

**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA FEPADE.**



**Sistema de bombeo Fotovoltaico para la formación de  
estudiantes de mecatrónica en las materias de "bombas"  
y "Energías Renovables".**

**TRABAJO DE GRADUACION PREPARADO PARA LA ESCUELA DE  
MECATRONICA.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO EN MECATRONICA.**

**POR:**

**JOSÉ ROBERTO ESCOBAR MELGAR 267114**

**JORGE JOSÉ ESPINOZA ROMERO 068117**

**MAURICIO ENRIQUE MEJÍA CHICAS 030016**

**EDWIN ANDONAY ORELLANA LEÓN 190516**

**SALOMON OSORIO GUARDADO 050416**

**DENIS ELDAD REYES ESCOBAR 109216**

**JULIO 2022**

**SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CA.**

**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE  
ESCUELA DE INGENIERIA EN MECATRONICA.**

RECTORA

**ELSY ESCOLAR SANTODOMINGO**

VICERRECTOR ACADÉMICO

**CARLOS ALBERTO ARRIOLA MARTÍNEZ**

DIRECTOR DE ESCUELA

**OVANIO HUMBERTO AVALOS GARCÍA**

COORDINADOR INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**BLADIMIR ARNOLDO ALVARENGA HENRÍQUEZ**

ASESOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**RENE MAURICIO HERNANDEZ ORTIZ**

**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE  
ESCUELA DE INGENIERIA EN MECATRONICA.**



**ORDEN DE APROBACION.**

Título de trabajo de investigación:

**Sistema de bombeo Fotovoltaico para la formación de estudiantes de mecatrónica en las materias de "bombas" y "Energías Renovables".**

Presentado por los estudiantes:

**JOSÉ ROBERTO ESCOBAR MELGAR 267114**

**JORGE JOSÉ ESPINOZA ROMERO 068117**

**MAURICIO ENRIQUE MEJÍA CHICAS 030016**

**EDWIN ANDONAY ORELLANA LEÓN 190516**

**SALOMON OSORIO GUARDADO 050416**

**DENIS ELDAD REYES ESCOBAR 109216**

---

**Ing. René Mauricio  
Hernández Ortiz**

ASESOR

---

**Ing. Bladimir  
Arnoldo Alvarenga  
Henríquez**

JURADO 1

---

**Ing. Ever Sigfredo  
Ábrego Preza**

JURADO 2

---

**Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero  
Director de escuela de Mecatrónica.**

sello de escuela.

Santa Tecla, La Libertad a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_ del año 202\_\_.



**Nosotros:** JOSÉ ROBERTO ESCOBAR MELGAR de DUI: 04184196-0, JORGE JOSÉ ESPINOZA ROMERO de DUI: 04700054-6, MAURICIO ENRIQUE MEJÍA CHICAS de DUI: 05601330-2, EDWIN ANDONAY ORELLANA LEÓN de DUI: 05269366-3, SALOMON OSORIO GUARDADO de DUI: 05529656-7, DENIS ELDAD REYES ESCOBAR de DUI: 05364320-5. estudiantes de la carrera de: Ingeniería en Mecatrónica de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE.

Manifestamos:

- 1) Que somos los autores del trabajo de investigación que lleva por título: Sistema de bombeo Fotovoltaico para la formación de estudiantes de mecatrónica en las materias de "bombas" y "Energías Renovables", presentado como requisito de graduación de la carrera antes mencionada, el cual fue dirigido y asesorado por el ingeniero: RENE MAURICIO HERNANDEZ ORTIZ, quien se desempeña como docente de la Escuela de: Ingeniería en Mecatrónica, en esta institución.
- 2) Que la obra es una creación original y que no infringe los derechos de propiedad intelectual, ni los derechos de publicidad, comerciales, de propiedad industrial u otros, y que no constituye una difamación, ni una invasión de la privacidad o de la intimidad, ni cualquier injuria hacia terceros.
- 3) Nos responsabilizamos ante cualquier reclamo que se le haga a la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, en este sentido.
- 4) Que estamos debidamente legitimados para autorizar la divulgación de la obra mediante las condiciones de la licencia de Creative Commons. (marcar solo una)
  - Reconocimiento (cc by)
  - Reconocimiento - Compartir (cc by -sa)
  - Reconocimiento - SinObraDerivada (cc by -nd)
  - Reconocimiento - NoComercial (cc by-nc)
  - Reconocimiento - NoComercial - CompartirIgual (cc by nc-sa)
  - Reconocimiento -NoComercial-SinObraDerivada (cc by-nc-nd) De acuerdo con la legalidad vigente.

- 5) Que conocemos y aceptamos las condiciones de preservación y difusión, establecidas en la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE.

**En atención a lo antes expuesto solicitamos:**

Que la obra quede depositada en las condiciones establecidas en la licencia de difusión anteriormente seleccionada, por lo tanto y con base a los artículos 5, 7 y 8 de la Ley de Propiedad Intelectual; cedemos los derechos de autor de orden patrimonial.

---

Jose Escobar

---

Jorge Espinoza

---

Mauricio Mejía

---

Edwin Orellana

---

Salomon Osorio

---

Denis Reyes

## **AGRADECIMIENTOS.**

Dedico mi trabajo de tesis a

**Dios:**

Por todas las bendiciones recibidas hasta esta fecha, por guiar mi camino y por permitirme culminar esta meta.

**A mi madre, Marta Alicia Melgar:**

Por su incondicional apoyo, comprensión y sacrificios a lo largo de esta trayectoria, por creer en mí eternamente agradecido.

**A mi esposa Adriana Beatriz Funes de escobar:**

A quien amo tanto y agradezco por estar en mi vida, por tenerme tanta paciencia, estar a mi lado en todo momento y que me motiva a cumplir cada objetivo que me proponga.

**A mi hijo Ángel Roberto Escobar**

Por ser la fuente más pura de motivación y el mayor regalo de Dios en mi vida.

Les agradezco de todo corazón.

JOSÉ ROBERTO ESCOBAR MELGAR

Primeramente doy gracias a Dios por permitirme finalizar mis estudios universitarios, doy gracias a mis padres que me han apoyado incondicionalmente y animarme a seguir adelante y siempre ser una mejor persona tanto en la vida cotidiana como en mi vida profesional, igualmente doy gracias a Verónica Hernández, por apoyarme cuando lo necesite y estar conmigo en todo momentos, igualmente doy gracias a todas las personas que fueron participe en todo este proceso, gracias a todos ustedes es que ahora culmino mi paso por la universidad.

JORGE JOSÉ ESPINOZA ROMERO

Agradezco a mis padres, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, por su comprensión y confianza, a mis abuelos, a mi madrina y mis tíos que siempre creyeron en mí.

Gracias por darme tanto de todo y por darme todo de ustedes. Hoy que mis estudios profesionales han concluido les digo que algo me llena de orgullo y siento que el mismo orgullo está dentro de ustedes.

Este triunfo vale la pena compartirlo y con quien mejor que con mis padres y mi familia de toda la vida.

MAURICIO ENRIQUE MEJÍA CHICAS

Primeramente, agradecido con Dios por este nuevo éxito Profesional y porque cada día bendice mi vida con la oportunidad de tener y disfrutar al lado de las personas que más me aman. Gracias a mi madre y mi abuela por ser las principales promotoras de mis sueños brindándome su apoyo incondicional y dándome motivación y aliento para seguir adelante con sus consejos que me han servido de guía.

Gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en mí en lograr este nuevo triunfo

EDWIN ANDONAY ORELLANA LEÓN

Agradezco a Dios, primeramente, por la vida y los logros concedidos hasta el día de hoy, por prestarme a mis padres y a todos mis hermanos.

Agradezco infinitamente a mis padres por siempre creer en mí, por facilitarme la vida de muchas maneras, por regalarme las palabras correctas en los momentos más difíciles y por enseñarme a no rendirme, aunque las cosas se pongan difíciles, jamás tirar la toalla.

A mis hermanos, por siempre estar ahí, por ayudarme cuando solicite de ellos, por instruirme y enseñarme muchos de los pasos que he seguido hasta el día de hoy.

A mis amigos por creer en mí y apoyarme, por darme fuerza cuando me he sentido débil, por apoyarme en cada decisión que he tomado, sin juzgarme.

A cada una de las personas que han servido como piedra para construirme y hacerme lo que soy el día de hoy, Gracias.

Este trabajo se lo dedico a mi padre, que después de dos años de su muerte, sigue acá conmigo.

Salomon Osorio Guardado

Dedicado a mi esposa, Eloísa Marili Flores de Reyes a mi hijo Denis Alejandro Reyes Flores. a mis padres Eldad reyes arce, Estela Marisol Escobar de Reyes por su incondicional apoyo

Denis Eldad Reyes Escobar.

## Contenido

CAPÍTULO I.....	4
Tema de Investigación.....	5
Descripción del problema.....	5
Propuesta de solución.....	7
Antecedentes.....	8
Justificación.....	10
3. Objetivos.....	11
3.1 objetivo general .....	11
3.2 objetivos específicos .....	11
Alcances.....	12
<b>Limitaciones.</b> .....	12
CAPÍTULO II.....	13
Sistema de Bombeo Fotovoltaico.....	14
¿Cómo funcionan estos sistemas solares? .....	14
Ventajas Principales de los sistemas de bombeo solar .....	14
Sistema de Bombeo.....	16
Elementos de un Sistema de Bombeo.....	17
Bomba Hidráulica .....	17
Tipos de bombas. ....	18
Accesorios y tubería .....	22
ENERGÍAS RENOVABLES.....	25
Tipos de energía renovable. ....	25
Características de la energía renovable .....	27
SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	29
Reacción fotovoltaica .....	29
Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas .....	30
Elementos de un sistema fotovoltaico.....	31
PARTES DE UN MÓDULO SOLAR .....	31
Cajas de conexiones .....	32
Células fotovoltaicas .....	32
El banco de baterías .....	35

Regulador de carga .....	39
Sistema de Control.....	43
Sistema de control de lazo abierto. ....	44
Sistema de lazo cerrado. ....	44
Acciones de control. ....	44
CAPÍTULO III.....	49
Definición del problema:.....	50
Planos del prototipo.....	51
Modelado del prototipo. ....	51
Diagrama electrico sistema fotovoltaico y de bombeo. ....	52
Consideraciones para el cálculo y diseño.....	53
Ecuación conservación de la energía para un fluido en movimiento en una tubería.....	55
Determinación de valores del sistema .....	57
Determinación de las pérdidas primarias en la tubería de conducción. ....	59
Cálculo de las pérdidas secundarias .....	65
Cálculo de $K$ para codos de $90^\circ$ .....	66
Claculo de $K$ Para entrada de tubería al Tanque 2 .....	67
Calculo de $K$ Para salida de tubería del Tanque 1 .....	68
Cálculo de $K$ (Válvula Check) .....	69
Cálculo de $K$ (reductor entrada) .....	70
Cálculo de $K$ (reductor salida) .....	71
Cálculo final de la Potencia de la bomba .....	72
Presupuesto del proyecto.....	76
CAPITULO IV.....	78
Análisis de resultados.....	79
Conclusiones.....	80
Recomendaciones.....	81
CAPITULO V.....	82
Bibliografia.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ANEXOS.....	86
CHECK LIST DE MANTENIMIENTO.....	102



**CAPÍTULO I**

**PLANTEAMIENTO DE LA**

**INVESTIGACIÓN.**

## Tema de Investigación.

Sistema de bombeo Fotovoltaico para la formación de estudiantes de mecatrónica en las materias de "bombas" y "Energías Renovables".

### Descripción del problema.

El transporte y distribución de agua se ha vuelto una necesidad básica para el desarrollo humano. A lo largo de la historia se muestra como esta necesidad motivo a diferentes inventores para crear métodos que faciliten el transporte de la misma. Hoy en día se utilizan los sistemas de bombeo para impulsar diferentes líquidos y en diferentes aplicaciones Industriales como domésticas. Se pueden encontrar diminutos sistemas como en automóviles, maquinas impresoras etc., al igual que se encuentran sistemas más complejos como el sistema de bombeo y distribución de agua para una ciudad. Es importante conocer el funcionamiento de estos sistemas de bombeo para que puedan ser replicados en las necesidades que se deseen.

Con los avances tecnológicos alcanzados se pueden implementar sistemas de Bombeo y estos se tornan más complejos y completamente automatizados, incluso, se pueden añadir diferentes tecnologías y combinarlas sumándole complejidad.

Con el paso de los años, se han desarrollado diferentes tipos de bombas con diferentes tecnologías, enriqueciendo la manera de crear sistemas de bombeo los cuales pueden ser monitoreables en tiempo real sin necesidad de estar donde se encuentra instalado el sistema. La tecnología permite que se facilite la vida de los usuarios, de tal manera que el sistema se vuelva semi-autónomo y no tenga necesidad de la intervención humana para el funcionamiento.

En ITCA FEPADE se encuentra un sistema de bombeo obsoleto cuya función es proporcionar agua a las diferentes máquinas que se encuentran

instaladas en taller, el agua es utilizada como refrigerante en las máquinas y cumpliendo su ciclo es devuelta por medio de canales a la cisterna, el agua que llega a la cisterna es succionada por la bomba y enviada hasta un tanque que se encuentra en alto, esto con la finalidad que el agua se enfrié y así se cumpla un ciclo de enfriamiento para las máquinas, controlado por un sistema de bombeo, básico.

Una de las problemáticas de dicho sistema de bombeo es la obsolescencia, pues por registro se tiene que fue instalado desde que el edificio de taller fue construido, posee un sistema básico el cual no es monitoreable y mucho menos controlable ya que no cuenta con los elementos adecuados para tales funciones.

## Propuesta de solución

Cuando se habla de automatización, implícitamente se habla de tecnología y para obtener un sistema de bombeo automatizado se debe tomar en cuenta que, se implementará un sistema tecnológico el cual facilitará la labor del traslado del agua de un punto a otro, y a su vez permitirá que el usuario vea datos reales de lo que ocurre en el sistema.

Para automatizar un sistema de bombeo se toman en cuenta diferentes elementos de suma importancia en el sistema, tales como: controladores, sensores, indicadores y, en este caso deben considerarse los instrumentos utilizados para un sistema de alimentación Foto voltaica.

La propuesta consiste en un sistema de bombeo Automatizado que mantenga abastecido el tanque que se encarga de distribuir el agua que sirve como enfriador a las diferentes máquinas de taller. Este sistema pretende ser autónomo y para ello se considera la implementación de una fuente energética Renovable, en el caso, Energía fotovoltaica, garantizando así la Autonomía del sistema e independizarlo de la red Eléctrica.

## Antecedentes.

A través de la historia se encuentran diferentes escenarios donde el ser humano ha distribuido y almacenado agua. En épocas primitivas, se bebía el agua de los ríos y esta es la razón por la cual cuando se producían asentamientos, estos se realizaban cerca de los ríos, al carecer de ellos, buscaban diferentes alternativas para suplir las necesidades del agua, una de ellas es la elaboración de pozos. Cuando el crecimiento poblacional fue demasiado grande y los recursos suficientes, se vieron obligados a idear otras alternativas.

7000 años atrás, en Israel el agua se almacenaba y esta era utilizada como fuente de recursos, se había ideado un sistema de canales excavados en rocas o arena para distribuir el agua a los diferentes puntos. Años más tarde en Egipto utilizaban árboles con troncos huecos mientras en China se utilizaban bambúes para la misma función.

En la antigua Grecia debido al crecimiento poblacional se vieron obligados a idear Redes de distribución y para ello utilizaban el agua de lluvia y agua de pozo. La complejidad llegó al punto de crear sistemas de aguas residuales en la ciudad.

Roma fue cuna para los mayores arquitectos en términos de almacenamiento de agua, crearon sistemas de distribución de agua, estos funcionaban como detención artificial de la misma y a su vez distribuían el agua a lo largo de la ciudad.

Al igual que los sistemas de distribución, las bombas han ido evolucionando través de los años, y datan desde la antigua Mesopotamia (3000 a.C.). Se responsabiliza a los mesopotámicos de haber creado la primera bomba de impulsión de agua, utilizando palanca de madera al lado del banco de agua, con un contrapeso en un extremo y un balde en el otro. Cuando la palanca se empujaba hacia abajo, el contrapeso subía el balde y se vaciaba en una batea.

Se inventaron tres bombas alrededor del año 500 A.C. Entre ellas una noria con ollas atadas, una noria con compartimentos para el agua, y una cadena de baldes, que era una línea que pasaba por encima de una polea con baldes pegados a ella.

La bomba de fuerza fue inventada en Egipto por Ctesibus de Alejandría, quien ideó un cilindro que utilizaba un émbolo en la parte superior y usaba una aspiradora para así expulsar el agua a través de válvulas. Las bombas de mano son incluidas en este tipo.

A Finales de 1600 el inventor Denis Papín estaba dando vida a un invento importante y es la bomba centrífuga con un funcionamiento interno que crea succión para extraer el agua.

En 1698, se inventó una bomba que funcionaba con vapor para crear un vacío y extraer agua, recibió el nombre de: Bomba de Savery, su inventor fue, Thomas Savery.

Desde la década de 1940, se comenzaron a utilizar bombas de flujo axial, las cuales utilizan compresores de motor.

## Justificación

### **Qué es un sistema de bombeo**

Los sistemas de bombeo mecanizados son dispositivos para elevar y extraer agua de un punto bajo a uno elevado. Y cuenta con diversas partes que hacen posible el recorrido mediante tuberías, así como también el acopio eventual de líquidos (en este caso agua).

### **Función principal del sistema de bombeo**

Un equipo de bombeo está formado principalmente por dos partes, la bomba y su accionador (puede ser motor eléctrico o de combustión interna, etc.). El procedimiento de acción es el siguiente: El accionador es el aparato que se encarga de derivar la energía mecánica y, cuando esto sucede, la transforma en energía cinética, el fluido lo obtiene en forma de presión, velocidad y posición.

Por tanto, se planea diseñar y programar un sistema en lazo cerrado, que permita controlar el nivel de la cisterna y del tanque aéreo mediante unos sensores de nivel para mantener el correcto funcionamiento en el sistema. Realizar el control del nivel de la cisterna y del tanque aéreo de la estación, genera múltiples ventajas, por tanto se proyecta diseñar, programar e implementar un sistema de control, que permitirá automatizar el bombeo desde la cisterna que se encuentra ubicada dentro del taller de termodinámica y máquinas térmicas, hacia un tanque aéreo que se encuentra fuera del taller el cual abastece de agua a las máquinas que se encuentran en el taller, así como también tener acceso a los datos mediante la red en tiempo real.

### **Cómo se realizará**

Mediante el diseño de este proyecto, resulta una alternativa con la cual, se pretende mejorar el servicio de abastecimiento de agua en el taller de termodinámica y máquinas térmicas, tanto en economía, eficiencia, confiabilidad; así mismo será un diseño innovador para el

abastecimiento de agua en el taller, ya que se utilizara energía renovable la cual será generada mediante la colocación de paneles fotovoltaicos, los cuales generaran la energía necesaria para el funcionamiento del equipo hidráulico y del sistema de control.

### **Por qué se sustituirá el sistema de bombeo existente**

El sistema de bombeo que se utilizaba en el taller para el abastecimiento de agua se encuentra en malas condiciones y es un sistema obsoleto y se encuentra fuera de servicio ya que no ha tenido un mantenimiento adecuado, por eso se tuvo la iniciativa de instalar un sistema nuevo de bombeo que satisfaga las necesidades en el taller, dando el suministro de agua que necesiten las máquina.

## **3. Objetivos**

### **3.1 objetivo general**

Implementar un sistema de bombeo. Eficiente, automatizado y autosostenible desde el punto de vista eléctrico. utilizando energías renovables, para contribuir con el cuidado del medio ambiente. Tomando en cuenta las normativas y estándares vigentes en nuestro país, al mismo tiempo que nos permita poner en práctica los conocimientos adquiridos durante los ciclos cursados. Lo más importante que sea de mucho beneficio para Itca fepade. Y didáctico para las nuevas generaciones que pasarán por la institución.

### **3.2 objetivos específicos**

- investigar acerca de los sistemas fotovoltaicos y su implementación en las diferentes necesidades diarias. Fomentando el uso de energías renovables como una alternativa viable, económica y amigable con el medio ambiente.

- Diseñar y ejecutar diagramas eléctricos de control y potencia, planos de montaje, que cumplan con las normas de seguridad y otras normas vigentes.
- Implementar un sistema de bombeo con los accesorios, equipos e instrumentos necesarios para garantizar su correcto funcionamiento y una larga vida útil.
- Proveer una herramienta útil y moderna para la institución.

### **Alcances.**

Crear un interfaz amigable con el usuario con el objetivo de que lo pueda utilizar cualquier individuo sin necesidad de conocimientos previos o capacitación acerca de su uso.

Lo más importante que hay que resaltar de este proyecto es el uso de placas fotovoltaicas como fuente de energía limpia para el sistema de bombeo.

### **Limitaciones.**

- Una de las principales limitantes es el tema económico. Ya que existen una diversidad de elementos para sistema de bombeo de última tecnología. a los cuales no se puede acceder por el tema económico
- La pandemia por covid 19 a escaseado muchos accesorios necesarios para el montaje de un sistema de bombeo. Y en algunos casos los tiempos de entrega de parte de el proveedor son tiempos muy largos
- No se cuenta con elementos de respaldo en caso de fallo de bomba, motor , controlador, sensores entre otros.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **Sistema de Bombeo Fotovoltaico.**

Los sistemas de bombeo fotovoltaico de agua convierten la energía solar en energía eléctrica para alimentar una bomba de agua. El bombeo de agua utilizando paneles solares como fuente de energía puede considerarse una alternativa prometedora a los sistemas de bombeo a base de electricidad de red, Diesel o gasolina, ya que son rentables y amigables con el medio ambiente.

### **¿Cómo funcionan estos sistemas solares?**

Los sistemas de bombeo fotovoltaico de agua convierten la radiación solar en electricidad a través de los paneles fotovoltaicos. Ésta será utilizada para alimentar las bombas eléctricas. La energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se emplea para alimentar motores de corriente continua o sirve para ser convertida en corriente alterna a través del inversor. Dependiendo de la instalación, es posible almacenar energía en las baterías.

### **Ventajas Principales de los sistemas de bombeo solar**

Los sistemas fotovoltaicos se pueden usar no sólo para riego sino también para suministrar agua potable, purificación de agua, bombeo de agua para usos industriales entre otras aplicaciones.

Los sistemas de bombeo de bombeo fotovoltaico tienen costos más bajos a largo plazo en comparación con los sistemas de bombeo a diésel o gasolina.

Son sistemas fiables y requieren poco mantenimiento, ya que no requieren la presencia de un asistente durante las operaciones.

Respetuosa con el medio ambiente, la tecnología de bombeo de agua solar no causa contaminación del aire, el agua o ruido.

Es necesario considerar varios factores para determinar un sistema de bombeo de agua solar que cumpla con los requerimientos, entre los componentes principales del bombeo solar encontramos:

Fuente de agua

Potencia de la bomba

Carga dinámica total CDT a vencer en la red hidráulica

Finalmente, la capacidad del generador fotovoltaico.

Otros elementos que consideramos importantes para determinar el modelo, los requerimientos de agua por día, la irradiación del lugar, con estos valores determinamos la potencia mecánica del motor y la capacidad del sistema de alimentación.

