES BÁSICOS</b>	
Introduzca la interfaz de entrada de contraseña o el modo de entrada de datos, pulse (tecla B) para mover el cursor hacia la derecha, y pulse (tecla C) para seleccionar el dígito o símbolo. En la interfaz de la medida normal, pulse (una clave) para visualizar la introducción de la contraseña, la contraseña predeterminada es "0000". Pulse (tecla A) para confirmar la entrada y entrar en la interfaz de menú por defecto.	
<b>MENÚ</b>	
USER	Usuario contraseña: introduzca la contraseña de menú por defecto, la contraseña predeterminada es "0000".
SYSTEMS	LANGUAGE: Idioma del menú: (Ingles - Chino)
SAVE/RESTORE	Restaurar parámetros: restaurar las tablas de parámetros de copia de seguridad.

OUPUT	F0: Salida de punto de partida: el punto de salida de la corriente de arranque (4 mA), corresponde al valor inicial del nivel.  FS: Punto final de salida: la corriente de punto de extremo de salida (20 mA), corresponde con el valor final del nivel.  Analog, RS485, Switch
DISPLAY	Tiempo de respuesta del sensor, Uint (cm), point 2, convert (1), contrast 5, Display Delay 900
MOUNTING	WORK MODE .-Modo de trabajo, Leval Val, mount height
PROBE	FILTERING.- Tiempo de lectura: Filter rapidly, Filter stable, Filter fast, Filter none, Filter normal

s) Alimentar desde la red la fuente y el variador de frecuencia.

t) Antes de proceder configurar correctamente el variador de frecuencia.

CADA FUNCIÓN CLAVE	
Tecla 	Pulsar para acceder a parámetros, Pulsar o para seleccionar el índice.
Tecla 	Cambiar el valor de dicho dígito pulsando dentro del parámetro seleccionado
Tecla 	Pulsar (botón de funciones), el dígito derecho parpadea.
	Si aparece en la pantalla significa que el convertidor está trabajando tareas de mayor prioridad.

### AJUSTES BÁSICOS

Pulsar “P” para acceder a parámetros. Pulsar hasta que se visualice P0719 por ejemplo, nuevamente pulsar “P” para acceder al índice del parámetro una vez dentro del parámetro pulsar  $\wedge$  o  $\vee$  para seleccionar el índice. Pulsar “P” para visualizar el valor actual ajustado. Pulsar  $\wedge$  o  $\vee$  hasta obtener el valor requerido. Pulsar “P” para confirmar y almacenar el valor. Pulsar hasta que se visualice r0000.

Pulsar para volver a la pantalla estándar (tal como la definió el cliente)

### MENÚ

N.-	NOMBRE	PARÁMETROS
P0304	Tensión nominal del motor	220
P0305	Corriente nominal del motor	0,8 A
P0307	Potencia nominal del motor	1/2HP
P0309	Rendimiento nominal del motor	60%
P0310	Frecuencia nominal del motor	60Hz

P0311	Velocidad nominal del motor	3450RPM
P1080	Velocidad Mín.	26Hz
P1082	Velocidad Máx.	70Hz
P0701	Entrada digital 0 – 3	1 (ON/OFF)
P0702	Entrada digital 1 4	12 (Inversión de sentido de giro)
P0703	Entrada digital 2 5	9 (Acuse de fallo)
P0010=30	Reponer ajustes	30, 1 (Restauración de valores de fábrica)
P0970=1		

u) Realizar pruebas de medición.

v) Una vez obtenidas varias medidas, realizar curvas de comportamiento de nivel y flujo.

## 2.9. TRABAJO PREPARATORIO

1.- Una vez realizadas las conexiones adecuadas en el banco de pruebas y la conexión del sensor de flujo realice distintas mediciones en diferentes frecuencias a 30sg.

Frecuencia
25
30
35
40
45
50
55

2. De acuerdo a las mediciones adquiridas realice el mismo procedimiento en el banco de pruebas que cuenta con dos bombas conectadas en paralelo.

### 2.9.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Con los datos dados en el trabajo preparatorio llene las siguiente tablas

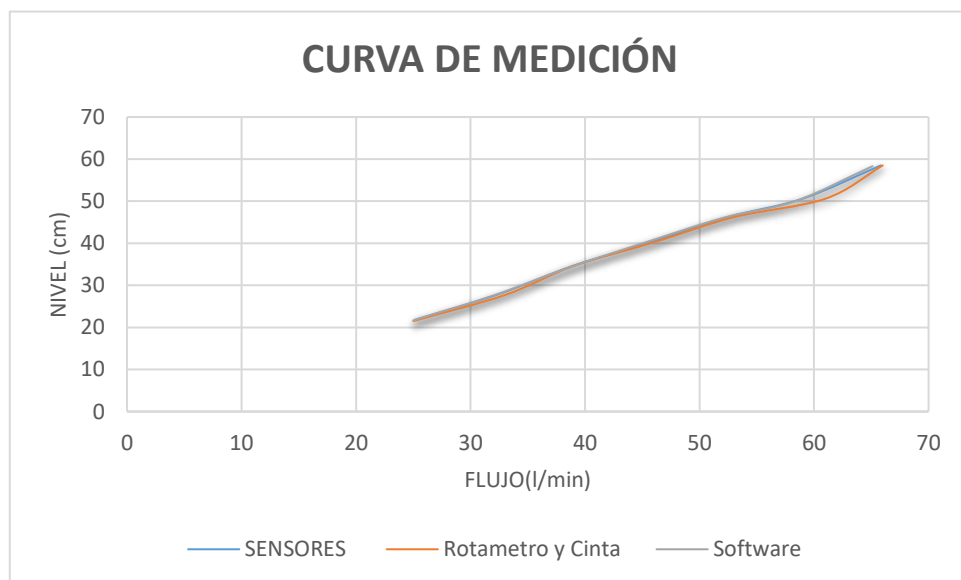
Frecuencia	Flujo del sensor	Flujo del rotámetro	Flujo del software
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
Frecuencia	Nivel del sensor	Nivel de la cinta	Nivel del software
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			

### 3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las mediciones obtenidas son

Frecuencia	Flujo del sensor	Flujo del rotámetro	Flujo del software
25	25,15	25	25,02
30	32,35	33	32,02
35	38,93	39	38,8
40	45,71	46	45,5
45	52,45	53	52,15
50	59,02	61	58,4
55	65,82	66	65,1
Frecuencia	Nivel del sensor	Nivel de la cinta	Nivel del software
25	21,8	21,5	21,7
30	27,8	27,7	27,6
35	34,6	34,6	34,4
40	40,2	40,2	40,4
45	46,2	46,2	46,1
50	50,6	50,6	50,05
55	58,5	58,5	58,3

Se realiza la curva de comportamiento de las medidas obtenidas



Análisis: Se observa que las magnitudes de medida obtenidas no tienen gran grado de variación, pues a medida que va aumentando el flujo del agua se observa que las medidas de nivel dentro del tanque

aumentan.

#### **4 CONCLUSIONES**

Una vez realizado la toma de datos del banco de pruebas se realiza un analisis de curvas y se verifica que un sensor de flujo es bastante preciso pero no exacto en su medicion, ademas de que cuenta con una configuracion que permite conocer mas el equipo de medicion y sus caracteristicas.

Una vez realizado la toma de datos del banco de pruebas se realiza un analisis de curvas y se verifica que un sensor de nivel es bastante preciso pero no exacto en su medicion, ademas de que cuenta con una configuracion que permite conocer mas el equipo de medicion y sus caracteristicas.

#### **5 RECOMENDACIONES**

Antes de hacer uso de los equipos utilizados pedir una guia tecnica a los docente que imparten la materia

#### **6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

<https://www.badgermeter.de/fileadmin/content/badgermeter/media/seiten/Service/>

<https://es.slideshare.net/marcocalderonlayme/sensores-de-caudal-tipo-turbina>

## PRÁCTICA DE LABORATORIO

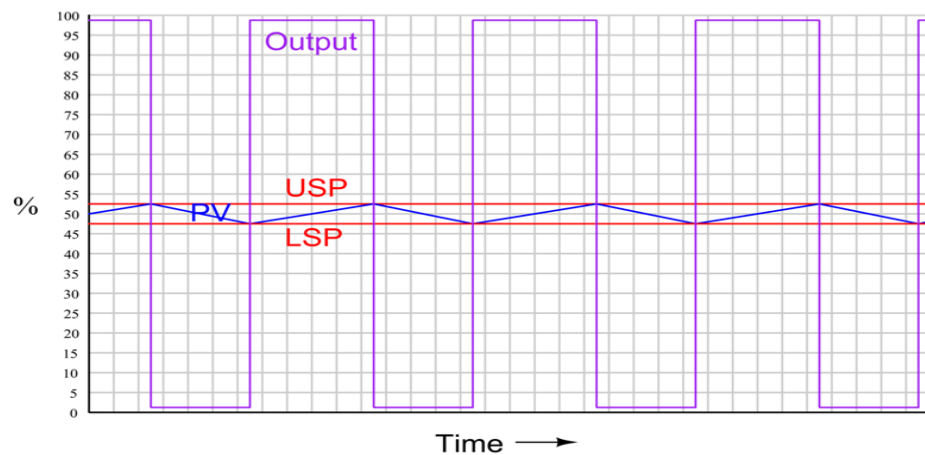
CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM804	MEDIDAS ELÉCTRICAS E INSTRUMENTACIÓN	
PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	ELECTRÓNICA	DURACIÓN (HORAS)
4	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Control ON-OFF de nivel	2

1	OBJETIVO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar las características de un control ON-OFF o de dos posiciones en un sistema de medición de nivel y flujo.</li> <li>Colocar a disposición de los estudiantes que lo requieran los conocimientos teóricos básicos sobre los sistemas de control automático, desde un punto de vista más conceptual que cuantitativo.</li> </ul>

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<h3>2.1. INTRODUCCIÓN</h3> <p>Control ON-OFF</p> <p>Este tipo de controlador, también llamado Todo o Nada, usa un algoritmo simple para solamente revisa si la variable de proceso está por encima o por debajo de un setpoint determinado. En términos prácticos, la variable manipulada o la señal de control del controlador cambian entre “totalmente ON” o totalmente OFF, sin estados intermedios. Este tipo de accionamiento provoca un control muy impreciso de la variable de proceso.</p> <p>En un sistema de control de dos posiciones, el controlador en respuesta a la señal de error a su entrada</p>

solo tiene dos posiciones fijas a su salida como acción de control, independientemente de que el elemento final de control pueda tener posiciones intermedias a las anteriormente enunciadas. En relación a este comportamiento en el controlador, la salida simplemente pasa del estado: Si, Conectado, Todo, Encendido (On); al estado: No, Desconectado, Nada, Apagado (Off), o viceversa dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa, mas no de su magnitud. Como corolario se puede indicar que el controlador; o se encuentra Encendido; o se encuentra Apagado, según el signo de la señal de error ya que no hay estados intermedios y por ende el elemento final de control se ve obligado a tomar o su posición máxima o su posición mínima según corresponda. Este tipo de control es muy simple y barato, razón por la cual su uso es extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos, aparte de que muestra muchos de los compromisos fundamentales inherentes a todas las soluciones de control.

