



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO MANUAL CON SISTEMA
HIDRONEUMÁTICO, PARA PRESURIZACIÓN DE AGUA DEL GRUPO MARQ AGRO S. A.**

Marlon Alfredo Ochoa Vásquez

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, septiembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO MANUAL CON SISTEMA
HIDRONEUMÁTICO, PARA PRESURIZACIÓN DE AGUA DEL GRUPO MARQ AGRO S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARLON ALFREDO OCHOA VÁSQUEZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Véliz Padilla
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO MANUAL CON SISTEMA
HIDRONEUMÁTICO, PARA PRESURIZACIÓN DE AGUA DEL GRUPO MARQ AGRO S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 13 de julio de 2015.

Marlon Alfredo Ochoa Vásquez



Guatemala, 24 de mayo de 2016
Ref.EPS.DOC.347.05.16.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

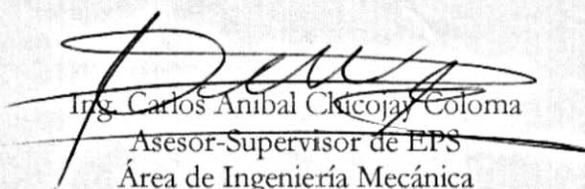
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Marlon Alfredo Ochoa Vásquez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201146022, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO MANUAL CON SISTEMA HIDRONEUMÁTICO, PARA PRESURIZACIÓN DE AGUA, DEL GRUPO MARQ AGRO S.A..**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Anibal Chicoy Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
CACC/ra





Guatemala, 24 de mayo de 2016
REF.EPS.D.234.05.16

Ing. Roberto Guzmán
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

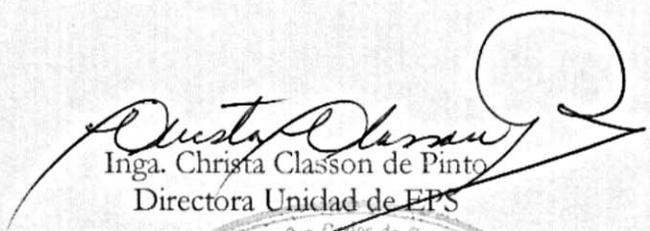
Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO MANUAL CON SISTEMA HIDRONEUMÁTICO, PARA PRESURIZACIÓN DE AGUA, DEL GRUPO MARQ AGRO S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Marlon Alfredo Ochoa Vásquez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

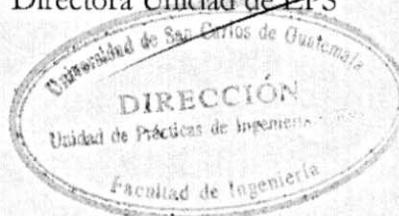
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

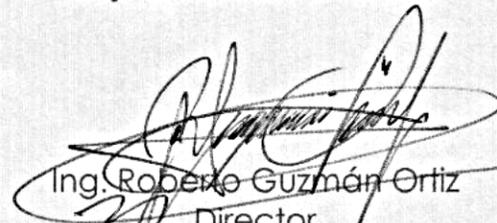
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.217.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO MANUAL CON SISTEMA HIDRONEUMÁTICO, PARA PRESURIZACIÓN DE AGUA DEL GRUPO MARQ AGRO S.A.** del estudiante **Marlon Alfredo Ochoa Vásquez**, carné No. **2011-46022** y habiendo realizado la revisión del trabajo de graduación, aprueba el mismo para que continúe el trámite correspondiente.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, agosto de 2016

/aej



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

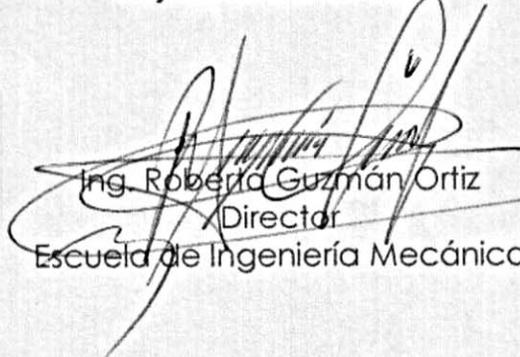
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.268.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO MANUAL CON SISTEMA HIDRONEUMÁTICO PARA PRESURIZACIÓN DE AGUA DEL GRUPO MARQ AGRO S.A.** del estudiante **Marlon Alfredo Ochoa Vásquez**, carné No. **2011-46022** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberta Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala septiembre de 2016

/aej



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO MANUAL CON SISTEMA HIDRONEUMATICO, PARA PRESURIZACIÓN DE AGUA DEL GRUPO MARQ AGRO S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Marlon Alfredo Ochoa Vásquez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, septiembre de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por guiarme, cuidarme y darme fuerzas para seguir adelante.
- Mis padres** Rigoberto Ochoa e Irlanda Vásquez de Ochoa. por su amor, inspiración y apoyo incondicional.
- Mis hermanos** Iván Rigoberto, Nolan Omar, Mónica Lizette y Erick Rigoberto Ocho Vásquez, por ser una admiración y un ejemplo a seguir y formar parte de la superación en mi carrera, entre otras cosas.
- Mi tío** Víctor López, por ser un ejemplo a seguir como persona, entre otras cosas.
- Mis amigos** Por formar parte de la superación como ingeniero y ser las mejores personas para compartir y darme consejos para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por guiarme y enseñarme a ser un profesional y formar la persona que soy.

Facultad de Ingeniería

Por ayudar a superarme y ser un profesional de bien.

**Escuela de
Ingeniería Mecánica**

Quien me preparó con la mejor enseñanza y confianza para llegar a ser un profesional de bien.

Grupo Marq Agro S. A.

Quien me abrió las puertas y me apoyó para realizar mi trabajo de graduación.

Ing. Aníbal Chicojay

Por ser una buena persona y buen asesor para dar de su tiempo para formar ingenieros de calidad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Información sobre la fuente de práctica.....	1
1.1.1. Ubicación.....	2
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Visión.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Antecedentes.....	3
1.2.2. Justificación	3
1.2.3. Formulación y delimitación del problema.....	4
1.2.4. Alcances	5
1.3. Marco teórico.....	5
1.3.1. Bombas hidráulicas	5
1.3.1.1. Tipos de bombas	6
1.3.1.1.1. Bombas de desplazamiento positivo	7
1.3.1.1.2. Bombas cinéticas	8
1.3.2. Materiales y accesorios de construcción	8

1.3.2.1.	Acero inoxidable.....	9
1.3.2.1.1.	Clasificación de los aceros inoxidables	10
1.3.2.2.	Junta tórica (O-ring)	12
1.3.2.3.	Válvula antirretorno	12
1.3.2.4.	Manómetros	13
1.3.2.5.	Tanque hidroneumáticos.....	14
1.3.2.6.	Policloruro de vinilo (PVC).....	17
1.3.2.6.1.	Materias primas básicas.....	17
1.3.2.6.2.	Características del PVC.....	17
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	19
2.1.	Diseño de equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático, para presurización de agua	19
2.1.1.	Altura de diseño	19
2.1.2.	Tubería de diseño	20
2.1.2.1.	Material.....	20
2.1.2.2.	Diámetro de diseño	21
2.1.2.2.1.	Cálculo de áreas	23
2.1.2.2.2.	Cálculo de fuerza	23
2.1.2.2.3.	Caudal por bombeo.....	24
2.1.2.3.	Émbolo	26
2.1.3.	Materiales y accesorios.....	27
2.1.4.	Diagrama.....	27
2.2.	Construcción de equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático, para presurización de agua	28
2.2.1.	Acero inoxidable.....	29

2.3.	Características técnicas de operación.....	32
2.3.1.	Funcionamiento del equipo de bombeo.....	32
2.3.2.	Pruebas al equipo de bombeo.....	34
2.3.2.1.	Tubería de succión.....	34
2.3.2.2.	Presión de operación.....	36
2.4.	Áreas de operación.....	38
2.5.	Tiempo, ahorro y reducción de esfuerzo.....	39
2.5.1.	Tiempo de transporte de agua.....	39
2.5.2.	Ahorro.....	40
2.5.3.	Reducción de esfuerzo.....	41
3.	FASE DE DOCENCIA.....	45
3.1.	Presentación de operación e interpretación de resultados alcanzados por el equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático.....	45
3.1.1.	Aspectos que conllevaron a la realización del proyecto.....	45
3.1.2.	Presentación de operación.....	46
3.1.2.1.	Resultados alcanzados.....	46
3.1.3.	Interpretación de resultados.....	47
3.1.3.1.	Presión de operación.....	47
3.2.	Programa de capacitación.....	48
	CONCLUSIONES.....	51
	RECOMENDACIONES.....	53
	BIBLIOGRAFÍA.....	55
	APÉNDICE.....	57
	ANEXO.....	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Logotipo de fuente de práctica	1
2.	Clasificación de tipos de bombas	6
3.	Junta tórica toroidal	12
4.	Válvulas antirretorno	13
5.	Válvula antirretorno de instalación	13
6.	Manómetro	14
7.	Tanque hidroneumático.....	15
8.	Presostato	16
9.	(PVC) accesorios comunes.....	18
10.	Principio de Pascal.....	22
11.	Gráfica fuerza contra diámetro	25
12.	Gráfica caudal contra diámetro	25
13.	Desglose de partes de equipo de bombeo manual	28
14.	Equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático	30
15.	Dirección de flujo de operación	32
16.	Pruebas de características de operación	35
17.	Presión máxima de operación	36
18.	Ficha técnica	37
19.	Gráfica tiempo contra tipo de transporte	40
20.	Gráfica esfuerzo contra tiempo	44

TABLAS

I.	Resultados de diseño de tubería	24
II.	Dimensiones y accesorios	31
III.	Datos obtenidos de prueba de tubería de succión.....	35
IV.	Método convencional.....	41
V.	Equipo de bombeo.....	43
VI.	Esfuerzos con relación a tiempos y métodos.....	44

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballo de fuerza
Psi	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
m	Metro
mm	Milímetro
Ft	Pies
R. P. M	Revoluciones por minuto
PVC	Policloruro de vinilo

GLOSARIO

Bomba hidráulica	Máquina que se usa para extraer, elevar o impulsar líquidos o gases de un lugar a otro.
Calisténicos	Deporte que utilizan el peso del propio cuerpo como resistencia o carga de trabajo, no siendo necesario de este modo, el uso de pesas o máquinas de musculación.
Cebado	Consiste en llenar de líquido la tubería de aspiración o succión de la bomba para facilitar la succión de líquido.
Compendio	Resumen breve, conciso y sustancial de una materia amplia.
Criogénica	Que se produce a bajas temperaturas.
Instalación	Conjunto de medios industriales.
Machuelo	Herramienta de corte para tallar roscas internas con forma de tornillo de acero aleado templado y rectificado, con ranuras a lo largo de la cuerda que permiten el desalojo de las rebabas arrancadas al generar la cuerda.

