



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO DE UN BANCO DE BOMBA MAESTRA PARA LA OBTENCIÓN DE LA
CURVA DE CARGAS EN SISTEMAS DE RIEGO”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de:
INGENIEROS EN ELECTROMECAÁNICA

Autores:

Gómez Álvarez John Eduardo
Villamarín Anchatipán Carlos Julio

Tutor:

Dr. PhD. Héctor Luis Laurencio Alfonso

Latacunga – Ecuador

Marzo 2021



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, Gómez Álvarez John Eduardo y Villamarín Anchatipán Carlos Julio, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“DISEÑO DE UN BANCO DE BOMBA MAESTRA PARA LA OBTENCIÓN DE LA CURVA DE CARGAS EN SISTEMAS DE RIEGO”**, siendo el Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; MsC. 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, procedimiento y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Gómez Álvarez John Eduardo

C.C. 050395360-6

Villamarín Anchatipán Carlos Julio

C.C. 050398173-0



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACION

En calidad de tutor de la propuesta tecnológica sobre el título: **“DISEÑO DE UN BANCO DE BOMBA MAESTRA PARA LA OBTENCIÓN DE LA CURVA DE CARGAS EN SISTEMAS DE RIEGO”**, de Gómez Álvarez John Eduardo y Villamarín Anchatipán Carlos Julio, de la carrera d Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológico y aporte científico-técnicos suficientes para ser sometido 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, marzo 2021

Tutor

.....
Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Dr. C.

CC: 1758367252



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueben 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, el o los postulantes: Gómez Álvarez John Eduardo y Villamarín Anchatipán Carlos Julio, con el título de titulación: **“DISEÑO DE UN BANCO DE BOMBA MAESTRA PARA LA OBTENCIÓN DE LA CURVA DE CARGAS EN SISTEMAS DE RIEGO”**, 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, Marzo del 2021

Para constancia firman:

.....

Lector 1 (Presidente)

PHD. Enrique Torres Tamayo

175712194-0

.....

Lector 2

Ing. MsC. Cevallos Betún Segundo Ángel

050178243-7

.....

Lector 3

Ing. MsC. Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

050215089-9



AGRADECIMIENTO

Durante todo el trayecto de mi vida universitaria no me queda más que darle las gracias a Dios a mis padres Eduardo Gómez, a mi madre Claudina Álvarez y a mi único hermano Eddy Gómez quienes me apoyaron, me colaboraron y me dieron sus consejos para seguir adelante en este mi gran sueño, quienes nunca de creer en mí; además de mi gran amigo y colega de tesis Carlos Villamarin con el que uní esfuerzos para que este proyecto se realice. Pese a la complejidad de mi querida ingeniería la cual me abrió las puertas para ser uno más de esta gran familia que somos electromecánicos estaré siempre agradecido además con muchos docentes.

Agradezco a mi Tutor, Ing. Héctor Luis laurencio Alfonso Dr. C. que ha sido una gran guía en este transcurso de la tesis y en las aulas por la confianza en mí para la realización de este proyecto.

JOHN EDUARDO



AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios que nos ha brindado salud y vida para luchar por mis sueños y poderlos alcanzarlo, a la Universidad Técnica de Cotopaxi al acogerme y formarme como profesional, de ser parte de tan valiosa institución, a mi tan prestigiosa carrera de Ingeniería Electromecánica que me supo formar como persona, enseñándome que cada día se lucha y hay algo nuevo por aprender, a los docentes que siempre compartieron sus conocimientos su experiencia para crecer como persona y ser un excelente profesional.

Quiero agradecer eternamente a mi familia por el esfuerzo y el apoyo que siempre me han tenido a lo largo de mis estudios.

CARLOS



DEDICATORIA

Este proyecto de tesis va dedicado a Dios y más que todo a mi padre Luis Eduardo Gómez Álvarez el cual jamás dejo de creer en mí y quien supo darme ese ahínco para llegar a la vida profesional.

Este logro académico que llena de gran orgullo a mi vida y se lo llevo a cristalizar gracias a mucha gente de mi familia quienes tuvieron paciencia y me daban ese estímulo para seguir adelante.

“No importa cuánto te demores en el trayecto lo importante es saber terminar lo que empezaste algún día y decir con orgullo meta cumplida”

JOHN EDUARDO



DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres Julio y Mercedes, por enseñarme a trabajar arduamente para conseguir mis sueños, brindarme todo ese amor y paciencia en cada instante, también a mi Hermano David que ha estado presente en los malos y buenos momentos, además a mi abuela Luz Tapia quien siempre me deseo el éxito en mi vida profesional.

CARLOS



ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACION.....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA.....	VII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XX
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica.....	2
2.2. Tipo de 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.....	4
2.5.1. Objeto de estudio.....	4
2.5.2. Campo de acción	4
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA.....	4
2.6.1. Situación Problemática.....	4



2.6.2. Problema de Investigación.....	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. ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.....	6
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. Antecedentes Investigativos.....	8
3.1.1. Obtención de las curvas de la bomba y sistema, para encontrar el punto de operación entre la interacción bomba – sistema, en un banco de pruebas para bombas centrífugas.	8
3.2 Sistema de tuberías.....	9
3.2.1. Sistemas de tubería sencillos.....	9
3.2.2. Tuberías en serie.....	10
3.2.4. Tuberías en Paralelo.....	10
3.2.5. Tuberías ramificadas.....	11
3.2.6. Sistema de tuberías en mallas.....	11
3.3. Sistemas de Riego.....	12
3.3.1. Red general de riego.....	12
3.3.2 Riegos por aspersion.....	13
3.3.4. Riego con aspersores.....	13
3.3.5. Riego con difusores	13
3.4. Perdida de cargas en tuberías	14
3.4.1. Factores de los que depende la pérdida de carga en tuberías.....	14
3.4.2. Tipos de pérdidas de cargas en tuberías.....	14
3.4.3. Perdidas continuas	14
3.4.5. Pérdidas localizadas	14
3.4.6. Dimensionado de las instalaciones, calcular la pérdida de carga	15



3.4.6.1. Ecuación de Darcy – Weisbach	15
3.4.6.2. Factor de fricción	15
3.4.6.3. Ábaco de Moodz	16
3.4.6.4. Herramienta EPANET	16
3.5. Uso de bombas centrífugas para sistemas de riego	17
3.5.1. Funcionamiento Bomba centrífuga.....	17
3.5.2. Motobomba.....	17
3.6. Software para diseño de circuitos electrónicos y placas impresas	18
3.7. Caudalímetro o medidores de flujo electrónico.....	18
3.7.1. Funcionamiento caudalímetro o fujómetro.....	19
3.8. Medidor de presión electrónico	20
3.9. Arduino.....	20
3.10. Solid Works.....	21
3.11. Normalización	21
3.11.1. NORMA MEXICANA NMX-O-177-SCFI-2011 LINEAMIENTOS GENERALES PARA PROYECTOS DE SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO.....	21
3.11.2. Tubería y plomería.....	21
3.11. 3. Norma básica del sistema de riego	21
3.11.4. Normas de válvulas para sistemas de abastecimiento y riego	22
3.11.5. Norma ISO 9001 para sistemas electrónicos	22
3.11.6. Normas para medidores electrónicos de flujo (Flujómetro)	22
3.11.7. (Arduino) más que una norma fue creada bajo una licencia.....	22
4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO	23
4.1. Procedimientos metodológicos para obtener las características operacionales de los equipos de bombeo.....	23
4.2. Cavitación en bombas centrífugas.....	24
4.3. Velocidad específica.....	26



4.4. Balance energético de una bomba centrífuga	27
4.5. Potencia útil de la bomba.....	27
4.6. Metodología para obtención de la curva de cargas del sistema.....	28
4.7 Metodología Diseño de Banco de Bomba Maestra	29
4.7 Sensor de presión hk 3022.....	31
4.8. Sensor de flujo fs 400a	32
4.9. Arduino nano	34
4.10. Módulo SD para arduino	35
4.11. Pantalla LCD para arduino	36
4.12. Circuito impreso	36
4.13 Impresora 3D	36
4.14. Partes del banco de bomba maestra.....	37
4.15. Armado de tubería con los sensores y bomba	39
4.16. Diseño y simulación del circuito electrónico en el Software Proteus	40
4.17. Diseño de carcasa o estuche del circuito electrónico.	40
4.18. Método de Diseño PBC	41
4.19. Circuito Electrónico.....	42
5.4 Método Programación en el IDE de Arduino	42
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
5.1 Obtención de la curva característica de la bomba usada en el banco	43
5.1.1 Resultado del error en la curva característica	46
5.2 Resultado del Ensayo en el sistema.....	46



5.2.1 Valores obtenidos cálculos manualmente.....	46
5.3. Datos experimentales obtenidos por los sensores y el circuito electrónico.....	47
5.4. Resultado de Curva calculada Vs curva experimental	49
5.5. Error entre las curvas (calculada y experimental)	49
5.6. Resultado de la curva Experimental y curva del banco de bomba maestra en sistema de riego por goteo.....	50
5.7. Resultado curva Experimental y curva del banco de bomba maestra en sistema de riego por aspersión.....	51
6. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	52
6.1. Impactos	52
6.2. Análisis Costos	52
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
7.1. Conclusiones.....	57
7.2. Recomendaciones	57
8. REFERENCIAS	58
ANEXOS.....	60



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Especificaciones técnicas bomba	30
Tabla 4.2. Especificaciones técnicas sensor de presión hk 3022	32
Tabla 4.4. Especificaciones técnicas del sensor de flujo fs 4400a	33
Tabla 4.5. Especificaciones técnicas arduino nano	34
Tabla 5.1 datos bomba del banco	43
Tabla 5.2. Rpm de la motobomba	43
Tabla 5.3. Velocidad específica.....	44
Tabla 5.4. Obtención de valor “a”	44
Tabla 5.5. Obtención de valor “b”	44
Tabla 5.6. Obtención del valor “c”	45
Tabla 5.8. Valores obtenidos de a, b y c que determinan la curva.	45
Tabla 5.9. Error.....	46
Tabla 5.10. Datos del sistema de prueba	46
Tabla 5.11. Valores obtenidos en el cálculo.....	47



Tabla 5.12. Datos experimentales obtenidos	48
Tabla. 5.14. Datos experimentales riego por goteo	50
Tabla. 5.15. Datos experimentales riego por aspersión.....	51
Tabla 6.1. Costo de materiales mecánicos.....	52
Tabla 6.2. Costo elementos eléctricos	54
Tabla. 6.3. Gastos indirectos	55
Tabla. 6.4. Costo total.....	56



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Banco de pruebas bombas centrifugas Espe.	9
Figura 3.2. Sistema de tubería sencillo.....	10
Figura 3.2 sistema de tubería en serie	10
Figura 3.3. Sistemas de tuberías en paralelo.	10
Figura 3.4. Sistema de tuberías ramificadas.....	11
Figura 3.5. Sistema de tuberías en mallas.	11
Figura 3.6. Esquema de la red de riego	12
Figura 3.7. Riego con aspersores.....	13
Figura 3.8. Software epanet.....	16
Figura 3.9. Bomba centrífuga.....	17
Fig. 3.10. Motobomba	18
Figura 3.11. Software live wire y pcb wizard	18
Figura. 3.12. Caudalímetro o fujómetro	19
Figura. 3.12. Medidor de presión electrónico.....	20
Figura 3.13. Arduino	21
Figura 4.1. Coeficiente de velocidad específica de aspiración.....	25
Figura 4.2. Clasificación de rodete de paleta según velocidad específica.....	27



Figura 4.3. Curva de carga del sistema y curva característica de la bomba	29
Figura 4.4. Motobomba para el banco de bomba maestra.....	30
Fuente: manual bomba gladiator	30
Figura 4.5. Curvas características de una bomba centrífuga	31
Figura 4.8. Sensor de presión hk 3022	31
Figura 4.9. Sensor de flujo fs 400 a.....	33
Figura 4.5. Arduino nano.....	34
Figura 4.6. Módulo sd para arduino.	35
Figura 4.7. Pantalla lcd para arduino.....	36
Figura 4.8 circuito impreso.....	36
Figura 4.9. Impresora 3d	37
Figura 4.5. Partes del banco de bomba maestra	37
Figura 4.6. Moto bomba con la tubería armada y sensores	40
Figura 4.7 diseño y simulación del circuito en proteus	40
Figura 4.8. Diseño de carcasa del circuito electrónico.....	41
Figura 4.9. Diseño pbc.....	41
Figura 4.10. Placa electrónica y sus componentes	42
Figura 4.11. Programación en el ide de arduino.....	42



Figura 5.1 curva característica obtenida de la motobomba gladiator 45

Figura 5.2 curva de carga del sistema calculado manualmente..... 47

Figura 5.3. Curva experimental obtenida 48

Figura 5.4. Curva calculada vs curva experimental 49

Figura 5.5. Curva de cargas sistema por goteo y curva bomba..... 50

Figura 5.6. Curva de cargas sistema de riego y curva bomba. 51



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO DE UN BANCO DE BOMBA MAESTRA PARA LA OBTENCIÓN DE LA CURVA DE CARGAS EN SISTEMAS DE RIEGO”

Autores:

Gómez Álvarez John Eduardo

Villamarín Anchatipán Carlos Julio

RESUMEN

Se realiza el estudio de los problemas que existen al momento de obtener la curva de cargas en sistemas de riego ramificados y su posterior selección de la bomba centrífuga adecuada para el sistema, para lo cual se propone diseñar un banco de bomba maestra, con una bomba centrífuga a gasolina, esta contiene un fujómetro y un manómetro controlados por un circuito electrónico con arduino. En el proyecto se usa tanto herramientas tecnológicas como metodológicas, prácticamente el problema se encuentra en el extenso cálculo que se debe realizar para obtener la curva de cargas de un sistema de riego ramificado y su posterior selección de la bomba adecuada, los métodos existentes no son tan exactos, el cálculo aplicado para la obtención de la curva de carga del sistema es muy extensa y laboriosa, el Banco de Bomba Maestra ahorra ese proceso al obtener las mediciones adecuadas tanto del fujómetro como del manómetro, se obtiene los puntos exactos por donde será trazada la curva de carga de todo el sistema ,gracias a que el caudal de la bomba empleada es regulable, se utiliza métodos de trazado de curvas para comprobar los valores encontrados en la experimentación.

Palabras clave: bomba, sistema, riego, circuito electrónico, curva cargas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "DESIGN OF A MASTER PUMP BENCH FOR OBTAINING THE LOAD CURVE IN IRRIGATION SYSTEMS."

Authors:

Gómez Álvarez John Eduardo
Villamarín Anchatipán Carlos Julio

ABSTRACT

The study aimed to analyze the problems that exist when obtaining the load curve in branched irrigation systems. Its subsequent selection of the appropriate centrifugal pump for the system is carried out to design a master pump bench with a pump Gasoline centrifuge. It contains a flow meter and a pressure gauge controlled by an electronic circuit with Arduino. The project uses both technological and methodological tools. The problem lies in the extensive calculation to obtain a branched irrigation system's load curve with the subsequent selection of the appropriate pump. The methods are not exact, and the calculation applied to obtain the system's load curve is very extensive laborious. So the Master Pump Bank saves this process by obtaining the appropriate measurements from both the flowmeter and the pressure gauge, where the exact points were obtained where they will be. Once the load curve of the entire system has been drawn, thanks to the pump's adjustable flow rate, curve-drawing methods are used to check the values found in the experimentation.

Keywords: pump, system, irrigation, electronic circuit, load curve.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

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 egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **GÓMEZ ÁLVAREZ JOHN EDUARDO** y **VILLAMARÍN ANCHATIPÁN CARLOS JULIO**, cuyo título versa “**DISEÑO DE UN BANCO DE BOMBA MAESTRA PARA LA OBTENCIÓN DE LA CURVA DE CARGAS EN SISTEMAS DE RIEGO**”, 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, marzo del 2021

Atentamente,

Mg. Mayra Clemencia Noroña Heredia.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501955470

Firmado digitalmente por
1803027935
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
ROMERO GARCIA
Fecha: 2021.03.05
19:14:20 -05'00'

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Nombre: Gómez Álvarez John Eduardo

Celular: 0962738067

Nombre: Villamarín Anchatipán Carlos Julio

Celular: 0984561790

TEMA APROBADO:

“Diseño de un banco de bomba maestra para la obtención de la curva de cargas en sistemas de riego”.

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Tutor: Dr.C. Héctor Luis Laurencio Alfonso

EQUIPO DE TRABAJO:

Asesores técnicos y metodológicos

Nombre: Dr.C. Héctor Luis

EQUIPO DE TRABAJO:

Tutor:

Nombres:	Héctor Luis
Apellidos:	Laurencio Alfonso
Cedula de identidad:	1758367252
Correo electrónico:	hector.laurencio@utc.edu.ec

Coordinador 1:

Nombre:	Gómez Álvarez John Eduardo
Cédula de Ciudadanía:	0503953606
Correo electrónico:	John.gomez6@utc.edu.ec
Dirección:	Barrio Tanialo, Eloy Alfaro, Latacunga

Coordinador 2:

Nombre: Villamarín Anchatipán Carlos Julio
Cédula de Ciudadanía: 0503981730
Correo electrónico: carlos.villamarin.0@utc.edu.ec
Dirección: Barrio San Sebastián, Pujilí

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Región Sierra, Provincia Cotopaxi, Cantón Latacunga, Salache, Universidad Técnica de Cotopaxi.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA

Octubre 2020-Marzo 2021.

FECHA DE ENTREGA:

Marzo 2021.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la línea de investigación del presente proyecto es Procesos Industriales.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:

Diseño y construcción de elementos, prototipos de sistemas electromecánicos.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

La tecnología va enfocada a un banco de bomba maestra que ayudará de manera rápida y más eficiente a la selección de bombas centrífugas en sistemas ramificados de riego.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**2.1. Título de la propuesta tecnológica**

Diseño de un banco de bomba maestra para la obtención de la curva de cargas en sistemas de riego.

2.2. Tipo de alcance

La presente propuesta tecnológica es un proyecto de tipo productivo e integrador ya que se convertirá en una alternativa para encontrar la curva de cargas del sistema ramificado y posteriormente proponer la selección de la bomba centrífuga.

El proyecto también está dentro del ámbito de desarrollo ya que el banco de bomba maestra se convertirá en una alternativa para la selección de bombas en sistemas ramificados, agilizando el proceso de selección de la bomba y economizando recursos.

El presente tiene como alcance diseñar un banco de bomba maestra que tenga la capacidad de entregar datos para la obtención de la curva de carga en sistemas de riego y posterior a eso, con la mencionada curva de la red, proponer el tipo de bomba centrífuga para el sistema ramificado de una manera más rápida y precisa que los métodos de cálculo tradicionales o siempre utilizados.

2.3. Área del conocimiento

Según el código UNESCO, el contenido de la presente propuesta tiene la finalidad en el área de Ciencias tecnológicas con código 330000 y las sub áreas del conocimiento; 3301.12 Tecnología Hidrodinámica; 3307 Tecnología Electrónica con 3307.03 Diseño de circuitos; 3313 Tecnología e Ingeniería Mecánicas con 3313.25 Bombas y Equipos Para Manipulación de Líquidos, ya que estas propuestas corresponden al Diseño del Banco de Bomba Maestra para la obtención de curva de cargas en sistemas de riego.

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

Se realiza el estudio de los problemas que existen al momento de obtener la curva de cargas en sistemas de riego ramificados y su posterior selección de la bomba centrífuga adecuada para el sistema, para lo cual se propone diseñar un banco de bomba maestra, con una bomba centrífuga a gasolina, esta contiene un fujómetro y un manómetro controlados por un circuito electrónico con arduino. En el proyecto se usa tanto herramientas tecnológicas como metodológicas, prácticamente el problema se encuentra en el extenso cálculo que se debe realizar para obtener la curva de cargas de un sistema de riego ramificado y su posterior selección de la bomba adecuada, los métodos existentes no son tan exactos, el cálculo aplicado para la obtención de la curva de carga del sistema es muy extensa y engorrosa el Banco de Bomba Maestra ahorra ese proceso al obtener las mediciones adecuadas tanto del fujómetro como del manómetro se obtiene los puntos exactos por donde será trazada la curva de carga de todo el sistema ,gracias

a que el caudal de la bomba empleada es regulable, se utiliza métodos de trazado de curvas para comprobar los valores encontrados en la experimentación.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Banco de bomba maestra.

2.5.2. Campo de acción

Diseño de un banco de pruebas de bomba maestra para obtener la curva de cargas de la red de riego ramificada.

2.6. Situación Problémica y problema.

2.6.1. Situación Problémica

Los Ingenieros, técnicos y personas a nivel nacional en Ecuador que se dedican a los sistemas de riego necesitan dimensionar la curva de cargas de la red para posteriormente seleccionar la bomba centrífuga para mover el agua de un punto hacia otros, encontrándose en la red con varias ramificaciones, ellos deben realizar los estudios pertinentes para obtener la curva de cargas de la red y seleccionar la bomba centrífuga, tomándose mucho tiempo en realizar el cálculo ya que es extenso, llegando a veces a perder recursos económicos por fallas en el cálculo o por realizar el dimensionamiento de forma empírica ,todo esto ya que no se ha probado un método experimental.

Obtener la curva de carga de un sistema ramificado de aspersión y su posterior dimensionamiento de una bomba centrífuga es complicado ya que los cálculos y criterios de selección son varios, se realizan cómputos demasiado extensos para determinar varios parámetros y el método no es muy exacto para la selección de la bomba, perdiendo tiempo y recursos económicos. Varias situaciones se toman en cuenta, fundamentalmente en las variables de diseño hidráulico como es la velocidad específica (N_s), velocidad de succión (N_{ss}), altura neta positiva de succión (NPSH) y su margen, declive de elevación de la altura (HRTSO) y eficiencia de la bomba, además de varias consideraciones mecánicas también son tratadas.