La gráfica de control seria:



## 2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

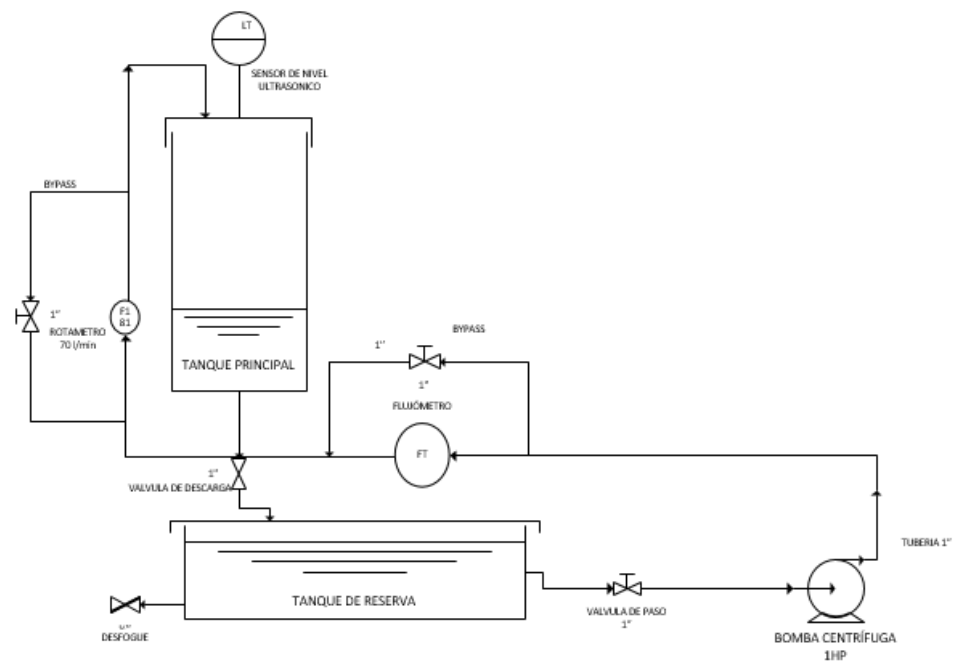
- Fuente DC
- Multímetro Digital
- Sensores de flujo
- Bomba de agua de trifásica
- Variador de Frecuencia

## 2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

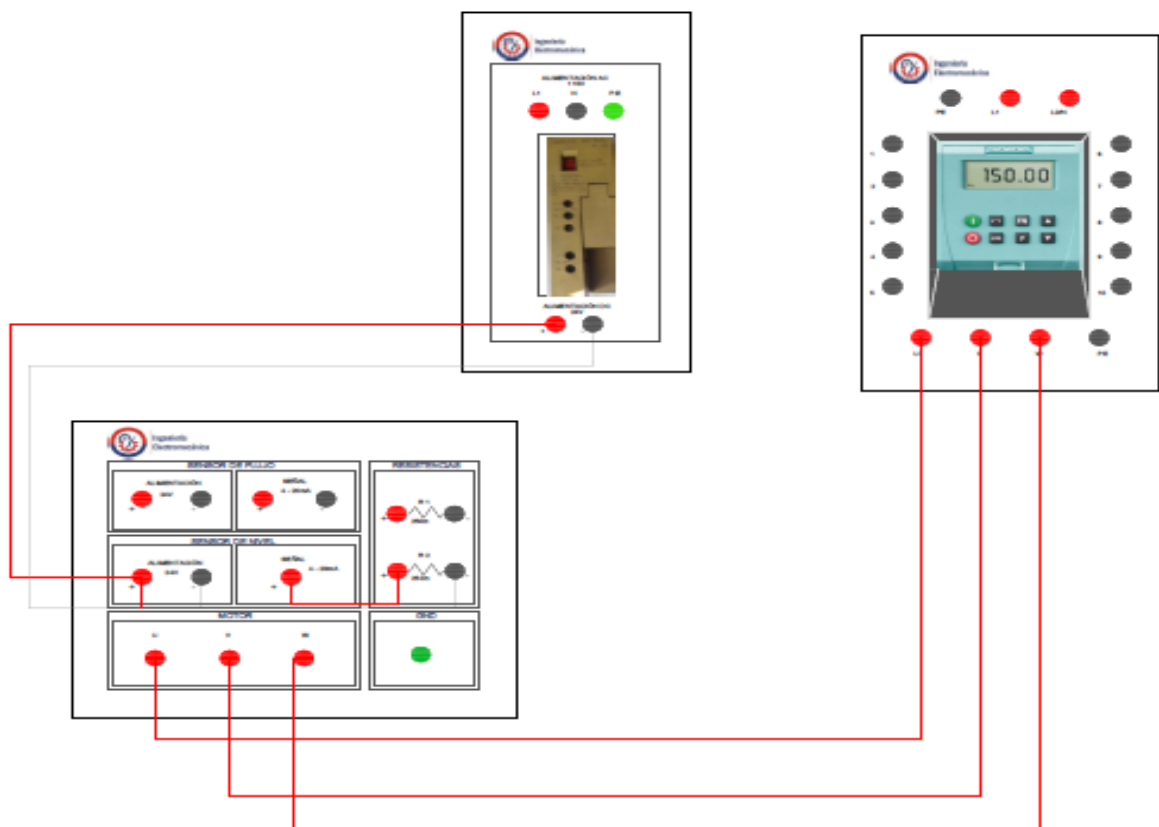
Los estudiantes deberán tener todas las precauciones y seguridades socializadas al inicio del ciclo con respecto al uso de los laboratorios.

## 2.4.PROCEDIMIENTO

Verificar los elementos a utilizar en la práctica.



Conexión de los elementos en el Banco de Pruebas.

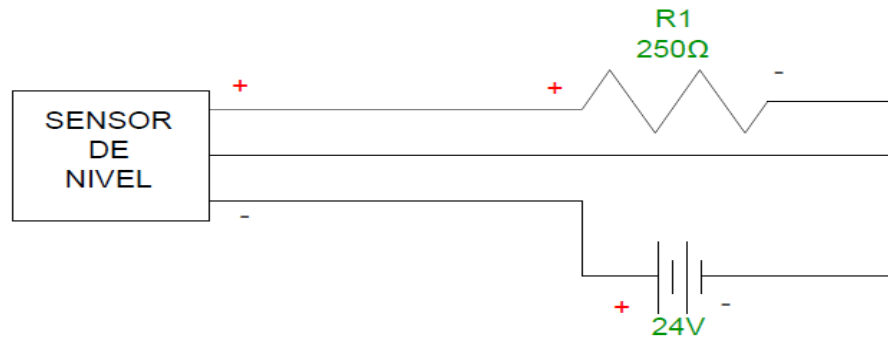


En el tablero de conexión del banco de pruebas de instrumentos de medición se cuenta con la señalización de cada uno de los elementos a conectar

Primero para la conexión de la bomba con el variador de frecuencia se muestra las letras U, V, W en

el panel de conexión misma letras se encuentran en el variador de frecuencia por tanto se debe hacer la conexión U con U, V con V y W con W.

Para la conexión del sensor de nivel ultrasónico primero se utiliza el siguiente diagrama.



en el panel de control se conecta de la misma manera que el diagrama para luego proceder a alimentar a la fuente de 24 V (+ con + y - con -)




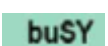
Verificar la configuración del sensor de nivel.