Mantenimiento	Actividad que tiene como objetivo la conservación de un equipo.
Máquina	Conjunto de elementos destinados a la transformación de la energía.
Soldadura	Proceso en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material aplicando calor o presión.
Soldadura TIG	Se caracteriza por el uso de corriente directa y electrodo de tungsteno, utilizando como protección del arco argón o helio.
Terraja	Barra de acero con un agujero en medio, donde se ajustan las piezas que labran las roscas de los tornillos.
Torno	Conjunto de mecanismos y herramientas que permiten mecanizar, desbastar y ranurar piezas de forma geométrica por revolución.

RESUMEN

El proyecto se desarrolla en tres fases primordiales, las cuales se desglosan en fase de investigación, fase de servicio técnico profesional y fase de docencia.

La fase de investigación abarca la búsqueda de información concerniente al funcionamiento de equipos, tomando como prioridad los tipos de materiales y accesorio que se utilizan para el desarrollo el proyecto.

En el desarrollo de la fase de servicio técnico profesional, se procede como parte esencial que el estudiante con su criterio y conocimiento adquiridos en la carrera, diseñe y construya el equipo, obteniendo así, las características técnicas a las que puede ser sometido el equipo de bombeo y el análisis a las áreas a las que puede ser utilizado.

La parte principal de la fase de docencia, radica principalmente en presentar e impartir, la información y datos técnicos de operación del equipo construido al personal de la empresa involucrada y de igual forma al personal que requieren el uso del mismo, tomando en cuenta su funcionamiento y accesorios de uso.

OBJETIVOS

General

Diseñar y construir un equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático, para presurización de agua del grupo Marq Agro S. A.

Específicos

1. Conocer por medio del diseño y construcción el modo de operar del equipo.
2. Brindar y dar a conocer los componentes principales para un funcionamiento eficaz a la que fue diseñado.
3. Proporcionar las características técnicas, al realizar las pruebas de funcionamiento a las que puede ser sometido el equipo.
4. Capacitar al personal y darles a conocer los aspectos y áreas en las que puede ser utilizado el equipo.

INTRODUCCIÓN

En la vida actual existen muchas formas para transportar agua de un lugar a otro, en las cuales se cuenta con distintos tipos de bombas eléctricas para la realización de dicho trabajo.

El diseño y construcción de este equipo, surge con el fin de apoyar a lugares donde no hay energía eléctrica, ya que el equipo a realizar no la requiere, o más bien otra área de utilización es hacia las personas de escasos recursos, en el cual se les dificulta la obtención de agua en sus hogares por lejanía de fuentes de agua, y por ende el transportar el agua.

Parte fundamental de dicho proyecto es la relación con el cuidado del medio ambiente, economía, y utilidad a la que estará desempeñado, tanto lo es para presurizar como para transportar agua, por el cual el proyecto se basa en los siguientes aspectos, tales son: diseño, construcción y especificaciones técnicas a la cual el equipo se desempeña.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Información sobre la fuente de práctica

Grupo Marq Agro S. A., empresa en el cual cumple con la finalidad de la realización de diferentes tipos trabajos, con el fin de fabricar accesorios, como lo son engranes, hasta la realización de un equipo como tal, en el cual diseña, fabrica y reconstruye gran variedad de piezas tomando en cuenta su resistencia y desgaste, bajo requerimientos del cliente, con el fin de dar mayor durabilidad a los equipos, prestando un servicio de calidad y conservación de equipos.

Figura 1. Logotipo de fuente de práctica



Fuente: empresa, Grupo Marq Agro S. A., Guatemala.

Grupo Marq Agro S. A es una empresa en el cual se cuenta con gran variedad de maquinaria, con la finalidad de la realización de las diversas piezas que el cliente o personal solicite, en cual se cuenta con servicio de torno, fresadoras, cepillo, montaje, proyectos e ingeniería con la finalidad de proporcionar un buen servicio y productos de calidad.

1.1.1. Ubicación

La empresa presta un fácil acceso ya que se encuentra en una de las salidas de la ciudad capital. Se encuentra ubicada en la carretera Interamericana Km 19,5, Ecobodegas, Bodega Núm. 1, lote 7, aldea Lo de Coy, Mixco, Guatemala.

1.1.2. Misión

Ser líderes en satisfacer y garantizar las necesidades del cliente a través de la fabricación, reconstrucción y buen servicio hacia sus equipos y maquinaria industrial.

1.1.3. Visión

Ser la empresa guatemalteca más competitiva del mercado, desarrollando sus tareas y fabricaciones con excelencia y dedicación, por medio de un equipo humano comprometido y dedicado al buen servicio.

1.2. Planteamiento del problema

El sistema de bombeo a diseñar, está dirigido mayormente para los diferentes lugares del país o para personas que lo requieran, basado al servicio que desempeña el equipo, en el cual comúnmente lo requieren aldeas o viviendas que se encuentran alejadas y se les es difícil la obtención de agua en sus viviendas, por el cual, el esfuerzo es mayor, por el simple hecho de trasportar poca cantidad de agua por largas distancias o alturas, por el mismo motivo que la fuente de agua ya sea ríos, nacederos o fuentes comunales se encuentran alejadas de sus hogares.

1.2.1. Antecedentes

El modo de transporte de agua en lugares alejados, viene siendo algo común en varios sectores de Guatemala, ya que no cuentan con la facilidad de tener energía eléctrica o más bien los recursos económicos no lo permiten, por el cual no es posible la instalación de un equipo de bombeo adecuado para satisfacer las necesidades de las personas para contar con agua en sus viviendas, en varias situaciones las personas no cuentan con fuentes de agua cercanas, por el cual el proceso de transporte hacia sus viviendas se les dificulta por el motivo que las personas utilizan tinajas, botes, cubetas u otro recipiente para poder transportar agua a sus hogares, en el cual esto tiene como consecuencia el incremento de esfuerzo físico y la posibilidad de tener lesiones y hasta quebraduras graves.

Los problemas comunes pueden ser reflejados en los siguientes aspectos, los cuales son:

- Mayor dificultad al extraer agua en pozos de profundidad mayor a un metro.
- Poco volumen de agua al momento de ser transportada.
- Falta de energía eléctrica y recursos económicos.
- Lesiones para personas de la tercera edad o menores de edad.
- Cansancio físico mayor.

1.2.2. Justificación

El equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático es considerado necesario, motivos en los cuales se debe garantizar la reducción de esfuerzo físico para cualquier tipo de persona que no cuentan con energía eléctrica o

carecen de recursos, no teniendo como limitación la edad de las personas que lo utilice, abarcando con ello los siguientes aspectos:

- Facilitar el método de trasportar agua a distancias mayores
- Reducción de esfuerzo físico para el personal que lo utilice
- Disminución de lesiones, caídas y quebraduras
- Mayor caudal en menor tiempo
- Presión de agua en la tubería de entrega
- Facilidad al extraer agua en pozos con profundidad mayor a un metro

Con el correcto funcionamiento del equipo, realizando el diseño y la construcción del sistema de bombeo manual, se logran varios aspectos para satisfacer las necesidades de las personas.

Para garantizar la efectividad del equipo se debe tomar en cuenta que el equipo no tenga fugas y pérdidas de presión.

1.2.3. Formulación y delimitación del problema

La propuesta de diseño y construcción de equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático, está caracterizado o establecido para tres puntos funcionamiento, los cuales son:

- Tubería de succión: determinación de la máxima longitud de la tubería de succión, por medio de pruebas en campo a la que puede operar el equipo.
- Presión de trabajo: la presión de operación del equipo se determinará por medio de la instalación de un manómetro y pruebas realizadas en

campo, dependiendo la presión del esfuerzo físico de la persona al bombear.

- **Altura máxima de bombeo:** la altura máxima de transporte de agua del equipo se establece proporcional a la presión, ya que dependerá de la presión de operación, y asimismo, al esfuerzo físico al bombear.

1.2.4. Alcances

Con la realización del equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático se logran los aspectos primordiales del proyecto con la reducción de trabajo físico de una persona, tomando como referencia la facilidad de extraer agua a una profundidad aceptable, una mayor facilidad para el transporte de agua según la características de desempeño del equipo y la obtención de agua a una presión aceptable, producida por el bombeo y el tanque hidroneumático.

1.3. Marco teórico

Es integrar el tema de la investigación con las teorías, enfoques teóricos, estudios y antecedentes en general que se refieren al problema de investigación.

1.3.1. Bombas hidráulicas

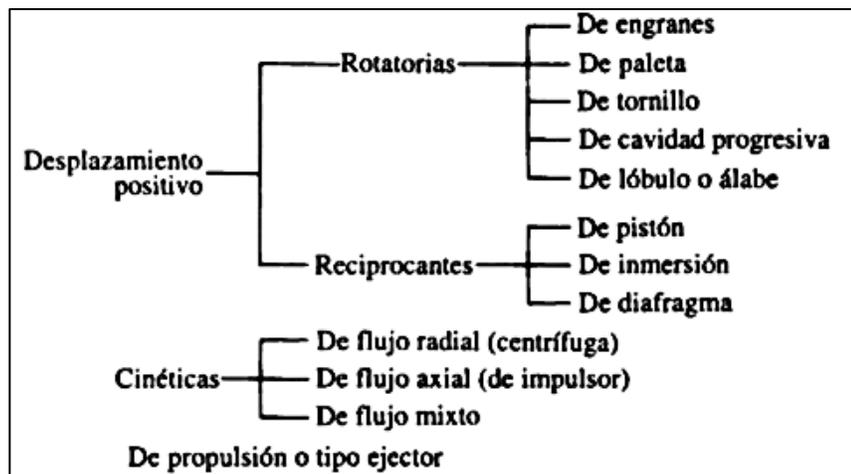
Una máquina de fluido es un sistema mecánico que intercambia energía con el fluido que es contenido o que circula a través.