La instalación del sistema de bombeo solar incluye los siguientes elementos:

Bomba de agua: Las bombas que se utilizan para el sistema fotovoltaico, son de corriente alterna o corriente continua.

Se utilizan motores de corriente continua para aplicaciones pequeñas y medianas, para las aplicaciones más superiores, se utilizan los motores de corriente alterna adaptados a un inversor que se encarga de cambiar la corriente continua de los paneles solares.

Controlador: Encargado de optimizar la energía que producen los paneles solares, son fuente de alimentación directa del sistema de bombeo de agua.

Paneles Solares: De acuerdo con la potencia de la motobomba.

El acumulador que permite mantener una reserva de energía eléctrica, cuando la disponibilidad de energía de radiación solar no cubre la demanda de consumo eléctrico.

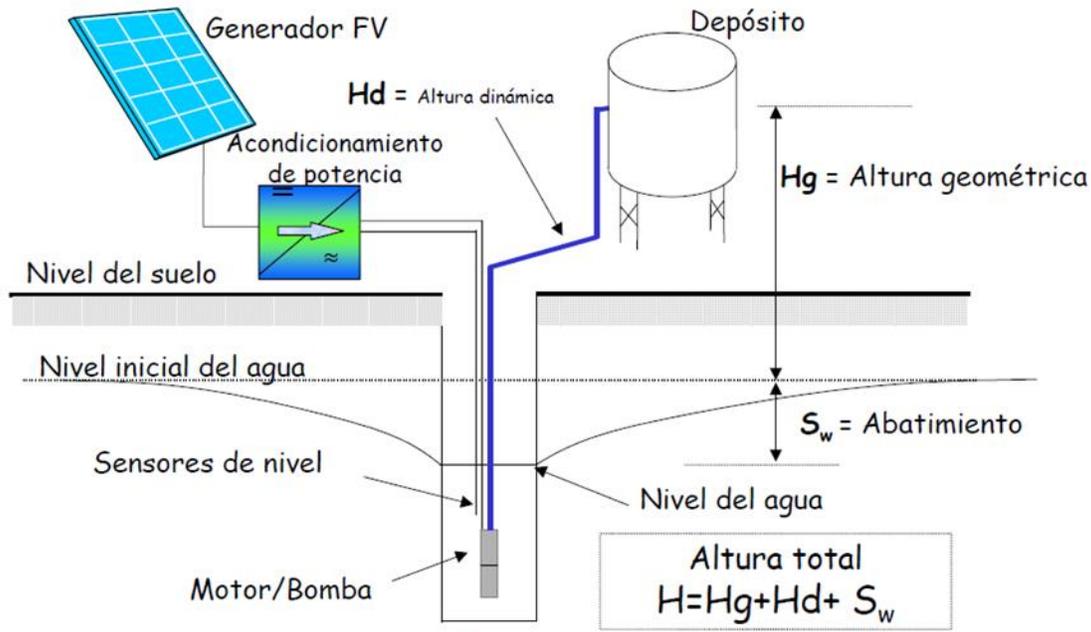


Imagen 1: Ilustración de un sistema de bombeo fotovoltaico.

### **Sistema de Bombeo.**

El sistema de bombeo es aquel sistema que cuenta con diversas partes que hacen posible el recorrido de fluido mediante tuberías, así como también la acumulación eventual de líquidos, también permitiendo que las especificaciones de caudal y presión sean cumplidas en los procesos.

Un equipo de bombeo está formado principalmente por dos partes, la bomba y su accionador.

La Bomba, toma el agua del depósito y la impulsa por el sistema.

Tuberías y Accesorios, las tuberías son por donde pasa el líquido, y los accesorios son los codos, tees, reductores, válvulas, etc. Que se utilizan para re direccionar o modificar el paso del líquido.

### **Bombeo de agua hacia tanque elevado.**

Este es uno de los sistemas más usados, ya que es de fácil instalación. Para este sistema es necesario un tanque para el almacenamiento del

agua ubicado en una parte alta, los tanques elevados permiten suplir agua o cualquier otro tipo de material cada vez que se requiera, el tamaño del tanque o su volumen va a depender de la demanda promedio de agua, pero la sobre dimensión del tanque puede afectar en la calidad del agua; luego con la ayuda de una bomba de agua impulsa el agua hasta la parte superior donde estará ubicado el tanque elevado.

Desde la parte superior con la ayuda de la gravedad, el agua cae hasta la red de distribución de agua. En este sistema es necesario utilizar dos electro niveles, el electro nivel es un sensor que detecta cuando el nivel del agua sube o baja tanto en la cisterna como en el tanque e indica a la bomba de agua cuándo encender y cuándo detenerse de forma automática y confiable.

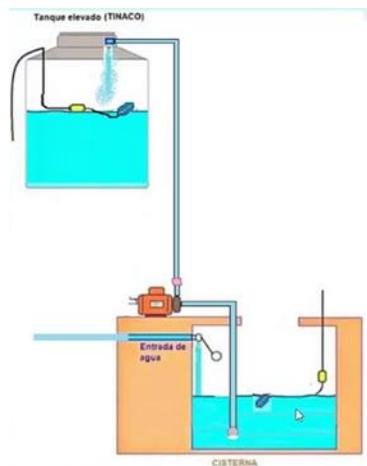


Imagen 2: Bombeo de agua a tanque elevado.

## **Elementos de un Sistema de Bombeo**

### **Bomba Hidráulica**

Una bomba hidráulica o bomba de agua es una máquina generadora que transforma la energía con la que es accionada (generalmente energía mecánica) en energía del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad

o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión a otra de mayor presión.

### Tipos de bombas.

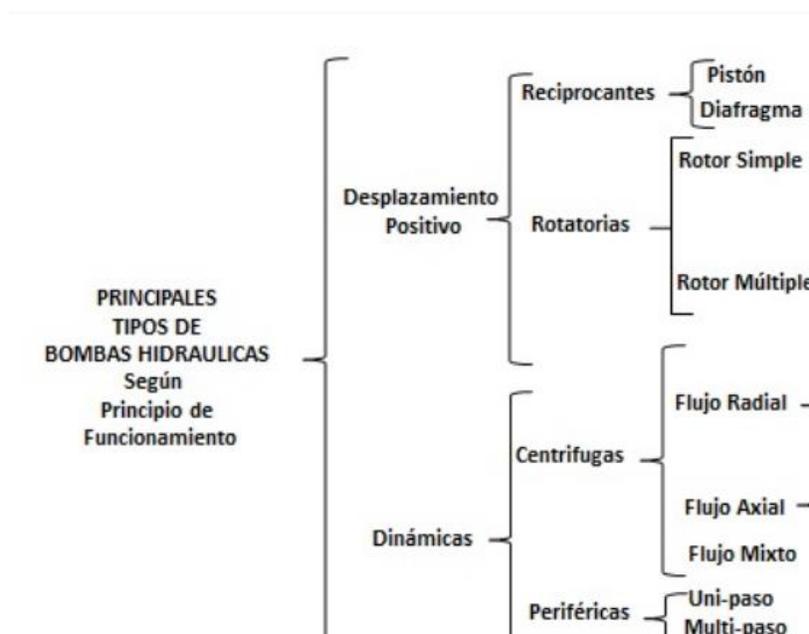


Imagen 3: principales tipos de bombas hidráulicas.

#### **BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO:**

Una bomba de desplazamiento positivo es un tipo de bomba hidráulica donde el fluido es obligado a desplazarse, forzándolo por medio de mecanismos como engranajes, lóbulos, aspas, o pistones, entre otros. Generan altas presiones y normalmente a bajos caudales. Son muy usadas para transporte de líquidos viscosos como el ACPM o el aceite hidráulico o en la industria de alimentos, ya que por su diseño son fáciles de desarmar y limpiar.



Imagen 4: bomba de desplazamiento positivo.

**BOMBAS RECIPROCANTES:**

Las bombas reciprocantes son tipos de bombas de desplazamiento positivo que por la acción de un mecanismo de pistón o embolo, descargan una cantidad definida de líquido durante el movimiento de pistón o embolo a través de la distancia de carrera.

Estas bombas son relativamente de baja velocidad de rotación, de tal manera que cuando tienen que ser movidas por motores eléctricos, deben ser intercaladas transmisiones de engranajes o poleas o variadores, para reducir la velocidad entre el motor y la bomba. Un tipo particular de estas bombas reciprocantes son las bombas neumáticas, que accionan membranas al lado izquierdo y derecho de un cuerpo central, por la acción de aire comprimido.



Imagen 5: Bombas reciprocantes.

### **BOMBAS ROTATORIAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO:**

En las bombas rotatorias de desplazamiento positivo, los elementos rotatorios de la bomba (que pueden ser principalmente engranajes, paletas, tornillos o lóbulos): crean una baja presión a la entrada de la bomba, obligando al líquido a entrar en el interior de la bomba y dejándolo atrapado en la carcasa de la bomba, para que, en una nueva rotación, el líquido sea bombeado al punto de descarga de la bomba. Este tipo de bombas se usan generalmente para bombea líquidos viscosos y en la industria de alimentos.

### **BOMBAS DINÁMICAS:**

Las bombas dinámicas son un tipo de bombas hidráulicas en que el impulsor o elemento que impulsa el fluido (rodete o rueda con alabes), imparte velocidad y presión al fluido, en la medida que el fluido se desplaza por el impulsor. El impulsor gira a altas velocidades (1.800 RPM o 3.600 RPM), impulsando el fluido del centro hacia afuera, convirtiendo la velocidad del fluido en energía de presión. Se consiguen bombas dinámicas con rangos de presión y de caudales muy variados. De las bombas dinámicas, las más conocidas y usadas son las bombas centrífugas.



imagen 6: Bombas Dinámicas.

### **BOMBAS CENTRIFUGAS:**

Las bombas centrifugas son un tipo de bomba rotatoria en que se incrementa la energía de velocidad del fluido mediante un rodete o impulsor, aprovechando la fuerza centrífuga y transformándola en energía de presión, a un flujo o caudal determinado.



Imagen 7: Bombas centrifugas.

### **BOMBAS PERIFÉRICAS:**

Las bombas periféricas o de tipo turbina, tienen alabes que giran a altas velocidades, produciendo impulsos de energía extremadamente rápidos y potentes en el líquido a bombear.

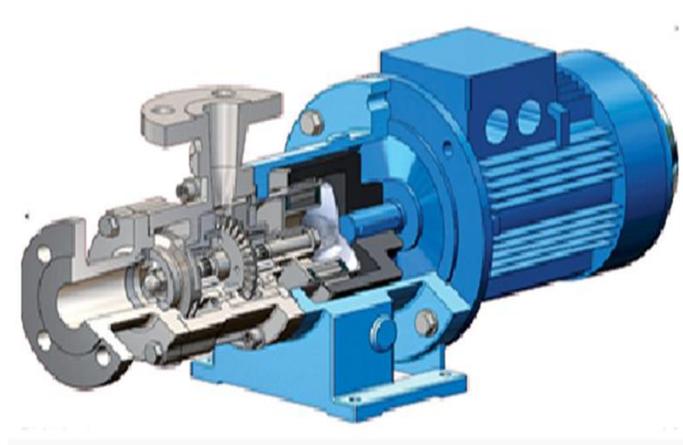


Imagen 8: Bombas periféricas.

## **BOMBAS SUMERGIBLES:**

Las bombas sumergibles son un tipo de bombas centrifugas que se caracterizan por funcionar hundidas en el líquido a bombear, incluso a relativamente grandes profundidades. Se caracterizan por la unión cuerpo, bomba y motor en dentro de una carcasa herméticamente sellada.



Imagen 9: Bomba sumergible.

## **Accesorios y tubería**

### **Tubería:**

El diámetro de la tubería se suele determinar en consideraciones económicas, basadas en condiciones de bombeo en estado estable. No obstante, los efectos del golpe de ariete en un tubo de descarga de una bomba se pueden reducir al aumentar el tamaño del tubo de descarga, porque los cambios de velocidad serán menores en el tubo más grande. Este método de reducción del golpe de ariete en los tubos de descarga suele ser muy costoso, pero hay ocasiones en las cuales resulta más costoso utilizar dispositivos de control que el cambio del diámetro de la tubería.

**El Codo:**

Se usa más que cualquier otro accesorio de tubería. Proporciona flexibilidad para cambiar la dirección del tubo. Codo Disponible principalmente en dos tipos estándar de 90 ° y 45 °. Sin embargo, se puede cortar a cualquier otro grado.

**Tee:**

Hay diferentes tipos de Tee utilizados en tuberías, Igual / Straight Tee- en este tipo de tee El diámetro de la rama es igual que el diámetro de la tubería Run. En Reducción de la T - El diámetro del tamaño de la rama es menor que el diámetro de la tubería de ejecución

**Reductor:**

Hay dos tipos de reductores utilizados en tuberías concéntricas y excéntricas. En el reductor Concéntrico, el centro de los dos extremos está en el mismo eje. Mantiene la elevación de la línea central de la tubería.

**Válvulas de retención:**

Estas se pueden agrupar en dos clases: de cierre rápido y de cierre lento. El requisito más importante de una válvula de retención es, que, al ocurrir la interrupción de la corriente, esta se cierre con una rapidez tal que no se establezca una circulación inversa apreciable. Si debido a las características de circulación del sistema y al diseño de la válvula de retención no se puede cumplir con el anterior objetivo, se tiene que recurrir a unos dispositivos que sean capaces de amortiguar el cierre de la válvula, ya sea en su totalidad o en su finalización.

**Camisas:**

Para unión de conexiones con terminaciones rosca macho, mantiene la misma dirección. Disponibles en diversos materiales para adaptarse de mejor forma a las diversas aplicaciones, es de fácil remoción y posee una gran versatilidad en sus extremos. Disponibles en conexiones para soldar y npt. Medidas / Capacidad: Tamaños: Desde 1/4" NPT hasta 4"

**Uniones universales:**

Permiten la unión de tuberías de alta presión, haciendo más fácil el mantenimiento, sin la necesidad de desmontar los extremos de la pieza, materiales acero al carbón/inoxidable, a soldar y roscar en clase 3000lbs e inoxidables solo roscadas.

**Válvula de pie o granada:**

Utilizada principalmente en succión de agua, diseñadas para la instalación en bombas centrífugas. Fabricadas en bronce, hierro y/o aluminio, con roscas NPT o de bridas ASA.

**Tanque de almacenamiento:**

El tanque de almacenamiento es una estructura con dos funciones: almacenar la cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de una población y regular la presión adecuada en el sistema de distribución dando así un servicio eficiente (AGUERO 2004; GIZ 2017; USAID 2016). Su diseño y construcción son variados y van a depender de las condiciones del terreno, del material disponible en el área, de la mano de obra existente, etc.

## **ENERGÍAS RENOVABLES**

Se considera energía renovable a aquella fuente ilimitada de energía (con vastas cantidades), o bien que su proceso de regeneración es significativamente más rápido que el de consumo, como por ejemplo la energía solar, eólica, mareomotriz o hidráulica / hidroeléctrica. Si bien no son lo mismo, se las asocia comúnmente con las energías limpias, ya que se busca que el desarrollo de la energía, en el futuro, sea ecológico. Es la contrapartida de las energías no renovables conocidas por ser contaminantes (combustibles fósiles, gas, petróleo, energía nuclear, etc).

### **¿Qué son las energías renovables?**

Son aquellas que se producen tomando como materia prima las fuentes naturales que no se agotan, como el sol (energía solar), las olas y mareas (energía mareomotriz e hidráulica), el viento (energía eólica), el calor de la tierra (energía geotérmica), el poder del agua (energía hidráulica), el potencial químico dentro de sustancias biológicas (biomasa), etc.



*Imagen 10: Energías renovables.*

## **Tipos de energía renovable.**

- Energía solar.

Consiste en captar los rayos provenientes del Sol, para aprovechar su capacidad calorífica (energía térmica) o bien para tomar su energía lumínica y convertirla en energía eléctrica. Esto se hace a través de que pueden funcionar como colectores solares y usar su calor (ejemplo: calentador solar) o bien paneles fotovoltaicos (para producir electricidad).

- Energía eólica.

Consisten en captar la potencia del viento que surgen de las constantes corrientes de aire; un parque eólico (zona con óptimas condiciones donde se instala al menos una veintena de aerogeneradores) nos permite transformar la energía del viento en energía mecánica, o directamente en energía eléctrica haciendo uso de turbinas eólicas.

- Energía geotérmica.

Consiste en aprovechar la energía que hay en el interior de la tierra cuando se da coexistencia de agua y calor en la profundidad de la tierra y que como consecuencia de esta exposición a altas temperaturas (magmáticas) se genera Vapor a altas presiones, el cual es canalizado en tuberías para movilizar las turbinas a vapor que hacen mover a los generadores eléctricos.

Energía hidráulica:

Las caídas de agua desde cierto nivel de altura también producen energía. La energía potencial de la altura del agua poco a poco se va transformado en el descenso ~~de agua genera~~ en energía cinética, y la velocidad hace mover unas turbinas hidráulicas y por medio de generadores se convierte en electricidad.

## **Características de la energía renovable**

Generalmente son energías limpias:

Hay excepciones como la energía nuclear ( cambia Uranio por Hidrógeno) o la energía de biomasa (que no tiene un proceso productivo, más no es demasiado limpia en su consumo).

Son energías amigables con el medioambiente:

Dado que se basan en fuentes inagotables de energía, entonces no generan escasez de dicha materia prima; relacionado al punto anterior, su producción suele ser limpia.

Son energías vastas:

De forma singular, la mayoría de las energías renovables (solar, eólica, hidráulica, mareomotriz, biomasa) podrían abastecer de energía al planeta (y sobraría potencial energético); si las combinamos, es aún más sencillo.

Son novedosas:

Exceptuando la eólica (que se usaba rústicamente y de forma poco eficiente en la navegación a vela), todas son energías novedosas y que necesitan de desarrollos de ingeniería avanzada.

Son más costosas:

Debido a los dos puntos anteriores (menos desarrollo y más novedosas), su producción todavía es ligeramente más costosa que las tradicionales.

## **Ventajas de las energías renovables en comparación con las energías fósiles**

Haciendo una comparación entre los combustibles fósiles (carbón o petróleo) y las energías renovables, estas últimas tienen menor cantidad de emisiones de carbono, se pueden reciclar y son respetuosas con la naturaleza.

Las energías renovables son elementales para detener el calentamiento global y el cambio climático, ya que no emiten gases.

Las energías renovables son autóctonas y pueden explotarse a nivel local. Esto reduce el coste de transporte que es necesario al explotar energías fósiles.

La disponibilidad de la energía renovable hace que tenga menos cambios de precios, a diferencia del gas o el petróleo.

El potencial es ilimitado en las energías renovables con respecto a los recursos limitados de los hidrocarburos. En resumidas palabras, las energías renovables no contaminan, no se agotan, detienen el efecto invernadero, benefician a la economía, permiten ahorrar, son sostenibles, hacen frente a la demanda, etc.

## **SISTEMA FOTOVOLTAICO**

### **¿Cómo funciona un sistema fotovoltaico?**

La energía eléctrica generada por un sistema fotovoltaico depende del número de horas que el sol esté brillando sobre un panel solar, así como también depende de los módulos que han sido instalados, la orientación, inclinación, la radiación solar que llegue, la calidad de la instalación y la potencia nominal.

Las celdas fotovoltaicas son los dispositivos por medio de los cuales se absorbe la energía del sol. Estos elementos de un sistema fotovoltaico son capaces de generar energía eléctrica aprovechando la luz solar que incide sobre ellos. Las celdas deben estar confeccionadas en material semiconductor, que funciona recibiendo fotones provenientes del sol. El material más utilizado es el silicio.

### **Reacción fotovoltaica**

Cuando los fotones emitidos por la luz del sol entran en contacto con los átomos ubicados en las celdas, se produce un flujo de electrones. Estos electrones liberados empiezan a circular por medio del material semiconductor y se genera energía eléctrica. El material semiconductor se encuentra dopado. Al estar expuesto a la radiación electromagnética del sol, un fotón se desprende y golpea contra un electrón y los "arranca", formando un hoyo en el átomo. En condiciones normales, el electrón vuelve a encontrar un espacio para llenarlo y la energía del fotón se disipa en forma de calor. En el caso de la reacción fotovoltaica, la célula obliga a los electrones y a los hoyos a ir avanzando hacia el lado opuesto del semiconductor, en lugar de recombinarse en él. Esto produce un potencial diferencial y genera tensión entre ambas partes del material, como sucede en las pilas o baterías. En resumen, una célula fotovoltaica equivale a un generador de energía al que se le añade un diodo.

## **Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas**

La clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas (ISF) la podemos realizar en función de la aplicación a la que están destinadas. Así, distinguiremos entre aplicaciones autónomas y aplicaciones conectadas a la red.

### **Aplicaciones autónomas**

Producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica, a fin de dotar de este tipo de energía al lugar donde se encuentran ubicadas. Pueden distinguirse dos bloques:

- **Aplicaciones espaciales:** sirven para proporcionar energía eléctrica a elementos colocados por el ser humano en el espacio, tales como satélites de comunicaciones, la Estación Espacial Internacional, etc. La investigación en esta área propició el desarrollo de los equipos fotovoltaicos tal y como los conocemos en la actualidad.
- **Aplicaciones terrestres,** entre las que cabe destacar las profesionales: Telecomunicaciones: telefonía rural, vía radio; repetidores (de telefonía, televisión, etcétera)
- **Señalización:** se aplica, por ejemplo, a señales de tráfico luminosas, formadas por diodos LED, alimentados por un panel solar y una batería.
- **Alumbrado público:** se utiliza en zonas en las que resulta complicado llevar una línea eléctrica convencional.

### **Aplicaciones conectadas a la red.**

En ellas, el productor no utiliza la energía directamente, sino que es vendida al organismo encargado de la gestión de la energía en el país. Tienen la ventaja de que la producción de electricidad se realiza precisamente en el periodo de tiempo en el que la curva de demanda de electricidad aumenta, es decir, durante el día, siendo muy importantes los kilovatios generados de esta forma. Cabe distinguir:

- Centrales fotovoltaicas y huertos solares: recintos en los que se concentra un número determinado de instalaciones fotovoltaicas de diferentes propietarios con el fin de vender la electricidad producida a la compañía eléctrica con la cual se haya establecido el contrato.
- Edificios fotovoltaicos: es una de las últimas aplicaciones desarrolladas para el uso de la energía fotovoltaica. La rápida evolución en los productos de este tipo ha permitido el uso de los módulos como material constructivo en cerramientos, cubiertas y fachadas de gran valor visual.

### **Elementos de un sistema fotovoltaico.**

#### **PARTES DE UN MÓDULO SOLAR**

Los paneles solares fotovoltaicos que se utilizan en la actualidad están formados de la siguiente estructura: Cubierta frontal, Capas encapsuladas, Marco de apoyo, Protección posterior, Caja de conexiones eléctricas, Células fotovoltaicas.

La parte más importante de un módulo fotovoltaico es el conjunto de células fotovoltaicas que son las encargadas de la transformación de la radiación solar en energía eléctrica. El resto de elementos que forman parte de un panel solar tienen la función de proteger y dar firmeza y funcionalidad al conjunto.