<b>CADA FUNCIÓN CLAVE</b>	
(Tecla A)	Funcionamiento normal – tecla Menú: Introduzca la interfaz de entrada de contraseña.
	Menú de la interfaz elemento - tecla de página, tecla de retorno: menú para volver desplazamiento para el nivel anterior. Pulsación larga para salir a condiciones normales de trabajo.
	De estado de entrada - Enter: confirmar la entrada de datos y salir del menú.
(Tecla B)	De la interfaz de menú: entre en el menú o entrar en el estado.
	Status de entrada - Key Shift: mueve el cursor hacia la derecha.
(Tecla C)	De la interfaz elemento de menú - página arriba clave: pulse la tecla en el menú.
	Interfaz de entrada - llaves de adición: de 0 a 9, signo menos, el punto decimal se rodeó de modo.
<b>AJUSTES BÁSICOS</b>	
<p>Introduzca la interfaz de entrada de contraseña o el modo de entrada de datos, pulse (tecla B) para mover el cursor hacia la derecha, y pulse (tecla C) para seleccionar el dígito o símbolo. En la interfaz de la medida normal, pulse (una clave) para visualizar la introducción de la contraseña, la contraseña predeterminada es "0000". Pulse (tecla A) para confirmar la entrada y entrar en la interfaz de menú por defecto.</p>	

<b>MENÚ</b>	
USER	Usuario contraseña: introduzca la contraseña de menú por defecto, la contraseña predeterminada es "0000".
SYSTEMS	LANGUAGE: Idioma del menú: (Ingles - Chino)
SAVE/RESTORE	Restaurar parámetros: restaurar las tablas de parámetros de copia de seguridad.
OUPUT	<p>F0: Salida de punto de partida: el punto de salida de la corriente de arranque (4 mA), corresponde al valor inicial del nivel.</p> <p>FS: Punto final de salida: la corriente de punto de extremo de salida (20 mA), corresponde con el valor final del nivel.</p> <p>Analog, RS485, Switch</p>
DISPLAY	Tiempo de respuesta del sensor, Uint (cm), point 2, convert (1), contrast 5, Display Delay 900
MOUNTING	WORK MODE .-Modo de trabajo, Leval Val, mount height
PROBE	FILTERING.- Tiempo de lectura: Filter rapidly, Filter stable, Filter fast, Filter none, Filter normal

Alimentar desde la red la fuente y el variador de frecuencia.

Antes de proceder configurar correctamente el variador de frecuencia.

<b>CADA FUNCIÓN CLAVE</b>	
Tecla 	Pulsar para acceder a parámetros, Pulsar o para seleccionar el índice.
Tecla 	Cambiar el valor de dicho dígito pulsando dentro del parámetro seleccionado
Tecla 	Pulsar (botón de funciones), el dígito derecho parpadea.
	Si aparece en la pantalla significa que el convertidor está trabajando tareas de mayor prioridad.
<b>AJUSTES BÁSICOS</b>	
<p>Pulsar “P” para acceder a parámetros. Pulsar hasta que se visualice P0719 por ejemplo, nuevamente pulsar “P” para acceder al índice del parámetro una vez dentro del parámetro pulsar ^ o v para seleccionar el índice. Pulsar “P” para visualizar el valor actual ajustado. Pulsar ^ o v hasta obtener el valor requerido. Pulsar “P” para confirmar y almacenar el valor. Pulsar hasta que se visualice r0000.</p>	

Pulsar para volver a la pantalla estándar (tal como la definió el cliente)		
<b>MENÚ</b>		
N.-	NOMBRE	PARÁMETROS
P0304	Tensión nominal del motor	220
P0305	Corriente nominal del motor	0,8 A
P0307	Potencia nominal del motor	1/2HP
P0309	Rendimiento nominal del motor	60%
P0310	Frecuencia nominal del motor	60Hz
P0311	Velocidad nominal del motor	3450RPM
P1080	Velocidad Mín.	26Hz
P1082	Velocidad Máx.	70Hz
P0701	Entrada digital 0 – 3	1 (ON/OFF)
P0702	Entrada digital 1 4	12 (Inversión de sentido de giro)
P0703	Entrada digital 2 5	9 (Acuse de fallo)
P0010=30	Reponer ajustes	30, 1 (Restauración de valores de fábrica)
P0970=1		

Realizar pruebas de medición.

Una vez obtenidas varias medidas, realizar curvas de comportamiento del nivel en los tiempos utilizados.

## 2.6. TRABAJO PREPARATORIO

1.- Una vez realizadas las conexiones adecuadas en el banco de pruebas y la conexión del sensor de nivel realice un control ON-OFF

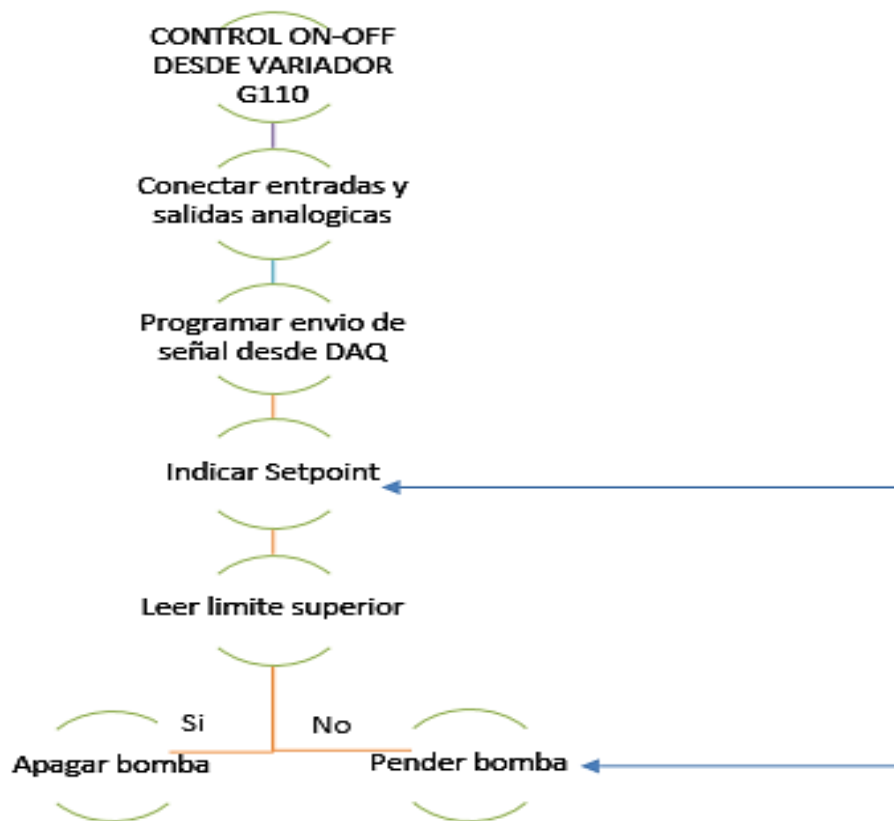
Llene la siguiente tabla

Frecuencia	Set point	cinta	Sensor de nivel	Software
25				

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

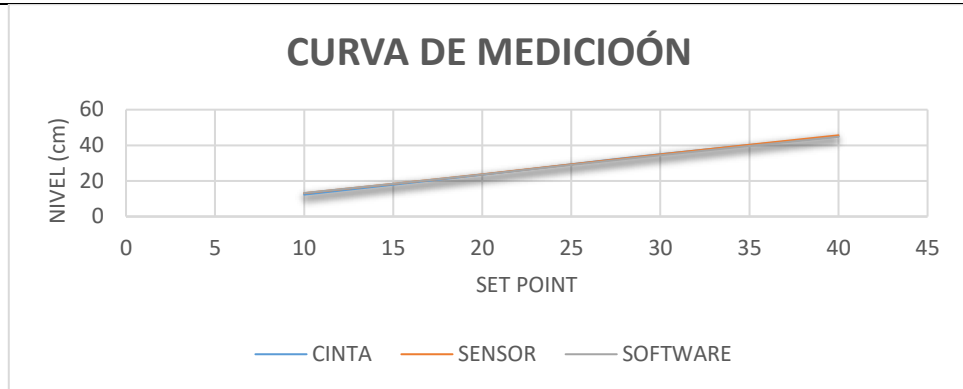
#### 3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realiza el siguiente diagrama de bloques para el sistema de control ON-OFF



la pruebas de control ON-OFF dan las siguientes medidas

Frecuencia	Set point	cinta	Sensor de nivel	Software
25	10	12,3	13,1	13,2
	20	23,5	23,7	23,6
	30	35	34,9	34,4
	40	45	45,6	44,8



Análisis: el control ON-OFF realizado muestra que el apagado y encendido de la bomba de acuerdo al nivel medido tiene varía de 1 a 2cm, esto se debe al tiempo de respuesta que toma el sensor hacia el programa.

**4 CONCLUSIONES**

Una vez realizado la toma de datos del banco de pruebas se realiza un analisis y se llega a la conclusion que un contrl ON-OFF ayuda a controlar o mantener cierta medida deseada.

**5 RECOMENDACIONES**

Antes de hacer uso de los equipos utilizados pedir una guia tecnica a los docente que imparten la materia

**6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[https://zulaco64.updog.co/Material\\_Didactico/Control-OnOff\\_Sistemas\\_Control\\_Controladores.pdf](https://zulaco64.updog.co/Material_Didactico/Control-OnOff_Sistemas_Control_Controladores.pdf)  
<https://instrumentacionycontrol.net/control-on-off-o-todo-nada/>  
[http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/saavedra\\_vidal\\_2007.pdf](http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/saavedra_vidal_2007.pdf)

# MANUALES

MANUAL TÉCNICO  
**SENSOR ULTRASÓNICO DE NIVEL**

Modelo: GL- 101



## Tabla de contenido

1. Nota sobre las instrucciones .....	2
2. Seguridad.....	2
3. Descripción del equipo.....	3
4. Datos técnicos .....	4
5. Montaje .....	5
5.1. Instalación mecánica del Sensor de Nivel Ultrasónico .....	5
5.1.1. Forma de instalación del Sensor de Nivel Ultrasónico .....	5
5.1.2. Ubicación correcta del Sensor de Nivel Ultrasónico.....	6
5.2. Instalación eléctrica del Sensor de Nivel Ultrasónico.....	8
6. Configuración.....	9
7. Mantenimiento .....	10

## 1. Nota sobre las instrucciones

Lea este manual y siga todas las instrucciones mencionadas a continuación. De esta manera evite daños del equipo, personales y garantice un servicio y la larga vida útil del equipo.

Guarde este manual con cuidado para el uso del equipo.

En caso de entregarse el equipo a terceros, entregue también este manual.

Tenga en cuenta todas las indicaciones facilitadas en este manual. Contiene información básica importante para la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento del equipo.