Cuando se requiere dimensionar la curva de cargas de la red y seleccionar una bomba centrífuga entre las innumerables opciones disponibles puede ser un proceso dificultoso y tedioso, pero la decisión debe tomarse. Diversos factores tales como el flujo requerido, la altura diferencial, las

condiciones de succión, etc. Deben considerarse frente a los costos de capital y el costo de la energía para la bomba considerada. Para determinar la bomba correcta, debe considerarse el costo total de propiedad, que incluye el costo de capital, los costos operativos y el costo de mantenimiento.

2.6.2. Problema de Investigación

Complejidad en los cálculos para obtener la curva de cargas de la red en sistemas de riego ramificados y el método no es muy exacto para su posterior selección de la bomba centrífuga adecuada.

2.7. Hipótesis o formulación de pregunta científica

Con el diseño del banco de bomba maestra se agilizará la obtención de la curva de cargas del sistema ramificado de aspersión y la posterior selección de la bomba centrífuga, pues se automatizará el proceso de recolección de datos (presión y caudal), realizando una comparativa entre la curva calculada y la curva de experimentación.

2.8. OBJETIVOS

2.8.1. Objetivo General

- Diseñar un prototipo de banco de bomba maestra mediante un análisis tipo experimental, para obtener las curvas de carga en sistemas ramificados.

2.8.2. Objetivos Específicos

- Considerar una adecuada eficiencia de la bomba maestra para satisfacer las necesidades de los invernaderos y trayectorias, seleccionando la bomba adecuada.
- Simular una configuración hidráulica en la bomba maestra que permita realizar la experimentación en las diferentes trayectorias obteniendo la curva de la red.
- Interpretar el análisis de resultados experimentales obtenidos en las diferentes trayectorias con la bomba maestra a distintas etapas de restricción de caudal equilibrando a la red.

2.9. ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.

Objetivos Específicos	Actividad (tarea)	Resultado de la Actividad	Medios de verificación
Objetivo 1	<p>Recopilación de información acerca de bombas centrífugas y parámetros para la variación de su velocidad.</p> <p>Analizar qué clase de bomba, será la adecuada para ser implementada en el banco de bomba maestra.</p> <p>Verificar el funcionamiento de la bomba seleccionada, para su aplicación al banco.</p>	Características de las bombas centrífugas para bancos de pruebas	Teoría investigada
Objetivo 2	Implementar el banco de bomba maestra con la bomba seleccionada, adaptando un flujómetro y manómetro electrónico que posteriormente será conectado a un arduino para la recolección de datos.	Armado del banco de bomba maestra y conexión a la red para obtener los punto por donde se trazaran las curvas.	El Banco de bomba maestra

	Conectar el banco de bomba maestra a la red y variar la velocidad de la misma para mediante puntos poder obtener la curva de carga del sistema ramificado.		
Objetivo 3	<p>Analizar la curva de carga del sistema con la velocidad variada.</p> <p>Verificar la resistencia total del sistema.</p> <p>Con todos los parámetros obtenidos seleccionar la bomba adecuada para todo el sistema ramificado</p>	Obtención de las curvas entre caudal y presión a distintas velocidades	Datos técnicos de la bomba adecuada para la red.

3. MARCO TEÓRICO.

La presente investigación tiene como objetivo dar el conocimiento necesario para el “Diseño de un banco de bomba maestra para la obtención de la curva de cargas en sistemas de riego”, como parte de la investigación se detalló un proyecto de banco de bomba y situaciones que se presentan en sistemas ramificados de tuberías para riego de agua, así como también se detalla sobre los dispositivos electrónicos que sirven para realizar las mediciones necesarias en tuberías y su visualización, con el fin de demostrar un conocimiento conciso de las características del banco de bomba maestra.

3.1. Antecedentes Investigativos.

3.1.1. Obtención de las curvas de la bomba y sistema, para encontrar el punto de operación entre la interacción bomba – sistema, en un banco de pruebas para bombas centrífugas.

El presente documento indica cómo obtener la curva de la bomba y sistema del banco de pruebas de bombas centrífugas en el laboratorio de REDES DIGITALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE LATACUNGA, y a partir de ellas encontrar el punto de operación entre la bomba y el sistema.

El banco de pruebas de bombas centrífugas, posee dos paneles, el panel lateral en donde se realizan las conexiones y el panel frontal donde se ubican el PLC, una TOUCH Panel, dos transmisores de presión y un puerto para comunicación Ethernet. Como parte de la estructura tiene también una bomba centrífuga, una tubería, en la cual se ubican los sensores de presión y caudal con su transmisor, que sale y entra a un tanque de agua.

Los sensores ubicados para la obtención de los datos para el banco de pruebas de bombas centrífugas son: el sensor de flujo de paletas y los sensores de presión manométrica. Los sensores están acoplados a los transmisores industriales para obtener señales estándar de corriente. El sensor de flujo de paletas se requiere para medir la variable caudal que circula a través de la tubería y los datos obtenidos y enviados por el transmisor son empleados en la construcción de la curva de la bomba, curva del sistema y monitoreo de la variable caudal.

Los sensores de presión se los requiere para medir la presión que existe a la succión y a la impulsión del caudal en la bomba centrífuga, los datos se los utiliza para la construcción de la curva de la bomba ya que la altura total se tiene en función de la diferencia de presiones de la impulsión y la succión. La curva de la bomba describe el funcionamiento de la bomba centrífuga durante su operación. La altura total entregada por la bomba disminuye a medida que el caudal aumenta. [1]



Figura 3.1. Banco de Pruebas bombas centrifugas ESPE.

Fuente: [1]

3.2 Sistema de tuberías.

Entre la forma más común y normal de mover fluidos de un lugar a otro es moverlos a través de un sistema de tuberías. Las tuberías circulares de diferentes diámetros son las más usadas, ya que por su perfil ofrece una buena resistencia estructural y también mayor sección transversal para el perímetro exterior.

El análisis del flujo de agua en sistemas de tuberías es una de las situaciones más comunes en la mecánica de fluidos, ya que en las actividades humanas diarias es común el uso de tuberías. Por ejemplo la distribución de agua en los hogares, sistemas de riego el transporte del fluido necesita de la elaboración de sistemas de redes de distribución que pueden dividirse en algunos tipos: tuberías en serie, tuberías en paralelo, tuberías ramificadas y redes de tuberías.

En las tuberías sus sistemas están compuestos por tramos de tuberías y componentes para su correcto funcionamiento pero en cualquiera de estos sistemas de tuberías se pueden presentar problemas hidráulicos como son los cálculos de pérdidas de carga, se trata de llegar a sistemas exactos determinados que partir de varios datos se tiene aparentemente con absoluta seguridad n incógnitas para n ecuaciones. [2]

3.2.1. Sistemas de tubería sencillos.

Están compuesto por una tubería única instalada en un extremo de aguas arriba de un depósito o por una bomba de descarga que viaja hacia a otro depósito o a la atmósfera. La tubería tiene una longitud determinada y situaciones que producen pérdidas de energía. [2]

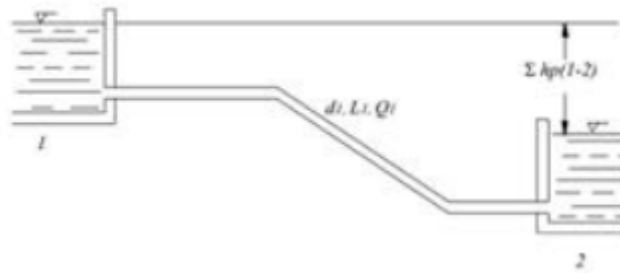


Figura 3.2. Sistema de tubería sencillo.

Fuente: [2]

3.2.2. Tuberías en serie.

Se describe las tuberías en serie cuando el fluido debe viajar desde un punto hacia otro por un solo camino tramo de tubería. En la figura 3.2 se cumplen la ley en que los caudales son los propios o idénticos para cada uno de los tramos de tubería.

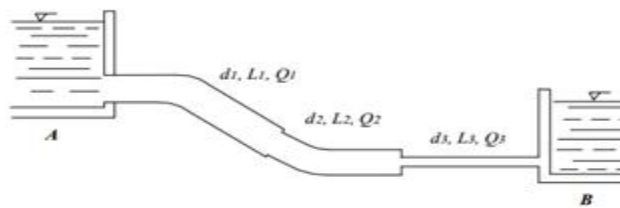


Figura 3.2 Sistema de tubería en serie

Fuente: [2]

3.2.4. Tuberías en Paralelo.

Se habla de tuberías paralelo cuando se establecen varios caminos para llevar el fluido de un punto a otro. Como en el ejemplo de la figura: En este caso se cumplen las leyes siguientes: El caudal total será igual a la suma de los caudales de cada rama. [2]

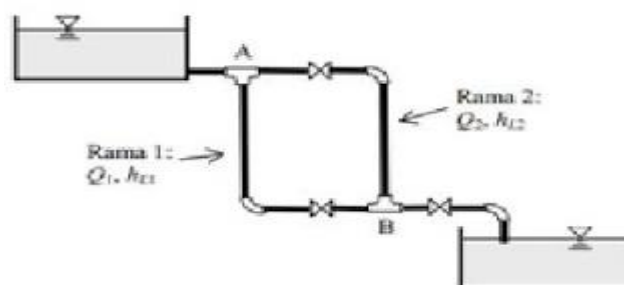


Figura 3.3. Sistemas de tuberías en paralelo.

Fuente: [2]

3.2.5. Tuberías ramificadas.

Se habla de tuberías ramificadas cuando el fluido se lleva de un punto a varios puntos diferentes. Este caso se presenta en la mayoría de los sistemas de distribución de fluido, por ejemplo una red de tuberías de agua en una vivienda, como el ejemplo de la figura. En este caso el sistema de tuberías se subdivide en ramas o tramos, que parten de un nodo hasta el nodo siguiente. Los nodos se producen en todos los puntos donde la tubería se subdivide en dos o más, pudiéndose añadir nodos adicionales en los cambios de sección para facilitar el cálculo. En este caso para cada nodo se cumple la ecuación de continuidad. [2]

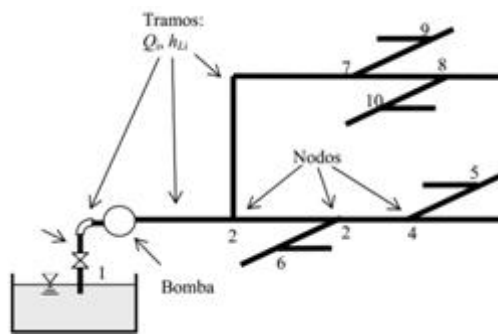


Figura 3.4. Sistema de tuberías ramificadas.

Fuente: [2]

3.2.6. Sistema de tuberías en mallas.

Se habla de redes de tuberías porque el fluido se traslada de un punto hacia diversos tramos o puntos a través de varias tuberías. Esta configuración es común en sistemas de irrigación, en donde se existen ramificaciones complejas formándose mallas. Este sistema posee la capacidad de poder realizar reparaciones o mantenimientos en algún sector o parte del sistema sin tener que interrumpir la descarga del líquido. [2]

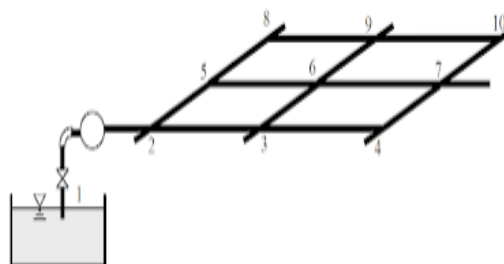


Figura 3.5. Sistema de tuberías en mallas.

Fuente: [2]

3.3. Sistemas de Riego.

Los sistemas de riego tienen muchas ventajas que ayudan a racionalizar el agua disponible. Cualquier sistema para riego debe estar en estudio previo para verificar si es el más correcto, tomando varios aspectos como de vegetación, la forma de distribuir el agua en los ramales, para tener la mejor utilidad.

Ahora existen muchos y diferentes sistemas de riego, estos se encuentran en permanente supervisión, ya que es una tecnología joven que ha ido avanzando al igual que nuestra. Las zonas verdes han dejado de ser un lujo ahora es una necesidad y el riego es la principal opción para mantenerlas. [3]

3.3.1. Red general de riego.

Las redes de riego se componen de varios tramos de canalizaciones o tuberías. **Primario:** Va desde el medidor de caudal hasta las puntas de descarga. Se compone de: bocas codos, válvulas, electroválvulas y llaves. **Secundario:** Se encuentra entre las válvulas, electroválvulas y los mecanismos que ayudan a la distribución del agua como son los aspersores y difusores.

Distribuidores de agua. Elementos destinados a distribuir el agua de acuerdo con una pluviometría predeterminada: aspersores, difusores, bocas de riego, goteros, etc. La presión de red se obtiene de la red general de la ciudad pero también es frecuente usar las bombas de depósitos, albercas o estanques. [3]

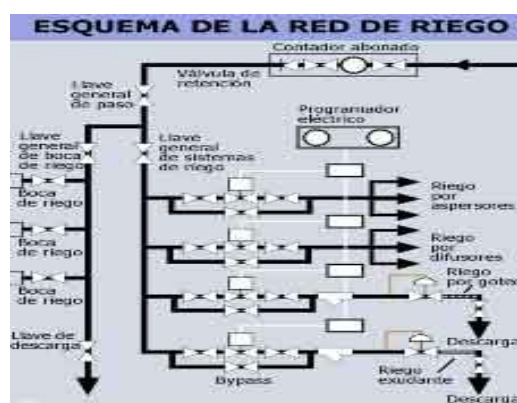


Figura 3.6. Esquema de la red de riego

Fuente: [3]

3.3.2 Riegos por aspersión.

Este método, de uso general, se aplica sobre grandes superficies lanzando un gran volumen de agua controlada y uniforme en forma de lluvia. Por lo general, actúa cubriendo toda el área y es muy adecuado para automatizar la operación. De entrada, deben distinguirse dos tipos de riego. [3]

3.3.4. Riego con aspersores.

El reparto de agua se efectúa de acuerdo con una pluviometría prefijada, y es un sistema idóneo para superficies geoméricamente regulares y de una amplitud considerable. Los principales tipos de aspersores son: Aspersor de impacto y aspersor de turbina. Según la presión de funcionamiento, los aspersores pueden catalogarse en: Baja presión, con presiones de hasta 1.5 kg/cm² y radios de alcance hasta 12 metros; media presión, presiones entre 1,5 y 4,5 kg/cm² y radios de alcance de entre 12 y 25 metros; y alta presión, presiones superiores a 4,5 kg/cm² y radios de alcance de hasta 60 metros. Desde el punto de vista técnico existen otros aspectos que afectan de diversa forma a la idoneidad de un aspersor. Entre estos destacan la uniformidad en la velocidad de rotación, el ángulo y disposición de la tobera o toberas, la altura de la trayectoria, la uniformidad de distribución, el tamaño de las gotas, etc. Respecto al área que los aspersores humedecen se pueden catalogar en: Circulares y sectoriales. Por último, los aspersores se catalogan según sus posiciones de instalación: Aéreos, los que se sitúan sobre la superficie del suelo, y emergentes: los que se instalan enterrados y protegidos por una carcasa. [3]



Figura 3.7. Riego con aspersores

Fuente: [3]

3.3.5. Riego con difusores

Distribuye el agua en forma de pequeñas gotas. La difusión del agua se realiza a través del aire, siendo nula la participación del suelo en estos riegos. El difusor más utilizado es el emergente, que reparte el agua en zonas ajardinadas, plantaciones de césped o arbustos pequeños.[3]

3.4. Pérdida de cargas en tuberías

La pérdida de carga en tramos tuberías sucede cuando la pérdida de presión en el fluido al producirse rozamiento entre los fragmentos del fluido y las paredes de la tubería, y por trabas en el flujo. El líquido pierde fuerza, por el rozamiento continuo entre la tubería y con el estregón que sucede mientras el líquido fluye por los accesorios o dispositivos, que estarán catalogados como trabas en el flujo. Dichas trabas pueden ser, la propia tubería por donde circula el líquido, válvulas, derivaciones, etc. [4]

3.4.1. Factores de los que depende la pérdida de carga en tuberías

- La sección: a menor sección mayor pérdida de carga.
- La longitud: a mayor longitud mayor pérdida de carga.
- El caudal que circula: a mayor caudal mayor pérdida de carga.
- El material: Cuando más rugoso es el material mayor es la pérdida de carga.
- El tipo de fluido: según el fluido y su densidad tendremos valores distintos. [5]

3.4.2. Tipos de pérdidas de cargas en tuberías

Existen dos partes de pérdidas de carga: pérdida de carga por fricción, también conocidas como pérdida lineal o continua, y pérdida de carga localizada, conocidas como pérdida singular o en accesorios. [5]

3.4.3. Pérdidas continuas

Son las que ocurren por los rozamientos del fluido con las tuberías y dependen de parámetros como longitud y rugosidad de la tubería, y la velocidad, viscosidad o densidad del fluido. Muchos fabricantes de tuberías tienen a su disposición tablas con las pérdidas de carga y la relación entre pérdida y caudal (expresado en litros/hora). Sin duda facilita el trabajo para el dimensionado de la instalación. Los expertos toman mayor importancia a las pérdidas continuas, y si las pérdidas localizadas no superan el 5% de las totales suelen despreciarse. [5]

3.4.5. Pérdidas localizadas

Son las causadas por el cambio de movimiento que experimenta el fluido cuando cambia de dirección. Se les conoce también como pérdidas en accesorios, accidentales o singulares. A diferencia de la pérdida continua, no son causadas por la fricción, sino por fenómenos de

turbulencia originados en puntos específicos de los sistemas de tuberías. Estos puntos pueden ser: válvulas, codos, cambios de dirección, juntas, derivaciones, etc.

Además de las pérdidas de carga lineales (a lo largo de los conductos), también se producen pérdidas de carga singulares en puntos concretos como codos, ramificaciones, válvulas, etc. [5]

3.4.6. Dimensionado de las instalaciones, calcular la pérdida de carga

Los ingenieros encargados de dimensionar y calcular las instalaciones hidráulicas consideran tres aspectos fundamentales: la resistencia mecánica, las pérdidas de carga y el presupuesto. El tramo de conducción con mayor longitud, o con mayores obstáculos o de variación de altura geométrica será el tramo considera más desfavorable del circuito. Será el punto de partida del dimensionado y del cálculo de la pérdida de carga. En redes de abastecimiento de agua (en otras redes cambia).

Es así que el éxito de una instalación de agua cuenta con una buena presión del servicio con el menor coste energético gracias a la reducción a la expresión mínima de las pérdidas de carga. Aunque en el sistema reducimos la pérdida de presión óptima, se entiende que la circulación del flujo en las conducciones existe conjuntamente con las pérdidas de carga. Son estas las que nos determinan los caudales circulantes en función de los desniveles y variantes.

Para calcular la pérdida de carga en tuberías, históricamente se han utilizado distintas herramientas matemáticas. Existen Ecuaciones son las más utilizadas por la ingeniería hidráulica para expresar la pérdida continua en tubería. [5]

3.4.6.1. Ecuación de Darcy – Weisbach

Es una de las que mejor funcionan y es recomendada en muchos manuales especializados en el tema. La expresión general contiene el factor de fricción de la interacción tubo y fluido, la longitud de la conducción expresada en m, diámetro de conducción y la velocidad del agua A lo largo de la historia se desarrollaron otras expresiones para la pérdida de carga, como la ecuación de Colebrook-White, la fórmula de Hazen-Williams, la expresión de Manning, etc. Dichas fórmulas fueron agrupándose para determinar el llamado factor de fricción. [5]

3.4.6.2. Factor de fricción

Se utiliza para calcular el coeficiente de pérdida de carga debido a la fricción según el régimen de flujo: laminar o turbulento. Si el régimen es turbulento, la estimación es fácil de hacer, sin embargo, cuando es turbulento es difícil de estimar por lo que se recurre a otras fórmulas. Entre ellas, se encuentra la expresión de Darcy, que es una de las más utilizadas. [5]

3.4.6.3. Ábaco de Moodz

Podemos entender este diagrama como la expresión gráfica del factor de fricción y es donde se representan todos los valores para determinarlo según el número de Reynolds y la rugosidad relativa. En su momento supone un gran avance para los ingenieros al poder estimar de manera sencilla el factor de fricción. [5]

3.4.6.4. Herramienta EPANET

Epanet es un programa de computador libre, diseñado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, donde se hace simulaciones de la conducta hidráulica y de la calidad del agua que cruza por las tuberías a presión. Está hecho este programa, para el uso en sistemas de repartición de agua potable, por lo general puede ser empleado en el análisis del fluido que circula a presión.

El software permite imitar el progreso del flujo del agua en los tramos, la presión ejercida sobre los nudos de consumo, verificar el nivel del agua en los tanques y de la densidad de alguna sustancia en el sistema de distribución en algún periodo de simulación. Puede también calcular el tiempo que pasa el agua en la red y su movimiento desde los distintos puntos de consumo.

