

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE ELECTROMECAICA



PROYECTO DE GRADO DE LICENCIATURA

**SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD
PALLINA CHICO - PROV. INGAVI – DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

POSTULANTE: GROBER ERICK SONCO CHOQUE

TUTOR: LIC. CESAR MENDOZA CARVAJAL

La Paz – Bolivia

2016

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, por ser mi guía en cada paso que doy.

A mis queridos padres quiénes me han guiado y apoyado con sabiduría, esfuerzo y dedicación durante todo el transcurso de mi carrera; dándome sus consejos para llegar a ser una persona de bien y cumplir mis objetivos que me propuse.

A mis hermanos que siempre estuvieron junto a mí dándome el aliento necesario para lograr este objetivo.

AGRADECIMIENTO

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento a la Universidad Mayor de San Andrés a la Facultad de Tecnología, a la Carrera de ELECTROMECHANICA, a su personal docente administrativo que conjuntamente nos han ayudado a cumplir con este sueño de ser profesionales y de este modo ser de provecho a la sociedad para promover soluciones a sus problemas.

A mi asesor el Lic. Cesar Mendoza quien con su experiencia como docente ha sido la guía idónea, durante el proceso que ha llevado el realizar esta tesis, me ha brindado el tiempo necesario, como la información para que este anhelo llegue a ser felizmente culminada.

A todos los habitantes de la Comunidad Pallina Chico por su colaboración y por las facilidades prestadas para la realización del presente trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para hacer realidad este sueño.

INDICE GENERAL

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.	UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO.....	1
1.3.	ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	3
1.4.	FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA VERTIENTE.....	4
1.5.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.6.	OBJETIVOS.....	7
1.6.1.	Objetivo General.....	7
1.6.2.	Objetivos Específicos.....	7
1.7.	JUSTIFICACIÓN.....	7
1.8.	ALCANCE DEL PROYECTO.....	8

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	AGUA.....	9
2.2.	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	10
2.2.1.	Población.....	10
2.2.2.	Idioma.....	10
2.2.3.	Índice de pobreza.....	10
2.2.4.	Producción Agrícola.....	11
2.2.5.	Producción pecuaria.....	11
2.2.6.	Destino de la producción.....	11
2.2.7.	Organización comunitaria.....	12
2.3.	EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	12
2.3.1.	Fuente de aguas subterráneas.....	12
2.3.2.	Fuente de aguas superficiales.....	13
2.3.3.	Fuente de aguas pluviales.....	13

2.4.	TIPOS DE SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA.....	14
2.4.1.	Sistemas Convencionales de Abastecimiento de Agua.....	14
a)	Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento.....	14
b)	Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento.....	15
c)	Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento.....	16
d)	Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento.....	17
2.4.2.	Sistemas No Convencionales de Abastecimiento de Agua.....	18
a)	Captación de agua de lluvia.....	18
b)	Pozos con bombas manuales.....	19
c)	Manantiales con protección de vertiente.....	19
2.5.	GOLPE DE ARIETE.....	20
2.6.	CLASIFICACIÓN DE BOMBAS DE AGUA.....	21
2.6.1.	Bomba de Agua.....	21
2.6.2.	Tipos de Bombas.....	21
2.6.2.1.	Bombas de Desplazamiento Positivo.....	22
2.6.2.2.	Bombas Cinéticas o Centrifugas.....	22
2.7.	TIPOS DE VÁLVULAS.....	23
2.7.1.	Tipos y Funciones Básicas de las Válvulas.....	23
a)	Válvula Tipo Compuerta.....	23
b)	Válvula Tipo Globo.....	24
c)	Válvulas de Retención.....	25
d)	Válvulas Reguladoras de Presión.....	25
2.8.	LA AUTOMATIZACIÓN.....	26
A.	Generalidades del Control.....	26
a)	Control Manual.....	27
b)	Control Semiautomático.....	27
c)	Control Automático.....	27
B.	Controlador Lógico Programable (PLC).....	28
a)	Ventajas.....	28
b)	Desventajas.....	28
2.9.	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	29