Las células fotovoltaicas están encapsuladas con vidrio reforzado y varias capas de material plástico. Posteriormente, todo este conjunto se refuerza formando un marco exterior con perfiles metálicos de aluminio.

#### **Cubierta frontal**

La cubierta frontal del panel fotovoltaico tiene una función principalmente protectora ya que sufre la acción de los agentes atmosféricos. Se utiliza el vidrio templado con bajo contenido en

hierro, ya que presenta una buena protección contra los impactos y es muy buen transmisor de la radiación solar.

### **Capas encapsuladas**

Las capas encapsuladas son las encargadas de proteger las células solares y sus contactos. Los materiales empleados (etil-vinil-acetileno o EVA) proporcionan una excelente transmisión a la radiación solar, así como una nula degradación frente las radiaciones ultravioletas.

### **Marco de apoyo**

El marco de apoyo es la parte que da robustez mecánica al conjunto. El marco de apoyo de un panel solar permite su inserción en estructuras que agruparán a módulos. El marco, normalmente, es de aluminio, aunque también puede ser de otros materiales.

### **Protección posterior**

Consiste fundamentalmente en proteger contra los agentes atmosféricos, ejerciendo una barrera infranqueable contra la humedad. Normalmente, se utilizan materiales 24 acrílicos, Tedlar o EVA. A menudo son de color blanco, ya que esto favorece el rendimiento del panel debido al reflejo que produce en las células.

### **Cajas de conexiones**

De la caja de conexiones eléctricas salen dos cables, uno positivo y el otro negativo. Es el lugar por donde se da una continuidad en el circuito eléctrico. Algunos módulos fotovoltaicos tienen una toma de tierra, que deberá utilizarse en instalaciones de potencia elevada.

### **Células fotovoltaicas**

Las células fotovoltaicas son los elementos más importantes del panel fotovoltaico. Se trata de unos dispositivos semiconductores capaces de generar electricidad a partir de la radiación solar.

La estructura de soporte permite orientar las unidades de tal forma que se mejora la captación de la luz solar.

Otro de los aspectos importante del conjunto de materiales necesarios para la realización de un sistema solar fotovoltaico es la elección de la estructura o soporte para paneles solares. Esta estructura asegura un buen anclaje de los paneles solares, a la vez que proporciona la inclinación y orientación necesaria para el mejor aprovechamiento de la radiación solar.

En lugares de fuertes vientos, habrá que reforzar el número de fijaciones y reforzar la estructura. La estructura soporte tendrá que resistir esta sobrecarga.

Lo mismo que en el caso del viento, ocurre con el efecto producido con la nieve, que aumenta la sobrecarga de la estructura, el peso a soportar por la estructura es mayor. En este supuesto se suele dar una inclinación mayor para evitar su acumulación.

Ambientes salinos (por ejemplo, cercanos a las costas) influirán al tipo de material empleado para su construcción.

**Los principales materiales utilizados en las estructuras soporten para paneles solares son:**

- Aluminio. Es de fácil mecanización, gran resistencia y bajo peso. Es muy conveniente que sea aluminio anodizado, por presentar mejor resistencia a la corrosión y es más estético, que el estándar acabado crudo.
- Hierro. Se encuentra en una gran gama de dimensiones, formas y grosores. Deben de ser sometidas a un proceso de galvanizado para conferirle propiedades anticorrosivas. Este baño galvánico debe incorporar a la superficie un grosor no inferior a 100 micras, para una perfecta protección.

- Acero inoxidable. Es muy utilizado en ambientes salinos. Si se utiliza una estructura de este material, hay que tener en cuenta que, si el marco de los módulos solares es en aluminio, deberá evitar el contacto directo de ambos materiales, mediante un aislador, ya que estos dos materiales producen una corrosión galvánica elevada, especialmente en ambientes salinos.

La orientación óptima es siempre SUR (si estamos en el hemisferio NORTE), pues es la posición desde la que se aprovecha la radiación del sol durante todo el día. Debido a que la trayectoria de la radiación del sol tiene un recorrido en invierno corto y más horizontal que en verano. Es ésta la causa por la cual para poder aprovechar la radiación invernal se necesita una inclinación del soporte mayor. Para hacer incidir los rayos solares sobre la superficie del panel en un ángulo lo más cercano a los 90°.

Por tanto, la inclinación óptima dependerá de la latitud del lugar de instalación y el período de diseño de la instalación solar. Así se recomienda utilizar uno de los siguientes valores de inclinación en función del período de uso predominante de la instalación:

- Demanda constante anual: la inclinación óptima en grados es igual a la latitud geográfica en grados menos 10. (Inclinación óptima= $f-10$ ).
- Demanda preferente en invierno: la inclinación óptima en grados es igual a la latitud geográfica en grados más 10. (Inclinación óptima= $f+10$ ).
- Demanda preferente en verano: la inclinación óptima en grados es igual a la latitud geográfica en grados menos 20. (Inclinación óptima= $f-20$ ).

Ejemplo: Santa Tecla, La libertad	Altitud 14°
<b>PERIODO PREFERENTE DE USO</b>	<b>INCLINACION OPTIMA</b>
Instalacion solar para todo el año	4°
Instalacion solar para verano	6°
Instalacion solar para invierno	24°

Imagen 11: inclinación optima de paneles solares.

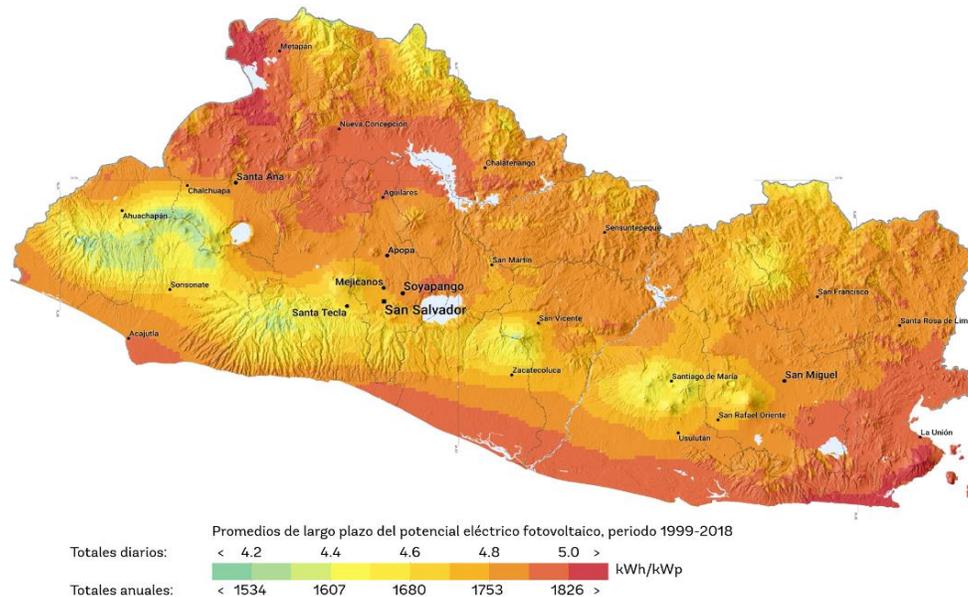


Imagen 12: Potencial Eléctrico Fotovoltaico de el Salvador.

## El banco de baterías

Se encarga de almacenar la energía generada y no consumida en ese momento. La energía acumulada se distribuye para el consumo nocturno y en días nublados.

### ¿Qué es una batería solar?

Las baterías solares son acumuladores eléctricos para almacenar la energía eléctrica generada por una placa fotovoltaica en una instalación de energía solar. En ocasiones, también se las conoce como baterías fotovoltaicas.

No todas las instalaciones fotovoltaicas disponen de baterías. En ocasiones, es preferible suministrar toda la energía eléctrica generada

por las placas solares a la red eléctrica. De hecho, las grandes instalaciones eléctricas que utilizan energías renovables están conectadas a la red eléctrica.

### **¿Cómo funcionan las baterías solares?**

Las baterías tienen la función de aportar energía eléctrica al sistema en el momento en que los paneles fotovoltaicos no generan la electricidad necesaria. Por ejemplo, durante la noche o en momentos de poca luminosidad.

En el momento en que los paneles solares pueden generar más electricidad que la demandada por el sistema eléctrico toda la energía demandada es suministrada por los paneles y la sobrante se utiliza para cargar las baterías.

¿Qué hay que tener en cuenta antes de comprar una batería solar?

Características más importantes a la hora de escoger una batería o un kit solar:

- Capacidad. La capacidad es la intensidad de corriente en amperios (A) que se puede obtener de una descarga completa del acumulador eléctrico cuando éste tiene un estado de carga total.
- Eficiencia de carga. La eficiencia de carga es la relación entre la energía utilizada para rellenar el acumulador y la realmente almacenada. Por lo tanto, cuanto más cercano al 100% mejor.
- Autodescarga. La autodescarga es el proceso de un acumulador eléctrico que sin estar en uso tiende a descargarse.
- Profundidad de descarga. La profundidad de descarga es la cantidad de energía que se obtiene durante una descarga estando en carga total (%).

## **¿Cuáles son los tipos de baterías solares más utilizados?**

Baterías de ácido-plomo para aplicaciones solares

Las baterías de ácido-plomo son las baterías recargables más antiguas. Estas baterías tienen la capacidad de entregar altas intensidades de corriente, por lo tanto, sus celdas tienen una alta densidad de potencia.

Esta característica y su bajo precio las convierten en adecuadas para muchas aplicaciones, en particular en la energía solar, para los kits solares, y para los vehículos de motor.

Baterías líquidas - electrolito líquido

Las baterías líquidas almacenan la energía mediante un combustible recargable compuesto de electrodos o nano partículas. Este combustible se presenta en estado líquido.

Hay dos tipos de baterías líquidas:

- De forma abierta, con tapas que permiten el cambio del agua.
- De forma sellada, que son cerradas, pero con válvulas que permiten las salidas de los posibles gases durante cargas excesivas.

Ventajas de las baterías líquidas

- Las más antiguas
- Su producción permite precios económicos.
- Son menos problemáticas a las sobrecargas.

Desventajas

- Existe el peligro de perder líquido (agresivo).
- Suelen tener una vida útil corta, entre 400 ciclos de carga y descarga.
- Temperaturas muy bajas pueden destruirlas rápidamente.

## Baterías AGM - Batería Absortion Glass Mat

Son las baterías más modernas y el ácido está fijado en fibras de vidrio que lo absorbe. En este tipo de baterías el ácido se absorbe mejor y más rápido por placas de plomo de la batería.

Casi todas las baterías AGM son de válvula regulada: VRLA (valve regulated lead acid)

Tienen todas las ventajas de las de gel, además de los siguientes:

- Buena vida útil.
- Más resistencia a climas fríos.
- Su auto descarga es mínima: cuando no se está utilizando las pérdidas de energía son mínimas.
- Baja resistencia interna que permite corrientes altas.
- De ciclo profundo, es decir, están diseñadas para ser descargadas repetidamente hasta un 80% de su capacidad.

Desventajas del uso de las baterías AGM:

- Precio más elevado.

Cada vez más se tiende a las baterías de plomo AGM. Tienen su mejor relación vida / precio. Su manejo es más sencillo.

### **¿Qué significa que una batería es de ciclo bajo o profundo?**

Hay dos tipos de baterías según su ciclo:

- Baterías de ciclo bajo
- Baterías de ciclo profundo

Las baterías de ciclo bajo.

Están diseñadas para suplir una cantidad de corriente por un corto período de tiempo y soportar pequeñas sobrecargas sin perder electrolitos, como en el caso de las de automóviles.

Sin embargo, estas baterías no soportan descargas profundas. Si son descargadas repetidamente por debajo del 20%, se acorta su vida útil considerablemente. Por lo tanto, estas baterías no son una buena elección para sistemas solares fotovoltaicos.

Baterías de ciclo profundo

Estos modelos de baterías están diseñados para ser descargadas repetidamente hasta un 80% de su capacidad. Esta característica las convierte en la mejor opción para sistemas de energía solar.

### **Regulador de carga**

Un regulador de carga es un dispositivo electrónico que evita que una batería se sobrecargue, aumentando así su vida útil.

Los controladores o reguladores de carga son equipos que controlan el voltaje y la corriente de un panel solar o generador eólico, entregados al parque de baterías. El regulador de carga se encarga de que en los procesos de carga y descarga de los acumuladores se haga de manera que estos estén siempre dentro de las condiciones correctas de funcionamiento.

Un regulador de carga limita la velocidad a la que la corriente eléctrica se añade o extrae, evita la sobrecarga y puede proteger contra sobretensión. La sobrecarga de las baterías puede reducir el rendimiento de la batería o la vida útil, y puede suponer un riesgo de seguridad.

### **¿Por qué debe controlarse la sobretensión de las baterías?**

Esta sobretensión tiene dos inconvenientes:

Por un lado, se pierde una pequeña parte de la energía máxima teórica que puede dar el panel fotovoltaico (10%), que se obtendría si trabajara a tensiones un poco más altas que las que impone la batería.

Por otra parte, cuando la batería llegue a su estado de plena carga, no llegará a su potencial máximo que puede dar teóricamente el panel solar, y éste seguirá intentando inyectar energía a los terminales de la batería, lo que producirá una sobrecarga que perjudicará la batería que la puede dañar.

Se puede solucionar este último inconveniente, de forma manual: desconectando la batería cuando se detecta plena carga, pero obviamente no es el método más fiable ni práctico.

### **¿Qué función tiene el regulador de carga?**

El controlador de carga tiene las siguientes funciones:

Suministrar corriente mayor que la corriente de auto descarga (para compensar la auto descarga, pero inferior a la corriente de carga máxima para evitar la destrucción de la batería.

Implementación de un algoritmo de descarga / carga efectiva para un tipo dado de batería (NiMH, Ni-Cd o Li-Ion) con una composición química dada de los componentes.

Compensación de las diferencias en los flujos de energía cuando se suministra energía al consumidor al mismo tiempo que se carga la batería (por ejemplo, cargar la batería cuando la computadora portátil se alimenta de la red).

Medición de temperatura (usando un sensor de temperatura) para el apagado de emergencia de la carga en frío o durante el sobrecalentamiento (para evitar daños a la batería).

Medición de presión (usando un sensor de presión) para el apagado de emergencia de la carga en caso de fuga de gas (para evitar explosiones y fugas).

No todos los controladores implementan estas funciones. La complejidad del algoritmo de descarga / carga depende del costo del cargador. De acuerdo con el algoritmo las principales funciones que realizan son las siguientes:

- Medición del tiempo desde el comienzo de la carga.
- Medición de voltaje y corriente en la entrada de la batería.
- Cambio en corriente y voltaje de carga dependiendo de los valores medidos.
- Repetición de ciclos de descarga / carga (para restaurar la capacidad de la batería).
- Cargar la batería hasta el 90% de la capacidad de la batería (para aumentar la vida útil)

### **¿Cuáles son los parámetros de un regulador de carga?**

Los parámetros que definen un regulador son:

Voltaje máximo admitido o voltaje máximo de regulación: es el valor de la tensión nominal máxima que el regulador permite aplicar a la batería.

Intervalo de histéresis superior: es la diferencia entre el voltaje máximo de regulación y el voltaje al que el regulador permite el paso de toda la corriente producida por los paneles solares. Para un valor de voltaje intermedio, el regulador deja pasar una fracción de la corriente producida por los paneles fotovoltaicos, que es más pequeño cuanto más se acerca el voltaje de los terminales de la batería al valor máximo de regulación.

Voltaje de desconexión: voltaje al que se desconectan automáticamente las cargas de consumo a fin de evitar una sobre descarga de la batería.

Intervalo de histéresis inferior: es la diferencia entre el voltaje de desconexión y el voltaje al que se permite que los consumos se conecten de nuevo a la batería.

**¿Cuáles son las prestaciones más habituales de los reguladores de carga en una instalación fotovoltaica?**

Protección contra sobrecargas del acumulador (corte por alta): esta es la función básica del regulador. Evita que la batería se caliente, que se pierda agua del electrolito y que las placas se oxiden.

Alarma por batería baja: indicadores sonoros / luces que indican que el acumulador está bastante descargado. A partir de este momento, el usuario puede moderar el consumo, lo que evitará una descarga dañina y excesiva del acumulador.

Desconexión por batería baja (corte por baja): esta función hace que el regulador corte el suministro de corriente hacia los consumos si el nivel de carga del acumulador es demasiado bajo y, por tanto, corre el peligro de una descarga profunda, hecho que originaría problemas de sulfatación.

Protección contra cortocircuitos: esta función permite, mediante un fusible, proteger el regulador, así como la salida del acumulador de sufrir intensidades elevadas en caso de cortocircuito en alguno de los circuitos de consumo de la instalación.

Visualización de funciones: la mayoría de reguladores tienen algún sistema visual que permite obtener información sobre el estado de la instalación, simplemente con unos indicadores diciendo que los paneles están dando corriente, si la batería está cargada o descargada, o bien más cuidadosamente por medio de indicadores de los niveles actuales de carga, voltaje de baterías...

Si uno de los consumidores activos es de corriente alterna (110 o 220 voltios), se debe instalar un convertidor DC/AC entre el banco de baterías y estos consumos.

### **Sistema de Control**

Todo Sistema industrial que garantice la calidad de un producto o proceso, debe ser controlado, evitando de ese modo la probabilidad de error. En Síntesis, su Función es Gestionar el correcto Funcionamiento de otros sistemas evitando las fallas.

Un Sistema de control puede estar formado por dispositivos de distinto orden. Pueden ser de tipo eléctrico, neumático, hidráulico, mecánico, entre otros. El tipo de dispositivos está determinado por el objetivo a alcanzar.

Existen 3 elementos base que deben tomarse en consideración para implementar un sistema de control:

- Una variable a la que se busca controlar
- Un actuador
- Un punto de referencia o set-Pont

En una operación de control de granel, la lógica del sistema de control debe utilizar sus 3 elementos. La variable por controlar podría ser el propio producto de granel al depositarse en contenedores industriales. El punto de referencia o set-Pont sería el encargado de determinar el límite de llenado, mientras que el actuador, sería el que ejecutaría la acción de llenado, que podría ser una bomba mecánica o eléctrica.

Tipos de sistemas de Control.

El sistema de control puede ser de dos tipos y estos difieren en la manera en que lidian con la variable a controlar.

### **Sistema de control de lazo abierto.**

Son sistemas en los cuales la salida no tiene influencia en si sobre el sistema, es decir, la salida no depende de la entrada.

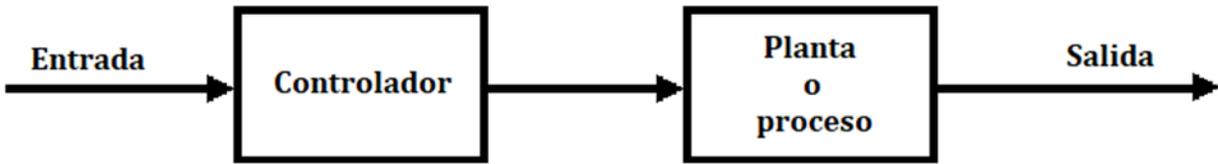


Imagen 13: control de lazo abierto.

### **Sistema de lazo cerrado.**

La principal intención de este sistema es comparar la señal obtenida con la señal que se desea, para ello se hacen uso de diferentes tipos de sensores (dependiendo la aplicación o proceso). Esto quiere decir que la señal de salida si tiene influencia sobre el proceso, incluso retroalimentación sobre estados que va tomando. Los sensores empleados garantizan la autonomía.

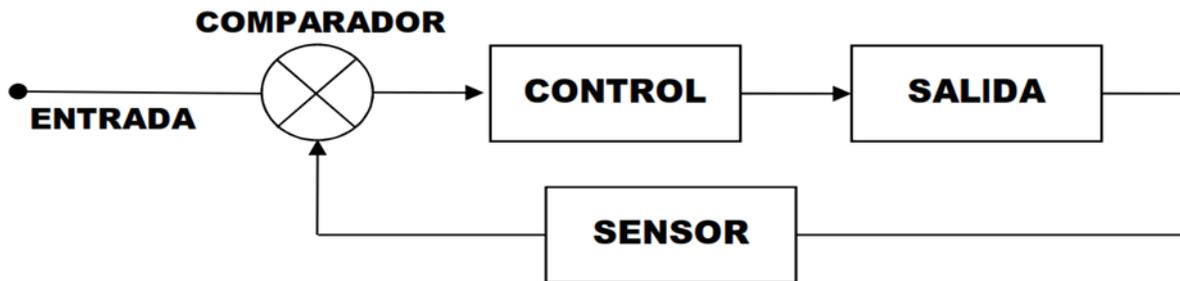


Imagen 14: control de lazo cerrado.

### **Acciones de control.**

Control ON/Off: en un sistema de control de dos posiciones, el elemento actuador solo tiene dos posiciones fijas, encendido o pagado.

Control proporcional: En el algoritmo de control proporcional, la salida del controlador es proporcional a la señal de error, que es la diferencia entre el punto objetivo que se desea y la variable de proceso. En otras palabras, la salida de un controlador proporcional

es el resultado del producto entre la señal de error y la ganancia proporcional.

**Control Proporcional Integral (PI):** Un controlador PI (proporcional-integral) es un elemento de transferencia de un sistema de control de bucle cerrado que comprende componentes de elemento tanto P como I.

**Control Proporcional Derivativo (PD):** El controlador derivativo se opone a desviaciones de la señal de entrada, con una respuesta que es proporcional a la rapidez con que se producen éstas.

**Control Proporcional integral derivativo (PID):** es un método muy consolidado de dirigir un sistema hacia una posición o nivel determinado. Él es prácticamente omnipresente como medio de controlar la temperatura, y tiene aplicación en una gran cantidad de procesos químicos y científicos, además de automatización.

Cuando se planea un sistema de control es necesario tomar en cuenta los elementos que se incluyen en una tarea de control, elementos que están relacionados en una pirámide de control y son asignados jerárquicamente.

### **Instrumentación y actuadores.**

En esta etapa se cubre el funcionamiento del sensor necesario para la automatización de la estación, el cual es un sensor ultrasónico de nivel.

### **Motores.**

El motor para bombas se clasifica en dos grupos principales: de combustión y eléctricos.

### **Motores eléctricos.**

Estos motores utilizan la corriente eléctrica como fuente exterior de energía. Los más empleados en abastecimiento de agua son los de velocidad constante.

## Sensores y transductores.

Elementos que convierten magnitudes físicas en magnitudes eléctricas, que luego son transferidas a la parte de mando, para así conocer el estado del sistema.

Tipo y Material del elemento sensor.

Resistencia (temperatura, luz, posición, nivel, humedad, etc.)

Capacitancia (nivel, humedad, posición etc.)

Ultrasonido (caudal, posición, velocidad, nivel, etc.)

Radar (velocidad, posición, velocidad, nivel, etc.)

Inductancia (finales de carrera, detección de metales, Smith de nivel etc.)