Por este motivo es imprescindible que tanto el técnico de instalación como los operarios y personal responsable lo lean antes de realizar trabajos de instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

## 2. Seguridad



**¡Daño de componentes!**

**¡Emisor de ondas!**

**Manipular el emisor de onda, puede provocar averías en el equipo.**

Medidas preventivas:

- No manipular el Sensor de manera brusca.
- Asegúrese de que el Sensor este ubicado de manera adecuada para su lectura.
- Llevar a cabo con regularidad los trabajos de mantenimiento y calibración.
- No utilizar el Sensor en zonas con peligro de explosión



**¡Peligro!**

**¡Corriente eléctrica!**

**El contacto con componentes sometidos a tensión y sin aislamiento acarrea peligro de sufrir descargas eléctricas que deriven en heridas o muerte.**

Medidas preventivas:

- Al realizar la instalación eléctrica, respete todas las normativas vigentes.
- Realice siempre los trabajos de mantenimiento con el equipo desconectado de la red eléctrica.
- Los trabajos eléctricos o electrónicos deberán dejarse en manos de personal autorizado y calificado.

### **3. Descripción del equipo**

Los sensores de ultrasonidos o sensores ultrasónicos son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros. El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración. Estos sensores trabajan solamente donde tenemos presencia de aire.

Sensor de Nivel Ultrasónico de modelo GL-101 con salida de 4-20 mA fuente de alimentación de 24 VDC, y conexión de 3 hilos

#### **Características del Sensor de Nivel Ultrasónico**

- Sensor o transmisor de nivel ultrasónico es seguro y limpio, con alta precisión y larga vida útil, estable y fiable, y práctico de instalar y mantener, y es aplicable a varios campos de ácido, alcalino, sal, anticorrosión y alta temperatura.
- La velocidad de extensión de onda ultrasónica entre el gas está influida por la temperatura del gas, cuando el medidor de nivel funciona, mide la temperatura de gas que necesita, compensa la velocidad del sonido, para garantizar la precisión de la medición.
- Estructura compacta y ligera, instalación y mantenimiento convenientes, amplia capacidad de aplicación.
- Aplicación a la medición de alta presión con su orificio de apertura innecesaria para convertirse en instrumentos de alta presión.

#### 4. Datos técnicos

##### Parámetros principales del Sensor de Nivel Ultrasónico

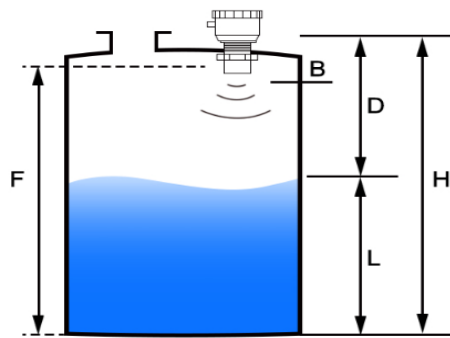
Modelo	GL-101
Rango de medición	0 ~ 2 m
Ciego de la zona	< 0,3 m
Entre la precisión	±0. 25% F.S (condición estándar)
Teclado	tres teclas SMD
Temperatura de funcionamiento	-20 ~ 80°C (personalización)
Pantalla	LED ,LCD de 0,36 pulgadas (opcional)
Señal de salida	4 ~ 20mA; RL> 600Ω; 3 vías NPN (salida de pulso PP opcional)
Fuente de alimentación	DC24V
Consumo de energía	<1,5 W
Clase de protección	IP65
Tiempo de respuesta	1,5 s
Material de la carcasa	ABS
Interfaz eléctrica	PG7
Instalación de interfaz	G1 1/2 tubo de hilo
Frecuencia de funcionamiento	20-35 KHZ
Interfaz eléctrica	PG7

## 5. Montaje

### 5.1. Instalación mecánica del Sensor de Nivel Ultrasónico

Para realizar un montaje de manera adecuada debemos mantener despejada el área donde se ubicará el sensor y verificar las siguientes características:

- El sensor se debe mantener sin materiales que interrumpan la continuidad de la onda emitida, a mas que debe mantener el espacio suficiente definido para la onda.
- El sensor debe ser apretado manualmente girando solamente su vástago. **NO UTILIZE** llaves mecánicas y tampoco sobre apriete. **NO** sujete el sensor con abrazaderas debajo del acople de aislación.

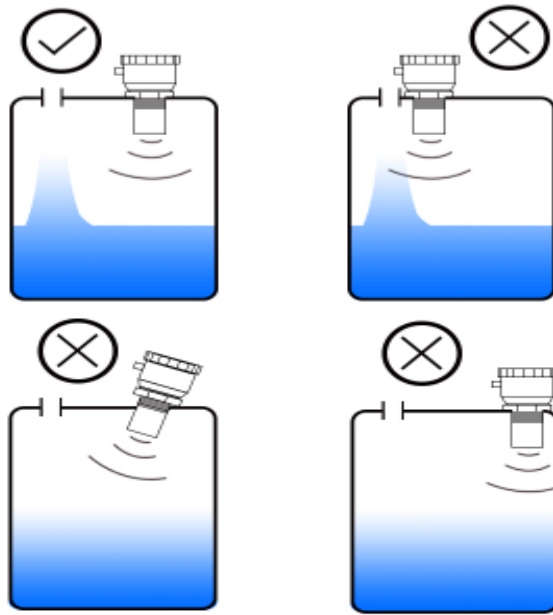


Symbol in the figure:  
B: Blind Zone    D: Distance    L: Level    H: Height  
F: Full            L: H-D

**Figura 1. Especificación de las mediciones**

#### 5.1.1. Forma de instalación del Sensor de Nivel Ultrasónico

El montaje del Sensor de Nivel Ultrasónico se realiza de forma libre sin interrupciones para la onda generada, también de manera perpendicular al plano y a una distancia determinada de las paredes del contenedor, en la siguiente figura podemos observar el tipo de instalación.

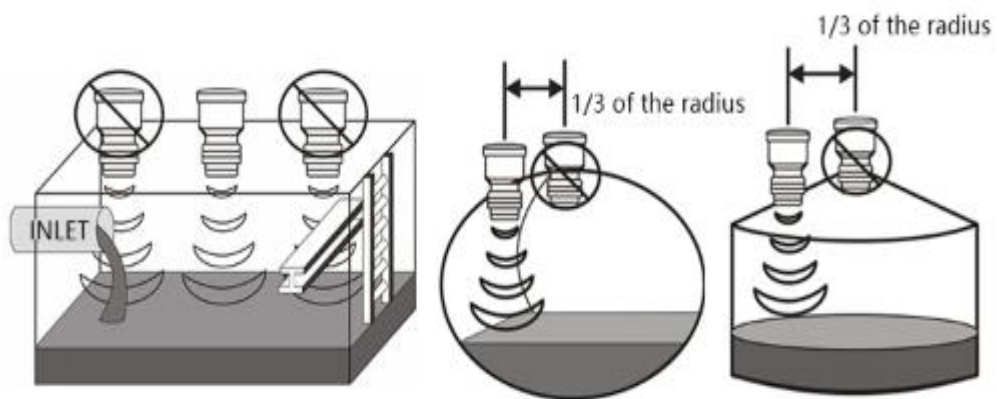


**Figura 2. Posición correcta e incorrecta del sensor**

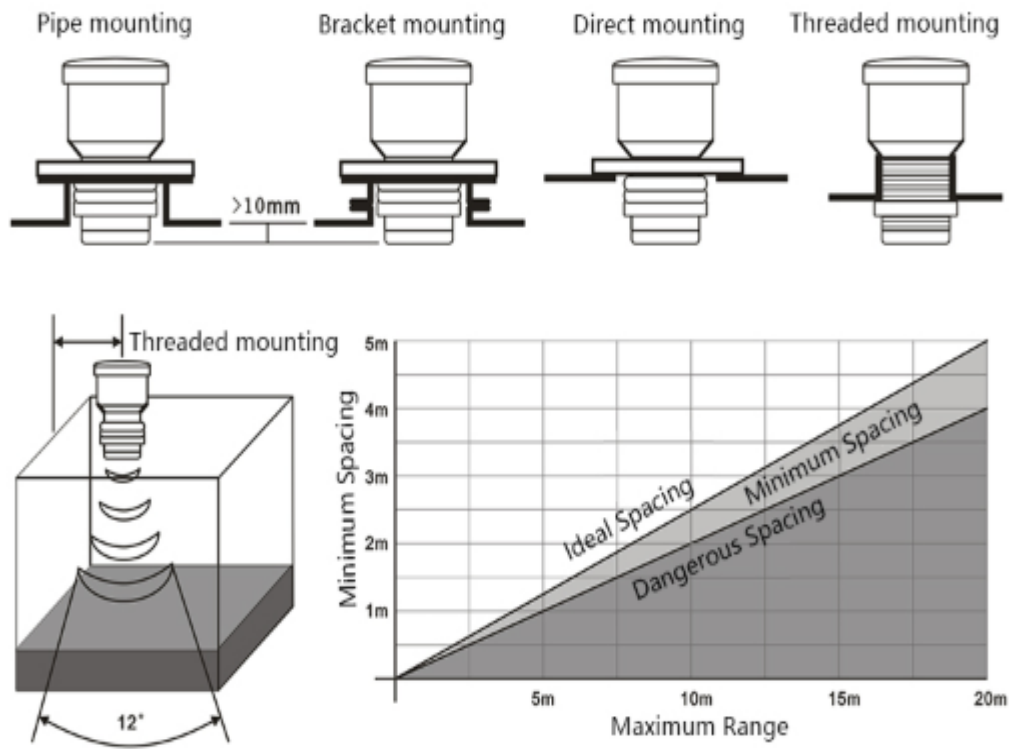
### 5.1.2. Ubicación correcta del Sensor de Nivel Ultrasónico

Instalar el sensor con elementos que interrumpen el paso de las ondas genera errores en la lectura, debido a que la señal no es completamente reflejada ni emitida hacia el fluido.