En el programa se puede realizar análisis hidráulicos en ramificaciones de tuberías a partir de los datos físicos de las tuberías y la dinámica en los nudos de consumo, para obtener la presión y los caudales. También, EPANET puede realizar el análisis de calidad de agua, lo cual es posible calcular el tiempo de movimiento del fluido desde los embalses, hasta cada uno de los nodos del sistema. [5]

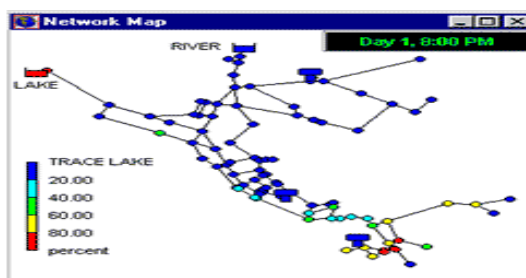


Figura 3.8. Software Epanet

Fuente: [5]

3.5. Uso de bombas centrífugas para sistemas de riego

Una bomba centrífuga es una clasificación de bomba hidráulica, la que permite transformar la energía mecánica de un impulsor que se encuentra al interior de la bomba y transmite al rodete en energía de movimiento y de presión de un fluido. Por lo que la bomba centrífuga convierte energía mecánica a energía hidráulica. La máquina que se usa para trasladar líquidos con la energía hidráulica generada es la bomba centrífuga. Usualmente son utilizadas para provocar que una corriente de agua fluya través de un conducto o tubería. [6]

3.5.1. Funcionamiento Bomba centrífuga

Para que una bomba centrífuga funciones existen algunos pasos: primero, el fluido entra por el impulsor de la máquina. Éste está diseñado por una paleta curva que es el álabe el cual sirve para mover el fluido. Posteriormente gracias a la fuerza centrífuga que se produce en el interior de la bomba, el fluido es expulsado hacia afuera, donde este es recogido por la carcasa de la bomba. Por último, gracias a la morfología de la maquinaria, el líquido es conducido hacia la tubería de descarga. [6]

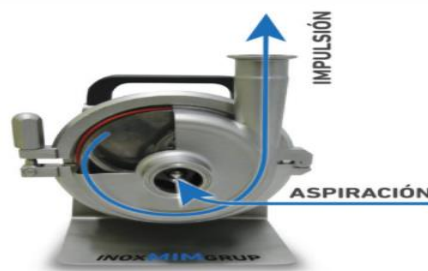


Figura 3.9. Bomba centrífuga

Fuente: [6]

3.5.2. Motobomba.

El motor de combustión a gasolina de una bomba de agua es el encargado de generar la fuerza necesaria de movimiento que es transmitido a través del eje o toma fuerza principal hacia una bomba centrífuga que aprovecha el movimiento de rotación de un impulsor con álabe (el álabe es el diseño o dientes que sobresalen en el impulsor), éste puede ser abierto (mayor caudal) o cerrado (mayor presión) según el tipo de bomba, transportando hacia afuera el líquido que se succiona. [7]



Fig. 3.10. Motobomba

Fuente: [7]

3.6. Software para diseño de circuitos electrónicos y placas impresas

En el diseño de circuitos electrónicos existen varios programas que ofrecen muchas funcionalidades, existe una variedad de estos softwares como son: Multisim, Proteus, Circuit Maker, Live Wire, etc. Todos estos son programas de simulación de circuitos electrónicos, donde se diseña el circuito con sus respectivos componentes y se logra ver su correcto funcionamiento, todos estos vienen acompañados de un software que nos permite diseñar el PCB o printed circuit board, que es una tarjeta de circuito impreso el cual conecta a los elementos electrónicos con pistas o caminos de cobre, para que este funcione como se desea. [8]

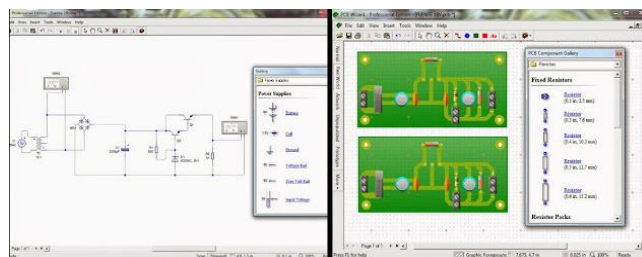


Figura 3.11. Software Live Wire y PCB Wizard

Fuente: [8]

3.7. Caudalímetro o medidores de flujo electrónico.

Un caudalímetro es un sensor que permite medir la cantidad de agua que pasa por una tubería el mismo que se puede enlazar a un procesador o microcontrolador ya sea un plc, pic, raspberry o arduino, mediante una programación y artificios matemáticos para obtener la medición del sensor. El nombre del caudalímetro descende de la palabra, que hace correlación entre las magnitudes de volumen y tiempo. Las unidades que se encuentran en el sistema internacional

son m^3/s , otras unidades comunes son l/s y l/min. El caudal depende de diversas situaciones, principalmente de las características de la tubería y la presión de salida. [9]

3.7.1. Funcionamiento caudalímetro o fujómetro

Un sensor de flujo es un dispositivo para la medición de caudal o consumo volumétrico de un fluido. El caudal es el volumen de líquido que circula a través de un tramo de tubería por la unidad de tiempo, que esta expresada en: litros por minutos (l/m), litros por hora (l/h), metros cúbicos por hora (m^3/h). Los flujómetros se instalan directamente en la tubería que mueve el fluido. También los suelen llamar medidores, sensores de caudal y flujómetros.

Los caudalímetros están compuestos por una carcasa plástica y un rotor con aspas en el interior. Al moverse el fluido en el interior, el caudal hace mover circularmente el rotor. La velocidad a la que gira se determina con un imán que se encuentra montado en el rotor y que es detectado mediante un sensor hall que se encuentra en la parte externa de la carcasa. Por lo que ninguna parte eléctrica está expuesta con el fluido. La salida del sensor proporciona una onda cuadrada cuya frecuencia es directamente proporcional al caudal que se encuentre cruzando.

El factor K de conversión entre frecuencia (Hz) y caudal (L/min) depende de los parámetros constructivos del sensor. El fabricante proporciona un valor de referencia en sus Datasheet. No obstante, la constante K depende de cada caudalímetro. Con el valor de referencia podemos tener una precisión de $\pm 10\%$. Si queremos una precisión superior deberemos realizar un ensayo para calibrar el caudalímetro. [10]

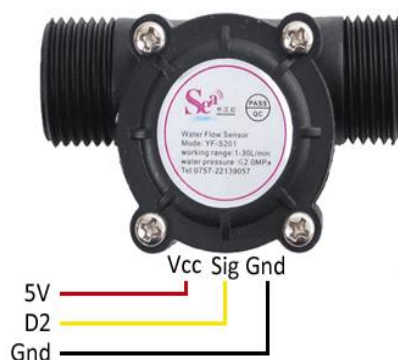


Fig. 3.12. Caudalímetro o Fujómetro

Fuente: [10]

3.8. Medidor de presión electrónico

Un sensor de presión es un elemento que puede medir la presión de líquidos o gases como finalidad tiene transformar una magnitud física en una eléctrica, los sensores transforman una fuerza por unidad de superficie en un voltaje equivalente a esa presión ejercida. Se caracterizan principalmente por su robustez, ya que en procesos industriales están a constante de trabajo con líquidos, los rangos de medida y precisión pueden variar dependiendo de la aplicación.

La señal de salida de este sensor se la toma como lectura mediante un procesador o microcontrolador, pic, plc, arduino o raspberry en el cual se puede calibrar la lectura además de tomarla como dato, tiene una rosca para acoplar a la tubería la cual puede varias dependiendo la robustez y el fabricante del sensor. [11]

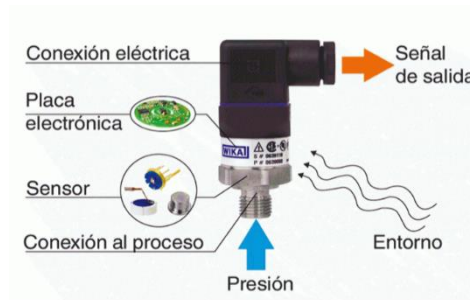


Fig. 3.12. Medidor de presión Electrónico

Fuente: [11]

3.9. Arduino

El hardware de Arduino consiste en una placa con un microcontrolador generalmente Atmel AVR con puertos de comunicación y puertos de entrada/salida. Con Arduino es posible automatizar cualquier cosa para hacer agentes autónomos. Los microprocesadores más usados en las plataformas Arduino son de la serie Atmega por su versatilidad, pero se está modificando a microcontroladores Atmel con componentes ARM de muchos más bits y también se está incluyendo a microcontroladores de Intel. El arduino se puede usar para elaborar trabajos autónomos, conectándose a varios módulos e interactuar tanto en la parte del hardware como con el software. [12]

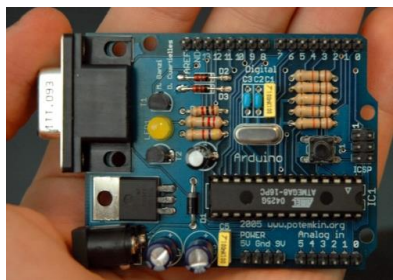


Figura 3.13. Arduino

Fuente: [12]

3.10. Solid Works.

Solid Works es un programa de diseño en CAD asistido por computador que sirve para realizar ensambles con piezas en 3D Y 2D. El software ofrece múltiples alternativas de trabajo, para definir todos los aspectos mecánicos del producto. El programa ofrece la facilidad de: simular, fabricar, diseñar, publicar y una gestión de datos del producto. [13]

3.11. Normalización

3.11.1. NORMA MEXICANA NMX-O-177-SCFI-2011 LINEAMIENTOS GENERALES PARA PROYECTOS DE SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO

Esta norma mexicana habla sobre los lineamientos y parámetros mínimos que deben tener un proyecto de sistema de riego con bomba centrífuga y de esta manera debe facilitar su revisión y propicie una correcta construcción y operación.

3.11.2. Tubería y plomería

En la tubería de plomería y sus adaptaciones obedecen a las siguientes normativas:

Norma INEN 1 366. Esta norma indica el sistema de clasificación en series de acuerdo con presión, diámetros y espesor de pared nominales para tubos de un PVC.

INEN 1 328: Esta norma determina los diámetros y las dimensiones básicas de los accesorios de PVC rígido con campana simple, para uniones por cementado solvente con tubos de PVC rígido para presión.

3.11. 3. Norma básica del sistema de riego

Según el riego.com (todo el riego en internet desde 1990) a partir del origen del sector, la tubería que alimentara a los aparatos de riego será de un total de 6 ATM. Ya que soportara la presión dinámica.

La norma fundamental del riego nos dice que la pérdida de carga en el ramal más el desnivel existente entre el primero y último aparato de riego (o derivación) de dicho ramal no debe

superar el 20% de la presión de trabajo del aparato de riego y que el menor diámetro para un difusor será de 20 mm, y siendo el caso de aspersores de 25 mm.

3.11.4. Normas de válvulas para sistemas de abastecimiento y riego

Según los catedráticos de Ingeniería Hidráulica de la (Universidad Politécnica de Valencia) Las válvulas solo representan entre un 5 y un 10 % del coste de implementación de una red de distribución de agua a presión. Son el elemento principal para el control de dichas instalaciones y una de las herramientas sobre las que se realizara su automatización.

Se puede también adoptar la norma española (AENOR):

-AEN/CNT19/SC3 “Valvulería”

-AEN/CTN68/SC2 “Riego”

3.11.5. Norma ISO 9001 para sistemas electrónicos

Esta norma sirve como sistema de gestión electrónico durante actividades de fabricación, prueba, empaque y otras actividades, ayudando a empresas a reducir el riesgo de pérdida de productos o piezas, mejorando la calidad general y la eficiencia de la producción dirigiéndose a una mejor eficiencia con aparatos electrónicos.

3.11.6. Normas para medidores electrónicos de flujo (Flujómetro)

El 21 de Septiembre del 2019 entra en vigor la norma NMX-AA-179-SCFI-2018, la norma se refiere a la MEDICIÓN DE VOLÚMENES DE AGUAS NACIONALES USADOS, EXPLOTADOS O APROVECHADOS. Esta norma es aplicable para reservorios de agua y la forma en la que se obtiene la medición y su transmisión de datos.

3.11.7. (Arduino) más que una norma fue creada bajo una licencia

De origen Italiano fue creado como un software de microcontroladores y microprocesadores en una placa digital para diferentes funciones entre ellas el lenguaje de programación que permiten establecer lenguajes de programación y conexión con diversos controladores. La placa tiene 14 pines digitales, 6 pines analógicos programables.

4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO

El proceso para el diseño del banco de bomba maestra, está relacionado con fórmulas y procedimientos de obtención de características del equipo de bombeo además de parámetros establecidos para la obtención de la curva de carga en sistemas de riego.

4.1. Procedimientos metodológicos para obtener las características operacionales de los equipos de bombeo.

Los métodos y modelos matemáticos tratados adolecen de no considerar los efectos de la regulación y reología del fluido sobre las características operacionales de los equipos de bombeo; por lo que se hace necesaria una serie de consideraciones y formulaciones físicas y matemáticas en relación con las características operacionales de los equipos de bombeo.

Las bombas centrifugas que operan a velocidad constante, pueden descargar cualquier capacidad desde cero hasta un valor máximo que depende del tamaño, diseño y condiciones de succión (Karassik y Carter, 1968). Diversos autores como Bienvenido (1973), Turiño (1994) y Turro (2002), coinciden en establecer el siguiente modelo para la característica de carga-flujo de las bombas centrifugas a velocidad de giro constante.

$$H = a + b \cdot Q - c \cdot Q^2 \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Donde a, b y c son coeficientes que se pueden obtener de análisis de la curva característica suministrada por el fabricante.

Santos y Martín (1999) a partir de un análisis estadístico de la forma de la característica de trabajo de un equipo de bombeo de tipo centrífugo, obtiene modelos que recalculan los coeficientes a, b y c de la ecuación (2.16) con la velocidad específica con un nivel de confianza de un 95 %. Donde:

$$a = 0,875 \cdot H_D + 0,002396 \cdot H_D \cdot N_S \quad \text{Ec. (4.2)}$$

$$b = 0,748 \cdot \frac{N_D}{Q_D} + 0,00315 \cdot \frac{N_D}{Q_D} \cdot N_S \quad \text{Ec. (4.3)}$$

$$c = 0,2878 \cdot \frac{H_D}{Q_{D^2}} \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Donde:

N_S - velocidad específica; Rev/min

Q_D - caudal de diseño; m^3/h

H_D - altura de diseño; (m)

N_D - potencia de diseño de la bomba; (kw)

4.2. Cavitación en bombas centrífugas

Con la siguiente metodología de cálculo se determinará si la bomba objeto de estudio está trabajando bajo un régimen cavitacional.

El parámetro $(NPSH)_D$ debe ser comparado contra él $(NPSH)_R$, el cual está determinado por las características del tramo de succión del sistema y se puede mejorar aumentando el diámetro de la tubería de succión, mejorando la calidad de la tubería, reduciendo la distancia de la tubería de succión y la cantidad de accesorios. Todo lo anterior con el fin de garantizar que $(NPSH)_d \geq (NPSH)_r$.

Altura neta positiva en la succión disponible

Se denomina NPSH (altura neta positiva en la succión) a la diferencia entre la presión del líquido a bombear referida al eje del impulsor y la tensión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo (es la presión del líquido que a esa temperatura, se halla en equilibrio con su presión de vapor en un depósito cerrado). Se deben conocer y combinar en cada caso el NPSH disponible $(NPSH)_D$ de la instalación y el NPSH requerido $(NPSH)_R$ por la bomba.

El $(NPSH)_D$ es en función de la instalación independiente del tipo de bomba.

$$(NPSH)_d = \frac{P_{atm}}{\gamma} + H_{succ} - \sum h - H_t; [m] \quad \text{Ec. (4.5)}$$

Donde:

P_{atm} - presión atmosférica; (Pa).

H_t - presión de vapor del agua; (m).

γ - peso específico; (N/m^3)

$\sum h$ - pérdidas en la succión; (m).

Las pérdidas en la succión se calculan empleando la ecuación 4.6.

$$\sum h = \left(\frac{\gamma_t \cdot l_t}{d_{tub}} + \sum \xi_{succ} \right) \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot g} \quad \text{Ec. (4.6)}$$

Altura neta positiva en la succión requerida.

El $(NPSH)_R$: es un dato básico y característico de la bomba, varía según el modelo, tamaño y

condiciones de servicio, recomendada en los datos que facilita el fabricante.

Para la evaluación de la calidad del diseño, de la fabricación o de la confiabilidad de los datos técnicos referentes a la aspiración, es importante la determinación del $(NPSH)_R$, el cual se calcula por la expresión.

$$(NPSH)_R = 10 \cdot \left(\frac{n\sqrt{Q}}{C}\right)^{3/4}; [m] \quad \text{Ec. (4.7)}$$

Donde:

C - coeficiente de velocidad específica en la succión; (rev/min)

En el diseño de nuevas máquinas el valor del coeficiente de velocidad específica en la succión se determina mediante cálculo y posteriormente se comprueba con los ensayos correspondientes. En la práctica el coeficiente puede ser afectado por deficiencias del proyecto o de su ejecución. Para la realización de un análisis que permita una evaluación práctica y rápida de una bomba, el coeficiente de velocidad específica en la succión se obtuvo en función de la velocidad específica, $(C = f(n_s))$. Su valor corresponde a las siguientes correlaciones empíricas:

- Bombas con el rodete en voladizo:

$$C = 880 \log n_s^{3/4} \quad \text{Ec. (4.8)}$$

- Bombas con el rodete entre apoyos:

$$C = 800 \log n_s^{3/4} \quad \text{Ec. (4.9)}$$

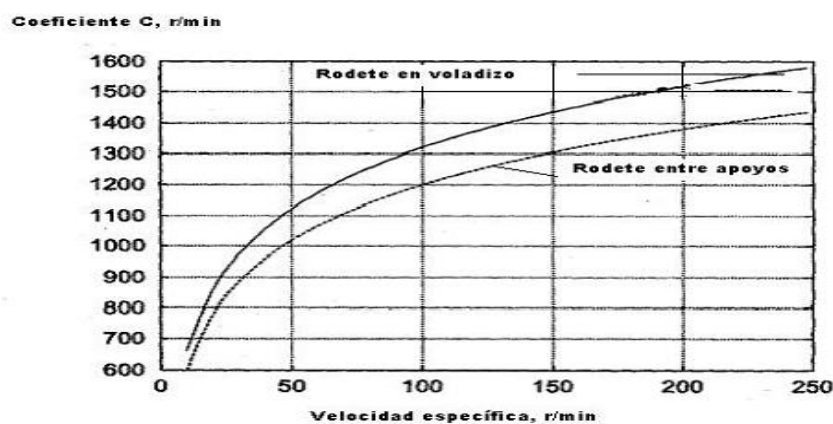


Figura 4.1. Coeficiente de velocidad específica de aspiración.

Fuente: [14]

- Bombas con el rotor en voladizo.
- Bombas con el rotor entre apoyos.

4.3. Velocidad específica

Es un coeficiente basado en los criterios de semejanza que caracteriza las máquinas de flujo comparándolas con una máquina hipotética que entrega un gasto de $0,075 \text{ m}^3/\text{s}$ con una carga de 1 m a su máxima eficiencia.

La velocidad específica se calcula a partir del caudal y la carga que corresponde al máximo rendimiento de la máquina o por los parámetros nominales de la misma.

Según sea la velocidad específica o característica n_s , las bombas centrífugas y otras de paletas, semejantes a estas, se dividen en los siguientes tipos:

- lentas: $n_s \leq 80$; $\frac{D_2}{D_1} = 2.2 - 3.5$
- normales: $n_s = 80 - 150$; $\frac{D_2}{D_1} = 2.2 - 1.8$
- rápidas: $n_s = 150 - 300$; $\frac{D_2}{D_1} = 1.8 - 1.3$
- diagonales o helicoidales: $n_s = 300 - 600$; $\frac{D_2}{D_1} = 1.3 - 1.1$
- axiales o de hélice: $n_s = 600 - 1200$; $\frac{D_2}{D_1} = 1$

De tal forma, la velocidad específica se calcula empleando la ecuación 4.10

$$n_s = 3.56 \cdot \frac{n\sqrt{Q}}{(H_{succ})^{3/4}} \quad \text{Ec.}$$

(4.10)

Donde:

n - número de revoluciones; (rev/min).

H_{succ} - altura de succión; (m).

Q - caudal o gasto del fluido; (m^3/s).

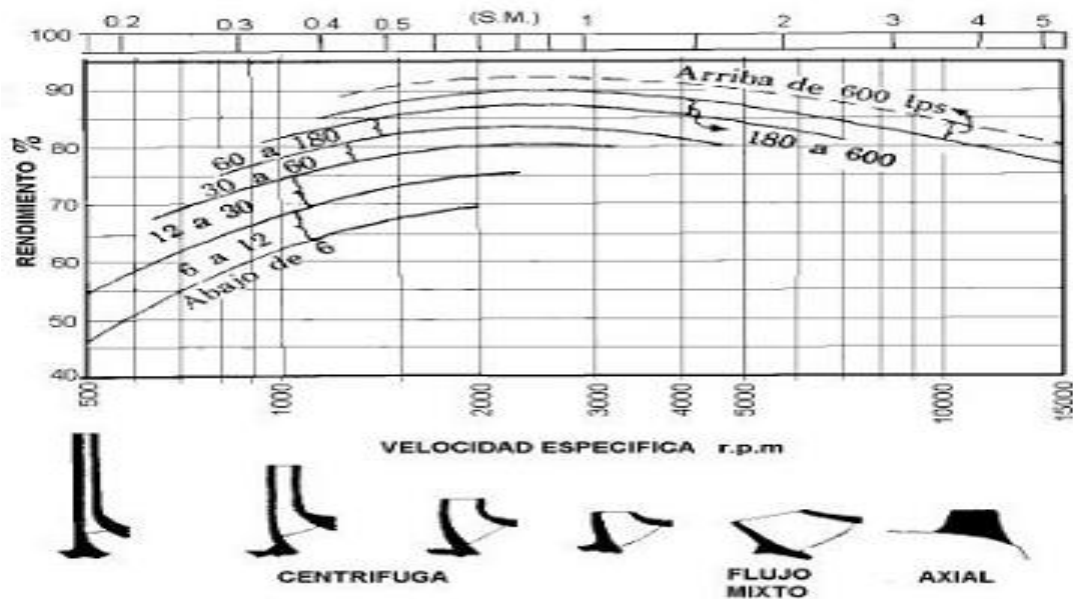


Figura 4.2. Clasificación de rodete de paleta según velocidad específica

Fuente: [15]

4.4. Balance energético de una bomba centrífuga

El balance energético de una bomba centrífuga se sustenta en el cálculo del rendimiento total de la bomba y en la potencia real que consume el motor, porque estos aspectos caracterizan energéticamente la instalación. La metodología a utilizar se establece a continuación según (Nekrasov, 1968).[15]

4.5. Potencia útil de la bomba

1. Determinar la potencia requerida por la bomba en la flecha (potencia demandada por la bomba o la entregada por el motor), mediante la ecuación:

$$\text{Potencia en la Flecha (hp o kW)} = \text{Potencia del motor (medida)} \times \eta_{\text{motor}} \quad \text{Ec. (4.11)}$$

Para determinar la potencia útil de la bomba se emplea la ecuación 4.12, la cual relaciona la densidad del agua, el gasto volumétrico, la aceleración de la gravedad y la altura de diseño que desarrolla la bomba.

$$Nu = \frac{\rho_{\text{agua}} \cdot Q \cdot g \cdot H_d}{1000}; [kW] \quad \text{Ec. (4.12)}$$

Donde:

H_d - altura de impulsión; (m)

4.6. Metodología para obtención de la curva de cargas del sistema

Este proceso es necesario para determinar el punto en el cual trabaja una bomba y se asegura posteriormente el funcionamiento de la bomba. En la obtención de la curva de cargas del sistema, se necesitar obtener algunos datos geométricos de la instalación, además de datos de los niveles de succión y descarga.