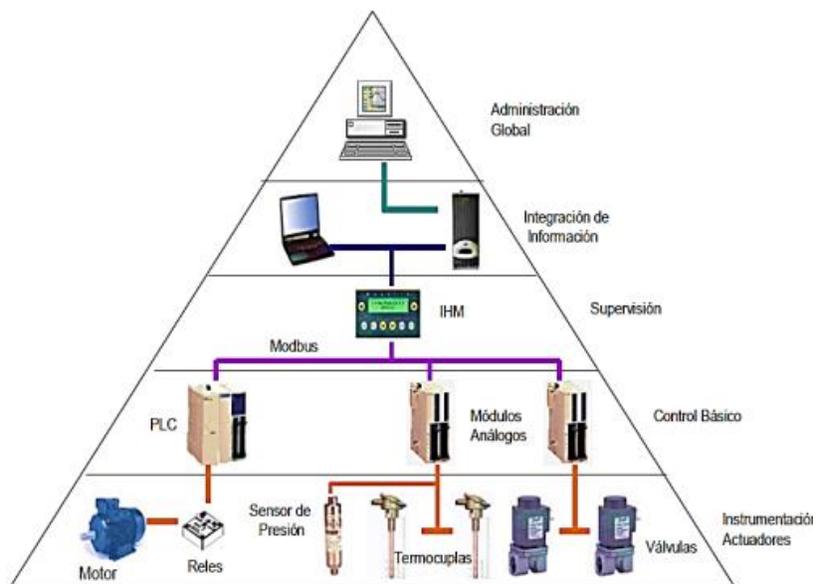


imagen 15: Pirámide de control.

### **Sensor ultrasónico de medición de nivel.**

El principio con el cual los sensores ultrasónicos producen mediciones es mediante la evaluación del tiempo que el sonido realiza en el trayecto entre transmisión y recepción (detección directa), o en un proceso de chequeo si la señal transmitida ha sido recibida (reflexión).

### **Sensor mediante barrera.**

El transmisor y el receptor están montados uno frente al otro. Si se interrumpe el haz ultrasónico por un objeto, se activa la salida de conmutación.

### **Sensor por Reflexión.**

El transmisor y el receptor están montados en la misma carcasa. El haz ultrasónico es reflejado hacia el receptor mediante una placa reflectora fija.

### **Control Básico.**

Describe el modo de funcionamiento del autómata que se emplea para el sistema.

### **Supervisión:**

La supervisión de este proyecto se realiza a través de la interfaz hombre-máquina. En esta etapa se describe el software usado para la configuración de las diferentes pantallas que se presentan para la supervisión del trabajo.

### **Integración de información:**

Se encarga de la planificación y control de la gestión de procesos.

### **Control.**

Utilizando un sistema de comunicaciones industrial de alta capacidad de información: Control en Tiempo Real de múltiples estaciones remotas,

normalmente se suele utilizar una RTU configurada como maestra cuando las estaciones están a grandes distancias.

**Gestión.**

Equipamiento de diseño, misión y supervisión del proceso, donde se establecen las consignas (setpoint) que seguirán los niveles inferiores. Aquí se permite a los operadores del sistema la visualización, operación, monitoreo, registro y evaluación de la información recolectada y enviada por los aparatos de campo.

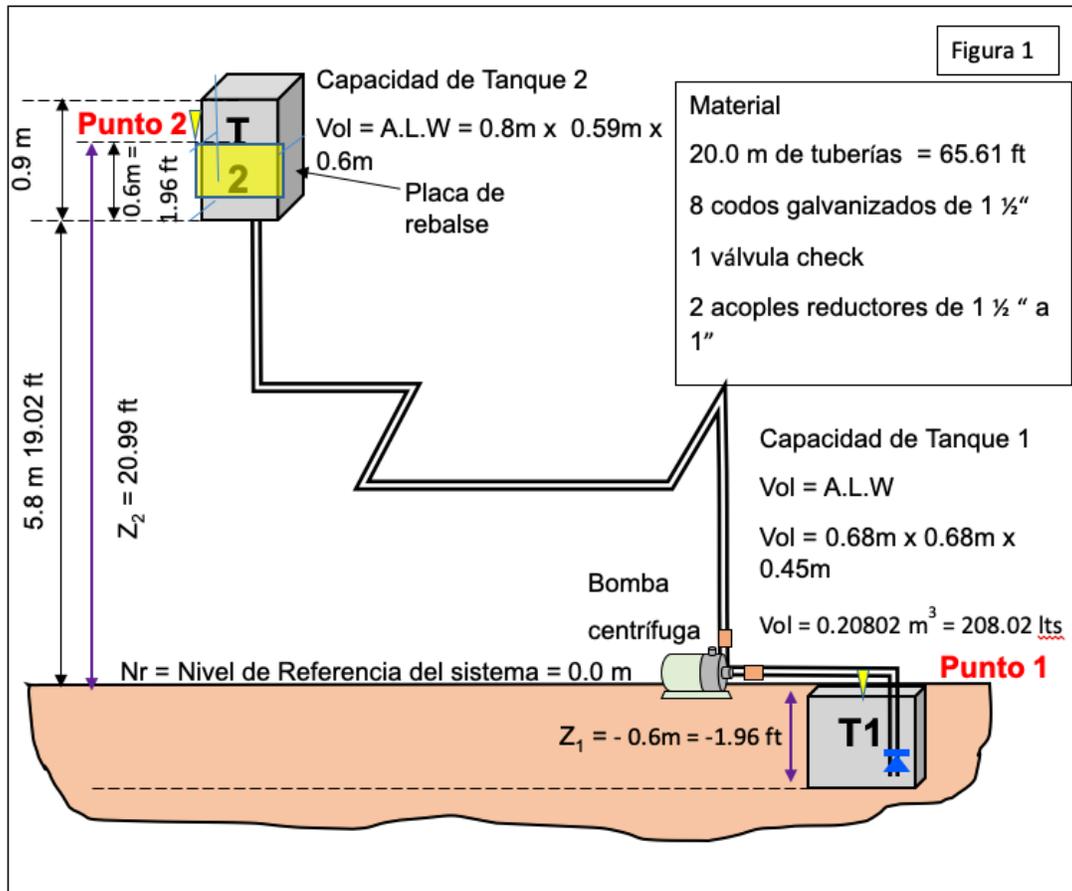
**Administración global:**

Están los sistemas que permiten. La generación de toma de decisiones a nivel gerencial dentro de la empresa.

**CAPÍTULO III**  
**DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROTOTIPO PROPUESTO.**

## Definición del problema:

Se dispone del siguiente Sistema Hidráulico el cual opera con el fluido "agua"



Se requiere determinar el cálculo de una bomba dinámica (centrífuga o periférica) que pueda bombear el agua desde el fondo de T1 hasta la parte superior de la placa de rebalse del T2 para ello se deberá considerar todos los factores de energía involucrados en el sistema, así como considerar las pérdidas de energía existentes en el flujo y la aportación de energía por elementos externos como máquinas (La Bomba) y se deberá indicar que energías involucradas son despreciables para efectos del cálculo.

## Planos del prototipo.

### Modelado del prototipo.

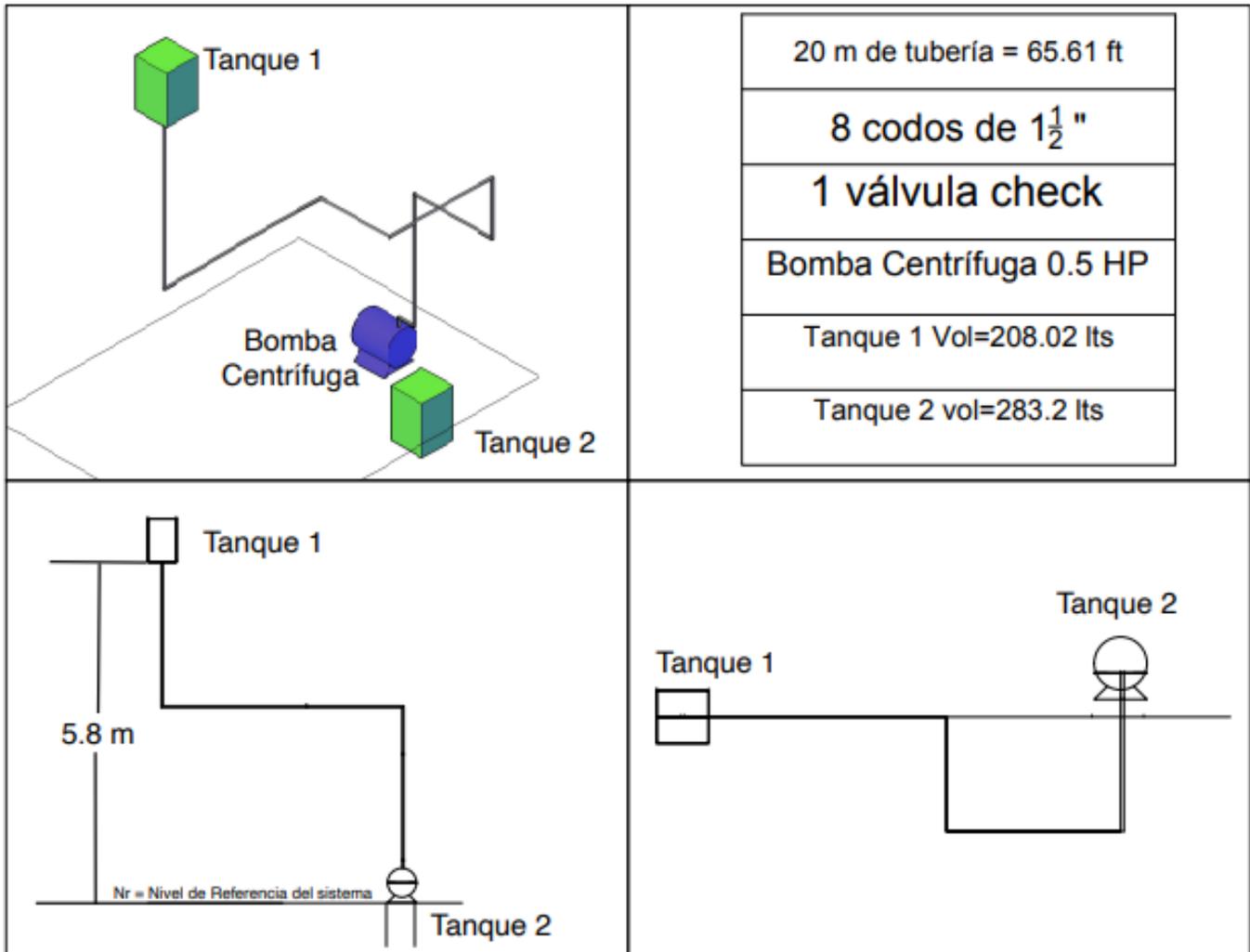
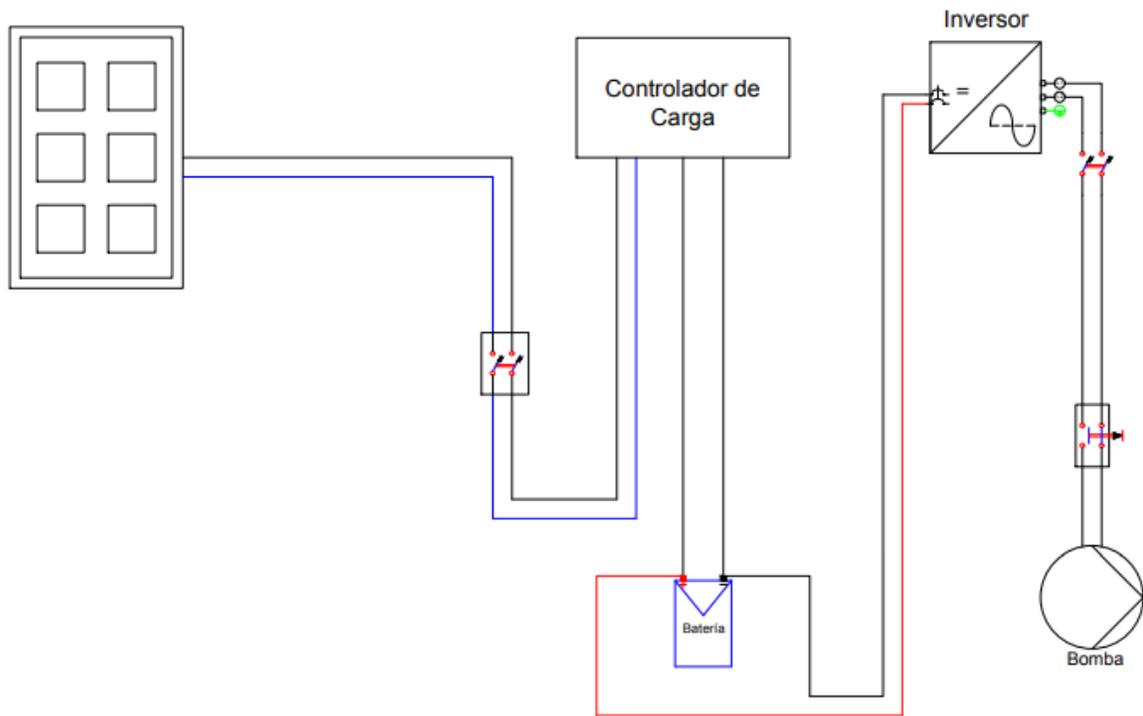


Diagrama electrico sistema fotovoltaico y de bombeo.



## Consideraciones para el cálculo y diseño.

Primero se tomar en cuenta cuales son las condiciones físicas reales que contienen el sistema y bajo las cuales se realizara el análisis y consideraciones para el punto de partida del diseño y las fórmulas a considerar.

- Se presenta un esquema de la instalación existente (Al cual llamaremos "El Sistema") con las interconexiones prevista de los nuevos elementos a montar, ver en Figura 1.
- El sistema no involucra calor (no hay transferencia de calor ni cambio de estado del fluido, por lo que es un sistema adiabático e isotérmico a temperatura ambiente donde y además no existe análisis del agua en fase vapor, solo líquida a temperatura constante del ambiente.)
- El fluido "agua" trabajará con valores de presiones donde se considerará un fluido incompresible (porque su densidad no variará en el sistema)
- El sistema no contiene fugas (Drenajes) ni entradas (Suministro) de más fluido que el contenido dentro de él mismo, al menos durante el tiempo de análisis.
- Se consideran existentes las siguientes energías en el fluido:
  - o Energías Potencial provocada por la altura de columna de agua,
  - o Energía cinética por la velocidad del fluido.
  - o Energía de pérdida por caída de presión en la tubería por la fricción en tuberías y por la naturaleza del fluido.
  - o Pérdidas de energía en el fluido por los accesorios que dicho sistema contiene
  - o Energía aportada por elementos externos como la energía de impulso de la bomba que queremos calcular.

- o Se considerará despreciable el calor transmitido al fluido generado por la fricción y por la agitación de las paletas impulsoras de la bomba ya que su efecto no alterará las condiciones de presión, velocidad, fricción densidad ni volumen del sistema.
- Con el item anterior quedan consideradas las pérdidas primarias y secundarias del sistema
- Se considera que este sistema solamente requiere el transporte de agua del T1 al T2, para lo cual no se requiere manejar altas presiones ni altos caudales ni realizarlo en el menor tiempo posible, por lo que la naturaleza de esta actividad no requiere que la bomba tenga características especiales, y por tal razón el cálculo se orientará a obtener ahorro al buscar el valor de una bomba que cumpla con el traslado del flujo de la forma más económica posible.
- Se considera un caudal de diseño (máximo) de 30 litros por minuto. (razonable para evacuar el volumen de T1 al T2 en un tiempo prudente de 6.9 minutos ( $t = 208.02\text{lt} / 30\text{lt}/\text{min}$ ))
- Se considerará una presión inicial de diseño de trabajo de impulsión de la bomba de 40 psi
- Datos físicos de la instalación:
  - o Tubería cilíndrica de 1 ½ " en todo el sistema
  - o Longitud total desde T1 a T2 = 20 metros = 65.61 ft = 65.61' = 65.61 pie
  - o El Material de la tubería es "galvanizado" (y en estado usado)
  - o Accesorios. Existen 8 codos de 90 grados de 1 ½ " galvanizados
  - o Se añadirá una válvula check (para mantener el cebado de la bomba)

o Se añade 2 reductores galv. de campana por acople bomba-  
Tubería de 1 ½" x 1"

o Se consideran las pérdidas de entra en T2

- Nivel de coordenadas de referencia para el cálculo es el suelo, (el mismo punto de ubicación de instalación de la bomba).
- El punto 1 es el punto de succión más bajo posible dentro de T1
- El Punto 2 es el punto de descarga en T2 llegando hasta la parte de rebalse del separador interno de dicho T2
- Como los accesorios están en pulgadas trabajaremos en el sistema de unidades inglesas (masa en Libra, longitud en pie o pulgadas (Pie = ft = ' )

### **Ecuación conservación de la energía para un fluido en movimiento en una tubería**

Se considera la ecuación de conservación de la energía para fluidos en estado líquido y en movimiento en un sistema controlado, Analizando el punto 1 (en el tanque 1) al punto 2 (en el tanque 2). Se tiene que la ecuación de Bernoulli para un fluido ideal más la inclusión de las pérdidas y de fuentes externas como máquinas de aportación de energía en el sistema nos permiten obtener la ecuación final para el cálculo del fluido en condiciones reales. De aquí se podrá determinar el valor (en unidades de energía) de la bomba que queremos dimensionar.

#### **Ecuación 1**

$$P_1/\rho_1g_n + V_1^2/2g_n + Z_1 + \dot{\omega}_s = P_2/\rho_2g_n + V_2^2/2g_n + Z_2 + \Sigma_{(perdidas)}$$

Significado de los términos de la fórmula.

**P<sub>x</sub>** es la presión del agua en el punto "x"

$\rho_x$  es la densidad del agua en el punto "x" (Es igual para los puntos de 1 y 2 de nuestro sistema)

$V_x$  es la velocidad promedio del fluido en la sección transversal del paso de agua en el punto "x"

$Z_x$  es la altura de la columna de agua en el punto "x"

$g_n$  Gravedad estándar de la tierra  $9.80665 \text{ m/s}^2$  (S Internacional) =  $32.17404 \text{ ft/s}^2$  (S Ingles)

\*\*\* como  $1 \text{ Libra fuerza} = 32.17 \text{ Lbm} \times \text{ft/s}^2$  / reacomodaremos el factor de conversión)

$g_c = 1 = \text{fuerza/fuerza} = 32.17 [\text{Lbm} \times \text{ft/s}^2] / 1 [\text{Lbf}]$  (Es un Factor de conversión)

Es solo un factor que servirá para reacomodar las dimensiones de la Columna de agua cuando se realicen los cálculos numéricos.

$g_{n/1} = g_n/g_c = (32.17 \text{ ft/s}^2) / (32.17 \text{ Lbm} \times \text{ft}/(\text{Lbf} \times \text{s}^2)) = (1 \text{ Lbm} \times \text{ft}/(\text{Lbf} \times \text{s}^2))$

$\dot{w}_s$  es la energía suministrada por la bomba a instalar, para la impulsión del fluido dicho de otra forma podemos decir también que es también el trabajo a realizar por la b6mbo.

Aclaraci6n: Tradicionalmente la presi6n proporcionada por la bomba en **pie** o en **metros** de columna de agua o lb pie/lb se expresa en metros o en pies y por ello es que se denomina gen6ricamente como "**altura**", pero en realidad se est6 tratando con unidades energ6ticas.

$\Sigma(\text{perdidas})$  Representa la suma de todas las p6rdidas del sistema. Las p6rdidas totales del sistema est6n clasificadas en 2 tipos; Las p6rdidas primarias y las p6rdidas secundarias. (Las p6rdidas primarias son las p6rdidas generadas por el fluido circulando en la tubería de

conducción y las pérdidas secundarias son las generadas por los accesorios que se encuentran instalados en la ruta de la conducción del fluido y que por tal razón provocan una oposición a su paso).

Aclaración P2 es la ubicación física en la instalación, llamada punto 2 y P<sub>2</sub> es la presión en el punto 2 (igualmente es el caso con P1 y P<sub>1</sub>)

**Ecuación 2 (Despejando W<sub>s</sub> de ecuación 1)**

$$\dot{W}_s = P_2/g_n\rho_2 + V_2^2/2g_n + Z_2 + \Sigma_{(perdidas)} - (P_1/g_n\rho_1 + V_1^2/2g_n + Z_1)$$

### **Determinación de valores del sistema**

- P<sub>2</sub> corresponden a la presión estática, de carga es un valor de diseño entonces P<sub>2</sub> = 40 psi

40 psi = Lbf/pulgada cuadrada = 40 x Lbf/(1/12)<sup>2</sup> ft<sup>2</sup> = 40x 2.307 [ ft de columna de agua]

P<sub>2</sub> = 92.28 [ ft ]

Se Tomó este valor de referencia (el de una cisterna típica de casa que es un buen valor para este sistema, la cisterna en reposo tiene de carga estática tiene 40 psi aprox.) y este es el valor de presión de descarga que esperamos que haga nuestra instalación. Pero la principal razón de seleccionar ese valor es porque es el límite de suministro que puede dar la bomba (Como veremos en el gráfico de carga de ella y esto hará que su rendimiento sea muy bajo)



imagen 16: valor de referencia en cisterna casera.

- P1 corresponden a suma de las presiones de columna estática manométrica en el punto de referencia de montaje de la bomba. (Solo habrá trabajo cuando la check está abierta por eso se hace el análisis de columna de presión estática en esa condición (Y asumiendo el T1 lleno.  $P_1 = 1.96 \text{ ft}$  (Altura de fondo de tanque 1) -  $1.96 \text{ ft}$  (tubo de succión de la bomba) = 0  $P_1 = 0$

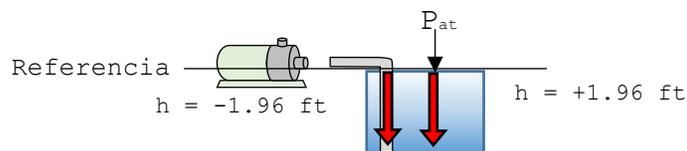


Imagen 17: referencia de nivel de bomba.