2.9.1. Disyuntor Termomagnético.....	29
2.9.2. Relé Térmico.....	30
2.9.3. Fusibles.....	31
2.9.4. Interruptor Diferencial.....	32
2.10. ELEMENTOS DE MANIOBRA.....	34
2.10.1. Contactor.....	34
2.10.2. Relevadores.....	36
2.10.3. Pulsadores.....	37
2.11. TIPOS DE CONTROL DE NIVEL DE AGUA.....	38
2.11.1. Medición Directa.....	39
a) Medidor de Sonda.....	39
b) Medidor de Cinta y Plomada.....	39
c) Medidor de Nivel de Cristal.....	39
d) Medidor de Flotante.....	39
2.11.2. Medición de Presión Hidrostática o Fuerza.....	40
a) Medidor Manométrico.....	40
b) Medidor de Membrana.....	40
c) Medidor de Tipo Burbujeo.....	40
d) Medidor de Presión Diferencial de Diafragma.....	41
e) Medidor por Desplazamiento.....	41
2.11.3. Medición de Características Eléctricas del Líquido.....	42
a) Medidor Conductivo.....	42
b) Medidor Capacitivo.....	42
c) Medidor Ultrasónico.....	43

CAPITULO III

INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	44
a) Aforo de la Fuente.....	44
b) Periodo de Diseño.....	45
3.2. SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE.....	45

3.2.1. Parámetros de Diseño.....	46
3.2.2. Población de Diseño.....	47
A. Calculo de la Población Futura.....	47
B. Calculo de la Demanda y Consumo de Agua.....	47
a) Dotación Media Diaria.....	48
b) Dotación Futura.....	48
C. Caudal de Diseño.....	49
a) Caudal Medio Diario.....	49
b) Caudal Máximo Diario.....	49
c) Caudal Máximo Horario.....	50
3.3. CALCULO DE LA CÁMARA DE CAPTACIÓN.....	50
3.3.1. Calculo de la Captación tipo Vertiente de Afloramiento Horizontal.....	50
3.3.2. Dimensionamiento de la Captación.....	51
3.3.3. Calculo de la Distancia entre el Afloramiento y la Cámara Húmeda.....	52
a) Ancho de la Pantalla.....	54
b) Numero de Orificios.....	56
c) Altura de la Cámara Húmeda.....	58
d) Tubería de Rebose y Limpieza.....	59
3.4. CALCULO DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN.....	59
A. Calculo del Caudal de Bombeo.....	60
B. Tubería de Succión.....	60
C. Tubería de Impulsión.....	61
D. Altura Dinámica Total de Bombeo.....	62
a) Calculo de Pérdidas por Longitud.....	64
b) Calculo de Pérdidas por Accesorios.....	65
c) Calculo de Pérdidas de la Altura Estacionaria.....	66
d) Altura de Reserva.....	67
3.5. ESTACIÓN DE BOMBEO.....	68
3.6. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	68
3.7. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS DE AGUA.....	71
3.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL BOMBEO DE AGUA.....	73

3.8.1. Circuito de Control.....	73
3.8.2. Circuito de Potencia.....	73
3.9. Programa de mantenimiento del sistema de bombeo de agua.....	74
3.9.1. Mantenimiento.....	74
3.9.2. Mantenimiento del equipo.....	75
A. Precauciones a tomarse en cuenta por el personal de mantenimiento.....	75
B. Sistema de agua potable.....	77
a) Elementos susceptibles a falla y su mantenimiento.....	77
Bombas centrifugas.....	77
Lubricación.....	77
Sellos mecánicos.....	78
Rodamientos.....	82
Acoples.....	83
b) Mantenimiento preventivo básico de motores eléctricos.....	84
c) Fallas en el equipo y sus posibles causas.....	86
d) Visitas y revisiones al equipo.....	90
C. Programa de Mantenimiento.....	91
D. Contratación eventual.....	92

CAPITULO IV

COSTOS DEL PROYECTO

4.1. Presupuesto del proyecto.....	94
------------------------------------	----

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	96
5.2. Recomendaciones.....	97