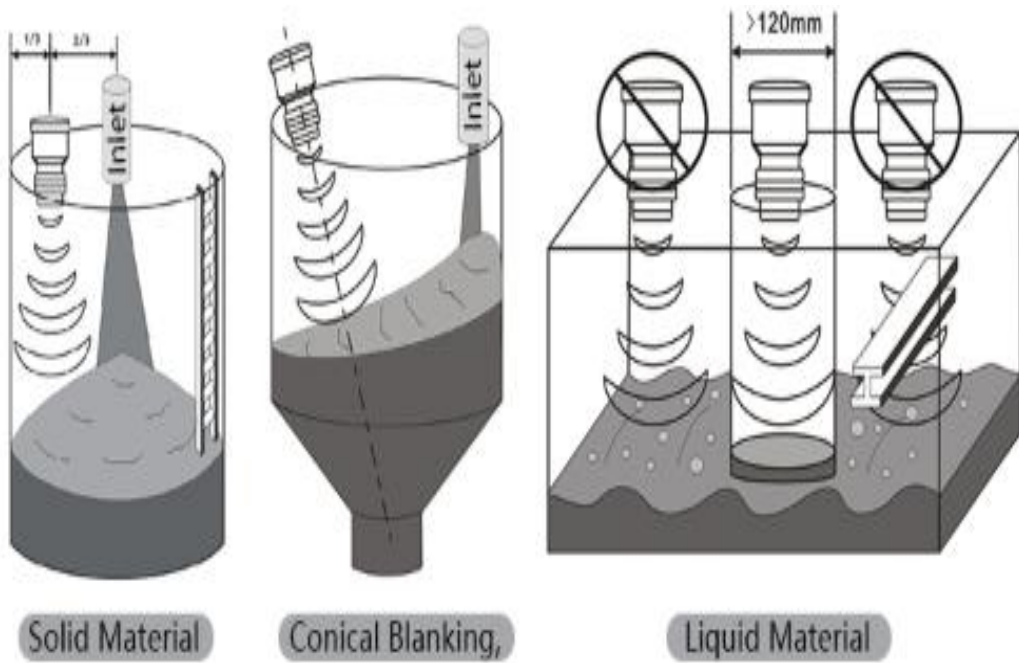
Por tal motivo en las siguientes imágenes se muestra las dimensiones de longitud de instalación de Sensor de forma correcta:



**Figura 3. Ubicación correcta del Sensor para la Onda**



**Figura 4. Ubicación correcta del Sensor para el Equipo**



**Figura 5. Ubicación correcta del Sensor para distintos fluidos**

## 5.2. Instalación eléctrica del Sensor de Nivel Ultrasónico

Es Muy Importante realizar un adecuado conexionado eléctrico para el correcto funcionamiento del equipo y evitar daños en la vida útil, para la conexión se deben tener en cuenta las siguientes instrucciones:

La fuente de alimentación que suministra tensión al Sensor de Nivel Ultrasónico:

- No debe superar los 25 Vcc ni ser inferior a 12 Vcc.
- No debe alimentar a CARGAS INDUCTIVAS (Bobinas, electroválvulas, contactores, etc.).
- No se puede invertir la polaridad de la alimentación eléctrica.
- La salida de pulsos no admite cargas superiores a 25 mA.
- Los cables de Fuerza (Mayores de 110 Vca) y Datos (Pulsos, analógica, etc.) deben ir por canalizaciones separadas.
- Siempre ubicar un neutro de referencia para estabilizar el circuito electrónico.

La configuración más básica que ofrecemos consiste en el Sensor de Nivel Ultrasónico con una salida analógica de 3 hilos a través de un cable de 4-20mA, por tal motivo se utilizan de alimentación dos hilos y para una señal analógica un hilo, en el siguiente diagrama se muestra las conexiones correctas:

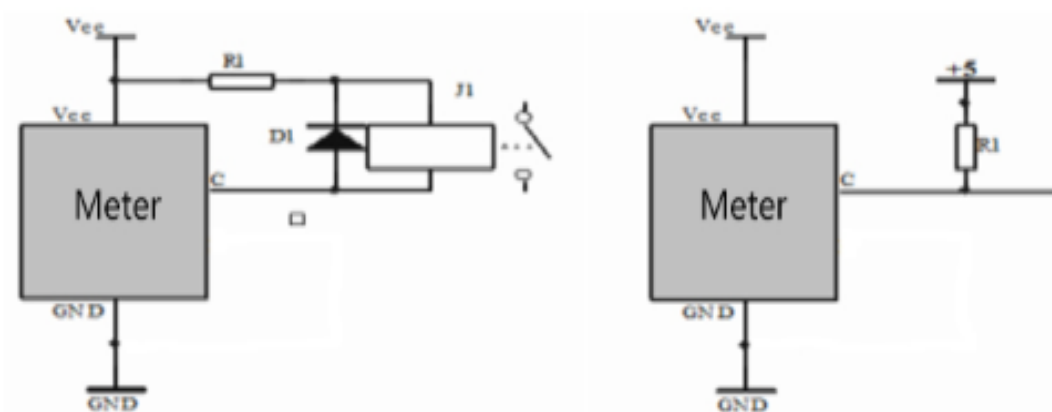


Figura 6. Instalación eléctrica del Sensor

## 6. Configuración

El parámetro de configuración se establece en la siguiente tabla:

<b>CADA FUNCIÓN CLAVE</b>	
(Tecla A)	Funcionamiento normal – tecla Menú: Introduzca la interfaz de entrada de contraseña.
	Menú de la interfaz elemento - tecla de página, tecla de retorno: menú para volver desplazamiento para el nivel anterior. Pulsación larga para salir a condiciones normales de trabajo.
	De estado de entrada - Enter: confirmar la entrada de datos y salir del menú.
(Tecla B)	De la interfaz de menú: entre en el menú o entrar en el estado.
	Status de entrada - Key Shift: mueve el cursor hacia la derecha.
(Tecla C)	De la interfaz elemento de menú - página arriba clave: pulse la tecla en el menú. Interfaz de entrada - llaves de adición: de 0 a 9, signo menos, el punto decimal se rodeó de modo.
<b>AJUSTES BÁSICOS</b>	
Introduzca la interfaz de entrada de contraseña o el modo de entrada de datos, pulse (tecla B) para mover el cursor hacia la derecha, y pulse (tecla C) para seleccionar el dígito o símbolo. En la interfaz de la medida normal, pulse (una clave) para visualizar la introducción de la contraseña, la contraseña predeterminada es "0000". Pulse (tecla A) para confirmar la entrada y entrar en la interfaz de menú por defecto.	
<b>MENÚ</b>	
USER	Usuario contraseña: introduzca la contraseña de menú por defecto, la contraseña predeterminada es "0000".
SYSTEMS	LANGUAGE: Idioma del menú: (Ingles - Chino)
SAVE/RESTORE	Restaurar parámetros: restaurar las tablas de parámetros de copia de seguridad.
OUPUT	F0: Salida de punto de partida: el punto de salida de la corriente de arranque (4 mA), corresponde al valor inicial del nivel.  FS: Punto final de salida: la corriente de punto de extremo de salida (20 mA), corresponde con el valor final del nivel.  Analog, RS485, Switch
DISPLAY	Tiempo de respuesta del sensor, Uint (cm), point 2, convert (1), contrast 5, Display Delay 900
MOUNTING	WORK MODE .-Modo de trabajo, Leval Val, mount height
PROBE	FILTERING.- Tiempo de lectura: Filter rapidly, Filter stable, Filter fast, Filter none, Filter normal

## **7. Mantenimiento**

Para realizar mantenimiento en el sensor debemos retirarlo de donde esté ubicado para su respectiva función, esto conlleva que debemos des-energizar el circuito donde esté instalado el sensor y trabajar en un lugar específico y con las herramientas adecuadas para no dañar el equipo, todas las actividades de mantenimiento que se va a realizar debe ser supervisado por un técnico que tenga los conocimientos necesarios para proceder con el mantenimiento del equipo.

MANUAL TÉCNICO

# SENSOR MEDIDOR DE FLUJO

(Flujómetro de turbina)  
MODELO: LWGY-DN25



## Tabla de contenido

1. Nota sobre las instrucciones .....	13
2. Seguridad.....	13
3. Descripción del equipo.....	14
4. Datos técnicos .....	15
5. Montaje .....	15
5.1. Instalación mecánica del Flujómetro.....	15
5.1.1. Forma de instalación del Flujómetro.....	35
5.1.2. Ubicación correcta del Flujómetro .....	35
5.2. Instalación eléctrica del Flujómetro .....	18
6. Configuración.....	19
7. Mantenimiento .....	20

## 1. Nota sobre las instrucciones

Lea este manual y siga todas las instrucciones mencionadas a continuación. De esta manera evite daños del equipo, personales y garantice un servicio y la larga vida útil del equipo.

Guarde este manual con cuidado para el uso del equipo.

En caso de entregarse el equipo a terceros, entregue también este manual.

Tenga en cuenta todas las indicaciones facilitadas en este manual. Contiene información básica importante para la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento del equipo.

Por este motivo es imprescindible que tanto el técnico de instalación como los operarios y personal responsable lo lean antes de realizar trabajos de instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

## 2. Seguridad



**¡Peligro!**

**¡Parámetros de servicios incorrectos!**

**Sobrepasar los valores límites (tanto máximos como mínimos) puede suponer un riesgo para los equipos, además de provocar averías en los aparatos.**

Medidas preventivas:

- No sobrepasar los límites máximos y mínimos de medida para que el Sensor de Flujo funcione de forma eficiente.
- Asegúrese de que el Sensor de Flujo solamente se pone en marcha dentro de los valores límites admisibles, indicados en la placa identificativa.
- Observar siempre los datos de rendimiento del Sensor de Flujo en relación con el campo de aplicación.
- Llevar a cabo con regularidad los trabajos de mantenimiento y calibración.
- No utilizar el Sensor de Flujo en zonas con peligro de explosión



**¡Peligro!**

**¡Corriente eléctrica!**

**El contacto con componentes sometidos a tensión y sin aislamiento acarrea peligro de sufrir descargas eléctricas que deriven en heridas o muerte.**

Medidas preventivas:

- Al realizar la instalación eléctrica, respete todas las normativas vigentes.
- Realice siempre los trabajos de mantenimiento con el equipo desconectado de la red eléctrica.
- Los trabajos eléctricos o electrónicos deberán dejarse en manos de personal autorizado y calificado.