Una bomba hidráulica es una máquina generadora de trabajo con un fluido incompresible en la que se produce una transformación de energía mecánica en hidráulica, en el cual al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli.

1.3.1.1. Tipos de bombas

Los tipos de bombas comúnmente utilizados para la entrega del fluido pueden clasificarse como se muestra en la siguiente figura:

Figura 2. Clasificación de tipos de bombas



Fuente: MOTT, Robert L. *Mecánica de fluidos aplicada*. p. 409.

1.3.1.1.1. Bombas de desplazamiento positivo

Las bombas de desplazamiento positivo entregan una cantidad fija de fluido en cada revolución del rotor de la bomba. Por lo tanto, excepto por resbalamientos pequeños debido al paso libre entre el rotor y la estructura, la entrega o capacidad de la bomba no se ve afectada por los cambios en la presión que esta debe desarrollar. La mayoría de las bombas de desplazamiento positivo puede manejar líquidos con altas viscosidades.

- Rotatorias: en estas el fluido es confinado en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina.

Existen los siguientes tipos:

- Engranés
 - Paletas
 - Tornillo
 - Cavidad progresiva
 - Lóbulo o álabe
- Reciprocantes: son en las que existe uno o varios compartimentos fijos, pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana. En estas máquinas, el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente.

Algunos ejemplos de este tipo son:

- Pistón
- Inmersión
- Diafragma

1.3.1.1.2. Bombas cinéticas

Las bombas cinéticas adicionan energía al fluido acelerándolo a través de la acción de un impulsor giratorio, el fluido se alimenta hacia el centro del impulsor y después se lanza hacia fuera a través de las paletas. Al dejar el impulsor, el fluido pasa a través de una voluta en forma de espiral en donde es frenado en forma gradual, provocando que parte de la energía cinética se convierta en presión de fluido. Se encuentran los siguientes tipos:

- Flujo radial
- Flujo axial
- Flujo mixto

1.3.2. Materiales y accesorios de construcción

En los diferentes tipos de materiales y accesorios utilizados, se puede encontrar o buscar materiales de costos mínimos de adquisición para la fabricación, obteniendo las características que se requieren para realizar dicho proyecto, en los cuales se presentan tales como acero inoxidable que se caracteriza por su estructura superficial fina, resistencia a golpes y alta resistencia a la corrosión, válvulas antiretorno por la operación requerida en el equipo por la restricción de flujo en una sola dirección, juntas tóricas u O-ring por la estructura de caucho en diseño toroidal para la facilidad de hermeticidad y sello en tuberías, PVC por el costo mínimo de obtención y resistente a presiones aceptadas, tanque hidroneumático y nylamid.

1.3.2.1. Acero Inoxidable

Los aceros inoxidable son una gama de aleaciones que contienen un mínimo de 11 % de cromo. El cromo forma en la superficie del acero una película pasivante, extremadamente delgada, continua y estable. Esta película deja la superficie inerte a las reacciones químicas. Esta es la característica principal de resistencia a la corrosión de los aceros inoxidable.

El extenso rango de propiedades y características secundarias, presentes en los aceros inoxidable hacen de ellos un grupo de aceros muy versátiles.

La selección de los aceros inoxidable puede realizarse de acuerdo con sus características:

- Resistencia a la corrosión y a la oxidación a temperaturas elevadas
- Propiedades mecánicas del acero
- Características de los procesos de transformación a que será sometido

Los aceros inoxidable tienen una resistencia a la corrosión natural que se forma automáticamente, es decir no se adiciona. Tienen una gran resistencia mecánica, de al menos dos veces la del acero al carbono, son resistentes a temperaturas elevadas y a temperaturas criogénicas. Son fáciles de transformar en gran variedad de productos y tiene una apariencia estética, que puede variarse sometiendo el acero a diferentes tratamientos superficiales para obtener acabado a espejo, satinado, coloreado, texturizado, entre otras.

1.3.2.1.1. Clasificación de los aceros inoxidables

Los aceros inoxidables no son indestructibles, sin embargo, con una selección cuidadosa, sometiéndolos a procesos de transformación adecuados y realizando una limpieza periódica, algún integrante de la familia de los aceros inoxidables resistirá las condiciones corrosivas y de servicio más severas.

- Serie 400
 - Aceros inoxidables martensíticos

Son la primera rama de los aceros inoxidables, llamados simplemente al cromo y fueron los primeros desarrollados industrialmente, tienen un contenido de carbono relativamente alto de 0,2 a 1.2 % y de cromo de 12 a 18 %.

Los tipos más comunes son el AISI 410, 420 y 431, las propiedades básicas son: elevada dureza, facilidad de maquinado y resistencia a la corrosión moderada.

Principales aplicaciones: ejes, flechas, instrumental quirúrgico y cuchillería.

- Aceros inoxidables ferríticos

También se consideran simplemente al cromo, su contenido varía de 12 a 18 %, pero el contenido de carbono es bajo <0,2 %.

Los tipos más comunes son el AISI 430, 409 y 434, las propiedades básicas son: buena resistencia a la corrosión. La dureza no es muy alta y no pueden incrementarla por tratamiento térmico.

Principales aplicaciones: equipo y utensilios domésticos y en aplicaciones arquitectónicas y decorativas.

- Serie 300
 - Los aceros inoxidable auténticos

Son los más utilizados por su amplia variedad de propiedades, se obtienen agregando níquel a la aleación, por lo que la estructura cristalina del material se transforma en austenita y de aquí adquieren el nombre. El contenido de cromo varía de 16 a 28 %, el de níquel de 3.5 a 22 % y el de molibdeno 1,5 a 6 %.

Los tipos más comunes son el AISI 304, 304L, 316, 316L, 310 y 317, las propiedades básicas son: excelente resistencia a la corrosión, excelente factor de higiene - limpieza, fáciles de transformar, excelente soldabilidad, no se endurecen por tratamiento térmico, se pueden utilizar tanto a temperaturas criogénicas como a elevadas temperaturas.

Principales aplicaciones: utensilios y equipo para uso doméstico, hospitalario y en la industria alimentaria, tanques, tuberías, entre otros.

Los aceros inoxidable ofrecen resistencia a la corrosión, una adecuada relación resistencia mecánica - peso, propiedades higiénicas, resistencia a temperaturas elevadas y criogénicas y valor a largo plazo. Son totalmente reciclables y amigables con el medio ambiente.

1.3.2.2. Junta tórica (O-ring)

Se denomina junta tórica u O-ring a una junta de forma toroidal, habitualmente de goma, cuya función es la de asegurar la estanqueidad de fluidos, por ejemplo en cilindros hidráulicos y cilindros neumáticos. Por lo general, se encuentra en equipos para impedir el intercambio de líquidos o gases en las uniones entre piezas desmontables.

Figura 3. Junta tórica toroidal



Fuente: Juntec. *Junta tórica*. <http://juntec.es/productos/>. Consulta: 6 de marzo de 2016.

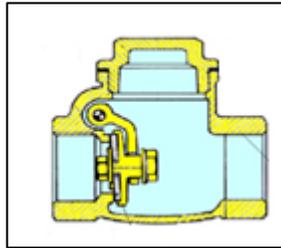
1.3.2.3. Válvula antirretorno

Las válvulas antirretorno sirven para permitir el paso de los líquidos en un solo sentido y evitarlo en el sentido contrario. También llamadas válvulas de retención, válvulas uniflujo o válvulas *check*.

Se utilizan cuando se pretende mantener a presión una tubería en servicio y poner en descarga la alimentación. El flujo del fluido que se dirige desde el orificio de entrada hacia el de utilización tiene el paso libre, mientras que en el

sentido opuesto se encuentra bloqueado, son ampliamente utilizadas en tuberías conectadas a sistemas de bombeo para evitar golpes de ariete.

Figura 4. **Válvulas antirretorno**



Fuente: *Plásticos tecnológico S. A.* <http://www.platecsa.com/html/datos35/d35.html>. Consulta: 6 de marzo de 2016.

Figura 5. **Válvula antirretorno de instalación**



Fuente: empresa Grupo Marq Agro S. A.

1.3.2.4. Manómetros

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión que ejerce un fluido, generalmente determina la diferencia de la presión del fluido y la presión local.

La presión se define como la fuerza que actúa sobre un área que ejerce un líquido o gas perpendicularmente a la superficie.

Los datos técnicos del manómetro instalado en el proyecto son los siguientes.

- Rango: 0 a 60 psi
- Alcance (span): 60 psi
- Paso: 2,5 psi
- Límite inferior: 0 psi
- Límite superior: 60 psi
- Exactitud: 1,6 %

Figura 6. **Manómetro**



Fuente: empresa Grupo Marq Agro S. A.

1.3.2.5. Tanque hidroneumáticos

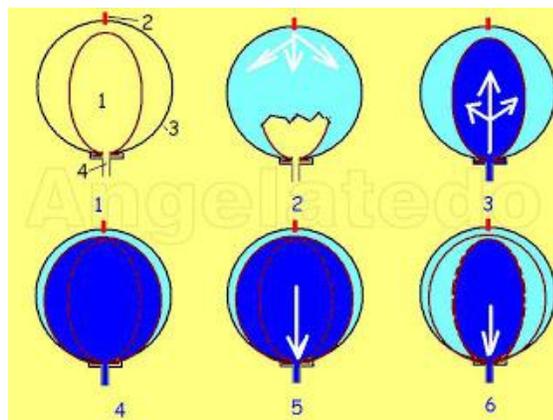
Los tanques hidroneumáticos son fabricados específicamente para sistemas de abastecimiento y distribución de agua. Estos se emplean principalmente en edificios e instalaciones con el objetivo de evitar la

construcción de tanques elevados, colocando un sistema de tanques parcialmente llenos con aire a presión.