BIBLIOGRAFIA.....	98
--------------------------	-----------

WEBGRAFIA.....	98
-----------------------	-----------

ANEXOS.....	99
--------------------	-----------

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1. Ubicación de la Comunidad Pallina Chico – Provincia Ingavi.....	2
2. Industria de cemento SOBOCE.....	2
3. Funcionamiento del actual abastecimiento de agua.....	4
4. Las propiedades del agua.....	9
5. Abastecimiento de aguas pluviales.....	13
6. Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento.....	15
7. Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento.....	16
8. Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento.....	17
9. Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento.....	18
10. Captación de agua de lluvia.....	19
11. Pozos con bombas manuales.....	19
12. Captación de agua de pequeñas fuentes de agua (manantial).....	20
13. Válvula tipo compuerta.....	24
14. Válvula tipo globo.....	24
15. Válvula de retención.....	25
16. Válvulas reguladoras de presión.....	26
17. Disyuntor termo magnético.....	30
18. Relé térmico.....	31
19. Fusibles.....	32
20. Contacto directo entre la persona y el conductor eléctrico.....	33
21. Contacto indirecto.....	33
22. Partes del contactor.....	35
23. Partes auxiliares del contactor.....	36
24. Simbología del relevador.....	36
25. Partes del relevador.....	37
26. Pulsadores.....	38
27. Diferentes tipos de control de agua.....	38

28. Captación de manantial.....	51
29. Flujo de agua en un orificio de pared gruesa.....	51
30. Carga disponible y pérdida de carga.....	53
31. Distribución de los orificios de pantalla frontal.....	56
32. Bombeo de agua de tanque bajo a tanque elevado.....	63
33. Altura estacionaria (Tanque bajo – Tanque elevado).....	67
34. Estación de bombeo.....	68
35. Tanque de almacenamiento de agua.....	71
36. Selección de bomba de agua Q vs H.....	72
37. Bomba centrífuga.....	77
38. Elementos de un sello mecánico.....	79
39. Sacando sello mecánico de bomba de agua.....	80
40. Sacando con destornillador el sello viejo.....	80
41. Colocando sello mecánico a la bomba de agua.....	81
42. Acople motor – bomba.....	84
43. Partes de un motor eléctrico.....	85

INDICE DE TABLAS

1.1. Aforo volumétrico de la vertiente.....	5
2.1. Tenencia de ganado promedio por cada familia.....	11

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable en las comunidades, pueblos y ciudades, es una cuestión de supervivencia. Es por eso que todos los integrantes de la comunidad deben tener acceso al agua potable. Un sistema de distribución de agua potable se proyecta para suministrar un volumen suficiente de agua a una presión adecuada y con una calidad aceptable, desde la fuente de suministro hasta los consumidores. El sistema básico de abastecimiento de agua potable, incluye la infraestructura necesaria para captar el agua de una fuente que reúna condiciones aceptables, para luego conducirla, almacenarla y distribuirla a la comunidad en forma regular.

En el proyecto se realiza un diseño de sistema de bombeo de agua para la Comunidad Pallina Chico, desde la captación de agua hasta el tanque de almacenamiento en donde se encargara de distribuir de manera constante a cada uno de los hogares de los comunarios, en donde se hará un estudio de la población, la descripción el sistema automático/manual de abastecimiento de agua y el programa de mantenimiento.

1.2 UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO

La Comunidad de Pallina Chico se encuentra ubicada en el Municipio de Viacha en la primera sección de la Provincia Ingavi del Departamento de La Paz, con una elevación promedio de 3,900 msnm de clima frio en la región altiplánica del Departamento de La Paz. La ubicación del proyecto está determinada por las coordenadas geográficas 16°43'15" de latitud sud y 68°20'50" de latitud oeste. **Ver figura 1.** y la planimetría en el **(Anexo 1)**

Figura 1: Ubicación de la Comunidad Pallina Chico - Provincia Ingavi



Fuente:www.google.mapas

El Municipio de Viacha alberga varias actividades productivas como ser: industria, minería y producción agropecuaria.