- La velocidad en P2 es la velocidad del fluido en el rebalse de T2 para efectos de cálculo lo consideraremos despreciable ya que la velocidad del agua dentro de las tuberías es mucho mayor que en el punto de rebalse.  $V_2 \approx 0$
- El mismo razonamiento es para P1 entonces  $V_1 \approx 0$
- Además como  $V_1$  y  $V_2$  son iguales también se anularían y  $(V_1 - V_2) = 0$

Ecuación 2 (se reduce a)

$$\dot{W}_s = (P_2 - P_1) / \rho_2 + (Z_2 - Z_1) + \Sigma_{\text{(perdidas)}}$$

Y para acondicionar los términos se reescribe:

$$W_s = g_n / g_c (Z_2 - Z_1) + (\hat{V}_2^2 - \hat{V}_1^2) / 2g_n + (P_2 - P_1) / \rho + g_n / g_c \Sigma_{\text{(perdidas)}}$$

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho = 62.178 \text{ Lbm/ft}^3$$

$$Z_1 = -1.96 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 20.99 \text{ ft}$$

$$P_1 = 0$$

$$P_2 = 92.28 \text{ [ ft ]} = (\text{Diseño a } 40 \text{ psi})$$

$$g_n = 32.17404 \text{ ft/s}^2 \text{ y } g_c = 1 \text{ Lbm} \times \text{ft}/(\text{Lbf} \times \text{s}^2)$$

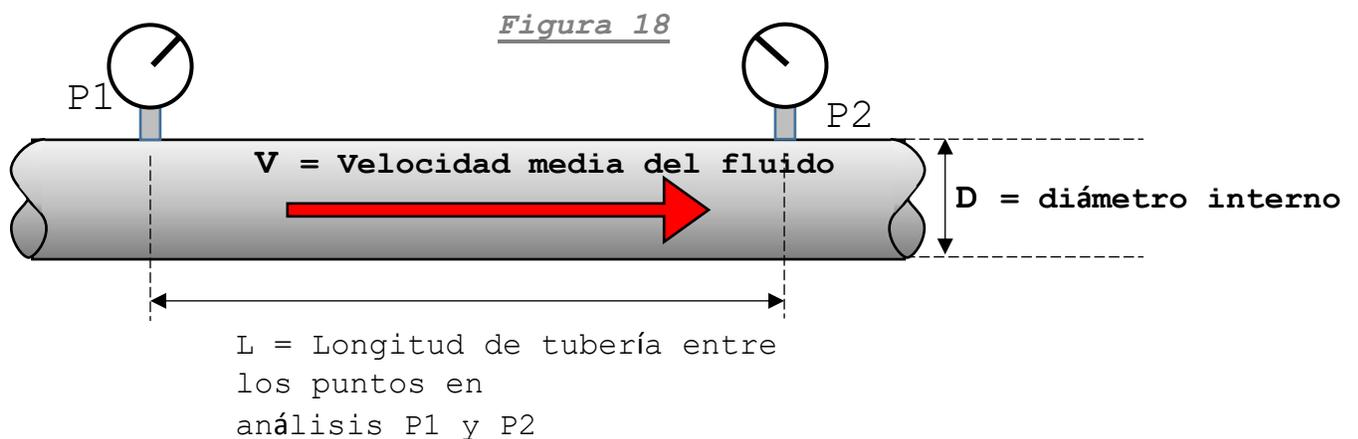
$$g_n(Z_2 - Z_1) = (20.99 - (-1.96)) \text{ [ft]} \text{ ft/s}^2 / [ \text{Lbm} \times \text{ft}/(\text{Lbf} \times \text{s}^2) ] = 22.95 \text{ Lbf ft/lbm}$$

$$W_s = 116.71 \text{ Lbf ft/lbm} + \Sigma(\text{perdidas})$$

se deberá calcular primero las pérdidas para encontrar el valor de  $W_s$

### **Determinación de las pérdidas primarias en la tubería de conducción.**

El flujo de fluidos está siempre acompañado de rozamiento de las partículas del mismo fluido entre sí y consecuentemente esto provoca una pérdida o caída de la presión en el sentido del flujo. Si colocáramos 2 manómetros de Bourdon en una tubería como en la figura 2, y un flujo circulando en el sentido de la flecha, podríamos observar en una prueba real de laboratorio que la presión estática en P2 es menor que en P1, esto siempre será así como consecuencia de ello.



Existen varios métodos y ecuaciones para determinar la pérdida por fricción en tuberías circulares, en nuestro cálculo emplearemos la ecuación conocida como la fórmula de Darcy-Weisbach que es válida para poder determinar este fenómeno tanto en flujos Laminares como en flujos Turbulentos. Dicha ecuación viene dada en función de la fricción del material, el diámetro de la tubería, la longitud de conducción de la tubería, la velocidad media del fluido y la gravedad de la tierra.

$$\text{Ecuación 3}$$
$$H_L = f \left( \frac{L}{D} \right) \frac{V^2}{2g_n}$$

**H<sub>L</sub>** Son las pérdidas a través de toda la longitud de análisis del fluido en la tubería

**L** Longitud de la tubería de conducción del fluido entre los puntos de análisis P1 y P2

**D** Diámetro interior de la tubería de conducción del fluido

**V** Velocidad media del fluido en la sección transversal de la tubería

**g<sub>n</sub>** = 32.17404 ft/s<sup>2</sup> (S Ingles)

Hemos dejado por último el factor **f** ya que su cálculo requiere más elaboración porque su obtención es más de forma experimental.

**f** Factor de fricción (es adimensional). Su naturaleza expresa la oposición al desplazamiento del fluido en la tubería que lo contiene. Existe varias formas de poder obtener este valor, una forma de obtenerlo es disponiendo de datos del sistema (la rugosidad de la tubería y la condición de trabajo del fluido) para luego con estos

datos recurrir al diagrama de Moody, el cual es un gráfico que recopila el trabajo experimental de muchos investigadores, asociando los datos antes mencionados a un valor de fricción obtenido experimentalmente. (Referencia 1 del Apéndice 1)

Nosotros utilizaremos para nuestro cálculo el método basado en fórmulas experimentales para obtener  $f$ . Y que al final se obtienen resultados muy similares con el método del diagrama de Moody.

En nuestra propia bibliografía, encontramos que para obtener  $f$  disponemos de 2 fórmulas de cálculo y que para definir cuál de ellas emplearemos, deberemos de encontrar el valor de número experimental conocido como número de Reynolds "Re" y con el criterio indicado a continuación determinaremos cual fórmula emplear.

La fórmula a emplear será

$$f = \frac{64}{Re}$$

si el número de Reynolds  $Re \leq 2,000$  (corresponde a un Flujo Laminar)

ó

La fórmula a emplear será

$$f = \frac{0.25}{\left[ \text{Log} \left( \frac{\epsilon}{(3.71 \times D)} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

si  $Re \geq 4,000$  (que corresponde a un flujo Turbulento)

El Re el cual como decíamos es un parámetro adimensional experimental lo obtenemos así:

$$Re = \rho Vd / \mu = Vd / \gamma$$

$\rho$  = densidad del fluido

$V$  = Vel. Media del fluido

$d$  = diámetro interno de la tubería

$\mu$  = Viscosidad dinámica

$\gamma$  = Viscosidad cinemática =  $\mu / \rho$

Los valores  $\mu$  y  $\gamma$  se obtendrán de la tabla gráfica disponibles en nuestro apéndice 1 Referencia 2 ingresando a dicha tablas graficada con la temperatura de trabajo y el tipo de fluido (En nuestro caso "agua").

(Recordatorio: La viscosidad de un fluido expresa la facilidad que tiene el fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza externa, esta viene expresada como absoluta o dinámica y cuando es normalizada con respecto a la densidad se le llama viscosidad cinemática)

$\mu$  = 0.83 Cp (Tabla está dada en Cp (Centiposes) pero el factor de conversión es:  $1 \text{ Cp} = 6.72 \times 10^{-4} \text{ Lbm}/(\text{ft} \times \text{s} \times \text{Cp})$ )

Está calculado a temp. Ambiente de 27 °C en nuestro lugar de instalación de nuestro sistema (Ver Apéndice 1 Referencia 2 Tabla de "Viscosidad del agua y de líquidos derivados del petróleo")

$\mu$  = 0.00055776 Lbm/(ft x s)

$d$  = Diámetro de la tubería = 1 ½ " y en pies  $D = 0.125$  ' = 0.125 ft

$L$  = 65.61 ft (largo de la tubería desde P1 hasta P2)

$V$  = Velocidad media (no la disponemos pero tenemos el caudal de diseño

$Q$  = 30 lts/min (Recordemos que caudal  $Q = (\text{Vel.} \times \text{Area transversal de la tubería})$   $V = Q/A$

1 litro = 0.035314666 ft<sup>3</sup> entonces  $Q = 30 (0.035314666)/60 \text{ ft}^3/\text{s}$   
= 0.017657333ft<sup>3</sup>/s

Necesitamos también el área transversal de la tubería  $A = \pi D^2/4 = \pi \times (0.125\text{ft})^2 / 4 = 0.01227184 \text{ ft}^2$

$$V = Q/A = (0.017657333 \text{ ft}^3/\text{s}) / (0.01227184 \text{ ft}^2) = 1.918 \text{ ft/s}$$

$\rho = 996.2 \text{ kg/m}^3 = 996 (2.2046226/35.314666721) \text{ lb/ft}^3 = 62.178 \text{ lb/ft}^3$  a temp. Ambiente media de nuestro sistema a 27 °C Apéndice 1 Referencia 4

$\epsilon$  = la rugosidad absoluta y  $\epsilon/D$  es la rugosidad relativa,

D es el diámetro interno de la tubería  $d = 1 \frac{1}{2} \text{ " } = 0.125 \text{ ft}$

Luego de la tabla graficada de "Rugosidades relativas de los materiales y Factor de Fricción para flujos en régimen turbulento" (en Apéndice 1 y Referencia 3 ) ingresando con los datos  $d = 1 \frac{1}{2} \text{ "}$  y con "Material hierro galvanizado" obtenemos que

$$\epsilon/D = 0.0043$$

con la información anterior ya se puede calcular **Re**

$$Re = \rho V d / \mu = ( 62.178 \text{ lbm/ft}^3 \times 1.918 \text{ ft/s} \times 0.125 \text{ ft} ) / (0.00055776 \text{ 5 lbm/(ft} \times \text{s)})$$

$$Re = 20,050.0 = 2.0 \times 10^4$$

Como  $Re > 4,000$ . La fórmula a utilizar para encontrar la  $f$  será dada por :

$$f = \frac{0.25}{\left[ \text{Log} \left( \frac{0.0043}{3.71} + \frac{5.74}{(2.0 \times 10^4)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.032915 \text{ adimensional}$$

Y volviendo a la ecuación 3 de Darcy tenemos las pérdidas primarias son:

**Ecuación 3**

$$HL = 0.032915 \left( \frac{65.61}{0.125} \right) x \frac{1.439^2}{2x32.17}$$

$$H_L = 0.573026 \text{ Lbf.ft/Lbm}$$

Es importante anticipar que estos valores de pérdida que obtendremos matemáticamente pueden ser que NO coincidan con el valor que podamos obtener en la práctica, porque la instalación en estudio no es nueva. A menos que las tuberías de nuestro sistema estuvieran nuevas, el factor de fricción sí concordaría con los resultados de fricción de laboratorio (calculados e implementados en tablas, las cuales han sido realizadas bajo condiciones de laboratorio controladas como el empleo de materiales nuevos y libres de otras condiciones), así pues como es de esperarse, con el tiempo estas tuberías que manejan fluidos como el agua se incrustan y o se corroen, incrementando así su fricción (dependiendo la naturaleza del fluido así cambiará la respuesta de la fricción con el tiempo). En el cap. 1 (pg. 1-9) del libro de referencia FLUJO DE FLUIDOS (de CRANE) se hace referencia a este tema citando un antecedente con una tubería de 4" fabricada en acero galvanizado y que en un período de 3 años y con un uso moderado, su fricción se incrementó en un 20%. Esto es importante tomarlo en cuenta ya que es una de las razones justificables por la cual al valor teórico que obtendremos de la potencia de la bomba se le deberá añadir un factor de diseño para compensar dicho fenómeno.

## Cálculo de las pérdidas secundarias

Las pérdidas de energía en válvulas y accesorios de un sistema hidráulico se dan por cambios de dirección y velocidad del fluido interno en ellos, generando además turbulencia en muchos casos. Todas estas pérdidas energéticas se traducen en caída de presión en el respectivo accesorio o válvula. ejemplo de estos tenemos:

- Válvulas (de diferentes tipos como compuerta, de retención, mariposa, esfera, etc.)
- Tees, Yees, Curvas, Codos, Bridas, Niples, uniones, acoples, reductores, etc.

Para simplificar el cálculo de estas pérdidas, de manera sencilla, se ha conceptualizado considerar cada accesorio como equivalente a una longitud determinada de tubo recto. Esto permite reducir las pérdidas en los tubos, válvulas o accesorios en general a un denominador común: la longitud equivalente del tubo de igual rugosidad relativa

Nota: Las válvulas y accesorios también provocan calor sobre el fluido, al generar turbulencia local en el mismo. Estas últimas pérdidas son consideradas perdidas menores ya que son relativamente mucho menores que las pérdidas por fricción (Es mucho menor la energía generada por calor).

La presente ecuación 4 nos sirve para calcular estas pérdidas en válvulas y accesorios

Ecuación 4

$$H_L = K \times (V^2/2g)$$

Ecuación 5

$$K_L = f \cdot (L/D)$$

De los término presentes solo falta aclarar el significado de **K** el cual se conoce como el "Coeficiente de resistencia", si observamos la ecuación 3 y 4 son muy similares y el factor **K** sustituye al término

$f \cdot (L/D)$  de la ecuación de Darcy, por eso a  $K$  se le considera independiente del número de Reynolds y de la fricción y se trata como una constante en teoría y así analizando el término  $(L/D)$  vemos que representa la longitud equivalente en diámetros de tubería recta, que causa la misma pérdida de presión que el obstáculo (accesorios o válvulas) en las mismas condiciones de flujo y  $L$  entonces representa las pérdidas equivalentes expresadas en longitud equivalente de tubería de un accesorio.

—En el Apéndice 1 Referencia 5 se han adjunta de forma resumida (de las tablas de Flujo de Fluidos en válvula de CRANE) los valores  $K$  correspondientes a cada uno de los accesorios existentes en nuestro sistema estos son: "Codos", "Válvula Check", "llegada de tubería a tanque" y "Acoples reductores de la Bomba". de nuestro sistema podemos Observa que  $K$  está en función de  $f_T$  lo cual corresponde a valores de una fricción que opera en la zona de turbulencia total para el accesorio indicado (por lo cual se empleará la Tabla graficada del diagrama de Rugosidades relativas de materiales y factor de fricción en régimen de turbulencia total, en Apéndice 1 Referencia 3).

### **Cálculo de $K$ para codos de $90^\circ$**

De la tabla de Factores en Apéndice 1 Referencia 5 Tenemos que

$K = 30 f_T$  en Tabla de Factores  $K$  (para codo de 90 grados)

$d$  = Diámetro de codos (en ") =  $1 \frac{1}{2}$  " y en pies  $D = 0.125$  ' = 0.125 ft

$\epsilon/D = 0.0043$  en Tabla de Rugosidades relativas de los materiales en régimen turbulento con material galvanizado y con un diámetro en pulgadas de  $1 \frac{1}{2}$  "

$f_T = 0.028$

También del Diagrama de Moody con  $\epsilon/D= 0.0043$  Se puede obtener (Apéndice 1 Ref.1) el mismo valor de  $f$  que con el diagrama de Rugosidades).

$K$  (codo) =  $30 \times 0.028 = 0.84$  y para 8 codos  $K$  es:

$$8K \text{ (codo)} = 8 \times 30 \times 0.028 = 6.72$$



Imagen 19: muestra de accesorios (codos).

### **Claculo de $K$ Para entrada de tubería al Tanque 2**

Valor  $K$  para entrada a Tanque 2 (Ver que nos pide estimar un valor de radio de curvatura al acoplarse la tubería a la pared del tanque y nosotros lo estimamos en  $r = \frac{1}{2}''$  )

Para nuestro caso la tubería de entra de fluido llega al T2 llega con un radio de curvatura estimada de  $\frac{1}{2}''$  por lo que el  $r/d$  requerido en la tabla es de  $(\frac{1}{2}'')/1 \frac{1}{2}'' = 0.33$  entonces  $K$  de entrada a T2 según la Tabla para  $K$  de Entrada a Tubería es de 0.04 (Nota: Observar imagen del interior de T2 Fig. 3A y 3B (ampliado el orificio de entrada) para indicar por que se estimó ese valor de radio de entrada)

$$K \text{ de entrada a T2} = 0.04$$

(Nota: Observar imagen Figuras 4A y 4B en interior de T2 para comprender el estimado del radio seleccionado ) en Apéndice 1 Referencia 5 y selección de  $K$  para entrada de tuberías a Tanque)



Imagen 20 A y 20 B: diámetro de tubería.

### **Calculo de $K$ Para salida de tubería del Tanque 1**

Observemos en la figura 5 para salida del Tanque 1. Tomando de referencia la bomba actual, esta salida se hará igual (cuando se instale la nueva bomba), colgando de la tubería de la bomba dentro del T1 la cual no se acopla a las paredes de dicho tanque, por lo cual este coeficiente no aplica en T1. (Prácticamente la salidad del fluido en T1 lo hace el sistema desde la válvula check montada en la tubería de succión y no lo hace acoplada desde las paredes del tanque)

**$K$  (salida de tanque 1) no aplica**

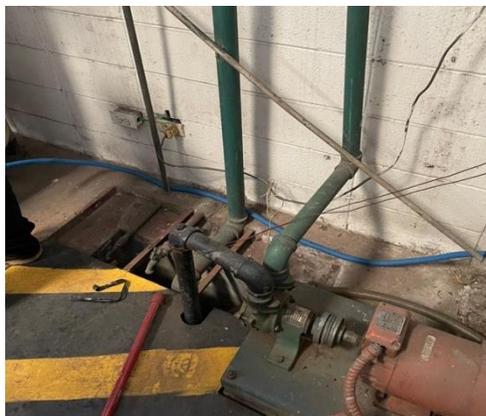


Imagen 21: tubería tanque "a".

## Cálculo de $K$ (Válvula Check)

Valor de  $K$  para válvula Check (Entrada de agua al sistema desde la tubería que cuelga dentro de T1). Este elemento no existe y se instalará para que la bomba a instalar no pierda el cebado.

De la tabla de Válvulas en Apéndice 1 y Referencia 5 tenemos que  $K$  se calcula así:

$$K \text{ (válvula check)} = 420 \cdot fT$$

Por otro lado la información disponible del proveedor local (Almacenes VIDRI), no dispone de información completa de la válvula (Ver esta información en Apéndice 1 Referencia 2) por lo que se tuvo que recurrir a otras fuentes para recabar la información necesaria y poder determinar el coeficiente  $K$  de dicha válvula Chek

Se investigó en la página web del fabricante de la válvula (GENEBRE) el tipo de material y se determinó que está fabricada en LATÓN Ver información en Apéndice 1 Referencia 6A

Luego se investigó sobre el factor de rugosidad del latón (no tenemos referencia para el Latón en nuestro libro de referencia (Flujo de Fluidos de CRANE)) y se encontró una tabla en la página Web del depto. De Ingeniería Civil de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de Mexico) de factores de rugosidad absoluta (ver referencia en Apéndice 1 Referencia 6B)

$\epsilon$  Rugosidad absoluta del material Latón en milímetros = 0.0015 (Se consultó otras fuentes y se encontró que presentan mismo valor en milímetros de  $\epsilon$  para el Latón).

$$\epsilon = 0.0032808399 \cdot 0.0015 = 4.9 \times 10^{-6} \text{ en ft (Factor de conversión } 1 \text{ mm} = 0.0032808399 \text{ ft )}$$

$$D = 0.125 \text{ ft}$$

$\epsilon/D$  Rugosidad relativa del Latón =  $3.9 \times 10^{-5}$  con este dato encontramos  $f_T$  se obtendrá del diagrama de de Rugosidades relativas

Como no tenemos esa gráfica para el Latón a continuación se realiza una reproducción del gráfico de las rugosidades y fricciones (Apéndice 2 referencia 6B) y con la información de  $\epsilon = 4.9 \times 10^{-6}$  se traza la curva absoluta del Latón para luego interceptarla con el diametro de la válvula y así poder encontrar el valor de fricción,  $f_T$

$$f = 0.0094$$

$$K \text{ (válvula check)} = 420 \times 0.0094 = 3.948$$

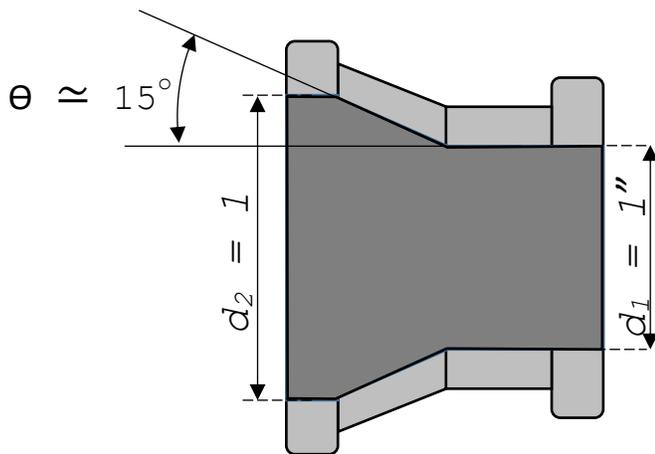
$f$  también se puede obtener del diagrama de Moody y dá el mismo resultado (Ver valores en el diagrama en Apéndice 1 Referencia 1) ingresando con la rugosidad relativa.

### **Cálculo de $K$ (reductor entrada)**

En Tabla de Factores  $K$  (para el acople reductor entrando a la bomba) nos pide estimar el valor del ángulo  $\theta$  de la abertura del reductor el cual lo consideramos en  $15^\circ$  (Ver figura 7) y con los criterios de de selección de dicha tabla si  $\theta < 45^\circ$  entonces se determina que la fórmula de  $K_2$  es la Fórmula 1 de la tabla.

(Ver Apéndice 1 Referencia 5)

$\beta$  = relación de diametros del reductor =  $1/1.5 = 0.6666666$  (Es un valor requerido en la fórmula 1)



Aclaración: Los acoples reductores llevarán instalados c/u un niple roscado pero estos niples no se considerarán en el cálculo porque son demasiado cortos (desestimando su efecto), y porque además prácticamente son parte del diámetro del acople.

Imagen 22: reductor de entrada.

Fórmula 1

$$K_2 = \frac{0.8 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

$$K_2 = 0.8 \left[ \sin (15/2) \times (1 - 0.6666666^2) \right] / 0.6666666^4$$

**K (reductor entrada) = 2.1104**

**Cálculo de K (reductor salida)**

En Tabla de Factores K (para el acople reductor saliendo de la bomba) nos pide estimar el valor del ángulo  $\Theta$  de la abertura del reductor el cual lo estimamos en  $15^\circ$  (Es el mismo anterior) y con los criterios de selección de dicha tabla si  $\Theta < 45^\circ$  entonces se determina que la fórmula de  $K_2$  es la Fórmula 3 de la tabla.