Los tanques se cargan con aire comprimido en la parte externa del globo o membrana (figura 7. incisos 1 y 2). El aire se comprime cambiando su volumen, mientras que el agua no cambia su volumen con la presión, generando un pulmón con base en la compresibilidad del aire que es el que genera la presión en la salida de agua de consumo.

- Partes principales del tanque hidroneumático:
 - Globo o membrana
 - Válvula obús
 - Envoltura metálica
 - Conexión a red de agua

Figura 7. **Tanque hidroneumático**



Fuente: *Tanque hidroneumático*. <http://angelatedo-angelatedo.blogspot.com/2012/08/como-funciona-una-hidrosfera-io-tanque.html>. Consulta: 6 de marzo de 2016.

La presión de salida de agua de los tanques hidroneumáticos al consumo está comandada a través de un elemento llamado “presostato”, que es el encargado de mantener dicha presión constante. Este sistema logra que la red hidráulica obtenga una presión estable mejorando las funciones de lavadoras y regaderas.

Figura 8. **Presostato**



Fuente: *Aguacentro*. http://www.aguacentro.com/accesorios-c-28_112.html. Consulta: 6 de marzo de 2016.

Estos sistemas se basan en el principio de elasticidad y comprensibilidad del aire, el cual habla de que cuando el aire es sometido a cierta presión, trabaja de la siguiente manera: el agua almacenada es retenida en un tanque de almacenamiento, para posteriormente ser impulsada en un recipiente a presión, cuando esta entra aumenta el nivel del agua comprimiendo el aire, cuando se llega a una cierta presión se produce una señal a la bomba y tanque que inhabilita su capacidad de abastecer la red.

1.3.2.6. Policloruro de vinilo (PVC)

El policloruro de vinilo (PVC) es un moderno, importante y conocido miembro de la familia de los termoplásticos. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales cloruro de sodio o sal común, (57 %) y, petróleo o gas natural (43 %), siendo por lo tanto menos dependiente de recursos de los polímeros más estudiados y ultimados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de los usos diarios, entre otros.

1.3.2.6.1. Materias primas básicas

- Cloruro de sodio (sal común de mesa)
- Petróleo o gas natural
- Etileno y cloro
- Etileno y diclorato

1.3.2.6.2. Características del PVC

- Versatilidad: por a la utilización de aditivos tales como estabilizantes plastificantes y otros, el PVC puede transformarse en un material rígido o flexible, teniendo así gran variedad de aplicaciones.
- Estabilidad: es estable e inerte. Se emplea extensivamente donde la higiene es una prioridad. Los catéteres y las bolsas para sangre y hemoderivados están fabricados con PVC.

- Longevidad: es un material resistente, los productos de PVC pueden durar hasta más de 60 años como se comprueba en aplicaciones tales como tuberías para conducción de agua potable y sanitarios, entre otras.
- Seguridad: debido al cloro que forma parte del polímero PVC no se quema con facilidad ni arde por sí solo. Se emplea eficazmente para aislar y proteger cables eléctricos en el hogar, oficinas y en las industrias.
- Reciclable: estas características facilitan la reconversión de PVC en artículos útiles y minimiza las posibilidades de que objetos fabricados con estas materias sean arrojados a rellenos sanitarios.

Figura 9. **(PVC) accesorios comunes**



Fuente: *Gestión industrial de suministros S. A. S.*

http://www.gis.com.co/catalogo/index.php?route=product/product&product_id=93 Consulta: 8 de marzo de 2016.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático, para presurización de agua

El diseño del equipo de bombeo está compuesto por los diferentes accesorios y a la vez materiales en los cuales se puede realizar el proyecto, tomando en cuenta un costo menor y gran eficiencia relacionándolo bajo las características o servicio que presta el equipo.

El equipo constituye un diseño con gran resistencia y economía, en el cual se relaciona o se familiariza bajo el desempeño de uso y poco esfuerzo al que puede someterlo la persona para operarlo, sin ningún riesgo o daño hacia el personal y el equipo.

Entre las características de diseño se puede desglosar a continuación las especificaciones de las cuales se realiza el equipo, tomando como base la altura promedio de personas, material de fabricación, diámetro de tubería, válvulas antiretorno utilizadas, manómetro de presión.

2.1.1. Altura de diseño

Según los datos mostrados en documentos sobre la altura promedio en Guatemala, se encuentra en un rango de 157,5 a 170,0 cm de altura para el género masculino, mientras para el género femenino es 142,2 a 160,0 cm.

$$\text{Altura promedio} = \frac{\sum \text{Datos}}{n}$$

$$\text{Al.p} = \frac{(157,5 + 170,0 + 142,2 + 160,0)\text{cm}}{4} = 157,42 \text{ cm}$$

Con base en la altura promedio de 157,42 cm de las personas, se considera que 125 cm es una altura adecuada y cómoda para las personas de menor estatura, en el cual una limitante será que el caudal no será constante sino que dependerá de la técnica con que la persona realice la acción de bombeo, ya que el caudal está sujeto al desplazamiento del eje de accionamiento del punto mínimo al punto máximo.

2.1.2. Tubería de diseño

La tubería de construcción del equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático se establece en los puntos siguientes:

2.1.2.1. Material

El tipo de material utilizado puede ser diverso, que dependerá del lugar, exposición al ambiente y duración, dependiendo del uso y cuidado al que sea sometido, se sugiere que el proyecto se puede construir ya sea de acero inoxidable o PVC (160 PSI) que en estos casos debe estar protegido de las inclemencias del Sol.

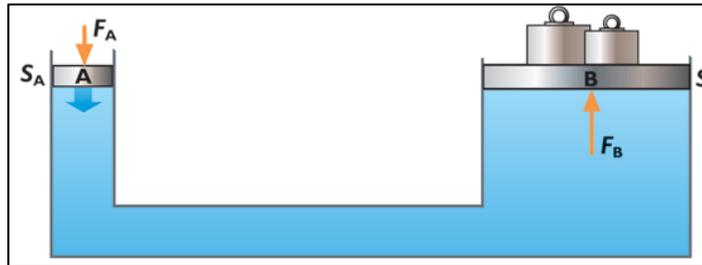
- Acero inoxidable: se considera el material primario para la realización y construcción del equipo por los aspectos siguientes:

- Ventajas
 - Superficie lisa para libre desplazamiento del émbolo
 - Resistencia a la corrosión
 - Resistente a golpes y trabajo forzado
 - Resistencia a altas temperaturas
 - Alta resistencia a presiones mayores al PVC
- Desventajas
 - Costo económico alto
- PVC: se considera el material secundario para la realización y construcción del equipo por los aspectos siguientes:
 - Ventajas
 - Costos de construcción bajos
 - Desventajas
 - Ambiente de trabajo
 - Vida útil
 - Menor durabilidad al uso continuo
 - Fragilidad a golpes

2.1.2.2. Diámetro de diseño

El diámetro de obtiene bajo el criterio del principio de Pascal, que lo relaciona a la presión aplicada en un punto de un líquido incompresible contenido en un recipiente, se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del recipiente.

Figura 10. Principio de Pascal



Fuente: *Principio de Pascal*. <http://neetescola.com/principio-de-pascal-aplicado-en-ejemplos-de-la-vida-cotidiana/>. Consulta: 8 de abril de 2016.

$$P = \frac{F}{\text{Área}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

- Despeje de fuerza

$$\text{Fuerza} = \text{Presión} * \text{Área}$$

$$\frac{FA}{A} = \frac{FB}{B} \quad [\text{Ec. 2}]$$

$$\text{Área de tubería} = \left(\frac{\pi}{4}\right) * (\text{diámetro})^2 \quad [\text{Ec. 3}]$$

$$\text{Volumen por bombeo} = \text{Área} * \text{altura} \quad [\text{Ec. 4}]$$

La presión máxima del equipo en operación está estipulada con 30 PSI en funcionamiento, logrando así, la determinación y la conclusión del diámetro al ser utilizado.

2.1.2.2.1. Cálculo de áreas

Se desarrolla el cálculo de área con la utilización de la ecuación 3 para cinco tipos de diámetros de tubería: 1/2", 1", 1"-1/2", 2" y 3".

1. Área de tubería = $\left(\frac{\pi}{4}\right) * (0,5")^2 = 0,19 \text{ pulgadas}^2$

2. Área de tubería = $\left(\frac{\pi}{4}\right) * (1,0")^2 = 0,78 \text{ pulgadas}^2$

3. Área de tubería = $\left(\frac{\pi}{4}\right) * (1,5")^2 = 1,76 \text{ pulgadas}^2$

4. Área de tubería = $\left(\frac{\pi}{4}\right) * (2,0")^2 = 3,14 \text{ pulgadas}^2$

5. Área de tubería = $\left(\frac{\pi}{4}\right) * (3,0")^2 = 7,06 \text{ pulgadas}^2$

2.1.2.2.2. Cálculo de fuerza

Utilizando de la ecuación 1 se interpreta a la fuerza ejercida para realizar la acción de bombeo con los diferentes tipos de diámetro de tubería, tomando como límite una presión máxima de 30 PSI.

1. Fuerza = $\left(30 \frac{\text{Lbf}}{\text{plg}^2}\right) * 0,19 \text{ plg}^2 = 5,7 \text{ lbf}$

2. Fuerza = $\left(30 \frac{\text{Lbf}}{\text{plg}^2}\right) * 0,78 \text{ plg}^2 = 23,4 \text{ lbf}$

3. Fuerza = $\left(30 \frac{\text{Lbf}}{\text{plg}^2}\right) * 1,76 \text{ plg}^2 = 52,8 \text{ lbf}$

4. Fuerza = $\left(30 \frac{\text{Lbf}}{\text{plg}^2}\right) * 3,14 \text{ plg}^2 = 94,2 \text{ lbf}$

6. Fuerza = $\left(30 \frac{\text{Lbf}}{\text{plg}^2}\right) * 7,06 \text{ plg}^2 = 211,8 \text{ lbf}$

2.1.2.2.3. Caudal por bombeo

La cantidad de caudal entregado por cada bombeo será proporcional con relación al diámetro utilizado para la construcción, por lo tanto, si se utiliza cierta medida en diámetro de tubería como son de 1/2", 1", 1"-1/2", 2" y 3" se obtiene una aproximación de caudal siguiente.