Se determinan las pérdidas por fricción y las pérdidas menores o llamadas pérdidas locales. Con el gasto, el diámetro del conducto y la rugosidad de este obtenemos la pendiente hidráulica (s) y la velocidad de flujo (v) aplicando las fórmulas.

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad \text{Ec. (4.12)}$$

Donde:

v= velocidad m/s

Q= caudal m³/s

π= constante

D= Diámetro tubería (m)

$$R = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad \text{Ec. (4.12)}$$

Donde:

R= número de Reynolds

V= velocidad del fluido (m/s)

D= diámetro de la tubería (m)

ρ= densidad del fluido kg/ m³

μ= viscosidad dinámica del fluido (N. s/ m²)

$$\Lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad \text{Ec. (4.13)}$$

Donde:

Λ= landa

Re= número de Reynolds.

$$R_s = \left(\Sigma E + \frac{\Lambda}{D} \right) \frac{8}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} \quad \text{Ec. (4.13)}$$

Donde:

R_s = resistencia

ΣE = sumatoria pérdidas (m)

Λ = landa

g = gravedad

D = diámetro tubería (m)

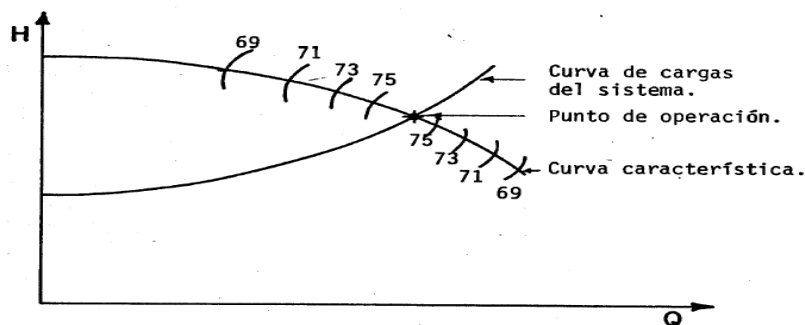


Figura 4.3. Curva de carga del sistema y curva característica de la bomba

Fuente: [16]

4.7 Metodología Diseño de Banco de Bomba Maestra

Una motobomba a gasolina pequeña de 2,3 hp por su fácil movilidad es la adecuada para el diseño del banco de bomba maestra ya que esta es portátil, sus dimensiones son pequeñas, en el mercado mundial es una de las motobombas con el cilindraje más bajo de apenas 52 cc, ideal para realizar pruebas en sistemas de riego pequeños de dificultoso acceso, cuenta con un relanti para variar la velocidad de la motobomba ya que es un motor de combustión interna de dos tiempos. La bomba principalmente fue diseñada con el fin de bombear agua en sistemas de riego.



Figura 4.4. Motobomba para el banco de bomba maestra

Fuente: Manual Bomba Gladiator

Tabla 4.1. Especificaciones Técnicas Bomba

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
MARCA	Gladiator
DIÁMETRO DE ENTRADA/DIÁMETRO SALIDA	38 mm-1.5"
CAUDAL	529.72ft ³ -15m ³
ALTURA MÁXIMA	30m-98.4ft
SUCCIÓN MÁXIMA	8m-26,2ft
CILINDRADA	52cc
POTENCIA MÁX.MOTOR	1,7 KW-2.3 HP
VELOCIDAD	n_0 :7500/min
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	900 g/h
SISTEMA DE ARRANQUE	manual
PESO	17 kg-37.7 lb
ORIGEN	CHINA

Fuente: Manual de Bomba Gladiator

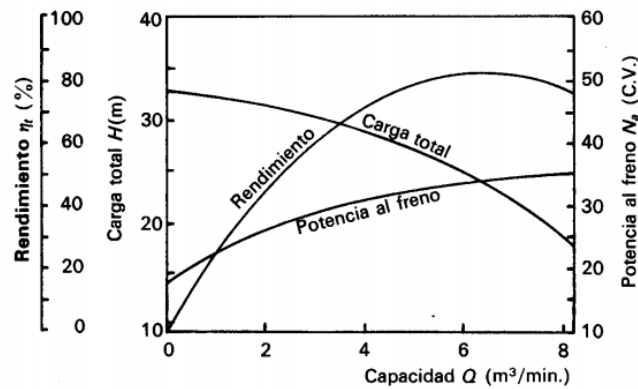


Figura 4.5. Curvas características de una bomba centrífuga

Fuente: [17]

4.7 Sensor de presión hk 3022

El sensor de presión o transductor de presión es muy usado en procesos Industriales, la finalidad es transformar una magnitud física en una eléctrica, en este caso el sensor de presión transforma una unidad de fuerza por unidad de superficie (presión) en un voltaje proporcional a la presión ejercida. A la salida del sensor existe un voltaje analógico que varía linealmente desde 0.5v para 0 MPa y 4.5 v para 0.8 MPa, de fábrica rebasando un poco el límite del sensor. Esta salida analógica es compatible con las entradas analógicas del arduino. Una de las principales aplicaciones para las que fue diseñado este sensor es la medición de presión de agua en tuberías, fabricado en acero inoxidable para asegurar una robustez, durabilidad y sanidad.



Figura 4.8. Sensor de presión hk 3022

Fuente: [18]

Tabla 4.2. Especificaciones técnicas sensor de presión hk 3022

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Voltaje de operación	5.0 VDC
Voltaje de salida (analógica)	0.5 - 4.5 VDC
Corriente de funcionamiento	<=10 mA
Rango de presión de trabajo	0 - 0.5 MPa (0-5 Bar ó 0-72.5psi)
Presión máx.	1.5 MPa
Presión de ruptura	3.0 MPa
Tiempo de respuesta	<=2.0 ms
Error de medición	+_1 %FSO
Error por temperatura	+_3.5 %FSO
Temperatura de trabajo	0-85°C
Temperatura de almacenamiento	0-100°C
Rosca de conexión	Macho G1/4 (BSP: Rosca Whitworth para tubos cilíndrica)
Fluido de trabajo	Gas, Aire comprimido, Agua, Aceite.
Dimensiones	26*26*60 mm
Conexiones:	Rojo (5V), Negro(tierra), Amarillo (Salida)

Fuente: [18]

4.8. Sensor de flujo fs 400a

El sensor de flujo de agua de 1" FS400A sirve para medir caudal de agua en tuberías de 1" de diámetro. Es un caudalímetro electrónico de tipo turbina. Compatible con sistemas digitales como Arduino, Pics, Raspberry, PLCs. El sensor posee tres cables: rojo (VCC: 5VDC), negro (tierra) y amarillo (salida de pulsos del sensor de efecto Hall).

El funcionamiento del sensor es de la siguiente forma: el caudal de agua ingresa al sensor y hace girar una turbina, la turbina está unida a un imán que activa un sensor de efecto Hall, que a su vez emite un pulso eléctrico que puede ser leído por la entrada digital de un Arduino o PLC. El sensor de efecto Hall está aislado del agua, de manera que siempre se mantiene seco y seguro. Como el volumen de agua por cada pulso es fijo y de un valor conocido (promedio) podemos contar la cantidad de pulsos por unidad de tiempo (segundo o minuto), luego multiplicar el valor de volumen/pulso por la cantidad de pulsos y así determinar el caudal o flujo de agua. Se recomienda utilizar interrupciones por hardware en el Arduino para detectar o contar los pulsos del sensor. Tenga en cuenta que este no es un sensor de precisión por lo que la orientación, presión del agua y otras condiciones pueden afectar la medición. Se recomienda calibrar el sensor realizando mediciones con volúmenes conocidos. Calibrado puede llegar a tener una precisión de hasta 10%.

FÓRMULA: Flujo del agua en L/min = Pulsaciones del sensor (Hz) / 4.8



Figura 4.9. Sensor de flujo fs 400 a

Fuente: [18]

Tabla 4.4. Especificaciones Técnicas del sensor de flujo fs 4400a

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Modelo	FS400A
Voltaje de operación	5V - 24V DC
Consumo de corriente	15mA (5V)
Capacidad de carga	10mA (5 VDC)
Salida	Onda cuadrada pulsante

Rango de Flujo	1-60L/min
Volumen promedio por pulso	3.47mL
Pulsos por litro	280
Factor de conversión	4.8
Rosca externa	1" NPS
Presión de trabajo máx	1.2MPa (12 bar)
Temperatura de funcionamiento	-25°C a 80°C
Material	Plástico color negro

Fuente: [18]

4.9. Arduino nano

El Arduino Nano como su palabra la dice es una pequeña pero muy completa placa, basada en la serie ATmega168 en sus versiones anteriores el arduino nano se usaba conectándola a una protoboard. No posee pines para alimentación externa pero funciona con un cable USB Mini.



Figura 4.5. Arduino Nano

Fuente: [18]

Tabla 4.5. Especificaciones técnicas Arduino Nano

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Microcontrolador	Atmel ATmega328 (ATmega168 versiones anteriores)
Tensión de operación (nivel lógico)	5v

Tensión de entrada (recomendado)	7-12v
Tensión de entrada (límites)	6-20v
Pines E/S Digitales	14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM)
Entradas Analógicas	8 Corriente máx por cada PIN de E/S: 40 mA
Memoria Flash:	32 KB (ATmega328) de los cuales 2KB son usados por el bootloader (16 KB – ATmega168)
SRAM:	2 KB (ATmega328) (1 KB ATmega168)
EEPROM:	1 KB (ATmega328) (512 bytes – ATmega168)
Frecuencia de reloj	16 MHz
Dimensiones:	18,5mm x 43,2mm

Fuente: [18]

4.10. Módulo SD para arduino

El mencionado módulo mediante conexión física se lo puede incorporar al arduino. Las memorias SD son muy utilizadas en varios dispositivos portátiles, porque algunas tienen gran capacidad de almacenamiento de datos, un reducido tamaño fácil de transportar y multiusos. Las mencionadas características dan una buena alternativa para uso y almacenamiento en arduino, sobre todo si se necesita guardar cantidades de información grandes como son los datos en tiempo real.

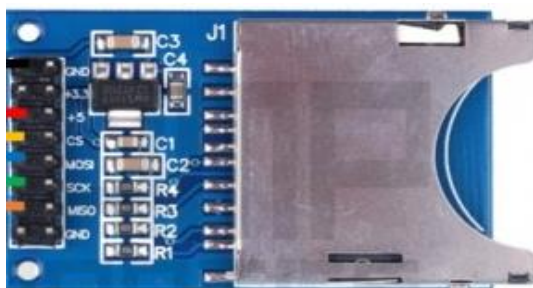


Figura 4.6. Módulo SD para arduino.

Fuente: [18]

4.11. Pantalla LCD para arduino

Una pantalla LCD son dispositivos diseñados para mostrar la información o datos en forma gráfica, esta posee pines de entrada y de salida de datos, arduino tiene la capacidad utilizar la pantalla para desplegar datos. Se procesa y envía los datos al circuito integrado que contiene la de pantalla LCD desde el arduino en conjunto con la librería Liquid crystal que viene en el software de arduino IDE.



Figura 4.7. Pantalla LCD para Arduino

Fuente: [19]

4.12. Circuito impreso

El circuito impreso es el sistema de interconexión de arduino, sensores y demás componentes, esta contiene pistas de cobre, conecta eléctricamente a los componentes y mecánicamente los se sostienen correctamente, esta placa por lo general se la arma en conjunto con una base que la protege ya se hecha con fibra de vidrio o con una impresión 3d en material pvc que se acople a sus dimensiones.

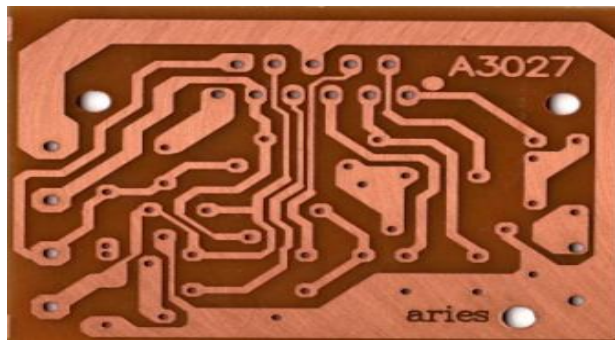


Figura 4.8 Circuito impreso.

Fuente: [20]

4.13 Impresora 3D

La impresora 3D es una máquina que puede imprimir figuras con volumen, a partir de un diseño hecho por computador, en esta se puede realizar la impresión de piezas para luego ensamblar y formar un estuche o contenedor de circuitos electrónicos, el mismo que previamente es diseñado

en una programada CAD (Solid Works), con la dimensiones de la tarjeta electrónica y sus demás componentes.

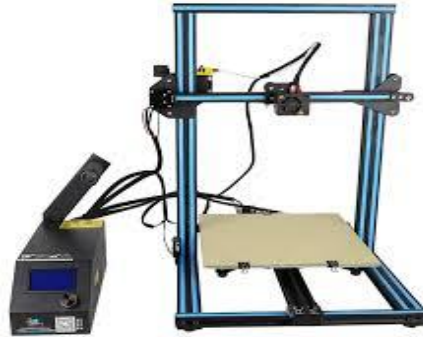


Figura 4.9. Impresora 3D

Fuente: [21]

4.14. Partes del banco de bomba maestra

El esquema de la figura corresponde al banco de bomba maestra propuesto para obtener la curva de cargas en sistemas ramificados.

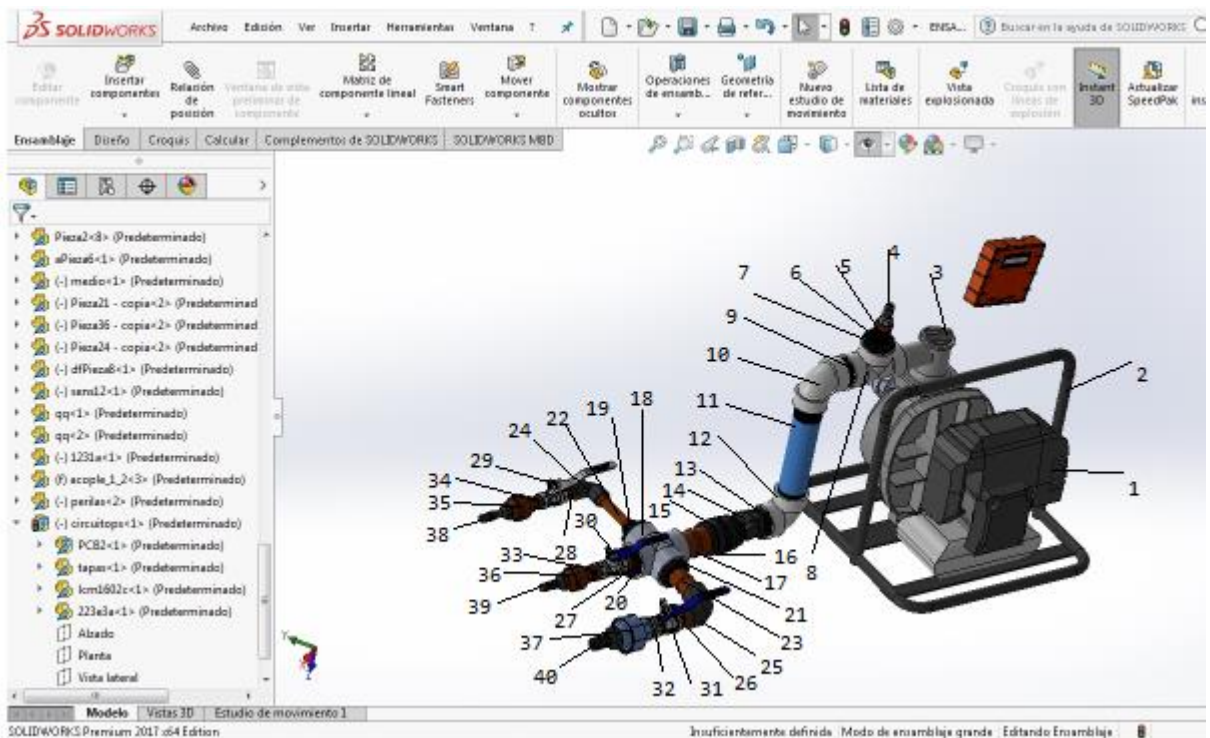


Figura 4.5. Partes del banco de bomba maestra

Fuente: Propia

El banco de bomba maestra consta de las siguientes partes físicas:

1. Motobomba Gladiador
2. Estructura de soporte y transporte
3. Tapa del cebador
4. Bushing de $\frac{1}{2}$ "a $\frac{1}{4}$ "
6. Bushing de $\frac{3}{4}$ "a $\frac{1}{2}$ "
7. Bushing de $\frac{1}{2}$ "a $\frac{3}{4}$ "
8. T de $1\frac{1}{2}$
9. Neplo corrido de $1\frac{1}{2}$
10. Codo a 90 grados de $1\frac{1}{2}$
11. Neplo PVC de $1\frac{1}{2}$ x 20 cm
12. codo a 90 grados de $1\frac{1}{2}$
13. Bushing rosca de $1\frac{1}{2}$ a 1 "
14. Sensor de flujo
15. Bushing rosca de $1\frac{1}{2}$ a 1 "
16. Unión roscable de $1\frac{1}{2}$
17. Neplo polimex de $1\frac{1}{2}$ x 10 cm
18. Cruz de $1\frac{1}{2}$
19. Bushing de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$
20. Bushing de $1\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$
21. Bushing de 1 "
22. Neplo polimex de $\frac{1}{2}$ x 10cm
23. Neplo polimex de 1 "
24. Codo de $\frac{1}{2}$

25. Codo 1"
26. Neplo corrido
27. Neplo corrido $\frac{3}{4}$
28. Neplo corrido $\frac{1}{2}$
29. Válvula esfera $\frac{1}{2}$
30. Válvula esfera $\frac{3}{4}$
31. Válvula esfera 1"
32. Neplo corrido de 1"
33. Neplo corrido de $\frac{3}{4}$
34. Neplo corrido de $\frac{1}{2}$
35. Universal de $\frac{1}{2}$
36. Universal $\frac{1}{4}$
37. Universal 1"
38. Adaptador flex de $\frac{1}{2}$
39. Adaptador de $\frac{3}{4}$
40. adaptador flex 1"

4.15. Armado de tubería con los sensores y bomba

En este apartado se puede observar la unión de la tubería hacia la bomba centrífuga, realizando tres derivaciones de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " y 1", ya que esas medidas son las más comunes en sistemas de riego pequeños y también las adecuadas para las características de la bomba usada, además de que estas medidas están normalizadas, al final de cada derivación existe una válvula o llave. El sensor de presión está colocado al inicio de la descarga de la bomba para obtener una mejor medición cuando la bomba esté conectada a la red ramificada.

El sensor de flujo está situado antes de las tres derivaciones ya que este podrá realizar la medición cuando cualquiera de las válvulas esté abiertas. La forma de colocación de los sensores tanto de presión y de caudal es adecuada ya que se encuentran las dos conectadas en serie para que no exista una recolección de datos errónea.

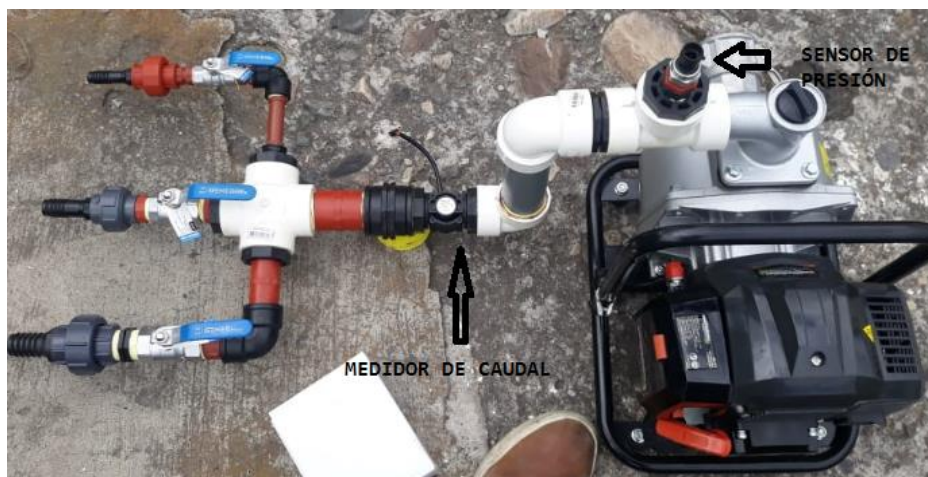


Figura 4.6. Moto Bomba con la tubería armada y sensores

Fuente: Propia

4.16. Diseño y simulación del circuito electrónico en el Software Proteus

En el diseño del circuito se realizó mediante el software Proteus gracias a sus librerías al dispositivo arduino nano para poder simular en los pines analógicos y digitales, las conexiones de los sensores de presión y caudal, el voltaje de entrada, la colocación virtual de diodos y resistencias para el acondicionamiento de los sensores, obteniendo el funcionamiento adecuado para lectura de las variables.