### **3. Descripción del equipo**

El Flujómetro de turbina (turbina axial) fue inventado por Reinhard Woltman y es un medidor de caudal preciso y fiable para líquidos y gases. Consiste en un tubo, con conexiones en sus extremos, y un rotor magnético de hélice libre (rotor) montado en el interior, en línea con el flujo. El rotor está soportado por un eje que descansa sobre soportes montados internamente.

Medidor de flujo de turbina de tipo de brida de LWY-25 con salida de 4-20 mA fuente de alimentación de 24 VDC

#### **Características del Flujómetro de Turbina**

- Alta precisión (precisión regular 1 1% R, 0. 5% R, precisión máxima 0. 2% R).
- Buena repetibilidad (a corto plazo se alcanza el 0.05%-0.2%), prioridad que se debe utilizar en la liquidación comercial por su extremadamente alta precisión en la calibración regular o en línea.
- La salida de señal de frecuencia de pulso es aplicable al cálculo de la totalidad y a la conexión por ordenador sin deriva cero y con una fuerte capacidad anti interferencias.
- Alta frecuencia (3-4 kHz) se puede lograr, y tiene alta resolución.
- Estructura compacta y ligera, instalación y mantenimiento convenientes, amplia capacidad de aplicación.

- Aplicación a la medición de alta presión con su orificio de apertura innecesaria para convertirse en instrumentos de alta presión.

#### 4. Datos técnicos

##### Parámetros principales del controlador del Flujo de Turbina

Nombre de la producción	Medidor de flujo de turbina
Medio	Agua, diesel, aceite, combustible, aceite hidráulico, gas, GLP.
Diámetro	DN4 ~ DN200mm
Precisión	El tipo estándar es 1%, personalizado para 0.5% y 0.2%
Temperatura	Medio:-20 ~ 120°C Medio ambiente:-20 ~ 55°C
Material	El material estándar es SS304, personalizado para SS316L
Conexión	Brida; rosca, triple abrazadera
Material de la turbina	SS304... SS316
Fuente de alimentación	220VAC, 12 ~ 24VDC, batería
De salida	4 ~ 20mA o salida de pulso
Protección	IP65 o IP68
Explosión	Ex ib I o Ex ib II BT4

#### 5. Montaje

##### 5.1. Instalación mecánica del Flujo de Turbina

Para realizar un montaje de manera adecuada debemos mantener los tramos rectos necesarios en la instalación del Flujo de turbina por las siguientes características:

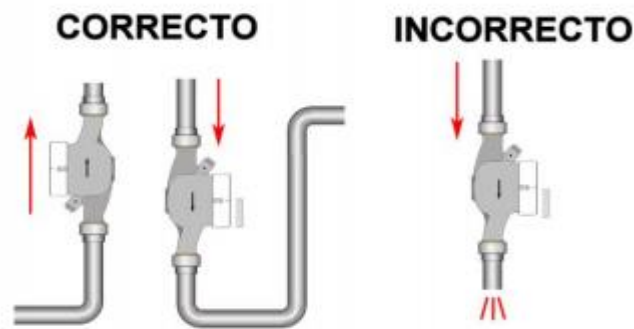
- En un Flujo de turbina tipo turbina, la existencia del tramo recto necesario antes y después del medidor determina el correcto funcionamiento del mismo y, además, que dicho tramo recto sea del mismo diámetro que la turbina en cuestión.

- Para garantizar un giro regular de la hélice, es imprescindible que el fluido entre en el cuerpo medidor de la manera más estable posible y con la mínima turbulencia.

### 5.1.1. Forma de instalación del Flujómetro

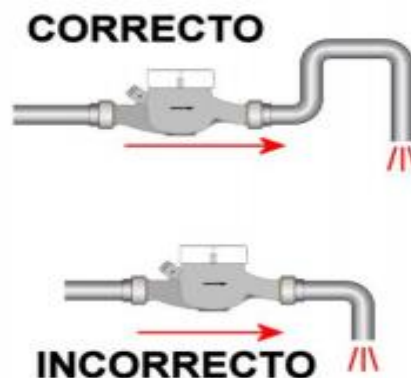
El montaje del Flujómetro en la tubería puede hacerse en POSICION VERTICAL u HORIZONTAL, pero siempre se ha de evitar que el Flujómetro se pueda quedar vacío. Nunca se debe instalar un Flujómetro en una descarga abierta o se debe utilizar una válvula anti retorno, por lo tanto, en la siguiente figura podemos observar el tipo de instalación del Flujómetro.

- Forma vertical



**Figura 1. Posición correcta e incorrecta vertical del Flujómetro**

- Forma horizontal



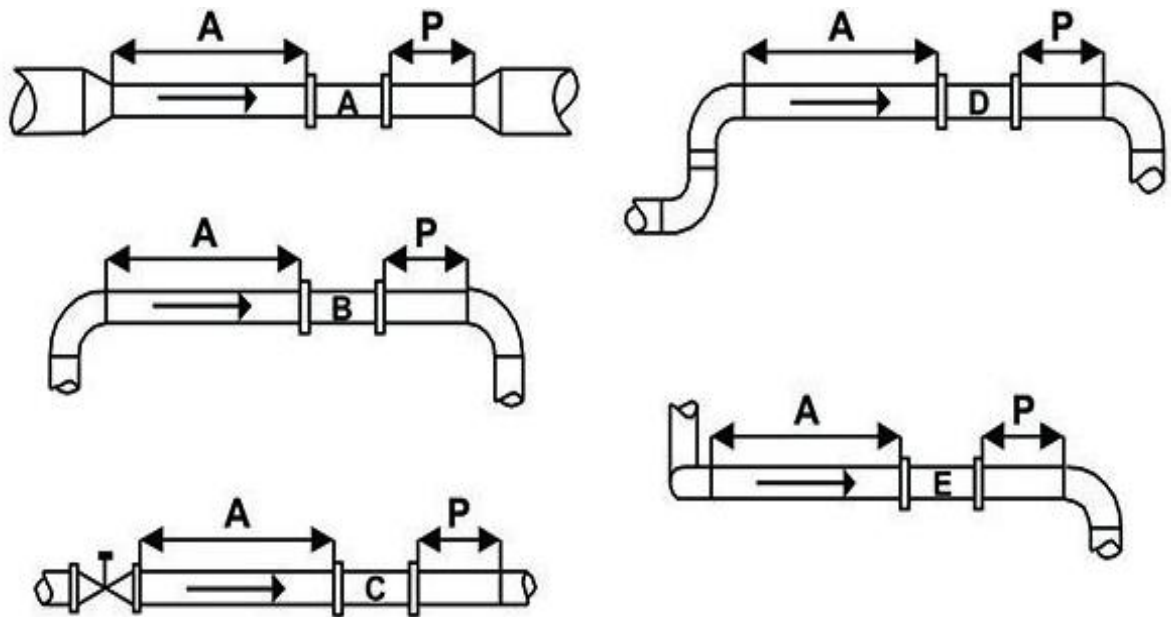
**Figura 2. Posición correcta e incorrecta horizontal del Flujómetro**

### 5.1.2. Ubicación correcta del Flujómetro

Instalar la turbina justo después o antes de un elemento perturbador del flujo, tal como un codo,

una reducción, una válvula regulatoria o una bomba, hace que el líquido llegue al medidor con un elevado nivel de turbulencia, que provocará lectura inestable y errónea.

Por tal motivo en la siguiente imagen se muestra las dimensiones de longitud de instalación de tubería recta antes y después del Flujoímetro de forma correcta:



**Figura 3. Ubicación correcta del tramo de tubería recto antes y después del Flujoímetro**

	A	B	C	D	E
A	10	15	50	20	30
P	5	5	5	5	5

En la presente tabla se especifica los valores multiplicados por el diámetro nominal (DN), dicho resultado es la distancia de tubería en línea recta antes y después del Flujoímetro

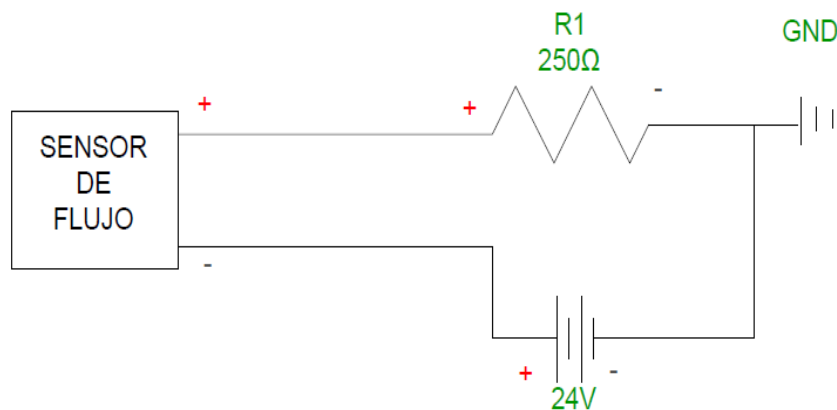
## 5.2. Instalación eléctrica del Flujómetro

Es Muy Importante realizar un adecuado conexionado eléctrico para el correcto funcionamiento del equipo y evitar daños en la vida útil, para la conexión se deben tener en cuenta las siguientes instrucciones:

La fuente de alimentación que suministra tensión al Flujómetro:

- No debe superar los 25 Vcc ni ser inferior a 12 Vcc.
- No debe alimentar a CARGAS INDUCTIVAS (Bobinas, electroválvulas, contactores, etc.).
- No se puede invertir la polaridad de la alimentación eléctrica.
- La salida de pulsos no admite cargas superiores a 25 mA.
- Los cables de Fuerza (Mayores de 110 Vca) y Datos (Pulsos, analógica, etc.) deben ir por canalizaciones separadas.
- Siempre ubicar un neutro de referencia para estabilizar el circuito electrónico.