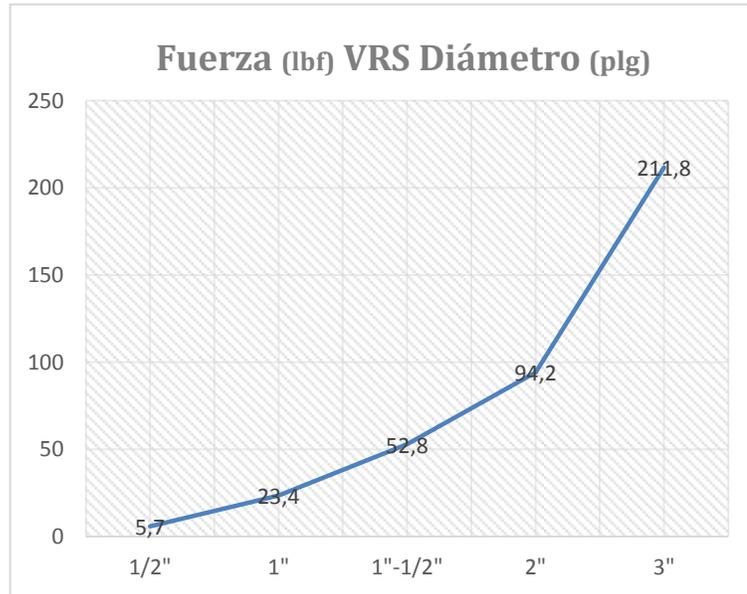
1. Caudal = $0,19 \text{ plg}^2 * 23,62 \text{ plg} = 4,490 \frac{\text{plg}^3}{\text{bombeo}} \text{ o } 0,07 \frac{\text{litros}}{\text{bombeo}}$
2. Caudal = $0,78 \text{ plg}^2 * 23,62 \text{ plg} = 18,42 \frac{\text{plg}^3}{\text{bombeo}} \text{ o } 0,30 \frac{\text{litros}}{\text{bombeo}}$
3. Caudal = $1,76 \text{ plg}^2 * 23,62 \text{ plg} = 41,57 \frac{\text{plg}^3}{\text{bombeo}} \text{ o } 0,68 \frac{\text{litros}}{\text{bombeo}}$
4. Fuerza = $3,14 \text{ plg}^2 * 23,62 \text{ plg} = 74,16 \frac{\text{plg}^3}{\text{bombeo}} \text{ o } 1,21 \frac{\text{litros}}{\text{bombeo}}$
5. Fuerza = $7,06 \text{ plg}^2 * 23,62 \text{ plg} = 166,75 \frac{\text{plg}^3}{\text{bombeo}} \text{ o } 2,73 \frac{\text{litros}}{\text{bombeo}}$

Tabla I. Resultados de diseño de tubería

Diámetro	Fuerza ejercida por bombeo	Caudal (L/bombeo)
1/2"	5,7 lbf	0,07
1"	23,4 lbf	0,3
1"-1/2"	52,8 lbf	0,68
2"	94,2 lbf	1,21
3"	211,8 lbf	2,73

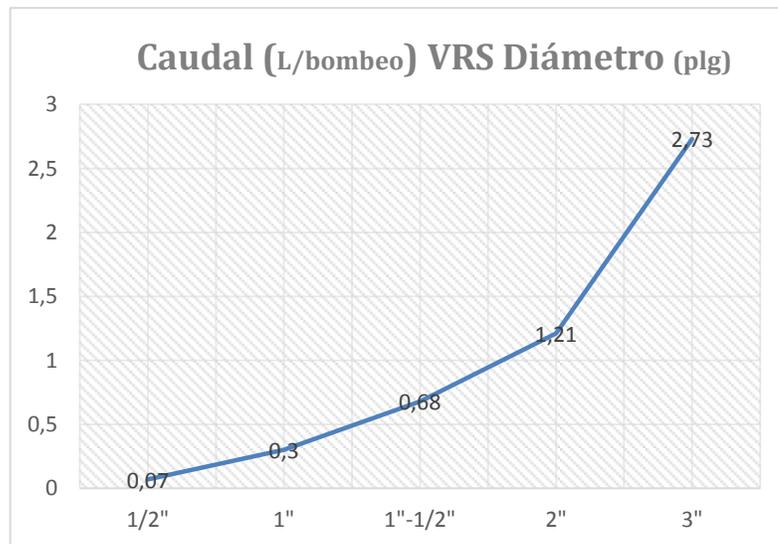
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Gráfica fuerza contra diámetro**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Gráfica caudal contra diámetro**



Fuente: elaboración propia.

En las gráficas anteriores según los datos obtenidos en los cálculos, se realiza el análisis de un diámetro intermedio de tubería, por los siguientes aspectos a mostrar.

- El caudal es directamente proporcional al diámetro utilizado en el bombeo.
- La fuerza de acción es directamente proporcional al diámetro utilizado por la presión a alcázar.

La construcción del sistema se basará con la utilización de una tubería de diámetro de 1"-1/2", porque reduce el esfuerzo físico de las personas y satisface las necesidades del proyecto.

2.1.2.3. Émbolo

El diseño del émbolo se lleva a cabo con un diámetro con el cual se relacione al diámetro interno de la tubería de desplazamiento del mismo.

El diámetro del émbolo se establece de una medida de 1"-3/8" con la finalidad que al momento de instalar el o-ring se desplace de una manera correcta sin ninguna dificultad, evitando con ello la presencia de fugas y pérdidas de presión se promueve una altura de 1,7 cm para la instalación de dos o-ring garantizando con ello la hermeticidad del equipo en funcionamiento.

2.1.3. Materiales y accesorios

Los desgloses de los accesorios principales utilizados para la construcción del equipo de bombeo se mencionan a continuación, separando los distintos accesorios utilizados tanto para la construcción en acero inoxidable o PVC.

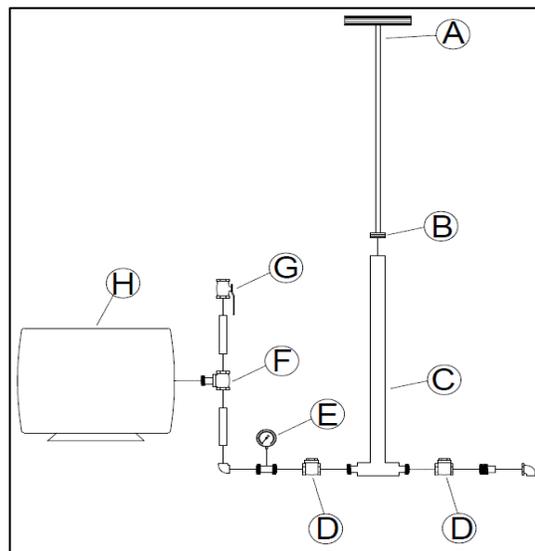
- Accesorios:
 - 2 Válvulas antiretorno: medida de 3/4"
 - 1 Manómetro: 0 a 60 PSI
 - 1 Tanque hidroneumático: la capacidad será evaluada por medio de análisis previos al instalar el equipo, dependiendo de las personas y demanda de agua que se requiera.
 - Acero inoxidable:
 - 1 Te de acero inoxidable de 1"-1/2"
 - 1 Tubo de acero inoxidable 1"-1/2"
 - 1 Tubo de 3/4"
 - Policloruro de vinilo (PVC):
 - 1 T de PVC de 1"-1/2"
 - 1 Tubo de PVC 1"-1/2"
 - 1 Tubo de PVC 3/4"
 - 2 Reducidores de diámetro de 1"-1/2" a 3/4"
 - 4 Accesorios de unión de tubo liso a rosca de 3/4"

2.1.4. Diagrama

El equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático se representa a continuación:

- Los componentes principales, medidas, construcción y accesorios del equipo para su óptimo conocimiento y funcionamiento (referencia: figuras 13 y 14 y tabla II).

Figura 13. **Desglose de partes de equipo de bombeo manual**



Fuente: elaboración propia.

2.2. **Construcción de equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático, para presurización de agua**

El proceso de construcción de equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático puede ser caracterizado como una facilidad de construcción dependiendo del tipo de material a utilizar.

2.2.1. Acero inoxidable

El proceso de construcción del equipo de bombeo manual de desglosa de la siguiente manera, tomando como relación la unión de acero inoxidable y instalación de los accesorios del equipo.

- Corte de tubería: con la longitud de diseño ya establecida se realiza el corte con una longitud de 60 cm de largo de tubo de 1"-1/2", y dos tubos aproximadamente de 4 cm de longitud de 3/4" para la unión de las válvulas antiretorno.
- Unión de tubería: por medio de soldadura TIG con material de aportación de acero inoxidable de 1/16", amperaje dentro del rango de 100 a 140 en corriente directa, se lleva cabo la unión de la Te de acero inoxidable con la tubería antes dicha, contemplando el plano de diseño de la figura 13.
- Émbolo de accionamiento: el proceso de construcción del émbolo se desarrolla por medio de desgaste de una pieza de nylamid de 1"-1/2" por medio de torno, hasta llegar al diámetro de diseño de 1"-3/8" con una altura de 1,7 cm, realizándole dos ranuras para la instalación de los o-ring.
- Instalación de accesorios: colocación de las dos válvulas antiretorno limitando la dirección del flujo de 3/4" y del manómetro de presión como indicador de presión máxima de trabajo del equipo perforando un orificio de 3/8" para la instalación del mismo, asimismo, la unión de tubería de entrada y salida del tanque hidroneumático hasta la válvula de globo del equipo.