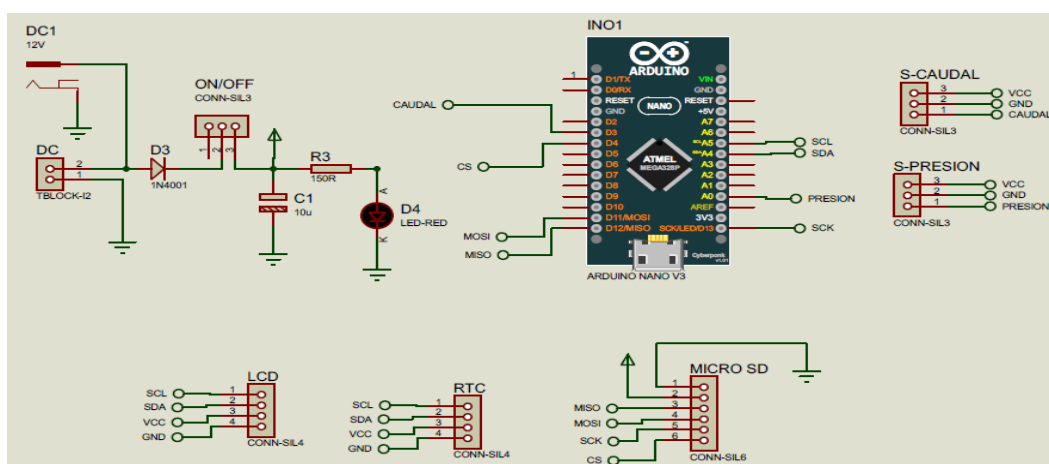


Figura 4.7 Diseño y simulación del circuito en Proteus

Fuente: Propia

4.17. Diseño de carcasa o estuche del circuito electrónico.

La carcasa se la diseña en el software Solid Works con las medidas requeridas a la necesidad, las dimensiones de 15 x 10 cm, las mencionadas dimensiones son más grandes que la placa electrónica ya que la lectura se la pretende realizar con el equipo electrónico sostenido en las

manos con un cable de conexión UTP categoría 6, 100% cobre para una buena transmisión de datos entre los sensores y la placa electrónica, la carcasa diseñada es similar a un scanner automotriz, ya que el banco de bomba maestra emite vibración en su funcionamiento, es por eso que el circuito electrónico debe estar alejado para que no exista interferencia en su placa electrónica.

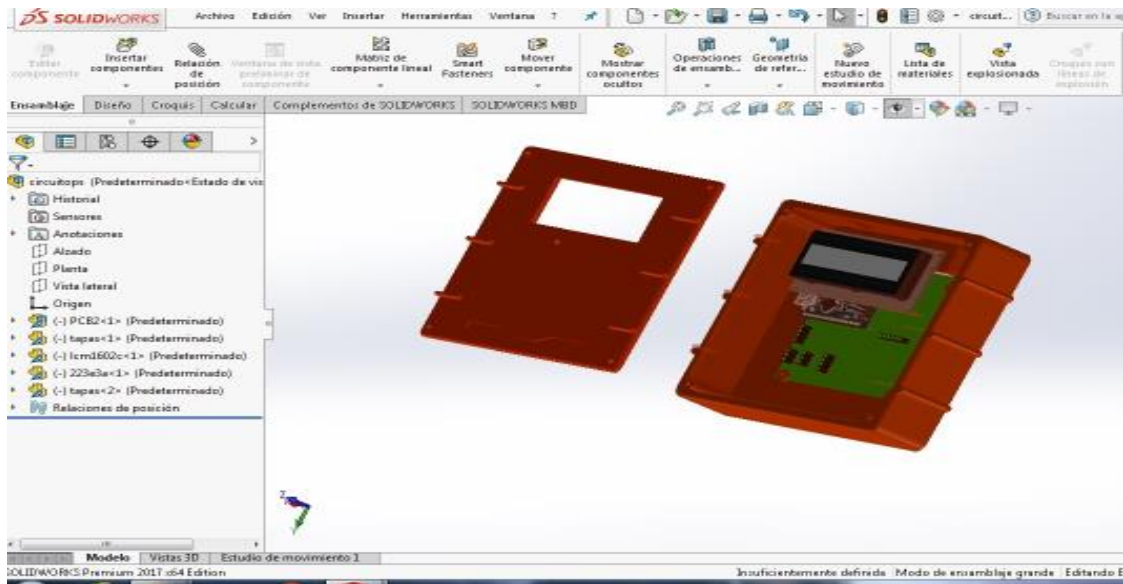


Figura 4.8. Diseño de carcasa del circuito electrónico

Fuente: Propia

4.18. Método de Diseño PBC

El PBC se lo realizó con el mismo software Proteus, en la figura se puede apreciar las pistas de interconexión que existen entre el arduino hacia los sensores de presión y caudal, la interconexión con el módulo micro SD para el almacenamiento de los datos, la posición de las resistencias, diodos y todos los componentes además del control on/off para apagar y encender el dispositivo de medición.

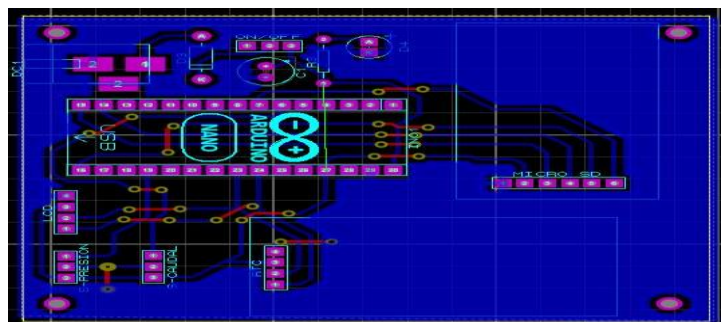


Figura 4.9. Diseño PBC

Fuente: Propia

4.19. Circuito Electrónico

El circuito electrónico está compuesto por los elementos necesarios para el correcto funcionamiento y lectura de los valores de presión y caudal. La placa está compuesta por el arduino uno donde se encuentra la programación, lleva además una tarjeta micro SD para almacenar los datos medidos en tiempo real. Los pines de conexión son muy importantes para la comunicación entre los dos sensores y la placa electrónica.



Figura 4.10. Placa electrónica y sus componentes

Fuente: Propia

5.4 Método Programación en el IDE de Arduino

La programación es muy importante ya que en esta se encuentra los comandos para el microcontrolador de arduino, donde se traduce en líneas de código la lectura automatizada que se requiere hacer con los sensores en función a las condiciones del entorno. La calibración de los sensores se las realizó a base de los data sheet de cada uno de ellos y se procedió con la programación.

```
medidor_flujo_caudal
#include <Wire.h> // Librería comunicación I2C
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Librería LCD I2C
#include <RTC.h>
#include "RTClib.h"
#include <SD.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //LCD VERDES

RTC_DS3231 rtc;

String daysOfTheWeek[7] = { "Domingo", "Lunes", "Martes", "Miercoles", "Jueves", "Viernes", "Sabado" };
String monthsNames[12] = { "Enero", "Febrero", "Marzo", "Abril", "Mayo", "Junio", "Julio", "Agosto", "Septiembre", "Octubre", "Noviembre", "Diciembre" };

#define sensor 3 // Pin digital para el sensor de flujo YF-S201

int litros_Hora; // Variable que almacena el caudal (L/hora)
int litros_minutos; // Variable que almacena el caudal (L/m)
volatile int pulsos = 0; // Variable que almacena el número de pulsos
unsigned long tiempoAnterior = 0; // Variable para calcular el tiempo transcurrido
unsigned long pulsos_Acumulados = 0; // Variable que almacena el número de pulsos acumulados
float litros; // Variable que almacena el número de litros acumulados
```

Figura 4.11. Programación en el IDE de Arduino

Fuente: Propia

5. Análisis de Resultados

5.1 Obtención de la curva característica de la bomba usada en el banco

La curva característica de la bomba del banco es muy importante ya que con esta se pudo determinar el punto adecuado de operación, en conjunto con la curva de carga del sistema, la mencionada curva en algunos catálogos de fabricante no existe, por lo que hay que calcularla con los datos de placa de la bomba centrífuga.

Datos bomba usada en el banco:

Tabla 5.1 Datos bomba del banco

Datos bomba usada en el banco:	
$Q_d =$ Caudal de diseño; (m^3/h)	15 m^3/h
$H_d =$ Altura del diseño; m	30 m
$N_D =$ Potencia de diseño de la bomba (Kw)	1.7 Kw
$cc =$ Centímetros cúbicos	52 cc

Fuente: Manual de Bomba Gladiator

Tabla 5.2. RPM de la motobomba

Resultados obtención RPM de la motobomba
$N^{\circ} \text{ de vueltas (RPM)} = \frac{\text{Caudal} \left(\frac{lbs}{min} \right) \cdot 1000}{\text{Cilindrada} \left(\frac{cm^3}{rev} \right)}$
$\frac{250 \text{ lbs}/min \cdot 1000}{52 (cm^3/rev)}$ <p style="text-align: center;">$RPM = 4807 \text{ r.p.m}$</p>

Fuente: Propia

Tabla 5.3. Velocidad específica

Resultados obtención de $N_s =$ Velocidad específica; (rev/min)
$N_s = 3.56 \cdot \frac{n \sqrt{Q}}{(H_s)^{3/4}}$
$N_s = 3.56 \cdot \frac{4807 \text{ RPM} \cdot \sqrt{0.00416667 \text{ m}^3/\text{seg}}}{(30 \text{ m})^{3/4}}$ $N_s = 86.17$

Fuente: Propia

Tabla 5.4. Obtención de valor “a”

Obtención de a para la curva característica del equipo de bombeo
$a = 0.875 \cdot Hd + 0.002396 \cdot Hd \cdot N_s$ $a = 0.875 \cdot 30 \text{ m} + 0.002396 \cdot 30 \text{ m} \cdot 86.17 \text{ rev}/\text{min}$ $a = 32.44$
Nota: El valor no tienes unidades ya que se trata de un polinomio

Fuente: Propia

Tabla 5.5. Obtención de valor “b”

Obtención de b para la curva característica del equipo de bombeo
$b = 0.748 \cdot \frac{N_d}{Q_d} + 0.00315 \cdot \frac{N_d}{Q_d} \cdot N_s$ $b = 0.748 \cdot \frac{1,7 \text{ kw}}{15 \text{ m}^3/\text{h}} + 0.00315 \cdot \frac{1,7 \text{ kw}}{15 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 86.17 \text{ rev}/\text{min}$ $b = 0.115$
Nota: El valor no tienes unidades ya que se trata de un polinomio

Fuente: Propia

Tabla 5.6. Obtención del valor “c”

Obtención de c para la curva característica del equipo de bombeo
$c = 0.2878 \cdot \frac{Hd}{Qd^2}$
$c = 0.2878 \cdot \frac{30m}{(15 m^3 / h)^2}$
$c = 0.0383$
Nota: El valor no tiene unidades ya que se trata de un polinomio

Fuente: Propia

Tabla 5.8. Valores obtenidos de a, b y c que determinan la curva.

Valores Obtenidos de a , b y c para obtención de curva característica del equipo de bombeo	
a	32.44
b	0.115
c	0.0383

Fuente: Propia

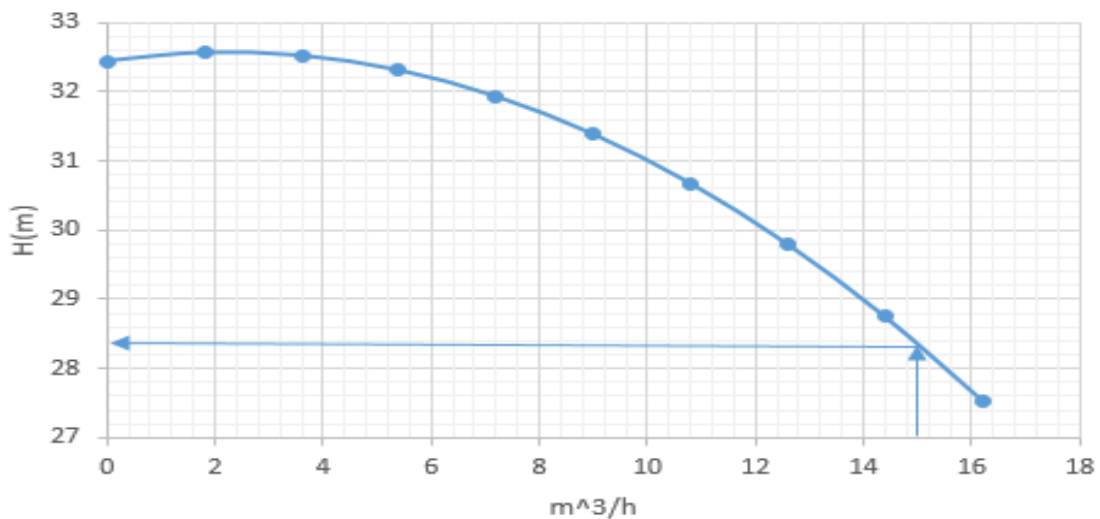


Figura 5.1 Curva característica obtenida de la motobomba Gladiator

Fuente: Propia

5.1.1 Resultado del error en la curva característica

En el cálculo del error de la curva característica se tomó en cuenta los datos del manual para considerar la aceptación del resultado; en donde se puede apreciar que el valor de error es tolerable ya que nos da un error del 5,33%.

Tabla 5.9. Error

15m ³ /h	
30	28,4
Error	5,333333333

Fuente: Propia

5.2 Resultado del Ensayo en el sistema

Resultados de ensayo en manguera de 10 metros con $dZ = 0$, en donde se puede apreciar los datos para el cálculo manual para la obtención de la curva de carga de la red.

Tabla 5.10. Datos del sistema de prueba

Densidad	Kg/m ³	988,0000
Viscosidad	Pa.s	0,0009
Diámetro tb	M	0,0250
Longitud tb	M	10,0000
Coef.loc.	adim	1,5000
dz	M	0,0000

Fuente: Propia

5.2.1 Valores obtenidos cálculos manualmente

Aplicando las fórmulas y conversiones, se obtiene la altura de la carga en m y el flujo volumétrico en m³/h.

Tabla 5.11. Valores obtenidos en el cálculo

Q(m ³ /seg)	Q(m ³ /h)	V(m/s)	Re	Landa	R(s ² /m ⁵)	H(m)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,001	1,800	1,019	28283,117	0,024	2384018,131	0,596
0,001	3,600	2,038	56566,235	0,021	2055245,043	2,055
0,002	5,400	3,057	84849,352	0,019	1887740,418	4,247
0,002	7,200	4,076	113132,470	0,017	1778780,932	7,115
0,003	9,000	5,096	141415,587	0,016	1699500,099	10,622
0,003	10,800	6,115	169698,705	0,016	1637926,893	14,741
0,004	12,600	7,134	197981,822	0,015	1588012,883	19,453

Fuente: Propia

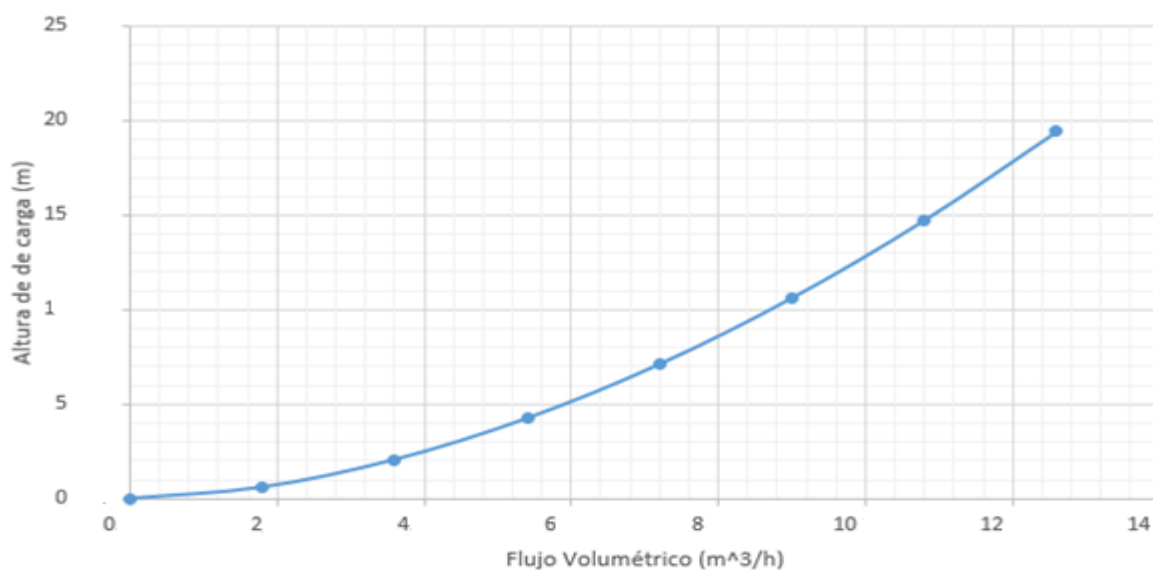


Figura 5.2 Curva de carga del sistema calculado manualmente.

Fuente: Propia

5.3. Datos experimentales obtenidos por los sensores y el circuito electrónico

Estos datos se los obtuvo a través de los sensores de presión y caudal que se almacenaron en la tarjeta micro SD. La conversión de unidades se las obtiene automáticamente gracias a la programación y a la tarjeta electrónica. Estos datos se los obtiene en formato de texto y posteriormente se los traslada a Excel.

Tabla 5.12. Datos experimentales obtenidos

P(Pa)	Q(m ³ /h)	H(m)
0,000	0	0
6400,850	1,8	0,66040705
17900,800	3,6	1,84691321
38400,700	5,4	3,9619883
68881,050	7,2	7,10679531
109970,750	9	11,3462209
150033,350	10,8	15,4796756
208371,950	12,6	21,4987547

Fuente: Propia

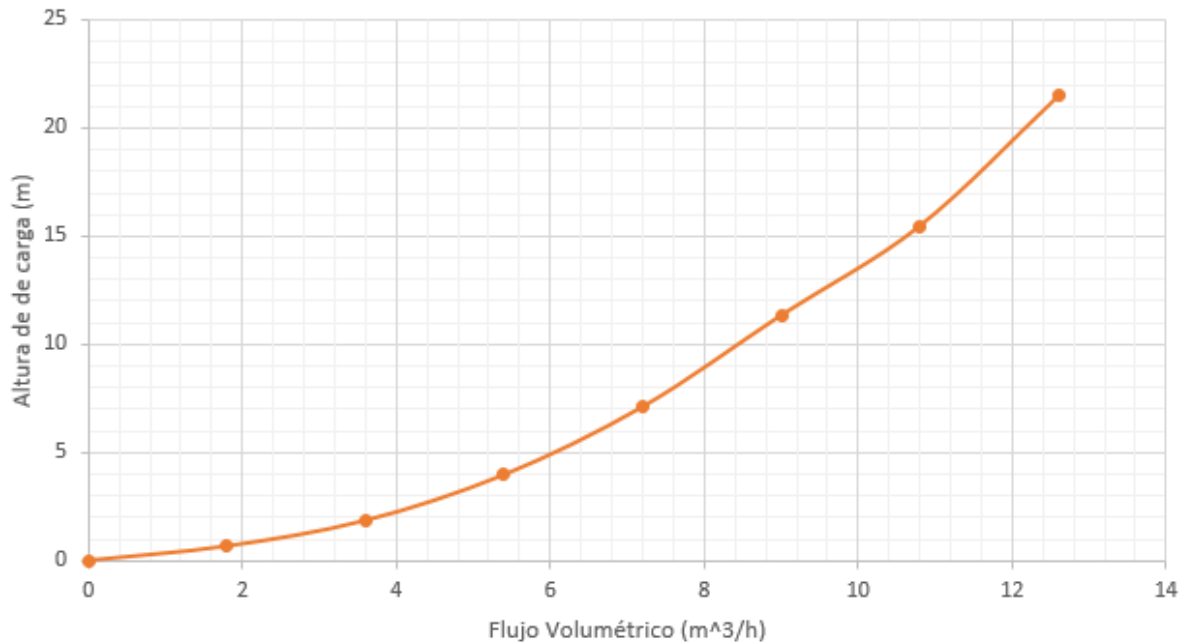


Figura 5.3. Curva experimental obtenida

Fuente: Propia

5.4. Resultado de Curva calculada Vs curva experimental

Se puede observar que las dos curvas tienen similitud tanto en la altura de carga como en el flujo volumétrico y no se encuentran muy alejadas entre sí.