La configuración más básica que ofrecemos consiste en el Flujómetro (Sensor) con una salida de pulsos de 3 hilos a través de un cable, por tal motivo se utilizan de alimentación dos hilos y para una señal de pulsos un hilo, en el siguiente diagrama se muestra las conexiones correctas:



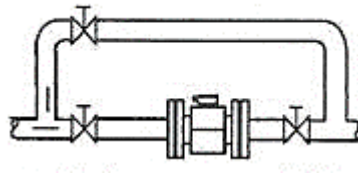
## 6. Configuración

CADA FUNCIÓN CLAVE		
(Tecla S)	Permite el paso al menú al tener 5 segundos aplastado tecla de retorno: menú para volver desplazamiento para el nivel anterior	
(Tecla E)	Permite el ingreso de valores de los parámetros seleccionados De estado de entrada - Enter: confirmar la entrada de datos y salir del menú.	
AJUSTES BÁSICOS		
<p>Introduzca la interfaz de entrada de contraseña o el modo de entrada de datos, pulse (tecla S) para mover el cursor hacia la derecha, y pulse (tecla E) para seleccionar el dígito o símbolo. En la interfaz de la medida normal, pulse (una clave) para visualizar la introducción de la contraseña, la contraseña predeterminada es “2010” o “2011”. Pulse (tecla E) para confirmar la entrada y entrar en la interfaz de menú por defecto.</p>		
MENÚ		
FUNCIÓN	SIGNIFICADO	CARACTERÍSTICAS
密碼輸入	Ingrese contraseña	Permite el ingreso al menú, puede ser tanto para el menú principal “2010” y el menú de configuración de señal “2011”
流量單位	Unidad de flujo	Seleccionable: l/h, l/min, L/s, m <sup>3</sup> /h, m <sup>3</sup> /min, m <sup>3</sup> /sg
流量範圍	Rango de flujo	Valor: 0-99999 (Este parámetro representa el caudal máximo del flujómetro)
流量響應	Respuesta de flujo	Tiempo de amortiguación/tiempo constante, valor predeterminado: 3 segundos
恆定	Constante K	Ingreso de una constante basado en la cantidad de pulsos sobre metros cúbicos
傳感器重置	Reseteo del sensor	Reiniciar los parámetros enviados de fabrica
退出	Salida	Seleccionable: 4-20ma /0-10ma , Seleccione el modo de salida de corriente correcto basado en la aplicación del usuario

## 7. Mantenimiento

Para realizar mantenimiento en el sensor debemos retirarlo del circuito de tuberías y poderlo manipular de manera adecuada, para esto necesitamos realizar una conexión de baipás que permita la circulación del fluido y la extracción del sensor.

Dicha conexión se muestra en la siguiente figura:



**Figura 4. Instalación de baipás**

MANUAL TÉCNICO  
**CONVERTIDOR DE FRECUENCIA  
SINAMICS G110**

Marca: SIEMENS



## Tabla de contenido

1. Nota sobre las instrucciones .....	3
2. Seguridad.....	3
3. Descripción del equipo.....	4
4. Datos técnicos .....	6
5. Montaje .....	7
5.1. Instalación mecánica del Convertidor de Frecuencia SINAMICS G110.....	7
5.2. Instalación eléctrica del Convertidor de Frecuencia SINAMICS G110.....	8
6. Configuración.....	9

## 1. Nota sobre las instrucciones

Lea este manual y siga todas las instrucciones mencionadas a continuación. De esta manera evite daños del equipo, personales y garantice un servicio y la larga vida útil del equipo.

Guarde este manual con cuidado para el uso del equipo.

En caso de entregarse el equipo a terceros, entregue también este manual.

Tenga en cuenta todas las indicaciones facilitadas en este manual. Contiene información básica importante para la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento del equipo.

Por este motivo es imprescindible que tanto el técnico de instalación como los operarios y personal responsable lo lean antes de realizar trabajos de instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

## 2. Seguridad

Las advertencias, precauciones y notas indicadas a continuación están pensadas para su seguridad y como medio para prevenir daños en el producto o en componentes situados en las máquinas. En esta sección se hace una lista de las advertencias, precauciones y notas aplicables generalmente en la manipulación de convertidores SINAMICS.



### ADVERTENCIA

Si en el equipo/sistema trabaja personal no calificado o si no se respetan las advertencias pueden ocasionarse lesiones graves o daños materiales considerables.

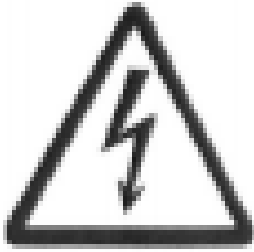
En el equipo/sistema sólo deberá trabajar personal calificado y familiarizado con el montaje, instalación, puesta en servicio y operación del producto.

Sólo se permiten conexiones de red cableadas de forma permanente. El equipo debe ponerse a tierra (IEC 536, clase 1, NEC y otras normas aplicables).

Los bornes siguientes pueden estar bajo tensión peligrosa, aunque no esté funcionando el convertidor:

- los bornes conectores de corriente L1 y L2/N a 220V.

- los bornes conectores del motor U, V, W y los bornes del circuito intermedio DC+ y DC.



**¡Peligro!**

**¡Corriente eléctrica!**

**El contacto con componentes sometidos a tensión y sin aislamiento acarrea peligro de sufrir descargas eléctricas que deriven en heridas o muerte.**

Medidas preventivas:

- Al realizar la instalación eléctrica, respete todas las normativas vigentes.
- Realice siempre los trabajos de mantenimiento con el equipo desconectado de la red eléctrica.
- Los trabajos eléctricos o electrónicos deberán dejarse en manos de personal autorizado y calificado.

### **3. Descripción del equipo**

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, SINAMICS G110 es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores V/f. Haciendo uso del gran número de parámetros de ajuste de que dispone, también puede utilizarse SINAMICS G110 en aplicaciones más avanzadas para control de accionamientos.

#### **Características del Convertidor de Frecuencia SINAMICS G110**

- Fácil de instalar.
- Puesta en marcha sencilla:
  - Puesta en servicio rápida.

- Función "reposición a valores de fábrica" (reajusta los parámetros a sus valores por defecto).
- Diseño robusto en cuanto a EMC.
- Puede funcionar en redes de alimentación IT (modelos sin filtro).
- 1 entrada digital con separación galvánica.
- 3 entradas digitales sin separación galvánica.
- 1 entrada analógica AIN: 0 – 10 V (solo en la variante analógica) se puede utilizar como cuarta entrada digital.
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor.
- La información de estado y alarmas se visualizan en el panel BOP (obtenible como opción).
- Interface interna RS485 (solo en la variante USS).

#### 4. Datos técnicos

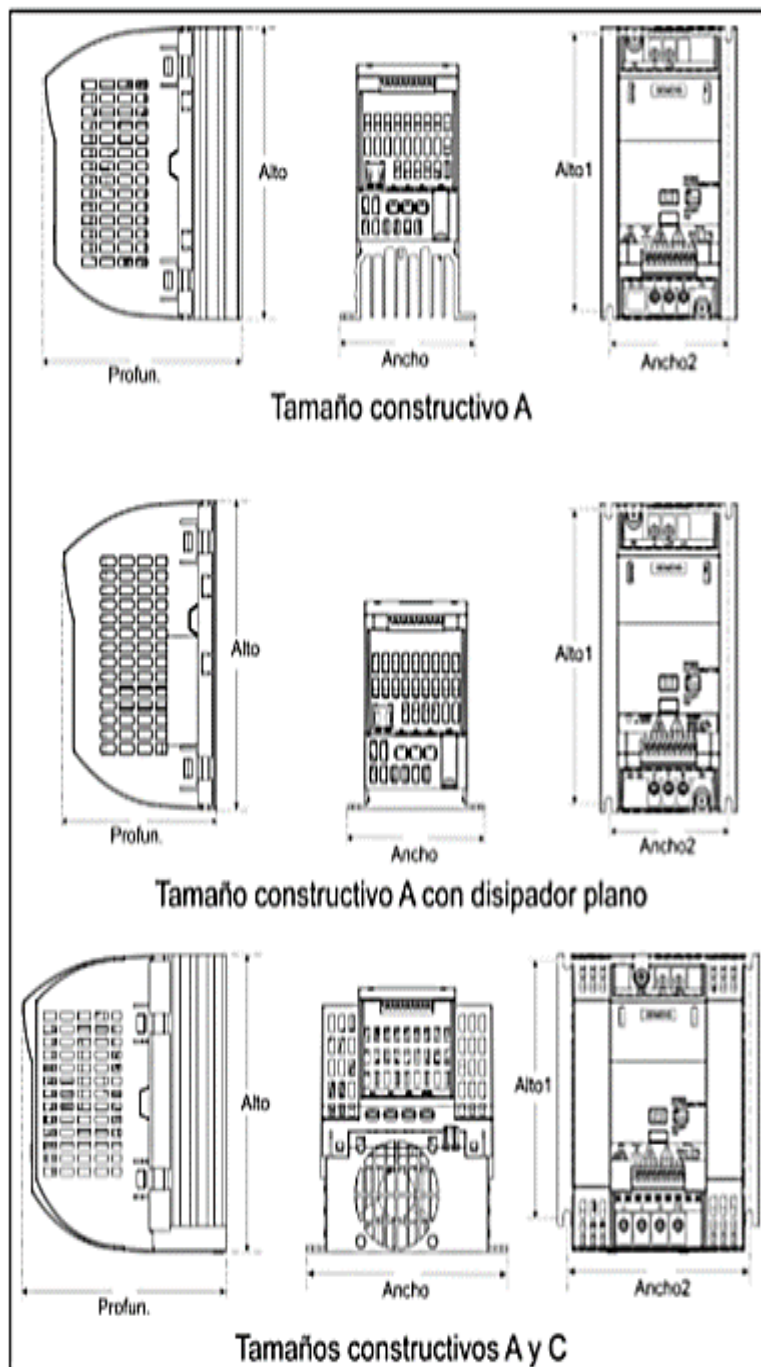
##### Parámetros principales del Convertidor de Frecuencia SINAMICS G110