En los alrededores de Viacha existen unas 50 industrias. De ellas, cuatro se dedican a la minería, una al cemento, una veintena son ladrilleras y caleras y el resto realiza trabajos de manufactura, como sombreros o embutidos, y otra de panificación.

Figura 2: Industria de cemento SOBOCE



Fuente:Elaboracion propia (Foto del lugar)

Debido al crecimiento de la población, la necesidad de proveer de agua se irá incrementando, por lo que se tendrá que abastecer de agua de acuerdo a las

necesidades de la población, el provisionamiento de agua implica que se tenga que ampliar las redes de agua, aducciones de agua, emplear nuevas fuentes de aguas superficiales como de aguas subterráneas.

El consumo de agua por parte de la población y de otras actividades que se vayan a establecer en la ciudad, se van a generar aguas servidas, por lo que se deberán tratar las aguas caso contrario se continuará contaminando los ríos que aportan al río Pallina, que de por sí ya está muy contaminado por las aguas servidas crudas y aguas servidas industriales que se vienen vertiendo en el mismo.

Las enfermedades que predominan en la zona son las siguientes: la diarrea, irritaciones de la piel, malformaciones genéticas y abortos espontáneos en ganado. Se reportó una reducción de la producción de leche, debido a problemas de salud del ganado. Esta contaminación no solo afecta a la población humana y ganadera, sino también a los animales silvestres; se identificó la muerte de diversas especies de aves y peces. Los problemas de salud en la zona se tratan de forma tradicional, poca gente acude a las postas sanitarias. No existen reportes sobre estudios específicos al respecto.

Al presentarse estos problemas de agua, obligo a los Comunarios a realizar medidas adaptativas ante las situaciones de riesgo permanente, por ejemplo en relación con la disminución de agua de ríos, evitando el contacto del ganado y las persona a las aguas negras del río, y se vieron a la necesidad de tomar medidas de búsquedas de agua como en este caso manantiales o vertientes en donde se aprovecha para el consumo del ser humano y para los animales.

1.3 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Con el propósito de mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la zona y con el objetivo de apoyar el mejoramiento de la agricultura además de la crianza de ganado ovino, bovino y con la planificación participativa del Municipio de Viacha se plantea el

siguiente proyecto debido al incremento de la población y la demanda de los productos del altiplano.

La Comunidad actualmente posee una principal fuente de abastecimiento (vertiente), con una mayor producción de caudal, esta fuente puede ser la solución para el desabastecimiento del agua de la comunidad por un largo tiempo.

1.4 FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA VERTIENTE

En las siguientes imágenes se muestran el sistema actual de bombeo. **Ver figura 3**

Figura 3: Funcionamiento del actual abastecimiento de agua



Tanque bajo



Tanque elevado, distribución por gravedad



Bomba centrífuga



Accionamiento de la bomba
Palanca de cuchilla

Fuente:Elaboracion propia (Foto del lugar)

El aforo respectivo fue realizado en la época de estiaje, resultando un caudal disponible de 1,35 l/s, para obtener este caudal se realizó un aforo volumétrico, cronometrando el tiempo de llenado de un recipiente con volumen de 25 litros en un tiempo de 18,47seg, realizando varias veces este procedimiento para lograr el valor más exacto posible del caudal y poder tener en cuenta la capacidad del nacimiento determinado por la comunidad. **Ver tabla 1.1**

Tabla 1.1: Aforo volumétrico de la vertiente

Tiempo (seg)	Volumen del recipiente (0.5x0.5x0.1)m ³
18.35	0.025
18.50	0.025
18.45	0.025
18.55	0.025
18.50	0.025
Promedio	18.47 0.025 m ³ = 25 lts