- Eje de accionamiento: el eje de accionamiento de bombeo con un diámetro de 1/2" para lograr que no haya pandeo por el largo del mismo al momento de realizar el trabajo, y con una longitud de 60 cm colocando el émbolo en la parte inferior.

En la figura 14 se muestra el equipo construido según el diseño y proceso de construcción.

Figura 14. **Equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático**



Fuente: vivienda. 4ta calle 3-61, colonia Santa Isabel 1 Villa Nueva, Guatemala.

La construcción del equipo posterior al diseño, se establece que la fabricación del equipo es fácil, sujeto al tipo de materiales que requieran utilizar.

Tabla II. Dimensiones y accesorios

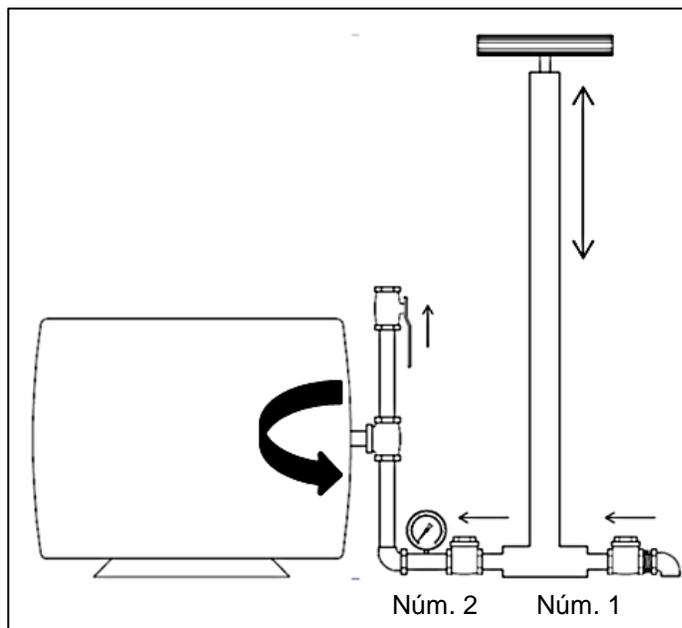
Identificación	Nombre	Diámetro	Altura	Dimensiones				Fotografía
				Material posible de fabricación				
				Acero inoxidable	PVC	Metal	Madera	
A	Eje de accionamiento	1/2"	60 cm	X	X	X	X	
B	Embolo	1"-3/8"	1.7 cm	X	Nylamid	---	X	
C	Tubería de desplazamiento de embolo	1"-1/2"	65 cm	X	X	---	---	
D	Válvulas antiretorno	3/4"	---	---	---	---	---	
E	Manómetro	Rango		---	---	---	---	
		0 PSI	60 PSI					
F	T	3/4"	---	---	X	---	---	
G	Llave de globo	3/4"	---	---	X	---	---	
H	Tanque hidroneumático	Capacidad variable		---	X	X	---	

Fuente: elaboración propia.

2.3. Características técnicas de operación

El equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático consta de poca cantidad de accesorios, lo cual facilita el entendimiento de operación de cada uno de ellos, asimismo, la operación o manipulación de todo el equipo, el cual se expresa de la siguiente manera.

Figura 15. Dirección de flujo de operación



Fuente: elaboración propia.

2.3.1. Funcionamiento del equipo de bombeo

La operación del mismo es simple e inicia del punto de succión hasta la presión alcanzada para la descarga, dando a continuación una breve explicación del funcionamiento de cada uno de los accesorios.

- Tubería de succión: la tubería de succión, como en otros equipos de bombeo no es necesario realizar el proceso de cebado de la tubería.
- Válvulas antiretorno: estas válvulas operan de forma que solo permiten el flujo en una sola dirección.
 - En el momento de elevar el émbolo hasta el punto superior la válvula antiretorno de succión (figura 15, válvula núm.1) deja circular el fluido del pozo o fuente de agua, llenando el volumen de la tubería en donde se desplaza el émbolo.
 - Al momento de realizar la acción de descarga llevando el émbolo hasta el punto inferior la válvula antiretorno de succión (figura 15, válvula núm. 1) cierra el paso para no retornar el fluido al pozo, haciendo circular el fluido por la válvula antiretorno de descarga (figura 15, válvula núm. 2).
- Manómetro: el manómetro indica la presión de operación del equipo, ya sea cuanta presión se está obteniendo o acumulando en el tanque hidroneumático.
- Tanque hidroneumático: el fluido entra a un globo o membrana mientras la parte externa de la membrana tiene aire a presión en contacto con las paredes del tanque, de esta forma se hace variar el volumen del aire haciendo circular el fluido a la tubería de descarga y así lograr elevar la presión del fluido a transportar.

2.3.2. Pruebas al equipo de bombeo

Las pruebas realizadas se contemplan para poder conocer las características de operación de equipo de bombeo manual se realizaron los dos aspectos siguientes:

- Establecer la longitud máxima de tubería de succión
- Máxima presión alcanzada por el equipo

2.3.2.1. Tubería de succión

Se busca encontrar los parámetros o rangos en los cuales opera el equipo de bombeo manual, con relación a la longitud en profundidad de la tubería de succión.

- Aspectos importantes para la realización de la prueba de la tubería de succión.
 - Equipo totalmente instalado.
 - Cisterna o depósito con la capacidad de poder variar la altura del nivel del agua para dicha prueba.
 - Realizar pruebas cada 25 cm hasta poder determinar la longitud máxima de la tubería de succión.
 -
 - Tubería en secciones de 25 cm para la realización de dicha prueba.

- Tabla de toma de datos.

Figura 16. **Pruebas de características de operación**



Fuente: vivienda. 4ta calle 3-61, colonia Santa Isabel 1, Villa Nueva, Guatemala.

Tabla III. **Datos obtenidos de prueba de tubería de succión**

Prueba Núm.	Longitud de Tubería	Sumatoria	Cumple
1	25 cm	25 cm	SI
2	25 cm	50 cm	SI
3	25 cm	75 cm	SI
4	25 cm	100 cm	SI
5	25 cm	125 cm	SI
6	25 cm	150 cm	SI
7	25 cm	175 cm	SI
8	25 cm	200 cm	SI
9	25 cm	225 cm	SI
10	25 cm	250 cm	SI
11	25 cm	275 cm	SI
12	25 cm	300 cm	SI
13	25 cm	325 cm	SI
14	25 cm	350 cm	NO

Fuente: elaboración propia.

2.3.2.2. Presión de operación

Por medio del diseño del equipo de bombeo manual, se plantea incluir en la construcción del equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático un manómetro de presión con fin demostrativo de operación del equipo, en el cual se demostrará la presión máxima que opera el equipo y la ves la presión adecuada de operación.

- Realizada la acción de bombeo del equipo para poder registrar la presión máxima de operación con respecto al esfuerzo físico efectuado por la persona a realizar dicho trabajo.

Figura 17. Presión máxima de operación



Fuente: vivienda. 4ta calle 3-61, colonia Santa Isabel, 1 Villa Nueva, Guatemala.

- La presión obtenida se muestra en la figura 17 que es de 30 psi, que es la presión de trabajo recomendada debido al esfuerzo físico que desarrolla la persona.

Figura 18. Ficha técnica

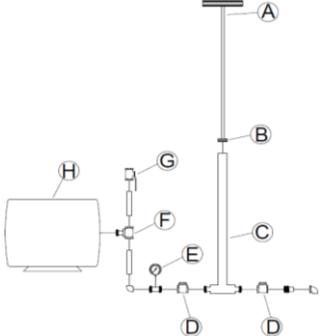
 GRUPO MARQ AGRO S. A		FICHA TÉCNICA			
Nombre: BOMBA MANUAL CON SISTEMA HIDRONEUMÁTICO		DOCUMENTACIÓN			
Modelo:	A	Manual de fabricante:	SI	X	NO
Serie:	001	Manual de Operación:	SI	X	NO
Año de fabricación:	2015	Planos del Equipo:	SI	X	NO
Fabricante:	Grupo Marq Agro, S. A	Planos de Instalación:	SI	X	NO
DIMENSIONES		Referencia			
Bomba manual	Diámetro: 1"-1/2" Alto: 65 cm.	Diseño y construcción de equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático, para presurización de agua del grupo Marq agro S. A			
Material de construcción		CONDICIONES DE ÁREA			
Bomba manual:	Acero Inoxidable	Superficie nivelada			
Embolo:	Nylamid	OPERACIÓN			
Foto:		Caudal:	0.6 L. por recorrido de embolo (Punto superior a inferior)		
LISTADO DE REPUESTOS		Profundidad máxima de succión	3.25 metros		
Válvulas antiretorno		Presión máxima de operación	30 psi		
Válvula de bola de PVC		COMPONENTES PRINCIPALES			
Juntas toricas (O-ring)		1. Eje de accionamiento de bomba manual (A)	1.	Tee de PVC (F)	
Membrana de tanque Hidroneumático		1. Embolo (B)	1.	Válvula de bola (G)	
		1. Tubería de desplazamiento de embolo (C)	1.	Tanque hidroneumático (H)	
		2. Válvulas antiretorno (D)	2.	Juntas toricas	
		1. Manómetro de presión (E)	1.	Membrana de tanque hidroneumático	
		MANTENIMIENTO			
		Programado:	A requerimiento		
		Servicio:	Interno	X	Externo
		Revisión:	Valvular antiretorno		
			Junta toricas (O-ring)		
			Presión de tanque hidroneumático		
			Fugas de tuberías		
Diagrama:					

Figura No. 1: Bomba manual con sistema hidroneumático

Fuente: Grupo Marq Agro S. A.

2.4. Áreas de operación

Las áreas de utilización del equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático puede abarcar distintos aspectos de uso, para los cuales va depender del requerimiento del personal a utilizarlo.

Tomando en cuenta que el equipo opera sin necesidad de energía eléctrica, las áreas propuestas son las siguientes:

- **Área rural:** se llega a implementar en áreas rurales por falta de energía eléctrica, con el fin de ayudar a personas, aldeas o caseríos que no cuenta con energía, ya sea por faltas de recursos o viviendas muy alejadas.
- **Cultivos:** en distintas áreas se cuenta con agua en pozos o nacederos, pero no para realizar la distribución de la misma, de igual forma personas de escasos recursos o que por falta de energía eléctrica se les dificulta el riego de sus cultivos.