$\beta$  = relación de diámetros del reductor =  $1/1.5 = 0.6666666$  (Es un valor requerido en la fórmula 3)

Fórmula 3

$$K_2 = \frac{2.6 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)^2}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

$$K_2 = 2.6 \left[ \sin(15/2) \times \{(1 - 0.6666666^2)\}^2 \right] / 0.6666666^4$$

$$K \text{ (reductor salida)} = 3.8106$$

Ahora ya se tienen todos los factores de las pérdidas secundaria.

$$\Sigma k \text{ (secundarias)} = (8K \text{ (codo)} = 6.72) + (K \text{ de entrada a T2} = 0.04) + (K \text{ (válvula check)} = 3.948) + (K \text{ (reductor entrada)} = 2.1104) + (K \text{ (reductor salida)} = 3.8106)$$

$$\Sigma k \text{ (secundarias)} = 16.63$$

Ahora que ya tenemos todos los valores de pérdidas primarias y secundarias del sistema, podemos regresar a calcular el valor de  $\dot{W}_s$  (y readecuando las unidades para pasar de columnas de agua a unidades de energía por unidad de flujo másico).

$$\dot{W}_s = 22.966 \text{ Lbf ft/lbm} + \Sigma(\text{pérdidas}) = 22.966 + g_n/g_c [16.63 \times (65.62/0.125) \times 1.765^2 / 2g_n + 0.573026]$$

(Recordar  $g_c = 1 = \text{fuerza/fuerza} = 32.17 \text{ [Lbm} \times \text{ft/s}^2\text{]}/1 \text{ [Lbf]}$   
(Es un Factor de conversión))

$$\dot{W}_s = g_n/g_c 22.966 \text{ Lbf ft/lbm} + g_n/g_c \Sigma(\text{pérdidas}) = 1 \times (116.71 + 1.108) =$$

Realizando un análisis de las dimensiones de las unidades obtenidas	$\frac{\text{ft/s}^2 \cdot \text{ft}}{\text{Lbm} \times \text{ft}/(\text{Lbf} \times \text{s}^2)}$	=	$\frac{\text{Lbf} \cdot \text{ft}}{\text{Lbm}}$	Unidades de trabajo por unidad de flujo másico (Fuerza x Distancia / masa)
---	--	---	---	--

$$\dot{W}_s = 128.14 \text{ [Lbf} \cdot \text{ft/s]}$$

### Cálculo final de la Potencia de la bomba

Obtenidos todos los resultados anteriores se tiene que:

La potencia de la bomba para condiciones en flujo estable viene dada por la Ecuación 6

Ecuación 6

$$P = W_s \times Q \times \rho$$

Donde  $Q$  corresponde al valor de caudal de diseño de 30 litros/minuto en régimen estable (los demás términos ya están identificados en los pasos anteriores del cálculo)

$$Q = 30 (0.035314666)/60 \text{ ft}^3/\text{s} = 0.017657333 \text{ [ ft}^3/\text{s ]}$$

$$W_s = 24.91 \text{ [ Lbf . ft / Lbm ]}$$

$$\text{Factor de conversión } 1 \text{ Lbm/ft}^3 = ( 2.2046226/35.314666721) \text{ kgm/m}^3 =$$

$$\rho = 996.2 \text{ kg/m}^3 = 62.178 \text{ [ lb/ft}^3 \text{ ] a temp. Amb. de nuestro sistema a } 27 \text{ }^\circ\text{C Ref. 4 Apéndice 1}$$

para nuestro sistema como la densidad no varía  $\rho_1 = \rho_2 = \rho$

$$g_n = 32.17404 \text{ ft/s}^2 \text{ (S Ingles)}$$

$$\text{Potencia} = 116.71 \text{ [ Lbf . ft / Lbm ]} \times 0.017657333 \text{ [ ft}^3/\text{s ]} \times 62.178 \text{ [ lbm/ft}^3 \text{ ]}$$

$$\text{Potencia} = 128.14 \text{ [ Lbf x ft / s ]}$$

Hasta aquí tenemos realizado el cálculo de la bomba sin tomar en cuentas los factores que no se pueden controlar, como el echo que la fricción en tuberías es mayor debido a la sedimentación en tuberías y accesorios, a la corrosión y otros factores tal como el factor de utilización de la bomba, la eficiencia mecánica de la bomba y la eficiencia eléctrica del motor que la impulsará (Que son datos que podrían obtenerse del fabricante).

**Consideraciones:**

- Consideremos el siguiente factor por la condición de sistema usado y sedimentado (que incrementa la fricción). Añadir un factor de 20% de incremento para las Pérdidas primarias en tuberías

(Similar al ejemplo presentado en el cap. 1 (pg. 1-9) del libro de referencia FLUJO DE FLUIDOS (de CRANE))

- No conocemos la eficiencia mecánica de la Bomba (no se añadirá factor)
- No conocemos la eficiencia eléctrica del Motor (no se añadirá factor)
- Consideremos también que los accesorios nuevos con el tiempo llegarán a la misma situación y los accesorios viejos ya están en esa situación de deterioro y probable aumento de la fricción pero no tenemos antecedentes o estadísticas del tema por lo que no se añadirá un factor
- Echando un vistazo a la gráfica de Curva de rendimiento hidráulico de la bomba (Apéndice 2 Ref 1) observamos que para un caudal de diseño de 40 Lt/min, dicha bomba puede elevar la columna hasta 12.5 ft con la carga actual, por lo que no nos funciona el sistema.
- Así que recalculamos el valor de diseño del caudal a 30 Lt/min porque de la curva de la bomba (del fabricante) vemos que a ese caudal nuestra bomba levanta 40 pie de columna de agua (recordemos que la bomba debe hoy vencer 116.7 pies de col. De agua y solo dará 40, significa que el caudal y la velocidad van a caer pero la carga mínima se va a vencer para determinar el verdadero caudal se hace un procedimiento interactivo (por lo que sabremos que la bomba va a cargar el T2 solo que en un mayor tiempo) para determinar el tiempo y el caudal habrá que hacer la simulación indicada más abajo en este documento (Apéndice 3 Referencia 1) . la forma más fácil es la siguiente
- Como disponemos el diagrama de carga de la bomba, entramos con el datos de cabeza de agua avencers = 116.71 ft y de la gráfica obtenemos el caudal que se espera obtener y observamos que el caudal caerá estimadamente a 7.8 litros por minuto

- Con esa información podemos recalcular Velocidad y tiempo de llenado (y recalcular las perdidas primarias ya que las secundarias no se afectan por lo menos el tiempo de vaciado del T1 llegará casi a 26.6 minutos (208.08/7.8) lo cual para este sistema todavía es aceptable porque no tenemos es una condición de hacerlo rápido.

### **Terminado los cálculos**

Considerando el valor que caerá la bomba por efecto del 20% de pérdidas primarias (1.2 factor a multiplicar solo las cargas primarias) la potencia de la bomba nos da de

$P = 128.26$  [ Lbf x ft / s ] no es mucho el incremento comparado con

$P = 128.14$  [ Lbf x ft / s ] que habíamos obtenido

### **El valor en Watts**

$P = 128.26$  [ Lbf . ft / Lbm ]

$P = 173.92$  Watts

$P = 173.92$  watts potencia calculada de la bomba

$P = 370$  watts potencia de Bomba disponible

Lo que nos dice que la bomba podrá llevar la carga pero sacrificando el caudal

Y la eficiencia si queda muy baja

En términos de rendimiento, si se le solicitan 30 Lts/ min y solo proveera 6.6 Lts/min

El valor de rendimiento será del 22% (El sistema es funcional solo que trabajará a bajo rendimiento debido a la curva de la bomba).

### Presupuesto del proyecto.

Descripcion	Cantidad	Precio unitario \$	Precio total \$
Panel solar policristalino	1	178.64	178.64
Riel aluminio	1	38.42	38.42
Grapas final	4	3.67	14.89
Pintura azul aceite	0.25 gal	6.3	6.3
Wiper tela	1 lb	0.85	0.85
Bomba periférica total 0.5hp	1	49.9	49.9
Switch de nivel flotador	1	12.75	12.75
Cable eléctrico vulcan 3x10	1 m	3.70	3.70
Botonera	1	10.95	10.95
Regleta para unión de cable	1	2.5	2.5
Terminal de ojo con forro	2	0.35	0.70
Toma macho polarizado	1	1.01	1.01
Terminal abierta sin forro	8	0.15	1.20
Cable eléctrico vulcan 2x10	1m	2.57	2.57
Controlador de carga	1	73.4	73.4
Inversor de voltaje 12v a 120v	1	93.87	93.87
Automatas dobles	3	20.18	60.54
Cable fotovoltaico	36	2.25	81
Tornillo punta de broca	20	0.27	5.4
Electrodo	2lb	1.20	2.4
Niple galvanizado 1x12	4	3.49	14
Niple galvanizado 1x6	1	1.75	1.75
T galvanizada	2	2.34	4.70
Anillo galvanizado	4	1.25	5

Cinta teflón	3	0.55	1.95
Manometro 0-100	1	5.10	5.10
Codo galvanizado	1	1.7	1.7
Tapon macho galvanizado	1	0.8	0.8
Bushing galvanizado	1	2.05	2.05
Niple galvanizado 1x3	2	1.19	2.4
Niple galvanizado 1x2	1	1.1	1.1
Bushing galvanizado	1	0.95	0.95
Bushing galvanizado	1	0.6	0.6
Tornillo goloso	4	0.1	0.4
Tornillo goloso	4	0.18	0.72
Esmalte negro 0.25 gal	1	10.21	10.21
Thinner Premium	1 botella	2.35	2.35
Solvente mineral	1 Botella	2.4	2.4
Niple galvanizado todo rosca	3	0.75	2.25
Codo galvanizado 1	1	1.7	1.7
Unión universal	1	5.25	5.25
Niple negro 1x3	1	0.95	0.95
Valvula check	1	12.5	12.5
Conector mc4	2	3.16	6.33
Tapon de pila	2	2.05	2.05
Pintura spray negra	1	1.99	1.99
Angulo 3/16	2	27.9	55.8
Bateria 96 A/h	1	122.42	122.42
Tornillo goloso madera	12	0.4	4.8
Total			912.34

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## **Análisis de resultados.**

Se debe hacer una relación directa con los objetivos planteados y a su vez con los alcances y limitaciones establecidos, por lo tanto, los análisis de resultados del proyecto "Sistema de Bombeo Fotovoltaico" son los siguientes:

**Objetivo específico 1:** investigar acerca de los sistemas fotovoltaicos y su implementación en las diferentes necesidades diarias. Fomentando el uso de energías renovables como una alternativa viable, económica y amigable con el medio ambiente.

**Análisis de resultado:** se investigo acerca de los sistemas fotovoltaicos a nivel nacional y las ventajas que estos presentan versus un sistema eléctrico tradicional, aparte de ser independientes de la red eléctrica, estos sistemas representan un ahorro a largo plazo en términos de consumo energético.

**Objetivo específico 2:** Diseñar y ejecutar diagramas eléctricos de control y potencia, planos de montaje, que cumplan con las normas de seguridad y otras normas vigentes.

**Análisis de resultado:** Cada uno de los sistemas presentados se realizaron los diagramas pertinentes, el montaje de los sistemas se realizó en base a los diagramas.

**Objetivo específico 3:** Implementar un sistema de bombeo con los accesorios, equipos e instrumentos necesarios para garantizar su correcto funcionamiento y una larga vida útil.

**Análisis de resultado:** El sistema de bombeo utilizado cuenta con todos los accesorios y sub sistemas necesarios que garantizan su funcionamiento, tales como: sensor de nivel, bomba, codos, uniones, tuberías, etc.

## **Conclusiones.**

Los modelos de sistemas de Bombeo fotovoltaico pueden ser muy variados y cada uno dependerá de las tecnologías implementadas en ellos, las tecnologías pueden variar de la misma manera y esto dependerá de la aplicación a utilizar. El sistema implementado en ITCA FEPADE se acopla a las exigencias que se presentan en el laboratorio de termodinámica.

Con un sistema de Bombeo fotovoltaico se garantiza autonomía del mismo al igual que, representa un ahorro a largo plazo en términos de consumo energético, ya que, cuando se habla de autonomía se entiende que se hace referencia a equipos aislados a la red eléctrica.

Se utiliza una bomba periférica debido a que, en la aplicación, no es un caudal considerable a movilizar, lo que necesita la aplicación es presión para mover el fluido del punto "A" hasta el punto "B" que se encuentra en diferentes alturas, es importante tomar en cuenta que, a falta de presión, el sistema podría no funcionar debido a las pérdidas.

El control de nivel del tanque "A" se garantiza con un Flotador de control de nivel, estos, gracias a su básico funcionamiento, representa confiabilidad. Ya que el sistema se ha construido con fines académicos, representa una manera más sencilla de aprender el funcionamiento de un control de nivel básico en un sistema de bombeo.

## **Recomendaciones.**

Principalmente se recomienda realizar los mantenimientos periódicos en los sistemas y recordar que, cada uno de ellos requiere de acciones diferentes de mantenimiento, así que es necesario tener un plan de mantenimiento, considerando las herramientas necesarias para cada equipo.

Es necesario que las personas que utilizaran los equipos conozcan el funcionamiento principal de estos y conozcan la lógica cableada que este tiene instalada, evitando así una mal conexión que pueda provocar un daño irreparable en los sistemas.

Es importante tener en cuenta que no se debe conectar de manera incorrecta la batería y siempre tomar en cuenta los diagramas de conexiones, debido a que una mal conexión de esta podría provocar que se acorte su vida útil, para ello es necesario realizar los mantenimientos y limpieza al controlador de carga.

Es necesario que los paneles Solares instalados no se encuentren obstruidos, debido a que la obstrucción por suciedad o por sombra puede perjudicar a largo plazo la vida útil de estos.

**CAPITULO V.**  
**MARCO DE CONSULTAS**

## Bibliografía

Cafaggi. (2016). *Sistemas de bombeo* (2.<sup>a</sup> ed., Vol. 2). Unidad de apoyo editorial.

Crane. (1980). *En válvulas, accesorios y tuberías* (2.<sup>a</sup> ed.). McGRAW-HILL.

CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA. (s. f.). Pirobloc. Recuperado 4 de marzo de 2022, de <https://www.pirobloc.com/blog-es/calculo-perdidas-carga/>

*Bombas de Agua*. (s. f.). De Maquinas y Herramientas. Recuperado 15 de marzo de 2022, de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/bombas-de-agua-funcionamiento>

PDF - DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA IMPULSAR AGUA DESDE UNA VERTIENTE HASTA UN TANQUE DE DISTRIBUCIÓN A 700 M DE DISTANCIA MEDIANTE UN SISTEMA DE BOMBEO

PDF - 05. La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica (Artículo) - autor Gustavo Arencibia-Carballo

<https://www.grupodelpin.com/linea-de-producto/tuberias-y-accesorios/camisas/>

<https://dragoit.com/blog/sistemas-de-bombeo-investigacion-completa/>

<https://www.ficoferreterias.com/producto/valvula-pie-granada-roscada/#:~:text=V%C3%A1lvula%20de%20pie%20o%20granada%20utilizada%20principalmente%20en%20succ%C3%B3n%20de,NPT%20o%20de%20bridas%20ASA.>

<https://www.grupodelpin.com/linea-de-producto/tuberias-y-accesorios/uniones-universales/>

[https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento#:~:text=Resumen%20ejecutivo,GIZ%202017%3B%20USAID%202016\).](https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento#:~:text=Resumen%20ejecutivo,GIZ%202017%3B%20USAID%202016).)

*Sistemas de bombeo para el agua.* (s. f.). Electrotec. Recuperado 24 de abril de 2022, de <https://electrotec.pe/blog/TIPOSBOMBEODEAGUA>

*Sistema de bombeo: Tipos y sus funciones.* (s. f.). GeoHidráulica. Recuperado 24 de abril de 2022, de <https://www.geohidraulica.com/sistema-de-bombeo-tipos-y-sus-funciones/>

*Estación de Bombeo.* (s. f.). Wikipedia. Recuperado 25 de abril de 2022, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Estación\\_de\\_bombeo](https://es.wikipedia.org/wiki/Estación_de_bombeo)

*Bombas Sumergibles, sus características y tipos.* (s. f.). Ingeniería y Servicios Ambientales. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://isa.ec/bombas-sumergibles-sus-caracteristicas-y-tipos/>

*ENERGIA SOLAR.* (8 de Abril de 2016). Recuperado el 6 de Mayo de 2022, de *ENERGIA SOLAR:* <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/instalaciones-autonomas/reguladores-carga>

*Ingeniería Eléctrica Explicada.* (14 de Diciembre de 2009). Recuperado el 6 de Mayo de 2022, de *Ingeniería Eléctrica Explicada:* <http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com/2009/12/descripcion-de-sistemas-fotovoltaicos.html>

Planas, O. (13 de Mayo de 2015). *ENERGIA SOLAR.* Obtenido de *ENERGIA SOLAR:* <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/baterias-solares>

Planas, O. (25 de Febrero de 2016). *ENERGIA SOLAR.* Recuperado el 6 de Mayo de 2022, de *ENERGIA SOLAR:* <https://solar-energia.net/energia->

solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/estructura-de-un-panel-fotovoltaicor

*Energía Renovable.* (s. f.). como funciona. Recuperado 24 de abril de 2022, de <https://como-funciona.co/las-energias-renovables/>

*Principales componentes de una instalación fotovoltaica.* (s. f.). Alusín Solar. Recuperado 20 de abril de 2022, de <https://alusinsolar.com/principales-componentes-de-una-instalacion-fotovoltaica/>

Urbany tu aliado en control de movimiento (s.f.). Sistemas de control. Recuperado de: <https://urany.co/blog/tipos-de-sistemas-de-control>.

ERP Courses (s.f).Sistemas de control: Definición, tipos y función Recuperado de: <https://siaguanta.com/c-tecnologia/sistemas-de-control/>

AUTYCOM. Mayur Gandhi (S.F.) ¿Qué es un sistema de control? Recuperado de: <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/>

ITEM (s.f.) controlador PI Recuperado de: [https://glossar.item24.com/es/indice-de-glosario/articulo/item//controlador-pi-2.html#:~:text=Un%20controlador%20PI%20\(proporcional%2Dintegral,e\(%CF%84\)d%CF%84](https://glossar.item24.com/es/indice-de-glosario/articulo/item//controlador-pi-2.html#:~:text=Un%20controlador%20PI%20(proporcional%2Dintegral,e(%CF%84)d%CF%84).

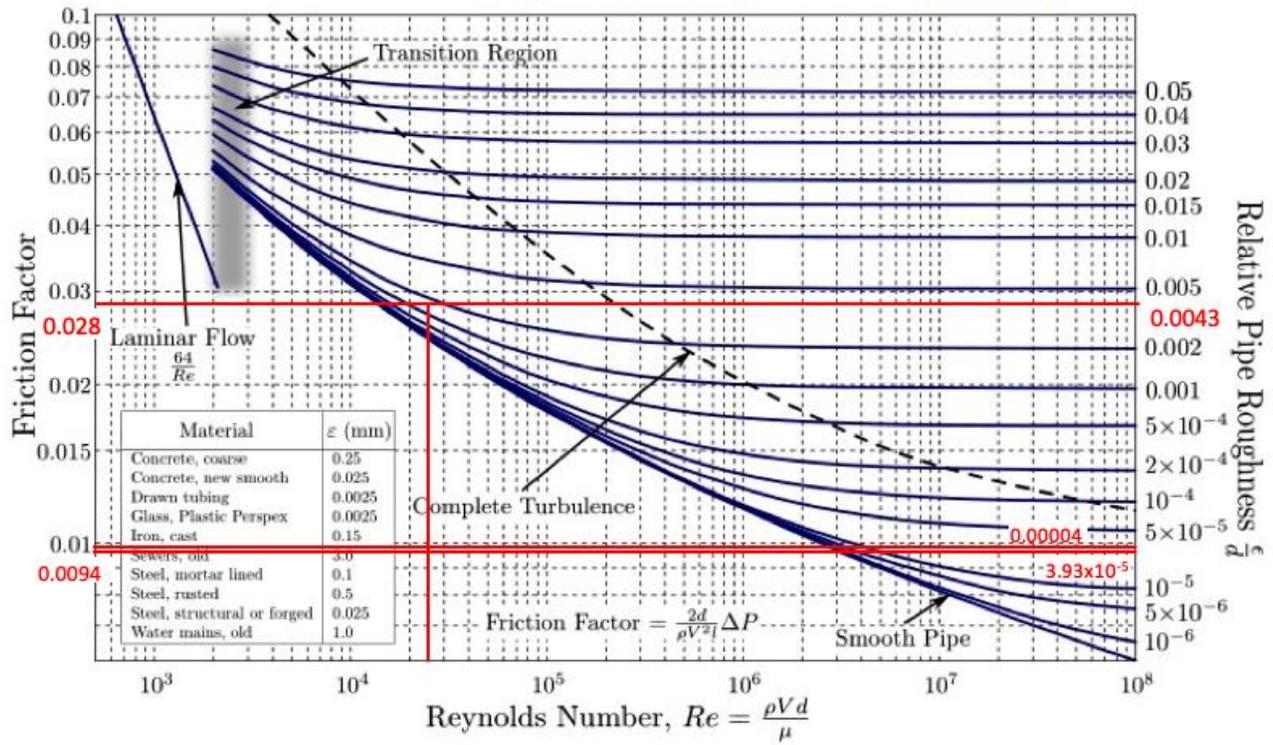
Tracesoftware (s.f.) ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO? Recuperado de: <https://www.trace-software.com/es/que-es-un-sistema-de-bombeo-solar-fotovoltaico/>

Indisect (s.f.) ¿Qué es y cómo funciona un Sistema de Bombeo Solar? recuperado de: <https://www.indisect.com/2020/02/21/funcionamiento-el-bombeo-solar/>

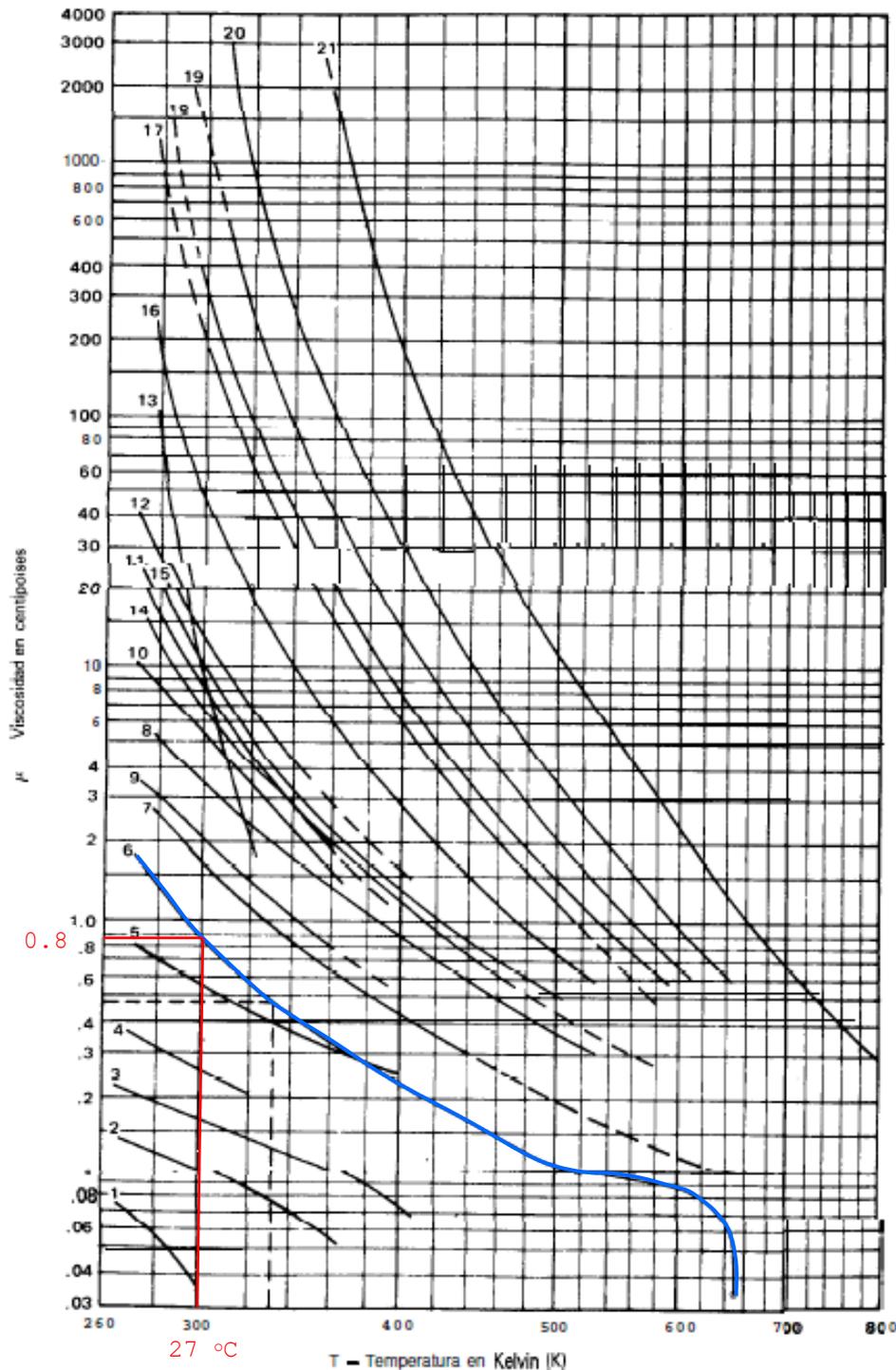
## **ANEXOS**

Diagrama de Moody

(Referencia 1)