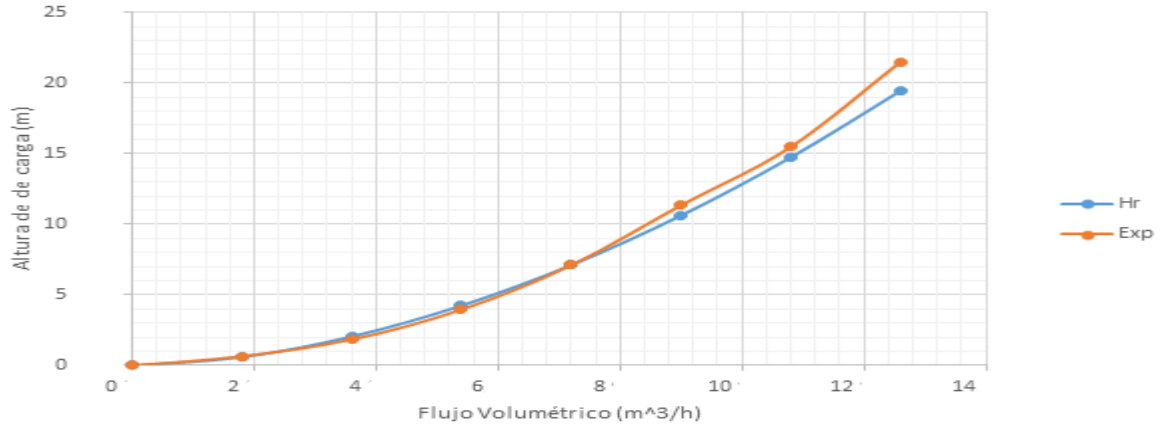


Figura 5.4. Curva calculada vs curva experimental

Fuente: Propia

5.5. Error entre las curvas (calculada y experimental)

El error entre curvas se lo cálculo para comprobar la efectividad del banco de bomba maestra y la veracidad de la curva experimental que es comparada con la curva calculada. El error tolerable se encuentra dentro del rango de $\pm 10\%$.

Tabla 5.13. Error entre las dos curvas

ERROR H (%)
0
-10,8057086
10,1365932
6,72003025
0,11705241
-6,81937278
-5,00859105
-10,5155003

Fuente: Propia

5.6. Resultado de la curva Experimental y curva del banco de bomba maestra en sistema de riego por goteo.

Como caso de estudio se realiza la práctica con el banco de bomba maestra con un sistema de riego por goteo ubicado en la extensión de la Universidad Técnica de Cotopáxi, en el cual se obtiene los datos de los sensores y se grafica la curva sin necesidad de emplear cálculos manuales. Para el plano del sistema de riego por goteo (ver anexo 4).

Tabla. 5.14. Datos Experimentales Riego por goteo

Q (m ³ /h)	H (m)
0	0
1,9	0,66040705
3,7	1,84691321
5,4	3,9619883
7,2	8,13854428
9,05	13,4097189
10,79	18,5749225
14,75	29,9208184

Fuente: Propia

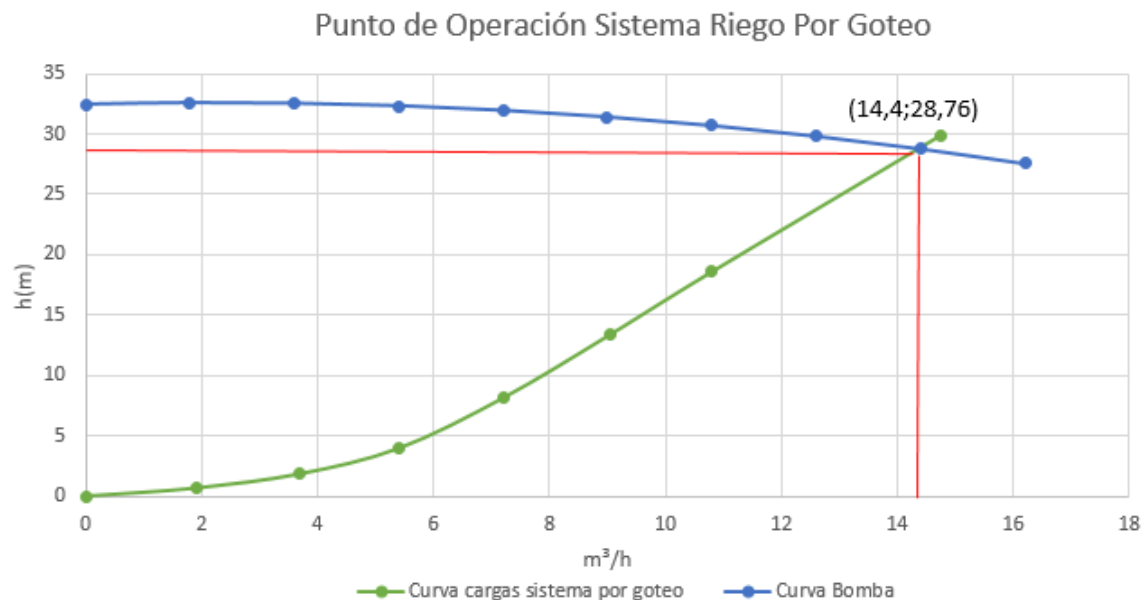


Figura 5.5. Curva de cargas sistema por goteo y curva bomba

Fuente: Propia

Se puede apreciar también el punto de operación que forma la curva de cargas de la red y la curva características del equipo de bombeo en el sistema de riego por goteo.

5.7. Resultado curva Experimental y curva del banco de bomba maestra en sistema de riego por aspersión.

Otro caso de estudio se lo tomo de un sistema de riego por aspersión, el cual contiene aspersores en línea recta únicamente el banco de bomba maestra se encarga de obtener los datos del sistema sin necesidad de realizar el cálculo manual. Para el plano del sistema de riego por aspersión (ver anexo 4).

Tabla. 5.15. Datos experimentales Riego por aspersión

Q (m ³ /h)	H (m)
0	0
1,8	0,9233947
4	1,96009092
6,78	3,0871993
8,8	5,04988506
10,55	10,2548781
11,9	20,8864168
12,9	31,1677242

Fuente: Propia

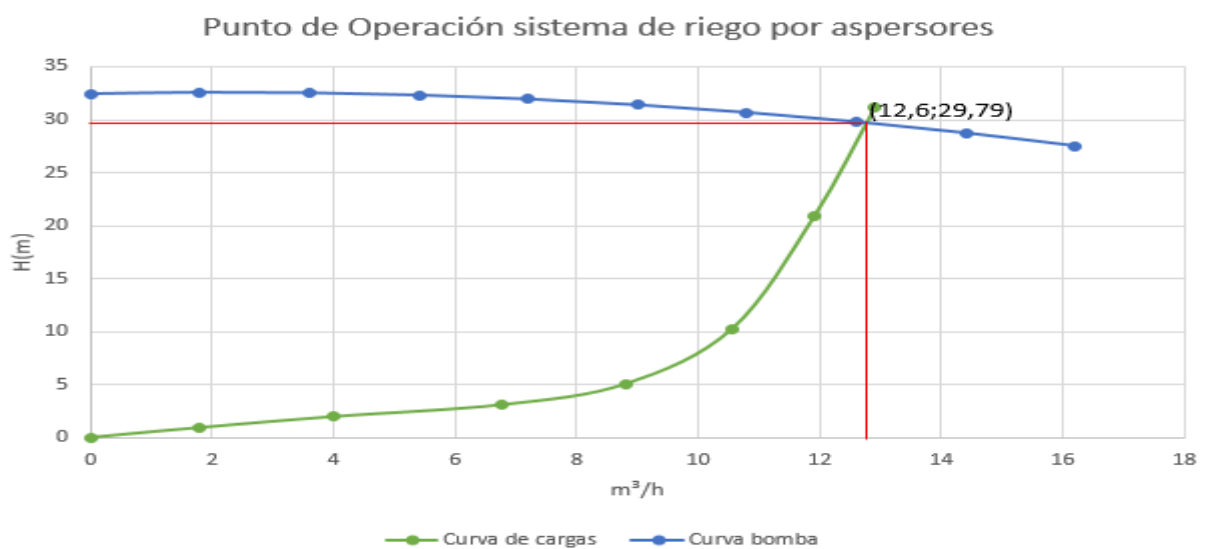


Figura 5.6. Curva de cargas sistema de riego y curva bomba.

Fuente: Propia

El resultado de la intersección de la curva de cargas del sistema y la curva característica de la bomba nos da como resultado el punto de operación del sistema de riego por aspersores, es necesario acotar que no se realiza ningún cálculo manual la tarjeta electrónica adquiere los datos exactos de presión, caudal y se almacena en la tarjeta de memoria Sd y en Excel se obtiene la gráfica de dispersión.

6. Impactos (Técnicos, sociales ambientales o Económicos).

6.1. Impactos

Este proyecto será un transmisor de entendimiento y practicidad que se podrá desarrollar en cualquier sistema de riego por aspersión siempre y cuando la capacidad del módulo (L/m) sea la adecuada para abastecer el correcto funcionamiento del número de los aspersores, dando como resultado la obtención de conocimientos concretos para la obtención de la curva de cargas en sistemas ramificados y la posterior selección de la bomba centrífuga, brindando un apoyo a los ingenieros, técnicos y personas dedicadas al área del hidro riego.

El diseño, funcionamiento, adaptación y desadaptación de este banco de pruebas de bomba maestra hace la posible y fácil manipulación no solo en la parte física ya que es fácil de transportar, sino como también en la parte de recolección de datos (software).

6.2. Análisis Costos

Tabla 6.1. Costo de Materiales Mecánicos

Cant.	Elemento	Costo p/u	Costo total
1	T de 1" ½	1.00	1.00
2	Bushing de ½ a ¾	1.00	2.00
2	Bushing de ¾ a ½	1.00	2.00
1	Bushing de ½ a ¼	1.00	1.00
1	Neplo corrido de 1" ½	3.00	3.00
2	Codo a 90 grados de 1" ½	2.00	4.00
1	Neplo PVC 1" ½ x 20 cm	1.00	1.00

2	Bushing rosca de 1" ½ a 1"	1.00	2.00
1	Union roscable de 1" ½	2.00	2.00
1	Neplo polimex de 1" ½ x 10 cm	1.00	1.00
1	Cruz de 1" ½	1.00	1.00
1	Bushing de 1"	1.00	1.00
1	Neplo polimex de ½ x 10 cm	2.00	2.00
1	Neplo polimex de 1"	2.00	2.00
1	Codo de 1/2	1.00	1.00
1	Codo de 1"	2.00	2.00
2	Neplo corrido de ½	3.00	6.00
2	Neplo corrido de ¾	3.00	6.00
2	Neplo corrido de 1"	2.00	4.00
1	Válvula esfera ½	6.00	6.00
1	Válvula esfera ¾	6.00	6.00
1	Válvula esfera 1"	5.00	5.00
1	Universal de ½	2.00	2.00
1	universal de ¼	2.00	2.00
1	Universal 1"	2.00	2.00
1	Adaptador flex de ½	1.50	1.50
1	Adaptador flex de 3/4	1.50	1.50
1	Adaptador flex de 1"	3.00	3.00

1	Impresión 3D (Caja color rojo)	25.00	25.00
1	Bomba centrífuga 2 T (Gladiator)	150.00	150.00
		Total:	248.00

Tabla 6.2. Costo Elementos eléctricos

Cant.	Elemento	Costo p/u	Costo total
1	Arduino nano	10.00	10.00
1	Sensores de presión 1.25 Mpa	60.00	60.00
1	Sensor de flujo de 60 litros / min	70.00	70.00
1	Cable UTP cat 5 (4m)	2.00	2.00
2	Resistencias 1k Ohm	0.20	0.40
1	Placa de baquelita de 7 x 7 cm	5.00	5.00
1	Termo encogible (50 cm)	0.50	0.50
1	Interruptor mini (DC)	0.25	0.25
1	Pantalla LCD 16x2	5.00	5.00
1	Modulo micro SD para Arduino	2.00	2.00

1	Modulo reloj para Arduino	2.00	2.00
2	Diodos rectificadores (1N4007)	0.50	1.00
1	Diodo led (rojo)	0.10	0.10
1	Rollo pequeño de (Estaño)	1.00	1.00
		Total:	159.25

Tabla. 6.3. Gastos indirectos

Cant.	Recursos	Costo p/u	Costo total
1	Internet	25.00	25.00
1	Transporte (Compra de bomba en Quito)	10.00	10.00
1	Tarjeta de memoria (8 GB)	5.00	5.00
1	Transporte del módulo para pruebas.	5.00	5.00
		Total:	45.00

Tabla. 6.4. Costo Total

Costo total del proyecto	
Elementos mecánicos	248.00
Elementos eléctricos	159.25
Gastos indirectos	45.00
Total:	452.25

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones

La adecuada eficiencia de la bomba del banco de bomba maestra para satisfacer las necesidades, del sitio donde se realice la prueba depende del número de aspersores que esta tenga expresada litros/min y este dato compararlo con el dato de placa de la bomba del banco. Así el banco satisface la prueba que se realice además de obtener datos correctos para obtención de la curva de la carga de la red.

Se concluye que la configuración hidráulica es la derivación que existe de los 3 ramales del banco de bomba maestra que se dividen en tuberías de $\frac{1}{2}$ “, $\frac{3}{4}$ “y 1 “, cualquiera de los tres ramales entra en funcionamiento (uno solo a la vez) conectado al sistema de riego. Esta configuración con estos diámetros de tuberías es la más usada en sistema de riegos pequeños y además de encontrarse debidamente normalizadas.

Se concluye que existe gran similitud entre las curvas de cargas, tanto la calculada con las fórmulas y la curva experimental obtenida, tienen una gran similitud pero nunca pueden ser las mismas ya que son valores experimentales y estas tiene un rango de error de +/- 10%.

7.2. Recomendaciones

Se debe tener en cuenta la capacidad del banco de bomba maestra para realizar la prueba experimental, ya que si es sistema es demasiado grande y su consumo alto podría pasar que la bomba no abastezca para realizar la prueba.

Se debe calibrar los sensores de presión y caudal, paralelamente con sensores análogos para así poder comprobar de manera eficaz la medición obtenida además de que las líneas de código de la programación para la recolección de datos deben ser en forma ascendentes.

Tener a la mano acoples y abrazaderas necesarias, para realizar las pruebas en diferentes sistemas de riego, ya que por la presión que el banco tiene suelen soltarse o pueden existir fugas alterando así la medición de los sensores de flujo y de caudal obteniendo datos erróneos.

8. REFERENCIAS

- [1] «AC-ESPEL-ENI-0332.pdf». Accedido: ene. 28, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9148/1/AC-ESPEL-ENI-0332.pdf>.
- [2] Hidraulica, «Curso Hidraulica: Sistemas de tuberías», *Curso Hidraulica*, feb. 28, 2012. <http://hidraulicaucentral.blogspot.com/2012/02/sistemas-de-tuberias.html> (accedido ene. 28, 2021).
- [3] «Sistemas de Riego - Enciclopedia Medioambiental». https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/sistemas_de_riego.asp (accedido feb. 26, 2021).
- [4] «Sistemas de Riego - Enciclopedia Medioambiental». Accedido: feb. 26, 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/sistemas_de_riego.asp.
- [5] V. Arco, «Qué es la pérdida de carga en tuberías». <https://blog.valvulasarco.com/que-es-la-perdida-de-carga-en-tuberias> (accedido feb. 26, 2021).
- [6] «¿Qué es una bomba centrífuga?. Funcionamiento tipos y usos», *Fluideco*. <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-centrifuga/> (accedido feb. 26, 2021).
- [7] «BOMBAS DE AGUA O MOTOBOMBAS», *Comforza*, mar. 11, 2020. <https://comforza.com.pa/bombas-de-agua/> (accedido feb. 26, 2021).
- [8] «Software para diseño de circuitos electrónicos y placas impresas (PCB) – EasyEDA | Panama Hitek». <http://panamahitek.com/software-para-diseno-de-circuitos-y-placas-pcb-easyeda/> (accedido feb. 26, 2021).
- [9] «¿Que es un caudalímetro y cómo elegirlo? | Omega Engineering». <https://es.omega.com/prodinfo/caudalimetros.html> (accedido feb. 26, 2021).
- [10] «Sensor de flujo de agua 1" FS400A», *Naylamp Mechatronics - Perú*. <https://naylampmechatronics.com/sensores-liquido/233-sensor-de-flujo-de-agua-1-fs400a.html> (accedido feb. 26, 2021).
- [11] «Sensores de presión», *Sensing, Sensores de Medida*. <https://sensores-de-medida.es/medicion/sensores-y-transductores/sensores-de-presion/> (accedido feb. 26, 2021).
- [12] «Qué es Arduino | Aprendiendo Arduino». <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/que-es-arduino-2/> (accedido feb. 26, 2021).

- [13] «SOLIDWORKS - Qué es y para qué sirve», *SolidBI*. <https://solid-bi.es/solidworks/> (accedido feb. 26, 2021).
- [14] «MECÁNICA DE FLUIDOS Tema2. Impulsión de fluidos», p. 64.
- [15] N. G. Martínez, «En el mismo hombre suelen ir unidos un corazón y un talento grande, pero todo hombre tiene el deber de cultivar su inteligencia, por respeto a sí mismo y al mundo. José Martí Pérez.», p. 67.
- [16] «Capitulo6.pdf». Accedido: feb. 26, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2538/Capitulo6.pdf>.
- [17] «Ingeniería Mecánica: Curvas características de una bomba centrífuga (I) | Area Mecánica». <https://areamecanica.wordpress.com/2011/05/25/ingenieria-mecanica-curvas-caracteristicas-de-una-bomba-centrifuga-i/> (accedido feb. 26, 2021).
- [18] «Naylamp Mechatronics - Perú». <https://naylampmechatronics.com/> (accedido feb. 26, 2021).
- [19] «Uso de Pantalla LCD con Arduino | Panama Hitek». <http://panamahitek.com/uso-de-pantalla-lcd-con-arduino/> (accedido feb. 26, 2021).
- [20] «circuitos impresos inicio.docx - INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA INGENIERIA ELECTRICA MATERIA QUIMICA | Course Hero». <https://www.coursehero.com/file/63478828/circuitos-impresos-iniciodocx/> (accedido feb. 26, 2021).
- [21] «Impresión 3D en SolidWorks - Blog - Intelligy». <https://intelligy.com/blog/2016/10/13/impresion-3d-en-solidworks/> (accedido feb. 26, 2021).

ANEXOS



ANEXO I

Manual Bomba empleada en el banco





ANEXO II

Manual Bomba empleada en el banco

Scanned by TapScanner

Manual de usuario



INFORMACIÓN IMPORTANTE

NO UTILICE LA HERRAMIENTA SIN LEER Y COMPRENDER ESTE MANUAL COMPLETAMENTE.

- » Cuando se disponga a usar cualquier herramienta, SIEMPRE utilice el equipamiento de seguridad recomendado, incluidos gafas o visera de seguridad, protectores auditivos, ropa protectora y guantes de seguridad. Utilice una mascarilla o protección respiratoria si la máquina genera polvo o partículas que puedan permanecer suspendidas en el aire.
- » Si tiene dudas, no conecte la herramienta. ASESÚRESE convenientemente.
- » La herramienta solo debe utilizarse para su finalidad establecida. Cualquier uso distinto de los mencionados en este manual se considerará un caso de mal uso.
- » EL USUARIO, y no el fabricante o distribuidor, SERÁ RESPONSABLE DE CUALQUIER DAÑO O LESIÓN, deterioro, rotura o desgaste prematuro resultante de esos casos de uso inapropiado, incluyendo el mantenimiento inadecuado o nulo y cuidados insuficientes.
- » Para utilizar adecuadamente su herramienta, debe cumplir las regulaciones de seguridad, las indicaciones de montaje y las instrucciones de uso que se incluyen en este Manual. Quienes utilicen una máquina o

INTRODUCCIÓN



Lea y entienda todas las instrucciones. La falta de seguimiento de las instrucciones listadas abajo puede resultar en una descarga eléctrica, fuego y/o lesiones personales serias.

Su herramienta tiene muchas características que harán su trabajo más rápido y fácil. Seguridad, comodidad y confiabilidad fueron tenidas como prioridad para el diseño de esta herramienta, lo que hace más fácil su mantenimiento y operación.

GUARDE ESTAS INSTRUCCIONES

NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD



Lea y entienda todas las instrucciones. La falta de seguimiento de estas, puede resultar en una descarga eléctrica, fuego y/o lesiones personales serias.

ÁREA DE TRABAJO

» Mantenga a los observadores, niños y visitantes lejos de la máquina mientras la está operando. Las distracciones pueden causar la pérdida del control.

Manual de usuario



ÍNDICE

- 3 Información importante
- 3 Introducción
- 3 Normas generales de seguridad
- 4 Normas de seguridad para gasolina
- 5 Descripción de herramienta
- 5 Especificaciones técnicas
- 6 Normas específicas de seguridad
- 7 Instrucciones de ensablado
- 8 Instrucciones de operación
- 9 Mantenimiento
- 10 Reparación
- 11 Despiece
- 13 Listado de partes

SÍMBOLOS DE SEGURIDAD

	Lea el manual de usuario		Simbología de advertencia		Riesgo eléctrico		Corriente directa
	Use protección auditiva		Hertz		Volts		Velocidad en vacío
	Use protección ocular		Watts		min.		Obese II
	Use protección auditiva		min.		min.		Terminales de conexión a tierra
	Use protección auditiva		min.		min.		Revoluciones por minuto
	Use protección auditiva		min.		min.		Voltios
	Use protección auditiva		min.		min.		Ampers
	Use protección auditiva		min.		min.		Corriente alterna

RECICLADO DE PARTES

Protección del medio ambiente
 Separación de desechos: Este producto no debe desecharse con la basura doméstica normal. Si llega el momento de reemplazar su producto o este ha dejado de tener utilidad para usted, asegúrese de que se deseché por separado.

La separación de desechos de productos usados y embalajes permite que los materiales puedan reciclarse y reutilizarse. La realización de materiales reciclados ayuda a evitar la contaminación medioambiental y reduce la demanda de materias primas.