Fuente:Elaboracion propia

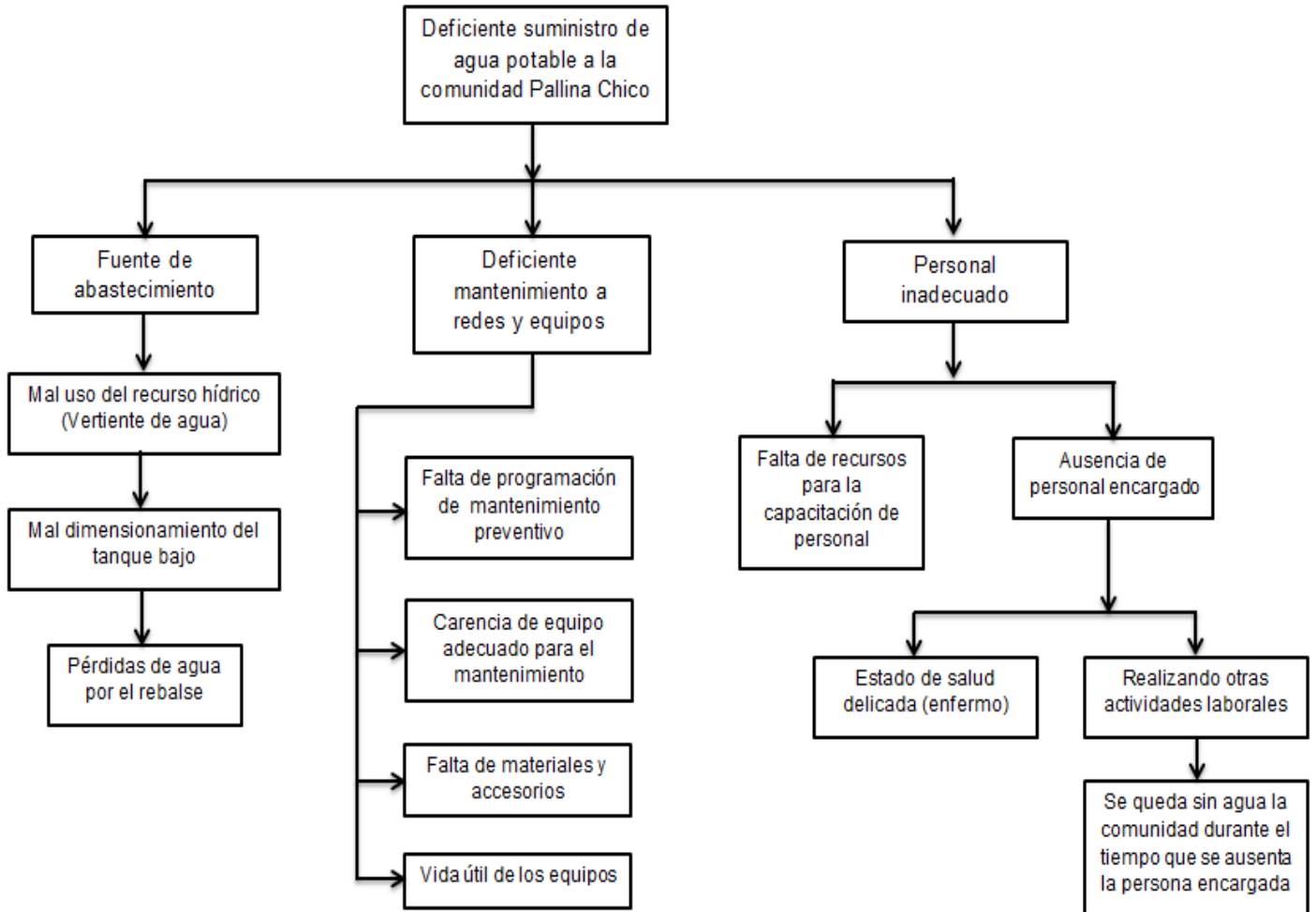
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema existente en la comunidad es el abastecimiento de agua a los comunarios y los animales, ya que con el actual sistema de bombeo de agua no es constante y no abastece su tanque de almacenamiento, debido a que la bomba se energiza dos veces al día operado por una persona encargada anualmente, en la mañana de 7:00am a 8:00am y por la tarde de 17:00pm a 18:00pm, pero cuando el consumo es mayor durante el día el tanque de almacenamiento queda vacía hasta el mediodía quedando sin agua los comunarios y los animales. Y la persona encargada se encuentra realizando otras actividades laborales, durante el tiempo que se ausenta la persona encargada la comunidad se queda sin agua.