Modelo	SINAMICS G 110
Tensión de red y márgenes de frecuencia	200 V a 240 V ( $\pm 10\%$ ) 1AC 120 W a 3.0 kW
Frecuencia de red	47 a 63 Hz
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz
Cos phi	$\geq 0,95$
Grado de rendimiento del convertidor	90% a 94% para equipos < 750 W $\geq 95\%$ para equipos $\geq 750W$
Capacidad de sobrecarga	Sobrecorriente = 1,5 x corriente de salida nominal (o sea 150 % sobrecarga) durante 60 s, después 0,85 x corriente de salida nominal durante 240 s, tiempo de ciclo 300 segundos
Tensiones de salida para el usuario	24 V en bornes 6 y 7 (50 mA sin regular): 10 V en bornes 8 y 10 (5 mA)
Entradas digitales	3, parametrizable, sin separación galvánica; PNP, compatible con SIMATIC, low < 5, high > 10 V, tensión de entrada máxima 30 V
Entrada analógica	1, para consigna (0 V a 10 V, escalable o usable como cuarta entrada digital)
Salida digital	1, salida de optoacoplador con separación galvánica (DC 24 V, 50 mA carga óhmica), tipo de transistor NPN
Interface en serie	RS485, para operación con protocolo USS
Longitud cables motor	Máx. 25 m (apantallado)      máx. 50 m (no apantallado)
Grado de protección	IP20

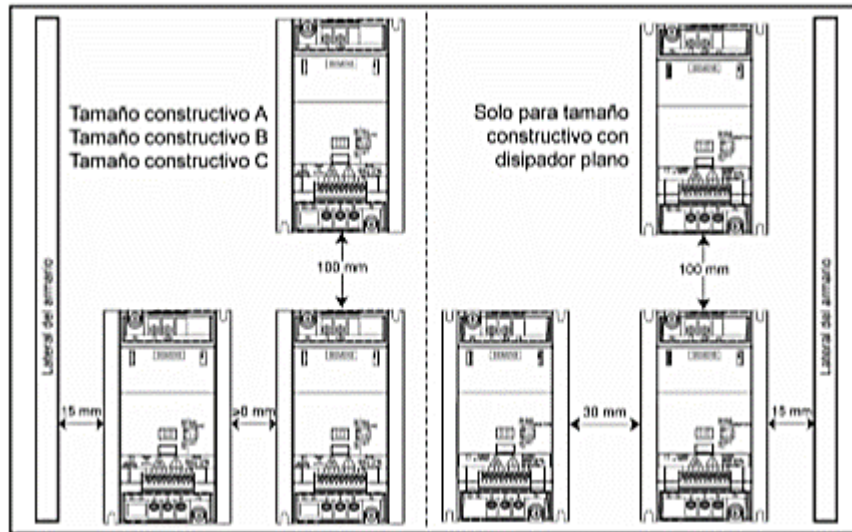
## 5. Montaje

### 5.1. Instalación mecánica del Convertidor de Frecuencia SINAMICS G110

Para realizar un montaje de manera adecuada debemos mantener algunos parámetros de longitud del convertidos, a más de eso debemos tener en cuenta los factores físicos y ambientales que pueden afectar al equipo.



**Figura 1.** Dimensiones del SINAMICS G110

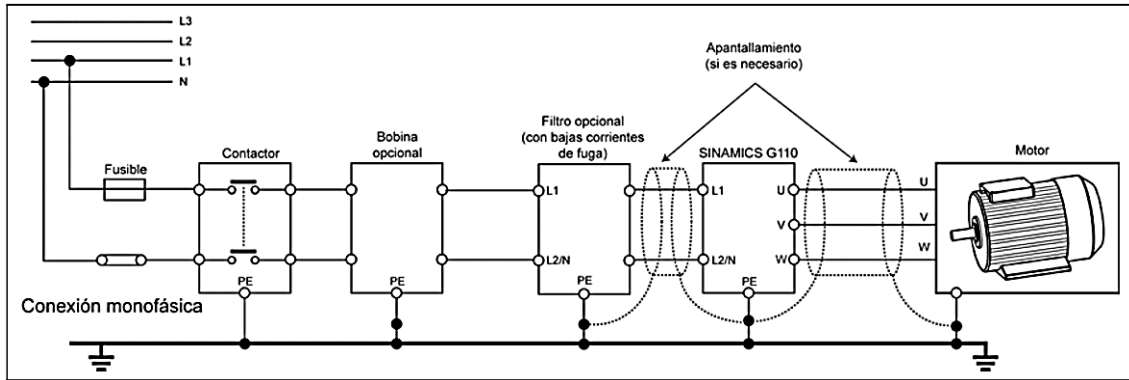


**Figura 2.** Separaciones de montaje del SINAMICS G110

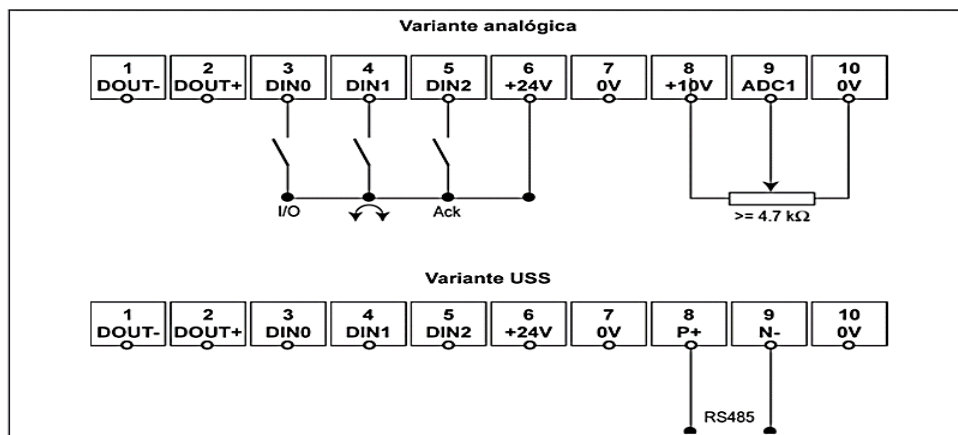
## 5.2. Instalación eléctrica del Convertidor de Frecuencia SINAMICS G110

Para realizar una instalación eléctrica adecuada debemos tomar en cuenta las siguientes características de instalación:

- Cerciórese que haya un buen contacto conductor entre el convertidor y la superficie metálica de montaje puesta a tierra.
- Cerciórese de que cualquier equipo de control (como un PLC) conectado al convertidor esté unido a la misma tierra o punto de puesta a tierra que el convertidor mediante un enlace corto y grueso.
- Conectar la tierra del motor directamente a la conexión de tierra (PE) del convertidor asociado.
- Cerciórese que los extremos de los cables estén limpios al conectarlos y que los cables no apantallados sean lo más cortos posibles.
- Los cables de control se tienen que tender lo más separados posible de los cables de potencia usando canales separados. Los cruces entre ambos cables se tienen que tender formando un ángulo de 90° los unos con los otros.
- Siempre que sea posible utilice cables de mando apantallados.



**Figura 3.** Conexiones a la red y al motor



**Figura 4.** Servicio estándar, variables analógicas y USS

## 6. Configuración

El parámetro de configuración se establece en la siguiente tabla:

CADA FUNCIÓN CLAVE	
Tecla 	Pulsar para acceder a parámetros, Pulsar o para seleccionar el índice.
Tecla 	Cambiar el valor de dicho dígito pulsando dentro del parámetro seleccionado
Tecla 	Pulsar (botón de funciones), el dígito derecho parpadea.
	Si aparece en la pantalla significa que el convertidor está trabajando tareas de mayor prioridad.
AJUSTES BÁSICOS	

Pulsar “P” para acceder a parámetros. Pulsar hasta que se visualice P0719 por ejemplo, nuevamente pulsar “P” para acceder al índice del parámetro una vez dentro del parámetro pulsar ^ o v para seleccionar el índice. Pulsar “P” para visualizar el valor actual ajustado. Pulsar ^ o v hasta obtener el valor requerido. Pulsar “P” para confirmar y almacenar el valor. Pulsar hasta que se visualice r0000. Pulsar para volver a la pantalla estándar (tal como la definió el cliente)

<b>MENÚ</b>		
<b>N.-</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>PARÁMETROS</b>
P0304	Tensión nominal del motor	220
P0305	Corriente nominal del motor	0,8 A
P0307	Potencia nominal del motor	1/2HP
P0309	Rendimiento nominal del motor	60%
P0310	Frecuencia nominal del motor	60Hz
P0311	Velocidad nominal del motor	3450RPM
P1080	Velocidad Mfn.	26Hz
P1082	Velocidad Máx.	70Hz
P0701	Entrada digital 0 – 3	1 (ON/OFF)
P0702	Entrada digital 1 4	12 (Inversión de sentido de giro)
P0703	Entrada digital 2 5	9 (Acuse de fallo)
P0010=30	Reponer ajustes	30, 1 (Restauración de valores de fábrica)
P0970=1		

Para mayor información sobre el manual completo del Convertidor de Frecuencia visitar la página:

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9275/Manual\\_SINAMICS\\_G110.pdf?sequence=10&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9275/Manual_SINAMICS_G110.pdf?sequence=10&isAllowed=y)