ANEXO III

Manual Bomba empleada en el banco

DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA

- 1 Sporte
- 2 Brevaje de bomba
- 3 Puerto de succión
- 4 Puerto de descarga
- 5 Filtro de aire
- 6 Cebador
- 7 Mango de arranque

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

DIAMETRO DE ENTRADA/SALIDA	38mm - 1.5"
CAUDAL	150mm ³ /h - 525.727l/h
ALTURA MÁX.	30m - 98.4ft
SUCCIÓN MÁXIMA	8m - 26.2ft
CILINDRADA	52cc
POTENCIA MÁX. MOTOR	1.7KW - 2.3HP
VELOCIDAD	n _r 7500/min
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	900g/h
SISTEMA DE ARRANQUE	manual
PESO	17kg - 37.7lb

Origen China

SEGURIDAD PERSONAL

ADVERTENCIA

Este aparato no está destinado para ser utilizado por niños o personas cuyas capacidades físicas, sensoriales o mentales sean diferentes, estén reducidas o carezcan de experiencia o conocimiento, a menos que dichas personas reciban una supervisión o capacitación para el funcionamiento del aparato por una persona responsable de su seguridad. Los niños deben ser supervisados, no deben utilizar los aparatos como juguete.

USO Y CUIDADO DE LA MÁQUINA

- » No extralimite las funciones de la máquina, úsela según la aplicación adecuada. La máquina correcta realizará mejor y de manera más segura el trabajo para el cual fue diseñada.
- » No use la máquina si el interruptor de encendido no enciende o apaga. Cualquier máquina que no pueda ser controlada con la llave es peligrosa y debe ser reparada.
- » Almacene las máquinas fuera del alcance de los niños y cualquier otra persona que no esté capacitada en el manejo. Las herramientas son peligrosas en manos de usuarios que no estén capacitados.
- » Hágale mantenimiento a su máquina. Las herramientas correctamente mantenidas, con sus bordes filosos y limpios, tienen menos probabilidad de empaste y son más fáciles de controlar.
- » Chequee si hay una mala alineación o un empaste de partes móviles, rolas o cualquier otra condición que pueda afectar la operación de la máquina. Si rayados, repárelos antes de usarla. Muchos accidentes son causados por máquinas con un mantenimiento pobre.
- » Use solamente accesorios recomendados por el fabricante de su modelo. Accesorios que funcionan para una máquina pueden ser peligrosos cuando son usados en otra.
- » No altere o use mal la máquina. Fue construida con precisión y cualquier alteración o modificación no especificada se considera un mal uso y puede resultar en una condición peligrosa.

NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD PARA EQUIPOS A GASOLINA

- » El motor está diseñado para funcionar con un combustible mixto que contiene gasolina altamente inflamable. Nunca gire los depósitos de combustible o rellene el tanque de la unidad en cualquier lugar donde haya una caldera, estufa, leña, chispas eléctricas, chispas de soldadura o cualquier otra fuente de calor o fuego que pueda encender el combustible.
- » Nunca fume mientras esté operando la unidad o rellenando su tanque de combustible.
- » Al rellenar el tanque, siempre apague el motor y permita que se enfríe. Eche un vistazo para asegurarse de que no haya chispas ni llamas abiertas en ninguna parte antes de reabastecerse.
- » Limpie completamente el combustible derramado con un trapo seco si se produce algún derrame de combustible durante el reabastecimiento.

ANEXO IV

Manual Bomba empleada en el banco

Scanned by TapScanner

Manual de usuario



- » NO use únicamente combustible sin plomo.
- » NO use aceite de motor de 4 tiempos.
- » **DEBE** usar un combustible sin plomo y una mezcla de aceite de 2 tiempos.
- » Instale un combustible sin plomo y una mezcla de aceite de 2 tiempos.
- » La relación de mezcla recomendada es 40: 1.

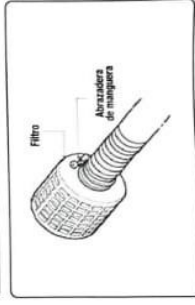
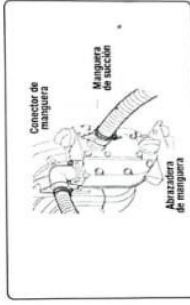
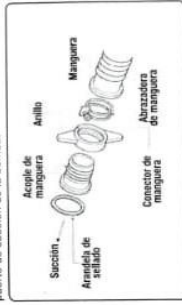
La gasolina es altamente inflamable. Evite fumar o llevar cualquier fuente de ignición o llama descubierta cerca del combustible, esto incluye herramientas que pueden causar chispas tales como amoladoras y taladros. Antes de reabastecer el combustible, asegúrese de que el motor haya sido detenido y deje que se enfríe. Elija un área al aire libre al menos a 10 metros del punto de almacenamiento de combustible.

INSTRUCCIONES DE ENSAMBLADO

» Use una abrazadera para sujetar con seguridad el conector a la manguera de succión para evitar fugas de aire y pérdida de succión. Verifique que la arandela de sellado del conector de la manguera esté en buenas condiciones.

» Instale el filtro (provisto con la bomba) en el otro extremo de la manguera de succión, y asegúrelo con una abrazadera. El filtro ayudará a evitar que la bomba se obstruya o dañe por la suciedad.

» Apriete firmemente el conector de la manguera en el puerto de succión de la bomba.



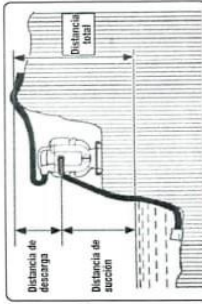
COLOCACIÓN DE LA BOMBA

» Para obtener el mejor rendimiento de la bomba, colócala cerca del nivel del agua y use mangueras que no excedan las longitudes necesarias. Esto para evitar que la bomba produzca el mayor rendimiento con el menor tiempo de auto cebado.

» A medida que aumenta la altura de bombeo, la presión de la bomba disminuye. La longitud, el tipo y el tamaño de las mangueras de succión y descarga también pueden afectar significativamente la salida de la bomba.

» La capacidad de descarga siempre es mayor que la capacidad de succión, por lo que es importante que la distancia hacia el cabezal de succión sea la parte más corta del cabezal total.

» Minimizar la distancia de succión (colocar la bomba cerca del nivel del agua) también es muy importante para reducir el tiempo de auto cebado. El tiempo de auto cebado es el tiempo que le toma a la bomba llevar el agua al cabezal de succión durante la operación inicial.



INSTALACIÓN DEL CABEZAL DE SUCCIÓN

» Use la manguera, el conector de la manguera y la abrazadera de la manguera provistos con la bomba. La manguera de succión debe estar reforzada con una pared no plegable o una construcción de alambre trenzado para evitar el colapso de la manguera de succión.

» La manguera de succión no debe ser más larga de lo necesario. El rendimiento de la bomba es mejor cuando la bomba está cerca del nivel del agua y las mangueras son cortas.

» Nunca use una manguera de succión con un diámetro interior inferior a 25 mm (1 pulgada).

Manual de usuario



NORMAS ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD

- » Mantenga la bomba en un lugar seco, levantada del suelo y con los tanques vacíos.
- » Si su bomba ya no se puede utilizar, deséchela de manera adecuada sin dañar el medio ambiente entregándola a su distribuidor local, quien hará los arreglos necesarios para su correcta eliminación.

» **Verifique las condiciones generales de la bomba.** Mire alrededor y debajo de la bomba para detectar signos de fugas de aceite o gasolina.

» Elimine cualquier suciedad o residuos excesivos, especialmente alrededor del silenciador del motor y el motor de arranque.

» **Buscar signos de daño.** Verifique que todas las tuercas, pernos, tornillos, conectores de manguera y abrazaderas estén apretados.

» **Verifique las mangueras de aspiración y descarga.** Verifique el estado general de las mangueras. Asegúrese de que las mangueras estén en buen estado antes de conectarlas a la bomba.

» Recuerde que la manguera de succión debe estar reforzada para evitar el colapso de la manguera.

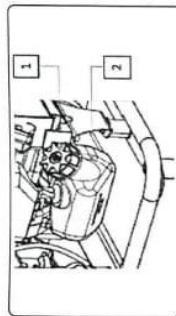
» **Tenga cuidado con el silenciador u otras partes calientes del motor.** Durante el transporte, cierre la llave de combustible y la tapa del tanque de combustible. Vacíe el tanque de combustible durante el transporte en largas distancias o en caminos difíciles.

» **Solo use la bomba en lugares bien ventilados,** no opere la bomba en atmósferas explosivas o inflamables o en entornos cerrados.

» **Verifique la bomba todos los días** para asegurarse de que cada dispositivo, ya sea por seguridad o de otro modo, sea funcional.

» **Nunca use una bomba dañada, modificada, reparada o montada incorrectamente.** No retire, dañe o desactive ninguno de los dispositivos de seguridad.

» **Nunca realice operaciones o reparaciones por su cuenta** que sean otras que el mantenimiento de rutina. Llame a talleres especializados y autorizados solamente.



- » **El uso previsto es para bombear el agua que no está destinada al consumo humano.** El bombeo de líquidos inflamables, gasolina, o fueloil, puede provocar un incendio o una explosión y causar lesiones graves. El bombeo de agua de mar, bebidas, ácidos, soluciones químicas o cualquier otro líquido que promueva la corrosión puede dañar la bomba.
- » Siempre asegúrese de incluir este manual cuando venda, preste o transfiera la propiedad de este producto.
- » Nunca permita que niños o personas que no puedan comprender completamente las instrucciones dadas en el manual para usar la máquina.

» **Durante el transporte, cierre el grifo de combustible y el tapón del depósito de combustible.** Vacíe el tanque de combustible durante el transporte en largas distancias o en caminos difíciles.

» **No use la bomba cerca de personas o animales.**

» **No use la bomba cerca de cables o equipos eléctricos.**

» **Mantenga la bomba en funcionamiento (o aún caliente) lejos de cualquier material inflamable.**

» **Tenga cuidado con el silenciador u otras partes calientes del motor.** Durante el transporte, cierre la llave de combustible y la tapa del tanque de combustible. Vacíe el tanque de combustible durante el transporte en largas distancias o en caminos difíciles.

» **Solo use la bomba en lugares bien ventilados,** no opere la bomba en atmósferas explosivas o inflamables o en entornos cerrados.

» **Verifique la bomba todos los días** para asegurarse de que cada dispositivo, ya sea por seguridad o de otro modo, sea funcional.

» **Nunca use una bomba dañada, modificada, reparada o montada incorrectamente.** No retire, dañe o desactive ninguno de los dispositivos de seguridad.

» **Nunca realice operaciones o reparaciones por su cuenta** que sean otras que el mantenimiento de rutina. Llame a talleres especializados y autorizados solamente.

REPUESTAJE

- » Desmonte y quite la tapa del combustible (1), asegúrese de que la entrada del tanque de combustible esté libre de cualquier residuo y NO permita que entren residuos en el tanque de combustible (2).
- » NO llene demasiado; llene a aproximadamente el 80% de la capacidad total normal para permitir la expansión.
- » Vuelva a colocar la tapa de combustible y asegúrese de que esté bien apretada. NO use la máquina sin tener la tapa de combustible instalada.

ANEXO V

Manual Bomba empleada en el banco

Manual de usuario

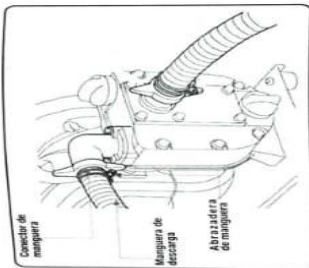
Gladiator
BLACK EDITION .ptg

Manual de usuario

Gladiator
BLACK EDITION .ptg

INSTALACIÓN DE LA MANGUERA DE DESCARGA

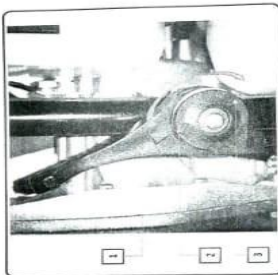
- » Conecte un conector de manguera y manguera al puerto de descarga de la bomba. Lo mejor es usar una manguera corta de gran diámetro, ya que esto reducirá la fricción del fluido y mejorará el rendimiento de la bomba.
- » Una manguera de diámetro largo o pequeño aumentará la fricción del fluido y reducirá la presión de la bomba.
- » Si la manguera de descarga está equipada con una válvula de cierre o boquilla, no la cierre durante un largo período de tiempo, ya que esto podría causar que la bomba se sobrecaliente.



DETERNER EL MOTOR

Nota:

- » A excepción de una emergencia, evite detener el motor mientras tira de la palanca del acelerador.
- » Después del uso, retire el tapón de drenaje de la bomba y drene la cámara de la bomba.
- » Retire la tapa de llenado y lave la cámara de la bomba con agua limpia y fresca. Permita que el agua salga de la cámara de la bomba, luego vuelva a instalar la tapa de llenado y el tapón de drenaje.
- » Mueva la palanca del acelerador (1) a la posición BAJA y haga funcionar el motor durante medio minuto.
- » Presione el botón STOP hasta que el motor se detenga por completo.



AJUSTANDO LA VELOCIDAD DE RALENTÍ

Nota: Caliente el motor antes de ajustar la velocidad de ralentí.

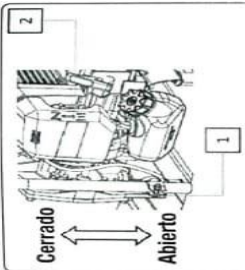
- » Cuando el motor se detiene con frecuencia en el modo de ralentí, gire el tornillo de ajuste en el sentido de las agujas del reloj.

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

Nota: NO opere la bomba en un estado seco. Operar la bomba en seco destruirá el sello de la bomba. Si la bomba se ha secado, pare el motor inmediatamente y deje que la bomba se enfríe antes de recargarla.

CEBADO DE LA BOMBA

- » Antes de arrancar el motor, retire la tapa de llenado de la cámara de la bomba y llénala completamente con agua. Vuelva a instalar la tapa y apriétela firmemente.



Nota:

- » Al reiniciar el motor inmediatamente después de detenerlo, deje abierto el cebador y empuje la bomba de cebado varias veces.
- » El exceso de cebado puede dificultar el arranque del motor debido al exceso de combustible.
- » Cuando el motor no arranca después de varios intentos, abra el cebador y repita tirando de la cuerda, o retire la bujía y séquela.

CONFIGURANDO LA VELOCIDAD DEL MOTOR

- » Después de arrancar el motor, mueva la palanca del acelerador (1) en el sentido de las agujas del reloj a la posición ALTA (2) y verifique la salida de la bomba.
- » La salida de la bomba se controla ajustando la velocidad del motor. Mover la palanca del acelerador en la dirección ALTA (2) aumentará la salida de la bomba, y mover la palanca del acelerador (en sentido antihorario) en la dirección BAJA (3) disminuirá la salida de la bomba.

ARRANQUE DEL MOTOR

- » Apoye la unidad en un lugar plano y firme.
- » Para arrancar un motor frío, mueva la palanca del cebador (2) hacia ATRÁS a la posición CERRADO.
- » Mueva la palanca del acelerador (1) no más allá del punto medio.
- » Mientras sujeta firmemente la unidad, tire de la cuerda de arranque rápidamente hasta que el motor arranque.
- » Mueva la palanca del cebador (2) hacia ABAJO a la posición abierta, y tire de la cuerda de arranque rápidamente para arrancar el motor. NO suelte la manija de arranque sino que permita que regrese lentamente.
- » Permita que el motor se caliente durante varios minutos antes de comenzar la operación.

MANTENIMIENTO

ADVERTENCIA

Antes de limpiar, inspeccionar o reparar la bomba, asegúrese de que el motor se haya detenido y enfríado. Desconecte el terminal de la bujía para evitar el arranque accidental del motor.

INSPECCIÓN DIARIA

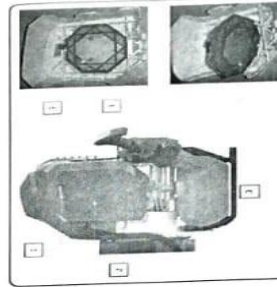
- » Verifique que todas las tuercas y tornillos estén bien apretados y que no fallen piezas.
- » Antes de usar la máquina, reemplácelas las tuercas y tornillos de fijación que falten.

Verifique si hay fugas de combustible
 Limpie todos los derrames de combustible inmediatamente, repare cualquier fuga antes de arrancar el motor.

Filtro de aire

- » Verifique el filtro de aire mensualmente.
- » Para quitar el clip de la gresca de filtro (1), retire la cubierta (2) para liberar el filtro (4).
- » Limpíelo con agua tibia y jabón según sea necesario. Seque completamente antes de instalar.
- » Debe limpiar con más frecuencia si se usa en condiciones de mucho polvo.

- » Reemplácelo el filtro dañado.
- » NO haga funcionar la máquina sin el filtro instalado.



Bujías

ADVERTENCIA

La bujía DEBE estar completamente apretada, de lo contrario el motor se sobrecalentará y causará daños. Siempre complete los siguientes pasos con el motor apagado y enfriado.



ANEXO VI

Manual Bomba empleada en el banco

Scanned by TapScanner

Manual de usuario

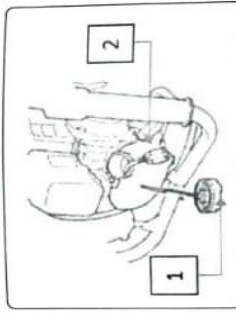


Nota: El uso de cualquier bujía diferente a las designadas puede ocasionar que el motor no funcione correctamente y se recaliente y dañe.

FILTRO DE COMBUSTIBLE

Nota: Un filtro de combustible obstruido puede causar falta de energía y un mal funcionamiento del motor.

- » Retire la tapa del combustible (1) y vacíe el combustible restante en un recipiente.
- » Con un pequeño gancho de alambre, saque la línea de combustible y el filtro (2) del tanque.
- » Desconecte el conjunto del filtro.
- » Si es necesario, reemplácelo con un filtro nuevo o límpielo soplando aire adentro.

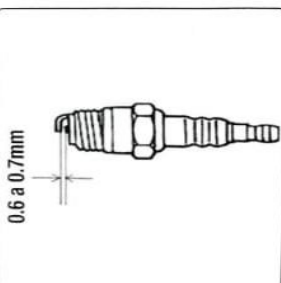
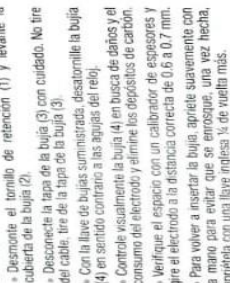


SOLUCIONADOR DE PROBLEMAS

- El motor no arranca**
- » Chequee si hay combustible suficiente.
 - » Chequee si el grifo de combustible se encuentra en posición de encendido.
 - » Chequee si el combustible entra al carburador.
 - » En el caso de que el grifo se encuentre encendido, desmántele el tapón de drenaje de combustible por debajo del carburador y chequee.
 - » Chequee si el interruptor de encendido se encuentra en posición de encendido.
 - » Chequee si hay suficiente aceite de motor en el cigüeñal.
 - » Chequee si la bujía produce chispas.
- La bomba no bombea**
- » Chequee si hay agua suficiente.
 - » Chequee si el filtro se encuentra tapado.
 - » Chequee si las abrazaderas de las mangueras se encuentran correctamente colocadas.
 - » Chequee si las mangueras están dañadas.
 - » Chequee si la altura de succión es muy alta.
 - » Si la bomba de agua todavía no bombea, contacte a su distribuidor.



- » Verifique la bujía cada 50 horas de uso y limpie el espacio con un cepillo de alfileres. El espacio debe ajustarse a 0.6 - 0.7 mm. Cuando reemplace con una nueva bujía, use una Champion RC-16V o un NGK BPM7A.
- » Desmonte el tornillo de retención (1) y levante la cubierta de la bujía (2).
- » Desconecte la tapa de la bujía (3) con cuidado. No tire del cable, tire de la tapa de la bujía (3).
- » Con la llave de bujías suministrada, desatornille la bujía (4) en sentido contrario a las agujas del reloj.
- » Controle visualmente la bujía (4) en busca de daños y el consumo del electrodo y afirme los depósitos de carbón.
- » Verifique el espacio con un calibrador de espesores y gire el electrodo a la distancia correcta de 0.6 a 0.7 mm.
- » Para volver a insertar la bujía, apriete suavemente con la mano para evitar que se enrroscue una vez hecha, apriétela con una llave inglesa si de vuelta más.



- » Asegúrese de que la bujía esté bien apretada, de lo contrario podría dañarse.
 - » Vuelva a colocar la tapa de la bujía en la bujía.
- Nota:** El uso de cualquier bujía diferente a las designadas puede ocasionar que el motor no funcione correctamente y se recaliente y dañe.
- » Asegúrese de que la bujía esté bien apretada, de lo contrario podría dañarse.
 - » Vuelva a colocar la tapa de la bujía en la bujía.