Es por esa razón que se desea diseñar un nuevo sistema de bombeo de agua para abastecer a la Comunidad, en donde se diseñará un tanque almacenamiento que abastezca a la Comunidad y a la vez obtener un mejor control del equipo de bombeo, así tener un suministro de agua de manera constante, en donde la bomba se encargue de llenar el tanque de almacenamiento de manera automática, ya que el agua es

primordial para cualquier actividad que se realice y para las necesidades del ser humano.

Árbol de problemas del desabastecimiento de agua de la Comunidad Pallina Chico



1.6. OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Diseñar el sistema de bombeo de agua potable para la Comunidad Pallina Chico en la Provincia Ingavi del Departamento de La Paz.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Mejorar el aprovechamiento de los recursos hídricos existentes en la zona
- Diseñar el sistema de bombeo, captación y caseta de bombeo
- Calcular y seleccionar la línea de impulsión hidráulica
- Dimensionar el tanque de almacenamiento de agua
- Seleccionar las bombas de agua
- Realizar el circuito de control automático y manual
- Seleccionar los dispositivos de control de nivel de agua
- Realizar el circuito de fuerza
- Seleccionar elementos de protección
- Seleccionar los elementos de maniobra
- Evaluar costos de instalación

1.7 JUSTIFICACIÓN

La necesidad de contar con el suministro de agua de manera constante en la comunidad es primordial, ya que el consumo de agua es para el ser humano y los animales. Siendo el orden de preferencia en el uso de la aguas lo siguiente: para las necesidades primarias y abastecimiento de la comunidad, para la crianza de los animales y para otros usos.

El problema planteado exige una solución inmediata de tal forma los Comunarios cuenten con un suministro de agua de manera segura, confiable y constante. Es por esa razón que en este proyecto se propone el diseño de un Sistema de Bombeo de

agua para la Comunidad Pallina Chico, donde se beneficiaran los Comunarios al obtener un suministro de agua de manera constante.

1.8 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de este proyecto es el diseño de un sistema de bombeo de agua de tanque bajo a tanque elevado para la Comunidad Pallina Chico, este proyecto beneficiara a 45 familias de agricultores. A la vez este proyecto servirá como una guía de referencia para otras aplicaciones sobre el tema de diseño de sistema de bombeo de agua en el área rural.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 AGUA

El agua es un elemento básico para la vida. No sólo es necesaria en cantidad suficiente para crear y mantener hábitos de higiene, también es importante su calidad para evitar enfermedades como diarreas, parasitosis, fiebre tifoidea y epidemias como el cólera.

El agua cubre la mayor parte de nuestro planeta. Puede encontrarse en estado sólido (hielo), gaseoso (vapor de agua) o mayormente en estado líquido (ríos, mares, lagos).

Ver la Figura 4

Figura 4: Las propiedades del agua



Fuente: www.google.com

El agua para el consumo humano debe reunir ciertas características físicas, químicas y bacteriológicas para no causar problemas en la salud de las personas. El 72% del cuerpo humano es agua. Para su adecuado funcionamiento nuestro cuerpo requiere entre uno y tres litros de agua diarios para evitar la deshidratación; la cantidad precisa depende del nivel de actividad, temperatura, humedad y otros factores. El cuerpo pierde

agua por medio de la orina, las heces fecales, la transpiración y la exhalación del vapor de agua en nuestro aliento. El agua para consumo humano debe ser potable.