La utilización del equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático puede ser utilizado en varias áreas, cumpliendo con la satisfacción de las necesidades del personal que lo utilice, no teniendo como límite las dos opciones planteadas anteriormente, verificando y obteniendo como base las características técnicas de operación del equipo.

2.5. Tiempo, ahorro y reducción de esfuerzo

En los diferentes aspectos que abarca la utilización del equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático, logra diferenciarse por temas primordiales, que se expresan de la manera siguiente.

2.5.1. Tiempo de transporte de agua

Se realizan tres corridas de medición de tiempo transcurrido para cierta cantidad de agua a transportar, tomando como referencia el modo convencional y con el uso del equipo:

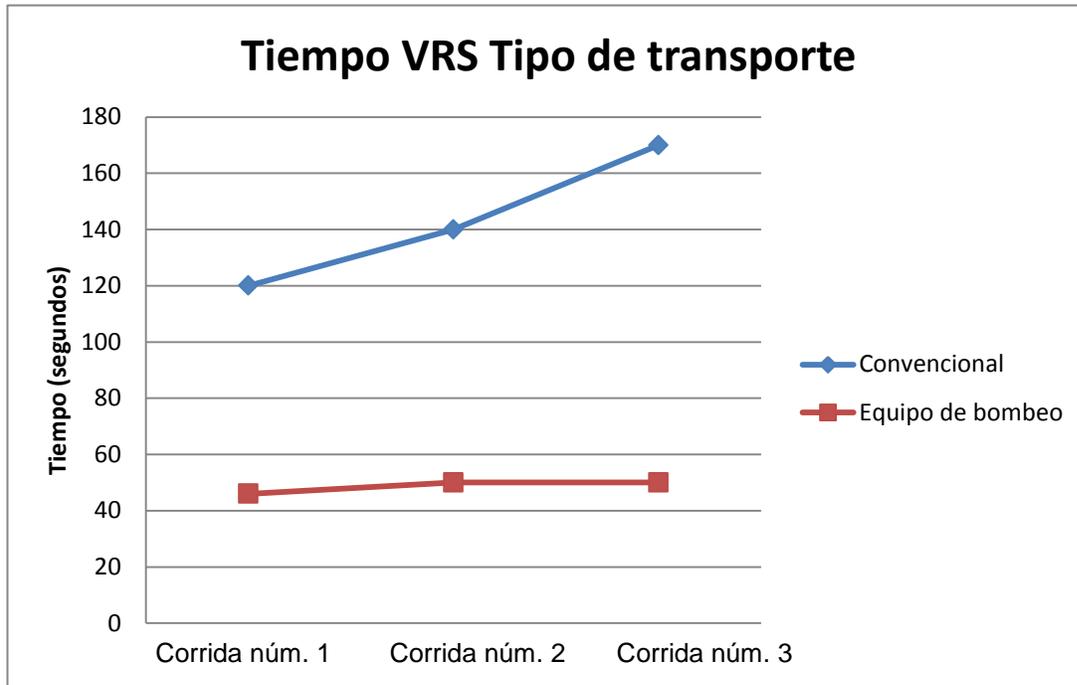
- Convencional: se establece que, al transportar agua a un tercer nivel de una vivienda o 7,8 metros de altura, haciendo subir un depósito de 5 galones de agua se toman los datos siguientes:

Corrida Núm.	Tiempo (segundos)
1	120,0
2	140,0
3	170,0
Promedio	143,0

- Equipo de bombeo: se establece al transportar agua a un tercer nivel de una vivienda o 7,8 metros de altura, utilizando el equipo de bombeo manual, con un volumen de 5 galones, se toman los datos siguientes:

Corrida Núm.	Tiempo (segundos)
1	46,0
2	50,0
3	50,0
Promedio	48,0

Figura 19. Gráfica tiempo contra tipo de transporte



Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Ahorro

En la gráfica anterior (figura 18) se analiza, que si se trasporta agua de la forma convencional, que trata de recorrer todo el camino hacia el área de descarga, aumenta así el tiempo de transporte y esfuerzo físico.

La diferencia de tiempos entre métodos:

$$\Delta t = (143 - 48) \text{seg.}$$

$$\Delta t = 95 \text{ segundos}$$

$$\Delta t = 95 \text{ segundos (1,30 minutos)}$$

2.5.3. Reducción de esfuerzo

El esfuerzo físico que realizan las personas al transportar agua utilizando el método convencional y el equipo de bombeo construido, se demuestra por el cálculo de reducción de calorías al realizar dicho esfuerzo físico, para el transporte de 5 galones de agua.

El proceso de cálculo se realiza por medio de las calorías quemadas por unidad de tiempo con la utilización de la guía de compendio de actividades físicas, con el uso de las tablas del índice metabólico que corresponde a datos aproximados para cada esfuerzo físico ejercido (anexo 1), y con el peso de una persona de 70 kg, se realiza con la ecuación siguiente:

$$\text{Ecuación: } Kcal = \frac{(MET * 3,5 * PESO(persona + carga) Kg)}{200} * min$$

Tabla IV. Método convencional

Núm. Corrida	Índice metabólico	Tiempo
1	Caminar subiendo escaleras (8 MET)	120 s (2,0 min)
2		140 s (2,3 min)
3	Caminar bajando escaleras (3 MES)	170 s (2,8 min)

Fuente: elaboración propia.

- Corrida núm.1

$$Kcal. subida = \frac{(8 * 3,5 * PESO(70 + 5) Kg)}{200} * min$$

$$R = 10,5 \frac{Kcal}{min}$$

$$Kcal. bajada = \frac{(3 * 3,5 * PESO(70 + 5)Kg)}{200} * min$$

$$R = 3,93 \frac{Kcal}{min}$$

$$R = 10,5 + 3,93 = 14,43 \frac{Kcal}{min} * 2,0 min = 28,86 Kcal.$$

○ Corrida núm. 2

$$Kcal. subida = \frac{(8 * 3,5 * PESO(70 + 5)Kg)}{200} * min$$

$$R = 10,5 \frac{Kcal}{min}$$

$$Kcal. bajada = \frac{(3 * 3,5 * PESO(70 + 5)Kg)}{200} * min$$

$$R = 3,93 \frac{Kcal}{min}$$

$$R = 10,5 + 3,93 = 14,43 \frac{Kcal}{min} * 2,3 min = 33,189 Kcal.$$

○ Corrida núm. 3

$$Kcal. subida = \frac{(8 * 3,5 * PESO(70 + 5)Kg)}{200} * min$$

$$R = 10,5 \frac{Kcal}{min}$$

$$Kcal. bajada = \frac{(3 * 3,5 * PESO(70 + 5)Kg)}{200} * min$$

$$R = 3,93 \frac{Kcal}{min}$$

$$R = 10,5 + 3,93 = 14,43 \frac{Kcal}{min} * 2,8 min = 40,40 Kcal.$$

Tabla V. **Equipo de bombeo**

Núm. Corrida	Índice metabólico	Tiempo
1	Gimnasio calisténicos fuertes (8 MET)	46 s (0,7 min)
2		50 s (0,8 min)
3		50 s (0,8 min)

Fuente: elaboración propia.

- Corrida núm. 1

$$Kcal. = \frac{(8 * 3,5 * PESO(70)Kg)}{200} * min$$

$$R = 9,8 \frac{Kcal}{min}$$

$$R = 9,8 \frac{Kcal}{min} * 0,7 min = 6,86 Kcal.$$

- Corrida núm. 2

$$Kcal. = \frac{(8 * 3,5 * PESO(70)Kg)}{200} * min$$

$$R = 9,8 \frac{Kcal}{min}$$

$$R = 9,8 \frac{Kcal}{min} * 0,8 min = 7,84 Kcal.$$

- Corrida núm. 3

$$Kcal. = \frac{(8 * 3,5 * PESO(70)Kg)}{200} * min$$

$$R = 9,8 \frac{Kcal}{min}$$

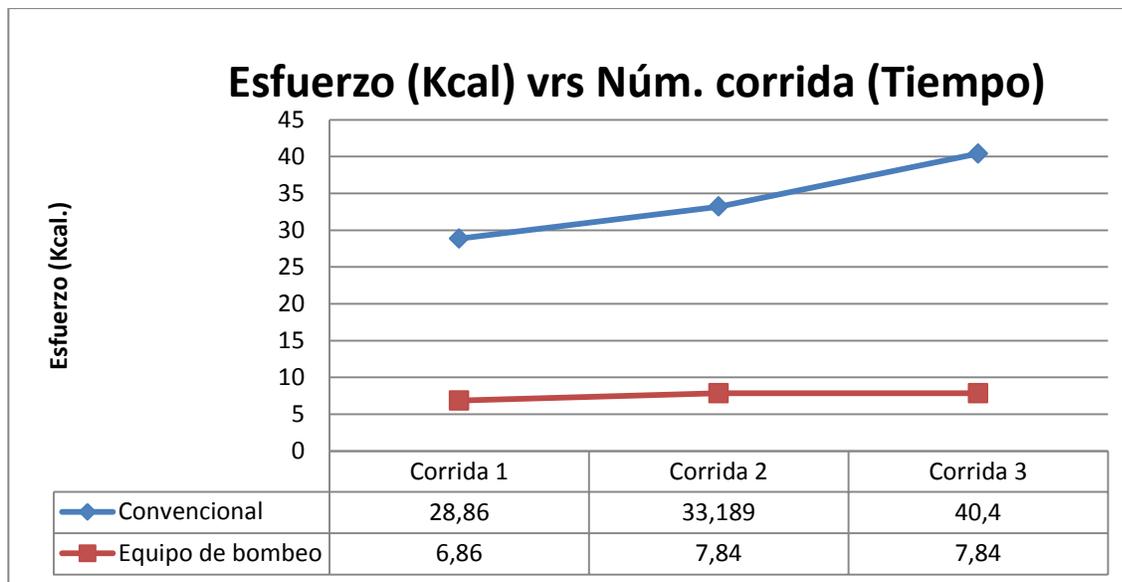
$$R = 9,8 \frac{Kcal}{min} * 0,8 min = 7,84 Kcal.$$

Tabla VI. **Esfuerzos con relación a tiempos y métodos**

Núm. Corrida	Convencional (Kcal.)	Tiempo (min)	Equipo de bombeo (Kcal)	Tiempo (min)
1	28,86	2,0	6,86	0,7
2	33,189	2,3	7,84	0,8
3	40,40	2,8	7,84	0,8

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Gráfica esfuerzo contra tiempo**



Fuente: elaboración propia.