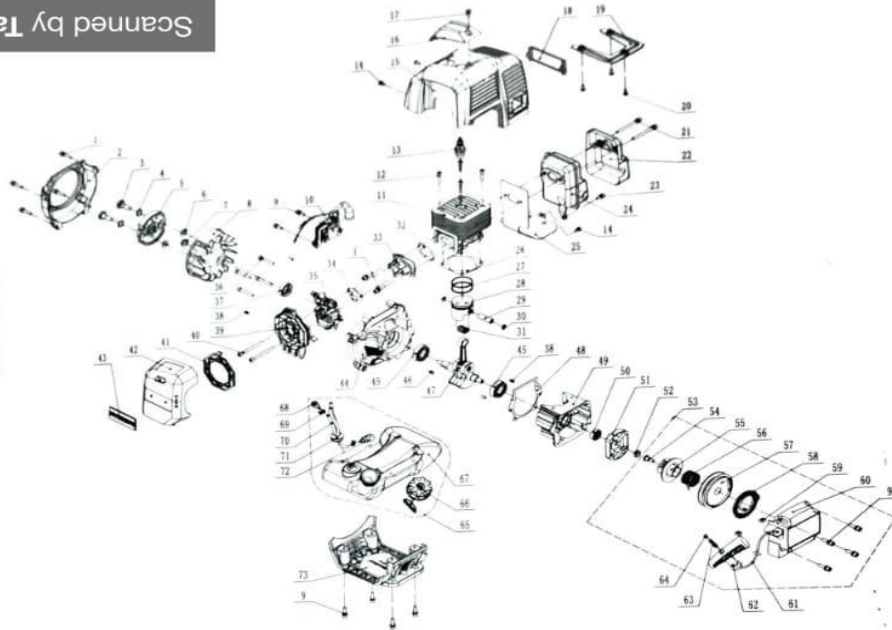
ANEXO VII

Manual Bomba empleada en el banco

Scanned by TapScanner

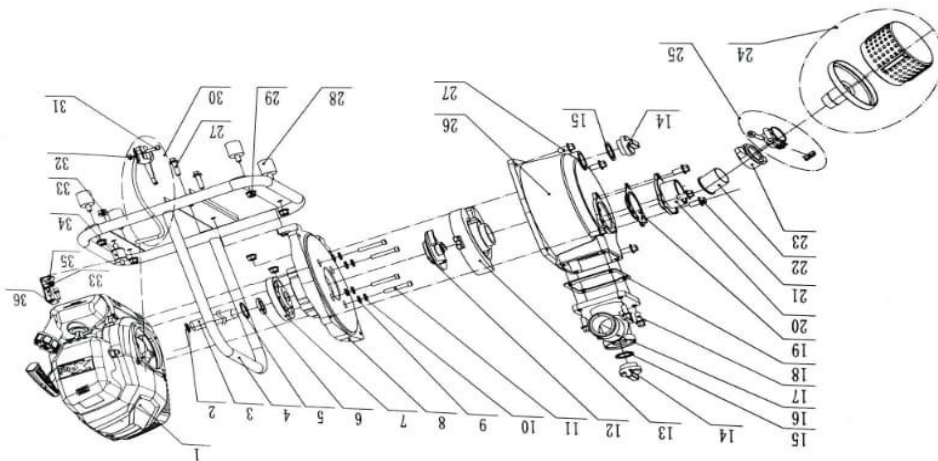
Despiece

DESPIECE



Despiece

DESPIECE





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



ANEXO VIII






Manual Bomba empleada en el banco

Scanned by TapScanner

LISTADO DE PARTES

Item	Código/Code	Descripción	Description
1	BG915R1001	MOTOR	ENGINE
2	BG915R1002	WASHER	WASHER
3	BG915R1003	ABANDELA	TUBE
4	BG915R1004	SOPORTE	PUMP SUPPORT
5	BG915R1005	ANILLO RETENTOR	RETAINER RING
6	BG915R1006	RODAMIENTO	BEARING
7	BG915R1007	CARCASA	HOUSING
8	BG915R1008	PLACA BASE	PUMP BASE-PLATE
9	BG915R1009	ARANDELA	WASHER
10	BG915R1010	BULÓN	WASHER
11	BG915R1011	TURBINA	IMPELLER
12	BG915R1012	COBERTOR	IMPELLER COVER
13	BG915R1013	ANILLO SELLADOR	SEALING RING
14	BG915R1014	TUBO DE SALIDA DE AGUA	WATER OUT TUBE
15	BG915R1015	BULÓN	FLANGE BOLT
16	BG915R1016	ALMOHADILLA DE GOMA	RUBBER CUSHION
17	BG915R1017	VALVULA DE RETENCION	ONE WAY VALVE
18	BG915R1018	ENTRADA DE AGUA	WATER INLET
19	BG915R1019	BULÓN	FLANGE BOLT
20	BG915R1020	SALIDA DE AGUA	WATER OUTLET
21	BG915R1021	PESTANA	FLANGE
22	BG915R1022	FILTRO DE AGUA	WATER FILTERING ASSY
23	BG915R1023	ABRAZADERAS	CLAMP RING ASSY
24	BG915R1024	COBERTOR	PUMP COVER
25	BG915R1025	BULÓN	FLANGE BOLT
26	BG915R1026	AMORTIGUADOR	RUBBER DAMPING
27	BG915R1027	PESTANA	FLANGE
28	BG915R1028	INTERRUPTOR GATILLO	THROTTLE SWITCH ASSY
29	BG915R1029	BULÓN	BOLT
30	BG915R1030	TUERCA	LOCK NUT
31	BG915R1031	TUERCA	NUT
32	BG915R1032	TUERCA	ENGINE DAMPING
33	BG915R1033	AMORTIGUADOR	BOLT
34	BG915R1034	SOPORTE DE TANQUE DE COMBUSTIBLE	FUEL TANK SUPPORT
35	BG915R1035	BULÓN	BOLT
36	BG915R1036	COBERTOR LATERAL	BOLT
1	BG915R2001	ARANDELA	SIDE COVER
2	BG915R2002	EMBRAGUE	BOLT
3	BG915R2003	ARANDELA	WASHER
4	BG915R2004	EMBRAGUE	CLUTCH
5	BG915R2005	ARANDELA	WASHER
6	BG915R2006	TUERCA	NUT
7	BG915R2007	VOLANTE	FLYWHEEL
8	BG915R2008	TORNILLO	COMBINATION SCREW
9	BG915R2009	BOBINA DE ENCENDIDO	IGNITION COIL ASSY
10	BG915R2010	CILINDRO	CYLINDER
11	BG915R2011	BULÓN	BOLT
12	BG915R2012	BUJIA	SPARK PLUG
13	BG915R2013	BULÓN	BOLT
14	BG915R2014	COBERTOR SUPERIOR	COVER OF CYLINDER
15	BG915R2015	BULÓN	TOP COVER
16	BG915R2016	BULÓN	BOLT
17	BG915R2017	PLACA DE LOGO	LOGO PLATE
18	BG915R2018		
19	BG915R2019	COBERTOR	COBERTOR
20	BG915R2020	BULÓN	BULÓN
21	BG915R2021	TORNILLO	TORNILLO
22	BG915R2022	ASLANTE	INSULATION MAT FOR NUT
23	BG915R2023	TORNILLO	COMBINATION SCREW
24	BG915R2024	SILENCIADOR	MUFFLER
25	BG915R2025	ALMOHADILLA	INSULATION MAT
26	BG915R2026	UNTA	GASKET OF CYLINDER
27	BG915R2027	ANILLO DE PISTON	PISTON RING
28	BG915R2028	PISTON	PISTON
29	BG915R2029	PERNO	CLAMP SCREW
30	BG915R2030	RODAMIENTO	BEARING
31	BG915R2031	JUNTA	INLET AIR PIPE GASKET
32	BG915R2032	TUBO	INLET AIR PIPE
33	BG915R2033	JUNTA DE CARBURADOR	CARBURETOR GASKET
34	BG915R2034	CARBURADOR	CARBURETOR
35	BG915R2035	BULÓN	BOLT
36	BG915R2036	SELLO DE ACEITE	OIL SEAL
37	BG915R2037	PERNO	STRAIGHT PIN
38	BG915R2038	SOPORTE	BRACKET OF AIR FILTER
39	BG915R2039	BULÓN	BOLT
40	BG915R2040	FILTRO DE AIRE	AIR FILTER
41	BG915R2041	COBERTOR	COVER OF AIR FILTER
42	BG915R2042	PLACA DE LOGO	LOGO PLATE
43	BG915R2043	COBERTOR IZQUIERDO	LEFT CRANKCASE
44	BG915R2044	RODAMIENTO	BEARING
45	BG915R2045	LLAVE	WOODRUFF KEY
46	BG915R2046	CIGÜENAL	CRANKSHAFT
47	BG915R2047	JUNTA	GASKET OF CRANKCASE
48	BG915R2048	COBERTOR DERECHO	RIGHT CRANKCASE
49	BG915R2049	SELLO DE ACEITE	OIL SEAL
50	BG915R2050	TUERCA	DRIVE PLATE
51	BG915R2051	TUERCA	NUT
52	BG915R2052	TUERCA	STARTER ASSY
53	BG915R2053	BULÓN	BOLT
54	BG915R2054	RUEDA	RATCHET WHEEL
55	BG915R2055	RESORTE	TORSIONAL SPRING
56	BG915R2056	ROLDANA	ROPE SHEAVE
57	BG915R2057	RESORTE	COIL SPRING
58	BG915R2058	TUERCA	NUT
59	BG915R2059	TUERCA	COVER OF STARTER
60	BG915R2060	CUERDA DE ARRANQUE	START ROPE
61	BG915R2061	PERILLA	START KNOB
62	BG915R2062	RESORTE	ROPE
63	BG915R2063	CUERDA	FUEL TANK ASSY
64	BG915R2064	TANQUE DE COMBUSTIBLE	FUEL TANK CAP
65	BG915R2065	TAPA	OIL OUT VITTA
66	BG915R2066	RESORTE	CLAMP SPRING
67	BG915R2067	TUBO DE COMBUSTIBLE	FUEL PIPE
68	BG915R2068	RESORTE	FIX OF FUEL PIPE
69	BG915R2069	SOPORTE	FUEL FILTER
70	BG915R2070	FILTRO DE COMBUSTIBLE	FUEL TANK
71	BG915R2071	TANQUE DE COMBUSTIBLE	BRACKET OF TANK
72	BG915R2072	SOPORTE DE TANQUE	
73	BG915R2073		



ANEXO IXI	Tubería y acoples de la descarga de la bomba.	
T de 1" ½ Acople de salida de descarga de la bomba		
Bushing de ½ a ¾ Acople en conjunto para el sensor de presión		
Bushing de ¾ a ½ Acople en conjunto para el sensor de presión		
Bushing de ½ a ¼ Acople en conjunto final para el sensor de presión		
Neplo corrido de 1" ½		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



ANEXO XI

Tubería y acoples descarga de la bomba.

Codo a 90 grados de 1" ½



Neplo PVC 1" ½ x 20 cm



Codo a 90 grados de 1" ½



Bushing rosca de 1" ½ a 1 "
Acople para el sensor de flujo





ANEXO XII

Tubería y acoples de la descarga de la bomba.

Bushing rosca de 1" ½ a 1"
Acople para el sensor de flujo



Unión roscable de 1" ½



Neplo polimex de 1" ½ x 10 cm



Cruz de 1" ½





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



ANEXO XIII	Tubería y acoples de la configuración de salida (descarga)		
Primera rama	Segunda rama	Tercera rama	
 Bushing de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$	 Bushing de $1\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$	 Bushing de 1"	
 Neplo polimex de $\frac{1}{2}$ x 10 cm		 Neplo polimex de 1"	
 Codo de $\frac{1}{2}$		 Codo de 1"	
 Neplo corrido de $\frac{1}{2}$	 Neplo corrido de $\frac{3}{4}$	 Neplo corrido de 1"	



ANEXO XIII

Tubería y acoples de la configuración de salida (descarga)



Válvula esfera 1/2



Válvula esfera 3/4



Válvula esfera 1"



Neplo corrido de 1/2



Neplo corrido de 3/4



Neplo corrido de 1"



Universal de 1/2



universal de 1/4



Universal 1"



Adaptador flex de 1/2



Adaptador flex de 3/4



Adaptador flex de 1"



ANEXO XIVII

Propiedades del agua a diferente temperatura

PROPIEDADES DEL AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS

Temperatura T (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Módulo elasticidad K.10 ⁻⁹ (N/m ²)	Viscosidad dinámica μ 10 ³ (Ns/m ²) ^{x10⁻³}	Viscosidad cinemática ν 10 ⁶ (m ² /s)	Tensión superficial σ (N/m)	Presión de vapor R _v kPa ^{x10³}
0	999,8	1,98	1,781	1,785	0,0756	0,61
5	1000,0	2,05	1,518	1,519	0,0749	0,87
10	999,7	2,10	1,307	1,306	0,0742	1,23
15	999,1	2,15	1,139	1,140	0,0735	1,70
20	998,2	2,17	1,002	1,003	0,0728	2,34
25	997,0	2,22	0,890	0,893	0,0720	3,17
30	995,7	2,25	0,798	0,800	0,0712	4,24
40	992,2	2,28	0,653	0,658	0,0696	7,38
50	988,0	2,29	0,547	0,553	0,0679	12,33
60	983,2	2,28	0,466	0,474	0,0662	19,92
70	977,8	2,25	0,404	0,413	0,0644	31,16
80	971,8	2,20	0,354	0,364	0,0626	47,34
90	965,3	2,14	0,315	0,326	0,0608	70,10
100	958,4	2,07	0,282	0,294	0,0589	101,33

ANEXO IV

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

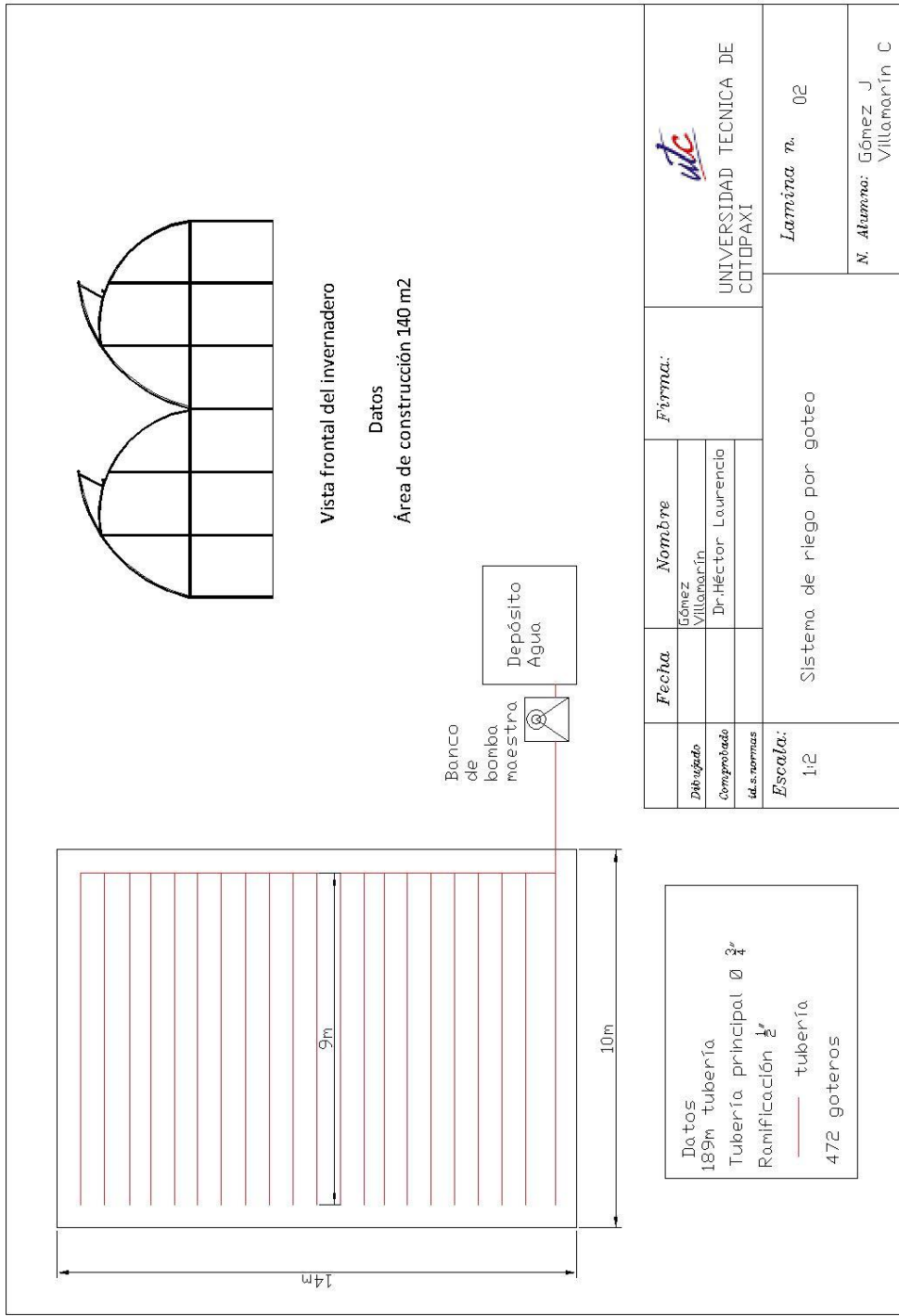
Fecha.	Nombre	Firma:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Dibujado	Gómez Villamarín		
Dibujado	Dr. Héctor Laurencia		
Escala:	Prueba con manguera de 10 m		Laminas n. 01
			N. Alumno: Gómez J Villamarín C

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

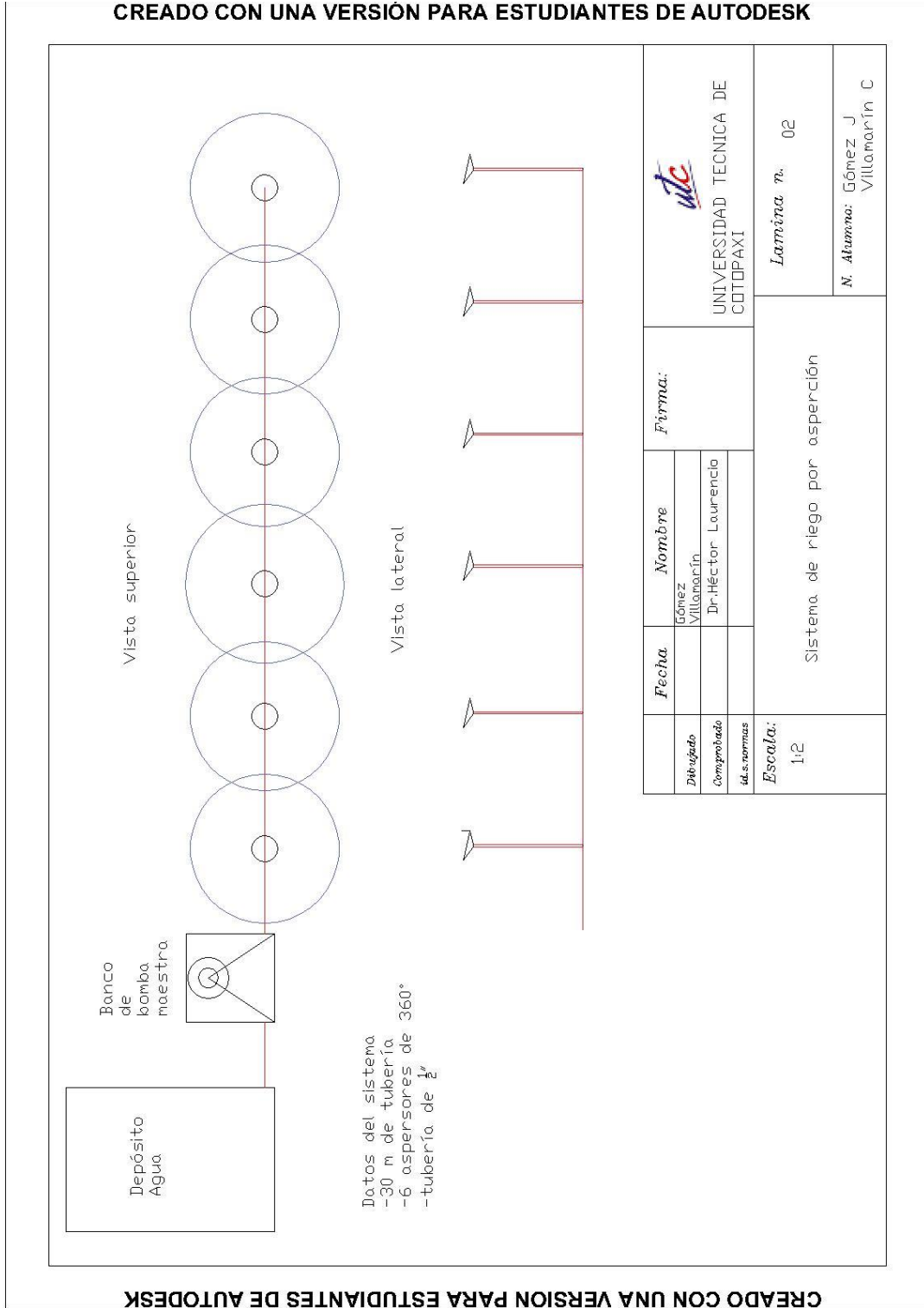
CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

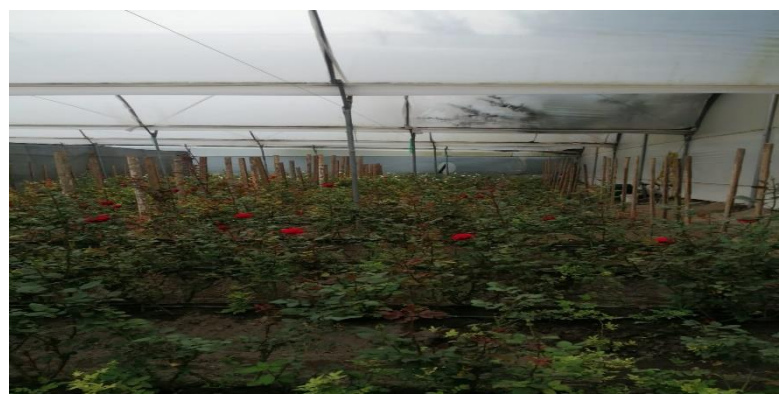


CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ANEXO V

Prueba en invernadero sistema por goteo





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



ANEXO V

Prueba en sistema de riego por aspersión