## A-2a. — Viscosidad del agua y de líquidos derivados del petróleo



1. Etano ( $C_2H_6$ )
2. Propano ( $C_3H_8$ )
3. Butano ( $C_4H_{10}$ )
4. Gasolina natural
5. Gasolina
6. Agua
7. Keroseno
8. Destilado
9. Crudo de 48 grados API
10. Crudo de 40 grados API
11. Crudo de 35.6 grados API
12. Crudo de 32.6 grados API
13. Crudo de Salt Creek
14. Aceite combustible 3 (Máx.)
15. Aceite combustible 5 (Mín.)
16. Aceite LubeSAE 10 (100 V.I.)
17. Aceite Lube SAE 30 (100 V.I.)
18. Aceite combustible 5 (Máx.) o 6 (Mín.)
19. Aceite Lube SAE 70 (100 V.I.)
20. Aceite combustible Bunker C (Máx.) y residuo M.C.
21. Asfalto

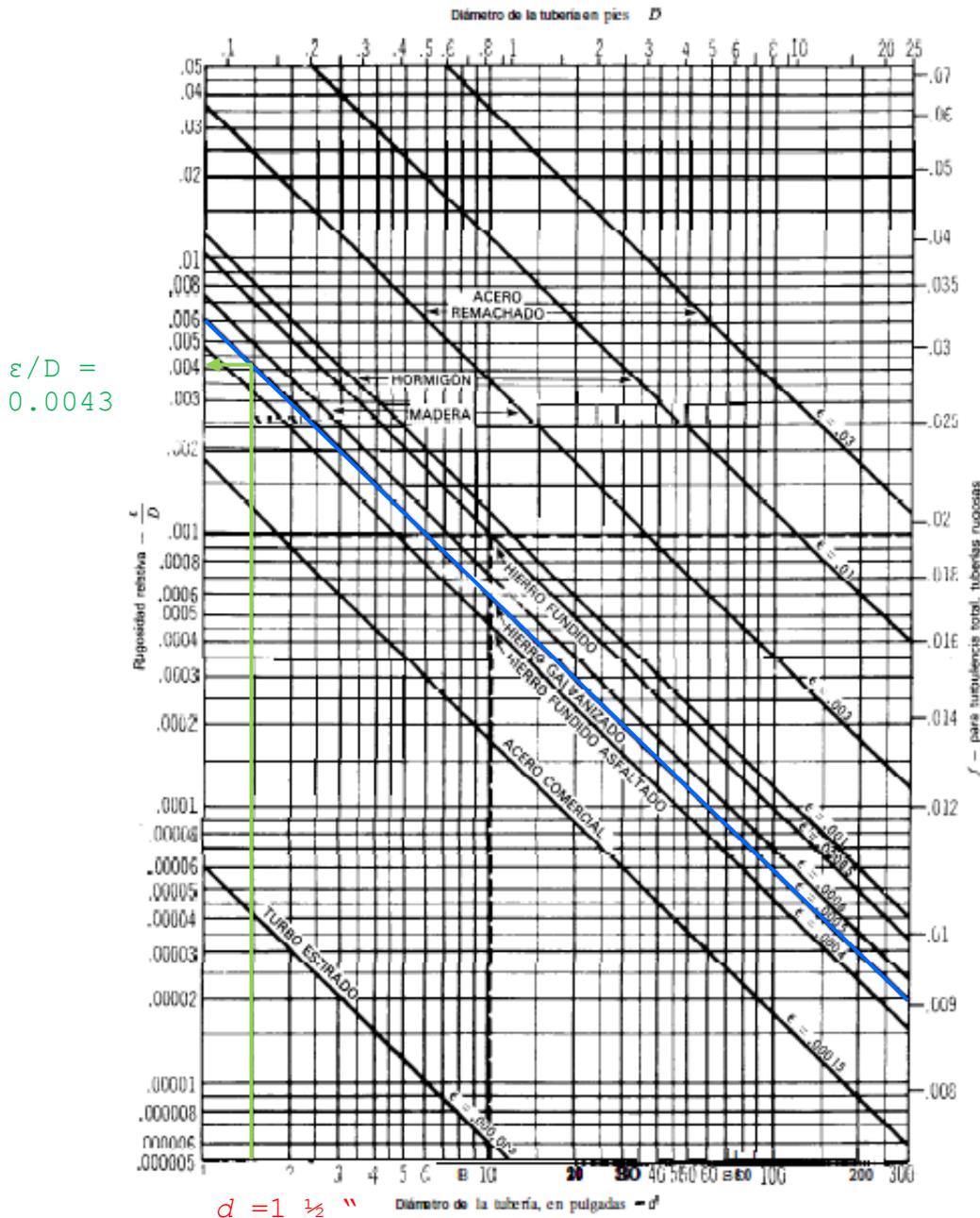
Adaptación de datos recogidos de las referencias 8, 12 y 23 de la bibliografía.

**Ejemplo:** Hállese la viscosidad del agua a  $60^\circ C$

**Solución:**  $60^\circ C = 273 + 60 = 333 K$

Viscosidad del agua a 333 K es 0.47 centipoises (curva 6)

A-21b. Rugosidad relativa de los materiales de las tuberías y factor de fricción para flujo en régimen de turbulencia total



Adaptación de datos extraídos de la referencia 18 de la Bibliografía, con autorización.

**Problema:** Determinense las rugosidades absoluta y relativa y el factor de razonamiento para flujo en turbulencia total, en una tubería de hierro fundido de 10 pulg. de diámetro interior.  
**Solución:** La rugosidad absoluta (E) = 0,26... Rugosidad relativa (ε/D) = 0,001 . . . Factor de fricción para flujo en régimen de turbulencia total (f) = 0,0196

## A-5a. Propiedades físicas del agua

Temperatura del agua $t$ Grados centígrados	Presión de saturación $P$ Bar absolutos	Volumen específico $v \times 10^3$ Decímetros cúbicos por kilogramo	Densidad $P$ Kilogramos por metro cúbico
.01	.006112	1.0002	999.8
.5	.008719	1.0001	999.9
10	.017041	1.0000	999.9
15	.023368	1.0018	998.2
20			
25			
30	.042463	1.0111	989.9
35	.073750	1.0211	980.2
40			
45	.09582	1.0099	990.2
50			
55	.15740	1.0116	989.9
60	.19919	1.0171	983.2
65	.25008	1.0199	980.5
70			
75	.31160	1.0211	979.9
80	.47359	1.0290	971.8
85			
90	.70143	1.0311	969.9
95			
100	1.84526	1.0316	969.9
110	1.4326	1.0515	951.0
120	1.9853	1.0603	943.1
130	2.7012	1.0697	934.8
140	3.6136	1.0798	926.1
		1.0906	
150	4.7597	1.1021	916.9
		1.1144	907.4
160	6.9206	1.1275	897.3
180	10.0271		886.9
190	12.552	1.1415	876.0
200	15.551	1.1565	864.7
225	25.504	1.1992	833.9
250	39.776	1.2512	799.2
275	59.49	1.3168	759.4
300	85.92	1.4036	712.5
325	120.57	1.5289	654.1
350	165.37	1.741	574.4
374.15	221.20	3.170	315.5

27.

996.0

Para convertir el volumen específico de decímetros cúbicos por kilogramo ( $\text{dm}^3/\text{kg}$ ) a metros cúbicos por kilogramo ( $\text{m}^3/\text{kg}$ ) divídanse los valores de la tabla entre  $10^3$ .

Para convertir la densidad en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) a kilogramos por litro ( $\text{kg}/\text{litro}$ ) divídanse los valores de la tabla entre  $10^3$ .

Peso específico del agua a  $15^\circ\text{C} = 1.00$

Los datos de presión y volumen se han obtenido con permiso de HMSO, del "Steam Tables 1964" (Tablas de vapor de agua 1964) del *U.K. National Engineering Laboratory*.

**RESUMEN DE TABLA DE FACTORES K**

Referencia 5

A - 48

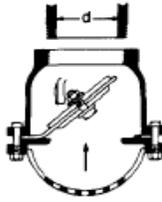
APENDICE A - PROPIEDADES FÍSICAS DE ALGUNOS FLUIDOS Y CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO EN VÁLVULAS, ACCESORIOS Y TUBERÍAS

CRANE

**VÁLVULAS DE PIE CON FILTRO**

Obturador ascendente

Obturador oscilante



Válvula Check

$$K = 420 f_T$$

Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador

$$m/seg = 20 \sqrt{V}$$

$$pie/seg = 15 \sqrt{V}$$

$$K = 75 f_T$$

Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador

$$= 45 \sqrt{V}$$

$$= 35 \sqrt{V}$$

**CODOS ESTÁNDAR**

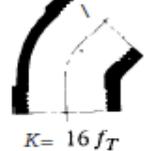
90°

45°

Codo de 90°



$$K = 30 f_T$$

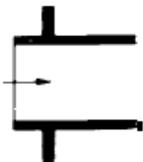


$$K = 16 f_T$$

Para entradas y salidas de tubería a un tanque

**ENTRADAS DE TUBERÍA**

Con resalte hacia el interior



$$K = 0.78$$

r/d	K
0.00*	0.5
0.02	0.28
0.04	0.24
0.06	0.15
0.10	0.09
0.15 y más	0.04

\*de cantos vivos

A tope



Véanse los valores de K en la tabla

Para nuestro caso la tubería de entrada de fluido llega al T2 con r/d estimado de  $(\frac{1}{2}'' / 1 \frac{1}{2}'' = 0.33$  entonces K de entrada a T2 = 0.04 (Nota: Observar imagen interior de T2 para estimado de r)

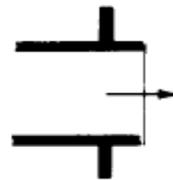
Para nuestro caso la tubería de salida del fluido del T1 no está acoplado al tanque porque la salida se hace a través de la válvula check acoplada en el tubo de succión ( Y ésta válvula es la que aporta las pérdidas en la toma de salida del fluido de dicho tanque).

**SALIDAS DE TUBERÍA**

Con resalte

De cantos vivos

Redondeada



$$K = 1.0$$



$$K = 1.0$$



$$K = 1.0$$

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR "K" PARA VÁLVULAS Y ACCESORIOS CON SECCIONES DE PASO REDUCIDO

Referencia 5

Fórmula 1

$$K_2 = \frac{0.8 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 2

$$K_2 = \frac{0.5 (1 - \beta^2) \sqrt{\sin \frac{\theta}{2}}}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 3

$$K_2 = \frac{2.6 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)^2}{\beta^4} K_1$$

Fórmula 4

$$K_2 = \frac{(1 - \beta^2)^2}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 5

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \text{Fórmula 1} + \text{Fórmula 3}$$

$$K_2 = \frac{K_1 + \sin \frac{\theta}{2} [0.8 (1 - \beta^2) + 2.6 (1 - \beta^2)^2]}{\beta^4}$$

Fórmula 6

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \text{Fórmula 2} + \text{Fórmula 4}$$

$$K_2 = \frac{K_1 + 0.5 \sqrt{\sin \frac{\theta}{2}} (1 - \beta^2) (1 - \beta^2)^2}{\beta^4}$$

Fórmula 7

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} \text{ t } \beta \text{ (Fórmula 2 + Fórmula 4), cuando } \theta = 180^\circ$$

$$K_2 = \frac{K_1 + \beta [0.5 (1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^2]}{\beta^4}$$

$$\beta = \frac{d_1}{d_2}$$

$$\beta^2 = \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2 = \frac{a_1}{a_2}$$

El subíndice 1 define dimensiones y coeficientes para el diámetro menor.  
El subíndice 2 se refiere al diámetro mayor.

\*Úse el valor de K proporcionado por el proveedor, cuando se disponga de dicho valor

ESTRECHAMIENTO BRUSCO Y GRADUAL

Acople reductor

A entrada de la bomba

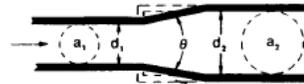


Si  $\theta < 45^\circ$  .....  $K_2 = \text{Fórmula 1}$   
 $45^\circ < \theta < 180^\circ$  ....  $K_2 = \text{Fórmula 2}$

ENSANCHAMIENTO BRUSCO Y GRADUAL

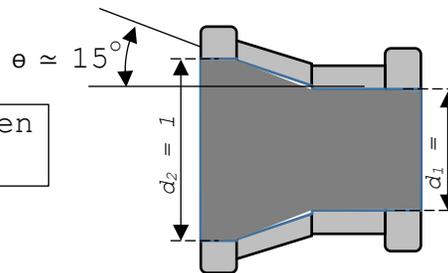
Acople reductor

A salida de la bomba



Si  $\theta < 45^\circ$  .....  $K_2 = \text{Fórmula 3}$   
 $45^\circ < \theta < 180^\circ$  ....  $K_2 = \text{Fórmula 4}$

Considerando el ángulo de reductor en  $15^\circ$ , las formulas a aplicar son:



Fórmula 1

$$K_2 = \frac{0.8 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 3

$$K_2 = \frac{2.6 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)^2}{\beta^4} K_1$$

**Información complementaria sobre el material de la válvula Referencia 6A**

Debido a que falta información técnica de esta válvula por parte del suministrante local (Almacenes VIDRI), se investigó el tipo de material en la página web del fabricante (GENEBRE) y se determinó que está fabricada en LATÓN y luego se investigó sobre el factor K del latón (no tenemos tablas K para el Latón en el libro de referencia (Flujo de Fluidos de CRANE)) por lo que se realizó búsqueda de factores de rugosidad y se encontró una tabla en la página Web del depto. De Ingeniería Civil de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de Mexico)

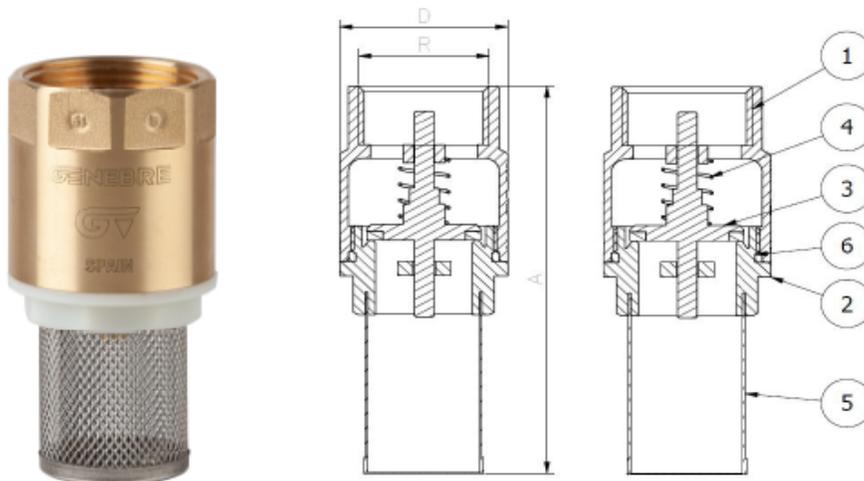


GENEBRE S.A. · Avda. Joan Carles I, 46-48 · EDIFICIO GENEBRE  
 Tel. +34 93 298 80 00/01 · Fax +34 93 298 80 08  
 08908 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT Barcelona (Spain)  
 e-mail: [genebre@genebre.es](mailto:genebre@genebre.es)  
 internet: <http://www.genebre.es>

**Art.: 3142**

**Válvula de pie con filtro / Check valve with filter**

Características	Features
1. Válvula retención con filtro.	1. Check valve with filter.
2. Construcción en latón según UNE-EN 12165.	2. Brass according to UNE-EN 12165.
3. Extremo rosca gas (BSP) hembra s/ ISO 228/1	3. Thread female ends gas (BSP) acc/ ISO 228/1
4. Cierre de NBR vulcanizado 65 shore A	4. Vulcanized NBR 65 shore A sealing
5. Tamiz acero INOX AISI 304 de 1000 micras	5. Stainless steel sieve AISI 304, 1000 microns
6. Muelle de acero INOX AISI 304	6. Stainless Steel spring AISI 304
7. Presión mínima apertura 20 a 60 mbar.	7. Minimum opening pressure 20 to 60 mbar
8. Presión máxima de trabajo 16 bar	8. Maximum working pressure 16 bar
9. Temperatura de trabajo desde -20° C a 90° C.	9. Working temperature from -20° C to 90° C



Nº	Denominación/Name	Material	Acabado Superficial/Surface Treatment
1	Cuerpo / Body	Latón / Brass	Granallado / Peened
2	Tuerca / Nut	Nylon	-
3	Conjunto Eje / Stem Assembly	Latón+NBR / Brass+NBR	-
4	Muelle / Spring	INOX 304 / AISI 304	-
5	Filtro / Filter	INOX 304 / AISI 304	-
6	Junta tórica / O-ring	NBR	-

Rugosidad del Latón

Referencia 6B

Referencia: UNAM

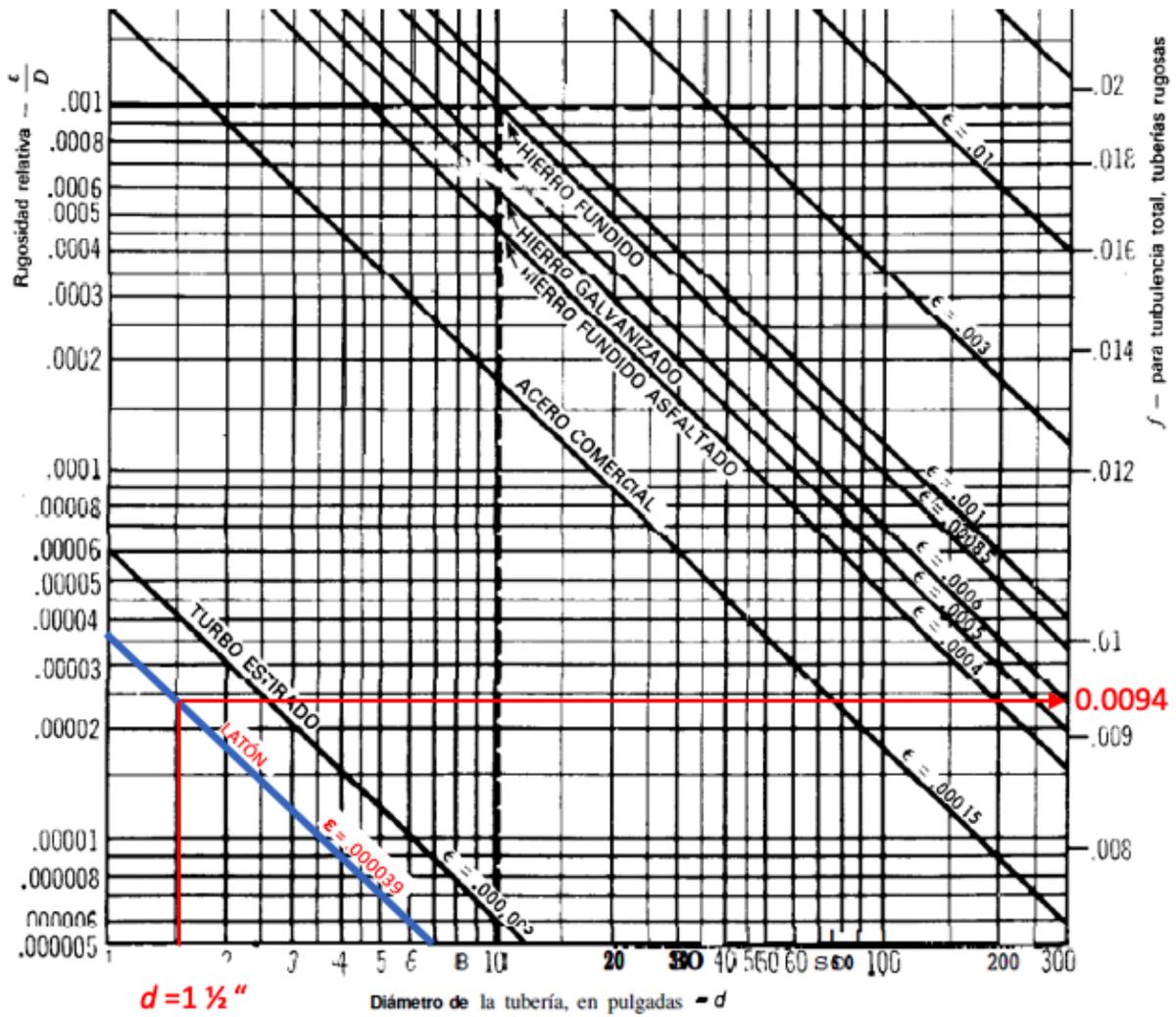
[http://dicyg.fi-c.unam.mx/~lilia\\_unam/HIDRAULICA/MATERIAL/MATERIALCLASE/PERDIDAS/Rugosidad%20absoluta.pdf](http://dicyg.fi-c.unam.mx/~lilia_unam/HIDRAULICA/MATERIAL/MATERIALCLASE/PERDIDAS/Rugosidad%20absoluta.pdf)

## RUGOSIDAD ABSOLUTA

MATERIAL	$\epsilon$ en mm
<b>TUBO LISO</b>	
De vidrio, cobre latón, madera (bien cepillada), acero nuevo soldado y con una mano inferior de pintura; tubo de acero de precisión sin costura, serpentines industriales, plástico, hule.	0.0015
Tubos industriales de latón	0.025
Tubos de madera	0.2 a 1
Hierro forjado	0.05
Fierro Fundido nuevo	0.25
Fierro fundido, con protección inferior de asfalto	0.12
Fierro fundido oxidado	1 a 1.5
Fierro fundido, con incrustaciones	1.5 a 3
Fierro fundido centrifugado	0.05
Fierro fundido nuevo, con bridas o juntas de macho y campana	0.15 a 0.3
Fierro fundido usado, con bridas o juntas de macho y campana	2 a 3.5
Fierro fundido para agua potable, con bastantes incrustaciones y diámetro de 50 a 125 mm	1 a 40
Fierro galvanizado	0.15
Acero rolado nuevo	0.05
Acero laminado, nuevo	0.04 a 0.1
Acero laminado con protección interior de asfalto	0.05