Con la construcción, diseño y cálculos realizados al funcionamiento del equipo, se establece que es eficiente el hacer uso del mismo.

3. FASE DE DOCENCIA

En la tercera fase del proyecto, el enfoque primordial del mismo, conlleva expresar, capacitar e inducir a las personas para que conozcan y sepan la forma operativa del equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático.

Para cumplir con el desarrollo de la fase de docencia se tomó como prioridad la siguiente actividad para hacer expresadas hacia las personas:

- Presentación sobre las características técnicas desempeñadas por el equipo y su forma operación, garantizando su óptimo funcionamiento del equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático.

3.1. Presentación de operación e interpretación de resultados alcanzados por el equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático

La capacitación del personal se lleva a cabo con la realización de una explicación de la que se trata de llegar con en el diseño y construcción del equipo de bombeo, el cual se expresa de la forma siguiente:

3.1.1. Aspectos que conllevaron a la realización del proyecto

Los aspectos primordiales para la realización del proyecto se pudieron mostrar de la siguiente forma, con lo que se logra abarcar y a la vez ayudar a las distintas personas que lo necesiten para satisfacer su prioridad con base en las características que desempeña el equipo.

- Uso en áreas que no se cuenta con energía eléctrica.
- Transportar cierta cantidad de agua, bajo los parámetros de trabajo del equipo.
- Ayudar a personar de escasos recursos, reduciendo su esfuerzo físico con su manera convencional de transporte de agua con ayuda del equipo construido.
- Riego de cultivos de poca magnitud con la facilidad que proporciona el equipo de bombeo manual.

De esas formas y muchas otras se puede utilizar el equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático para satisfacer las necesidades de las personas que lo requieran.

3.1.2. Presentación de operación

La capacitación se realizó de una forma práctica para el uso del equipo, con la que se logró poder enseñar bajo que parámetros opera el equipo al llevarlo a su funcionamiento, que de igual forma fue enseñando por partes como es la dirección del flujo y como es que funciona los accesorios.

3.1.2.1. Resultados alcanzados

Los resultados se expresan de la siguiente forma, de tal manera se muestran los parámetros reales de funcionamiento del equipo, sin que el esfuerzo físico de las personas al utilizarlo no sea incómodo.

- Tubería de succión: la máxima longitud de profundidad que opera el equipo sin hacer el proceso de cebado de la misma es:

Tubería de succión = 3,25 metros

- Presión de operación: la máxima presión de operación del equipo se muestra en la siguiente expresión, por lo cual el equipo no es que ya presente fallas o fugas en la tubería, sino que el esfuerzo físico que proporciona a la presión en el sistema.

Presión máxima : 30 PSI

3.1.3. Interpretación de resultados

Los resultados mostrados anteriormente se pueden interpretar de la siguiente forma, bajo el concepto de experiencia, siendo relacionados los materiales de construcción de equipo y presión alcanzada por el equipo.

3.1.3.1. Presión de operación

La presión de operación en el sistema del equipo de bombeo, se relaciona con una aproximación de altura estimada por columna de agua o más bien la altura a la que el equipo puede transportar a esa presión.

1 PSI = 2,31 pies de altura

30 PSI * 2,31 = 69,3 pies de altura

3.2. Programa de capacitación

El programa de capacitación logra la enseñanza sobre los aspectos realizados en el proyecto de diseño y construcción de equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático para presurización de agua. En los cuales se desarrolló de la siguiente manera.

- Tema 1: Historia de planteamiento del proyecto
 - Método de transporte común en áreas rurales.
 - Dificultades de recursos económicos y obtención de energía eléctrica en viviendas.
 - Accidentes comunes para personas con dificultad para obtención de agua en sus hogares.
 - Falta de obtención de agua presurizada en viviendas.
 - Uso en riegos de cultivos a falta de energía eléctrica.

- Tema 2: Diseño del equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático, para presurización de agua.
 - Resumen de diseño compacto y duradero
 - Materiales posibles de fabricación para operación óptima
 - Costos de fabricación
 - Accesorios de utilización en el equipo
 - Medidas y diámetros de diseño

- Tema 3: Construcción del equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático, para presurización de agua.
 - Métodos de unión para accesorios utilizados
 - Longitudes de tubería de diseño ya en construcción
 - Perforaciones

- Tema 4: Presentación de operación
 - Uso del equipo de bombeo manual
 - Funcionamiento y el porqué de los accesorios utilizados

- Tema 5: Resultados
 - Resultados alcanzados
 - Interpretación de resultados
 - Soluciones y mejoras a la utilización del equipo

CONCLUSIONES

1. El funcionamiento del equipo es primordial, ya que se enlaza para poder conocer las características de los materiales utilizados al momento de la construcción, y por cuales se podría sustituir para la reducción de costos de construcción, asimismo poder interpretar y saber la instalación correcta del mismo.
2. La importancia de identificar los accesorios utilizados en la construcción del equipo, garantizará la operación prolongada del equipo y asimismo, sus fallos al transcurrir el tiempo de uso.
3. Las características técnicas o parámetros de operación del equipo, proporciona gran información en los cuales da un régimen en donde puede operar en óptimas condiciones el equipo.
4. La capacitación o inducción constante sobre el uso de equipo de bombeo manual con sistema hidroneumático es de gran importancia para prolongar la vida útil al equipo y de igual forma más eficiente.
5. El costo del sistema de bombeo es aproximado entre Q 450,00 y Q 550,00 quetzales, fabricándolo de acero inoxidable, mientras que de PVC tiene un costo aproximado Q 150,00 y Q 200,00, no considerando la capacidad tanque hidroneumático a utilizar ya que dependerá de la evaluación de la demanda y consumo de agua de las personas.

RECOMENDACIONES

1. La construcción del equipo de bombeo se sugiere que sea de acero inoxidable, aunque el costo es mayor garantiza su durabilidad, resistencia a los golpes, y uso continuo.
2. Poder implementar el uso del equipo de bombeo manual en áreas en las cuales se le dificulte la obtención de energía eléctrica.
3. La colocación del equipo en una superficie plana y a nivel.
4. Revisión del funcionamiento de los accesorios del equipo y presión de operación del tanque hidroneumático.
5. Realizar periódicamente una inspección visual sobre el estado del equipo.
6. Al momento de una operación continua del equipo realizar una inspección o revisión para garantizar la operación efectiva del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

1. CZEKAJ, Daniel. *Aplicaciones de ingeniería: 3. Maquinaria hidráulica en embarcaciones pesqueras pequeñas*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1988. 31 p.
2. DE LAS HERAS, Salvador. *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas: la factoría de Recursos Docents de la UPC12*. España: Universidad Politécnica de Catalunya, 2011. 121 p.
3. MOTT, Robert L. *Mecánica de fluidos aplicada*. 4 ed. México: Prentice Hall Pearson, 2014. 408 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Prueba de operación de equipo



Fuente: terreno de cultivo, San José, Villa Nueva, Guatemala.

ANEXO

Anexo 1. Compendio de mets según intensidad de trabajo

Actividad	METs
Caminar ligero (4,5 km/h)	3,3
Caminar moderadamente rápido (5,3 km/h)	3,8
Caminar rápido (6,4 km/h)	5,0
Correr (8,4 km/h)	9,0
Correr (9,6 km/h)	10,0
Correr (10,8 km/h)	11,0
Correr (11,3 km/h)	11,5
Correr (12,1 Km/h)	12,5
Correr (12,9 Km/h)	13,5
Correr (13,8 Km/h)	14,0
Correr (14,5 Km/h)	15,0
Correr (16,1 Km/h)	16,0
Correr (17,5 Km/h)	18,0
Bici estática (100 watts)	5,5
Bici estática (150 watts)	7,0
Bici estática (200 watts)	10,5
Bici estática (250 watts)	12,5
Bici estática (300 watts)	18,0
Remo (50 watts)	3,5
Remo (100 watts)	7,0
Remo (150 watts)	8,5
Remo (200 watts)	12,0
Bicicleta paseo (<16 km/h)	4,0
Bicicleta (esfuerzo ligero: 16-19 km/h)	6,0
Bicicleta (esfuerzo medio: 19-22,5 km/h)	8,0
Bicicleta (esfuerzo vigoroso: 22,5-24 km/h)	10,0

Continuación del anexo 1.

Actividad	METs
Caminar de paseo	2,5
Caminar con el perro	3,0
Caminar en cuesta	7,0-9,0
Caminar bajando escaleras	3,0
Caminar subiendo escaleras	8,0
Caminar sobre hierba	5,0
Correr en general	7,0
Bicicleta montaña	8,5
Bicicleta (general)	8,0
Nadar espalda	7,0
Nadar braza	10,0
Nadar crol (moderado)	8,0
Nadar crol (rápido)	11,0
Nadar mariposa	11,0
Nadar, placer o recreo	6,0
Actividades acuáticas (correr en piscina)	8,0
Gimnasio (Health Club) en general	5,5
Gimnasio (calisténicos fuertes)	8,0
Calisténicos suaves	3,5
Circuit training (incluyendo algunos de aeróbic)	8,0
Elíptica o máquina de esquí	7,0
Máquina de Step (escaleras)	9,0
Estiramientos/Yoga	2,5
Aeróbic acuático/calisténicos	4,0
Baile (ballet, o moderno: twist)	4,8
Baile (flamenco, general, griego)	4,5
Baile: aeróbic	6,5
Aeróbic: step	8,5

Fuente: Grupo Marq Agro S. A.