<b>TUBOS DE ACERO SOLDADO DE CALIDAD NORMAL</b>	
Nuevo	0.05 a 0.10
Limpiado después de mucho uso	0.15 a 0.20
Moderadamente oxidado, con pocas incrustaciones	0.4
Con muchas incrustaciones	3
Con remaches transversales, en buen estado	0.1
Con costura longitudinal y una línea transversal de remaches en cada junta, o bien laqueado interiormente	0.3 a 0.4
Con líneas transversales de remaches, sencilla o doble; o tubos remachados con doble hilera longitudinal de remaches e hileras transversales sencilla, sin incrustaciones	0.6 a 0.7
Acero soldado, con hilera transversal sencilla de pernos en cada junta, laqueado interior, sin oxidaciones con circulación de agua tibia	1.0
Acero soldado, con doble hilera transversal de pernos, agua turbia, tuberías remachadas con doble costura longitudinal de remaches y transversal sencilla, interior asfaltado o laqueado	1.2 a 1.3
Acero soldado, con costura doble de remaches transversales, muy oxidado. Acero remachado, de cuatro a seis filas longitudinales de remaches, con mucho tiempo de servicio	2.0

Réplica de la gráfica de Rugosidades y fricciones del Apéndice 1



## APENDICE 2

### Referencia 1

Bomba propuesta

Suministrante VIDRI

Nombre del producto Bomba para cisterna

Código SKU#83837

Precio \$ 61.95 / PZA

Este producto aplica al 10% por prime



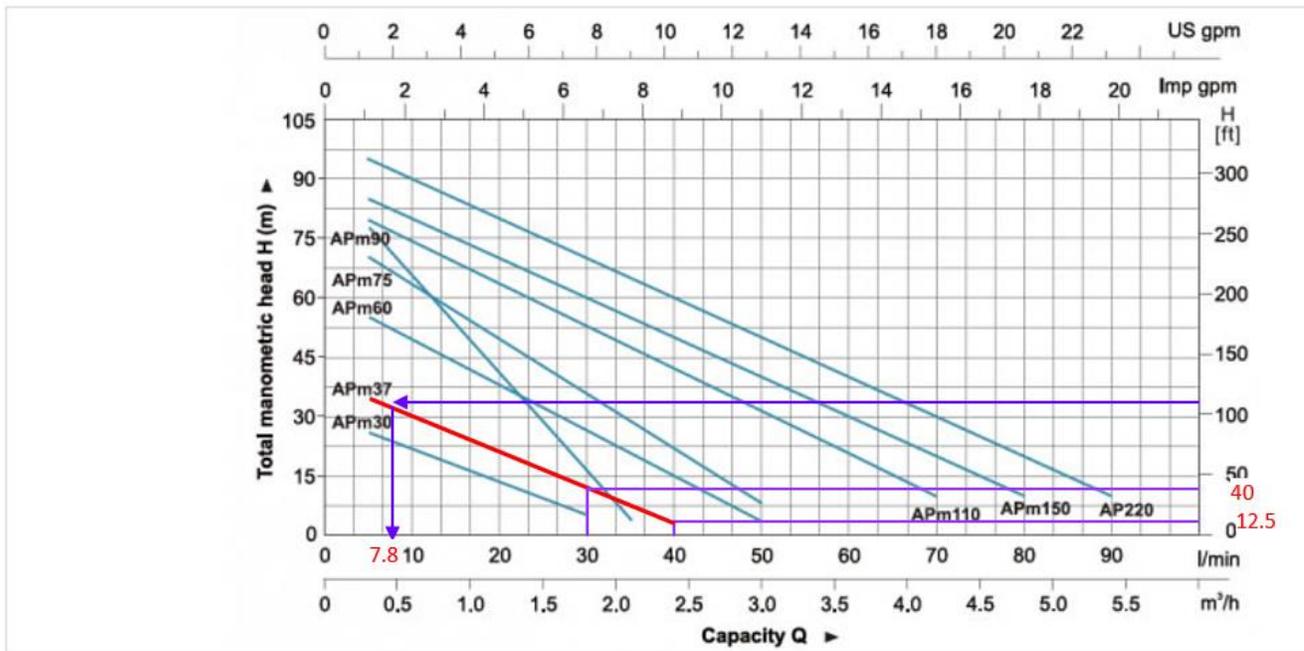
Descripción del producto Marca LEO

- Bomba para cisterna **APM37**
- Calificada para uso doméstico
- Conexión eléctrica 120-240 v
- 
- Potencia del motor 0.5 hp (370 w)
- Caudal máximo 40 lt / min (2.4 m3/h)
- Succión 7 mt, elevación 35 mt máx.
- Conexión de entrada / salida 1 pulg
- Cuerpo y soporte de hierro fundido
- Motor con protección térmica
- Aislamiento clase f, protección ipx4
- Eje de acero 304 normado por aisi
- Útil para bombeo de agua de pozos, riego, aumento de flujo de agua
- Se recomienda uso solo con agua limpia, no agresivos, corrosivos o con impurezas sólidas

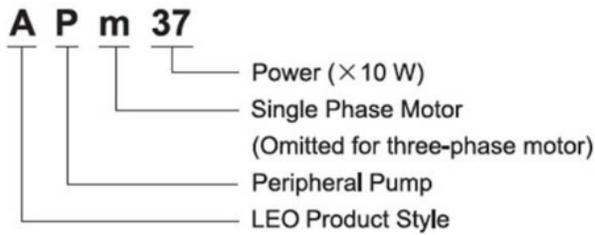
Atributo	Detalle
voltaje	120-240 v
potencia	0.5 hp (370w)
flujo máximo	40 lt / min
succión máxima	7 mt
elevación máxima	35 mt
conexión de entrada / salida	1 pulg
condiciones de operación	40°c máx

- 2 años de garantía si es instalado por personal técnico vidri
- Precio no incluye instalación. si requiere el servicio solicitarlo en sucursal. (costo sujeto a previa inspección y cotización)

Curva de rendimiento hidráulico



## Identification Codes



### Parámetros técnicos

MODELO		POTENCIA		Q (m <sup>3</sup> /h)															
Monofásica	Trifásica	(KW)	(HP)	Q(L/min)	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3	3.6	4.2	4.8	5.4	
APm30 <a href="#">Comentarios</a>	/	0.3	0.4	H(m)	30	26	20	15	12	8	5	2	/	/	/	/	/	/	
APm37 <a href="#">Comentarios</a>	/	0.37	0.5		40	35	30	25	20	15	10	5	2	/	/	/	/	/	
APm60 <a href="#">Comentarios</a>	/	0.6	0.8		60	55	50	40	35	30	25	20	10	5	/	/	/	/	
APm75 <a href="#">Comentarios</a>	/	0.75	1		75	70	60	50	45	35	28	22	15	5	/	/	/	/	
APm90 <a href="#">Comentarios</a>	/	0.75	1		90	75	60	50	35	25	15	5	/	/	/	/	/	/	
APm110 <a href="#">Comentarios</a>	AP110	1.1	1.5		85	80	75	65	60	55	50	45	40	30	18	10	/	/	
APm150 <a href="#">Comentarios</a>	AP150	1.5	2		90	85	80	75	70	65	60	55	50	40	30	20	10	/	
/	AP220	2.2	3		100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10	

## Referencia 2

Válvula Check propuesta

**Suministrante VIDRI**

**Nombre del producto: Válvula de pie 1-1/2 pulg GENEBRE**

Código SKU#41550

Precio \$ 19.75 / PZA

Este producto aplica al 10% por primera compra en línea.



Descripción del producto

- Sistema anti retorno de fluido
- Para darle un solo sentido de dirección al flujo

- Temperaturas de trabajo mínima y máxima de  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $100^{\circ}\text{C}$
- Para uso en instalaciones hidráulicas, calefacción, acondicionamiento y neumáticas.

### Referencia 3

Accesorios para acoplar la bomba

**Suministrante VIDRI**

**Nombre del producto: Reductor campana galvanizado 1-1/2 a 1 pulg**

**Código SKU#12647**

**Principio del formulario**

**Precio \$ 2.50 / PZA**

Este producto aplica al 10% por primera compra en línea.



Descripción del producto

- Resistente al óxido
- Roscas hembras de 1.1/2" a 1"
- Usos en fluidos calientes y fríos
- Para transporte de agua, vapor, aire, gas, aceite y otros

### Referencia 4

**Suministrante VIDRI**

**Nombre del producto: Niple galvanizado de 1-1/2x3 pulg**

**SKU#10347**

**Principio del formulario**

**\$ 1.75 / PZA**

Este producto aplica al 10% por primera compra en ..



Acero galvanizado

Longitud: 3 pulgadas

Conexión rosca macho

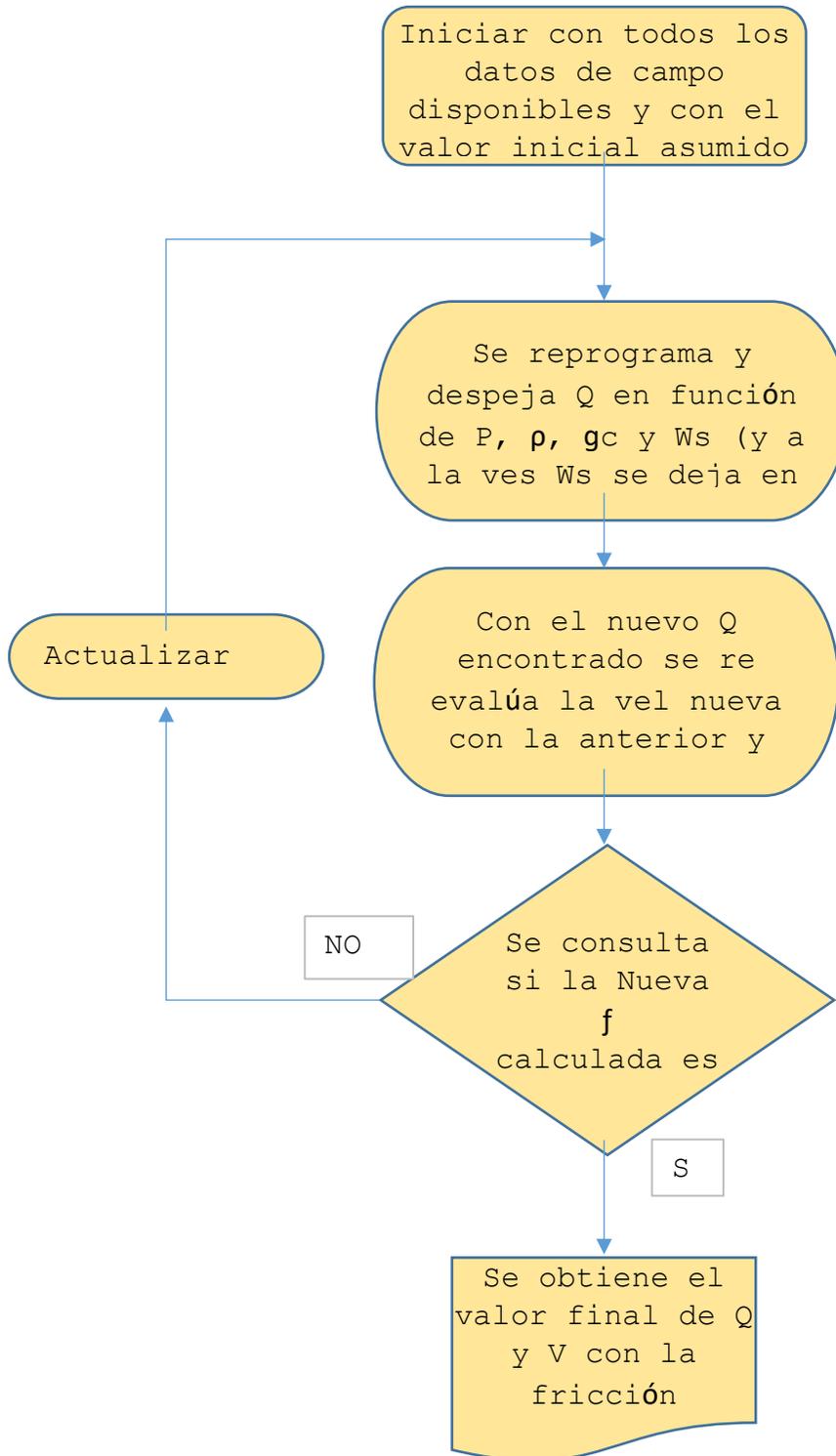
Diámetro: 1.1/2 pulgadas

Compatible con conexiones de hierro maleable galvanizadas

Ideal para reparar tuberías o hacer una extensión de una conexión o tubo

### Apéndice 3 Referencia 1

Programación a prueba y error interactivamente de los parámetros de fricción caudal y velocidad final de un sistema



**CHECK LIST DE MANTENIMIENTO.**



## CHECKLIST DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

P

<b>AREA DE MANTENIMIENTO:</b>		<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	CONTROLADOR DE CARA	<b>SEMANA PROGRAMADA:</b>		
		<b>MARCA:</b>	NATIONWIDE	<b>HORAS PROGRAMADAS:</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	TALLER MECANICO	<b>MODELO:</b>	LCD2420	<b>EJECUCIÓN</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>
<b>AREA RESPONSABLE:</b>	N/A	<b>SERIE:</b>	N/A	<b>INICIO DEL MTTO:</b>		
<b>MTTO DE INFRAESTRUCTURA:</b>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>CODIGO EQUIPO:</b>	N/A	<b>FIN DEL MTTO:</b>		

Frecuencia de Mantenimiento:

Mensual      
 Bimestral      
 Trimestral      
 Cuatrimestral      
 Semestral      
 Anual

Frecuencia	Módulo de máquina / Infraestructura	Elemento del módulo / Infraestructura	No.	Actividades	Realizado	Tiempo (min)	Materiales/ Repuestos	Herramientas	Observaciones
CUATREMESTRAL	ACTIVIDADES INICIALES			1	Realizar las actividades iniciales para el mantenimiento preventivo.				
	Gabinete Auto-dsecador	Funcionamiento	2	Revisar el correcto funcionamiento					
			3	Verificar voltajes de salida					
			4	Verificar el estado de las borneras					
			5	Revisar estado de cable de suministro					
		Limpieza de equipo	6	Limpieza de pantalla LCD					
			7	Limpieza externa de equipo					
			8	Revisar funcionamiento final.					
	ACTIVIDADES FINALES			9	Realizar las actividades finales para el mantenimiento preventivo.				

Comentarios (Espacio Exclusivo para Coordinador):

Comentarios (Espacio Exclusivo para Coordinador):

F. \_\_\_\_\_  
 Técnico Responsable  
 Ejecución del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)

F. \_\_\_\_\_  
 Jefe de Área o Supervisor  
 Recepción del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)

F. \_\_\_\_\_  
 Coordinador de Área Ingeniería de Planta  
 Verificación del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)



## CHECKLIST DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

P

<b>AREA DE MANTENIMIENTO:</b>		<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	INVERSOR	<b>SEMANA PROGRAMADA:</b>		
		<b>MARCA:</b>	BLACK&DECKER	<b>HORAS PROGRAMADAS:</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	TALLER MECANICO	<b>MODELO:</b>	POWER IT	<b>EJECUCIÓN</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>
<b>AREA RESPONSABLE:</b>	N/A	<b>SERIE:</b>	N/A	<b>INICIO DEL MTTO:</b>		
<b>MTTO DE INFRAESTRUCTURA:</b>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>CODIGO EQUIPO:</b>	N/A	<b>FIN DEL MTTO:</b>		

Frecuencia de Mantenimiento:

Mensual 
                 
 Bimestral 
                 
 Trimestral 
                 
 Cuatrimestral 
                 
 Semestral 
                 
 Anual

Frecuencia	Módulo de máquina / Infraestructura	Elemento del módulo / Infraestructura	No.	Actividades	Realizado	Tiempo (min)	Materiales/ Repuestos	Herramientas	Observaciones
CUATREMESTRAL	ACTIVIDADES INICIALES			1	Realizar las actividades iniciales para el mantenimiento preventivo.				
	Gabinete Auto-dsecador	Funcionamiento	2	Revisar el correcto funcionamiento					
			3	Verificar voltajes de salida					
			4	Verificar el estado de las borneras					
			5	Verificar estado de los tomacorrientes instalados en el equipo					
		Suministro	6	Revisar estado de cable de suministro					
			7	Limpieza de cables de suministro					
		Limpieza de equipo	8	Limpieza externa de equipo					
			9	Revisar funcionamiento final.					
		ACTIVIDADES FINALES			10	Realizar las actividades finales para el mantenimiento preventivo.			

Comentarios (Espacio Exclusivo para Coordinador):

Comentarios (Espacio Exclusivo para Coordinador):

F. \_\_\_\_\_  
 Técnico Responsable  
 Ejecución del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)

F. \_\_\_\_\_  
 Jefe de Área o Supervisor  
 Recepción del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)

F. \_\_\_\_\_  
 Coordinador de Área Ingeniería de Planta  
 Verificación del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)



## CHECKLIST DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

P

<b>AREA DE MANTENIMIENTO:</b>		<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	PANEL SOLAR	<b>SEMANA PROGRAMADA:</b>		
		<b>MARCA:</b>	SOLAR BLUESUN	<b>HORAS PROGRAMADAS:</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	TALLER MECANICO	<b>MODELO:</b>	BSM350P-72	<b>EJECUCIÓN</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>
<b>AREA RESPONSABLE:</b>	N/A	<b>SERIE:</b>	N/A	<b>INICIO DEL MTTO:</b>		
<b>MTTO DE INFRAESTRUCTURA:</b>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>CODIGO EQUIPO:</b>	N/A	<b>FIN DEL MTTO:</b>		

Frecuencia de Mantenimiento:

Mensual      
 Bimestral      
 Trimestral      
 Cuatrimestral      
 Semestral      
 Anual

Frecuencia	Módulo de máquina / Infraestructura	Elemento del módulo / Infraestructura	No.	Actividades	Realizado	Tiempo (min)	Materiales/ Repuestos	Herramientas	Observaciones
TRIMESTRAL	ACTIVIDADES INICIALES			1	Realizar las actividades iniciales para el mantenimiento preventivo.				
	Gabinete Auto-desecador	Funcionamiento	2	Revisar de correcto funcionamiento.					
			3	Verificar voltajes de salida					
			4	Verificar estado de caja de conexión					
			5	Verificar terminales de conexión					
		Suministro	6	Revisar estado de cable de suministro					
			7	Limpieza del vidrio templado					
		Limpieza de equipo	8	Limpieza de placa de apoyo					
			9	Limpieza externa de equipo					
			10	Revisar funcionamiento final.					
		ACTIVIDADES FINALES			11	Realizar las actividades finales para el mantenimiento preventivo.			

Comentarios (Espacio Exclusivo para Coordinador):

Comentarios (Espacio Exclusivo para Coordinador):

F. \_\_\_\_\_  
 Técnico Responsable  
 Ejecución del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)

F. \_\_\_\_\_  
 Jefe de Área o Supervisor  
 Recepción del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)

F. \_\_\_\_\_  
 Coordinador de Área Ingeniería de Planta  
 Verificación del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)



## CHECKLIST DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

P

<b>AREA DE MANTENIMIENTO:</b>		<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	BATERIA 12VDC	<b>SEMANA PROGRAMADA:</b>	
		<b>MARCA:</b>	NATIONWIDE	<b>HORAS PROGRAMADAS:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	TALLER MECANICO	<b>MODELO:</b>	MARINE DEEP CYCLE	<b>EJECUCIÓN</b>	<b>FECHA</b>
<b>AREA RESPONSABLE:</b>	N/A	<b>SERIE:</b>	883214	<b>INICIO DEL MTTO:</b>	<b>HORA</b>
<b>MTTO DE INFRAESTRUCTURA:</b>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>CODIGO EQUIPO:</b>	N/A	<b>FIN DEL MTTO:</b>	

Frecuencia de Mantenimiento:

Mensual 
                 
 Bimestral 
                 
 Trimestral 
                 
 Cuatrimestral 
                 
 Semestral 
                 
 Anual

Frecuencia	Módulo de máquina / Infraestructura	Elemento del módulo / Infraestructura	No.	Actividades	Realizado	Tiempo (min)	Materiales/ Repuestos	Herramientas	Observaciones
CUATREMESTRAL	ACTIVIDADES INICIALES			1	Realizar las actividades iniciales para el mantenimiento preventivo.				
	Gabinete Auto-desecador	Funcionamiento	2	Revisar el correcto funcionamiento					
			3	Verificar voltaje de la batería					
			4	Verificar estado de bornes					
			5	Revisar estado de cable de suministro					
		Limpieza de equipo	6	Limpieza de bornes					
			7	Limpieza externa del equipo					
			8	Revisar funcionamiento final					
	ACTIVIDADES FINALES			9	Realizar las actividades finales para el mantenimiento preventivo.				

Comentarios (Espacio Exclusivo para Coordinador):

F. \_\_\_\_\_  
 Técnico Responsable  
 Ejecución del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)

F. \_\_\_\_\_  
 Jefe de Área o Supervisor  
 Recepción del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)

F. \_\_\_\_\_  
 Coordinador de Área Ingeniería de Planta  
 Verificación del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)



## CHECKLIST DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

P

<b>AREA DE MANTENIMIENTO:</b>		<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	BOMBA PERIFERICA	<b>SEMANA PROGRAMADA:</b>		
		<b>MARCA:</b>	TOTAL	<b>HORAS PROGRAMADAS:</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	TALLER MECANICO	<b>MODELO:</b>	UTWP13706	<b>EJECUCIÓN</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>
<b>AREA RESPONSABLE:</b>	N/A	<b>SERIE:</b>	20022170831	<b>INICIO DEL MTTO:</b>		
<b>MTTO DE INFRAESTRUCTURA:</b>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>CODIGO EQUIPO:</b>	N/A	<b>FIN DEL MTTO:</b>		

Frecuencia de Mantenimiento:

Mensual 
                    
 Bimestral 
                    
 Trimestral 
                    
 Cuatrimestral 
                    
 Semestral 
                    
 Anual

Frecuencia	Módulo de máquina / Infraestructura	Elemento del módulo / Infraestructura	No.	Actividades	Realizado	Tiempo (min)	Materiales/ Repuestos	Herramientas	Observaciones
CUATREMESTRAL	ACTIVIDADES INICIALES		1	Realizar las actividades iniciales para el mantenimiento preventivo.					
	Gabinete Auto-dsecador	Funcionamiento	2	Revisar el correcto funcionamiento					
			3	Verificar y desconectar alimentación eléctrica					
			4	Verificar empaques y sellos mecanicos					
			5	Revisar estado de cable de suministro					
		Limpieza de equipo	6	Limpieza de aspas del ventilador					
			7	Limpieza externa de equipo					
			8	Revisar funcionamiento final.					
	ACTIVIDADES FINALES		9	Realizar las actividades finales para el mantenimiento preventivo.					

Comentarios (Espacio Exclusivo para Coordinador):

F. \_\_\_\_\_  
 Técnico Responsable  
 Ejecución del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)

F. \_\_\_\_\_  
 Jefe de Área o Supervisor  
 Recepción del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)

F. \_\_\_\_\_  
 Coordinador de Área Ingeniería de Planta  
 Verificación del Mantenimiento  
 (Nombre y Firma)