2.2 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

2.2.1 Población

La Comunidad Pallina Chico comprende de 45 familias de los cuales el grupo familiar comprende de 5 componentes promedio las ocupaciones más relevantes en la comunidad existen agricultores, constructores. El rol que cumple la mujer dentro de la comunidad es importante ya que ocupa funciones de cuidados de hogar como amas de casa, labores de cuidado de rebaño en el pastoreo y en algunas actividades agrícolas

2.2.2 Idioma

Los idiomas practicados en las diferentes formas de relacionamiento son el aymara y el castellano, siendo la primera el 100% de la población mayor a 3 años, existiendo aproximadamente un 85% de la población bilingüe y un 15% que hablan solamente idiomas nativos especialmente las personas mayores de 65 años en su generalidad mujeres

2.2.3 Índice de Pobreza

Los niveles de pobreza en el altiplano son elevados, esto se observa en la mayor parte de nuestro departamento siendo considerablemente en el área rural, donde la población tiene insatisfechas sus necesidades esenciales al no contar con acceso adecuado a los servicios básicos.

2.2.4 Producción Agrícola

Se puede mencionar que la actividad agrícola se practica en calidad de auto sustento, con una superficie cultivable promedio de 2 hectáreas por familia y 5 hectáreas de superficie pastoreable, los problemas más comunes para los agricultores son de carácter climatológico como las sequias, heladas y granizada, lo que hace que la actividad agrícola sea de alto riesgo por lo mismo permite que exista una práctica agrícola muy limitada.

2.2.5 Producción Pecuaria

La actividad pecuaria de la Comunidad Pallina Chico está concentrada en la crianza de: bovinos, ovinos, porcinos, camélidos y animales menores como aves de corral y otros según la posibilidad de cada familia. **Ver la tabla 2.1**

Tabla 2.1: Tenencia de ganado promedio por cada familia

Tipo de Ganado	Cantidad
Bovino	4
Ovino	9
Porcino	1
Equino	1
Aves de corral	3

Fuente: Encuesta en la comunidad
(Elaboración propia)

2.2.6 Destino de la Producción

El destino de la producción agrícola en su generalidad como se ha mencionado anteriormente es de autoconsumo, pero existe actividad comercial hacia las ferias locales y regionales como la población de Viacha y las ciudades de El Alto y La Paz.

Los productos a comercializar son: papa, quinua, cebada, ganados, carne, leche, queso, lana, cuero, huevos, etc.

2.2.7 Organización Comunitaria

En la comunidad Pallina Chico cuenta con un comité comunitario, que son los encargados de promover la planificación y ejecución de proyectos en beneficio para la comunidad. Las autoridades están conformadas de 9 a 11 miembros, donde cuentan con un Presidente Comunitario (Jach'a Mallku), Jisk'a Mallku, Secretario de Actas, Tesorero y el resto Vocales.

2.3 EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

En el medio rural casi todas las comunidades cuentan con fuentes de agua ya que este es un requisito indispensable para su Comunidad. Las tres categorías más importantes de las que suelen disponer las comunidades son las fuentes subterráneas, las superficiales y las pluviales.

2.3.1. Fuente de Aguas Subterráneas

La gran mayoría de sistemas de abastecimiento consisten en captaciones subterráneas y es probable que esta fuente siga siendo la principal para las comunidades rurales, sobre todo debido a las ventajas que ofrecen principalmente en cuanto a:

- Suelen estar libres de bacterias y microorganismos patógenos.
- Comúnmente se consumen sin ningún tratamiento.
- Su captación y distribución son prácticas en la mayoría de casos.
- La capa acuífera de la que se extraen constituye generalmente un depósito natural en el punto de la toma.

El caudal y ubicación con respecto a las comunidades es por lo general determinante para la selección de tecnologías para su utilización, especialmente si se trata de poblaciones dispersas. Se debe tener en cuenta que si bien el agua subterránea suele ser de buena calidad, necesita de un tratamiento de desinfección preventivo para su consumo. Así que en el desarrollo de las opciones tecnológicas, estará sobreentendido que éstas deberán de estar acompañadas de un proceso de desinfección preventivo.

2.3.2. Fuente de Aguas Superficiales

Las aguas superficiales proceden en su mayor parte de la lluvia y son una mezcla del agua que corre por el suelo y de la que brota del subsuelo. Están constituidas por los ríos, lagos y embalses, su volumen depende principalmente de la intensidad de las precipitaciones, clima y vegetación. Sin embargo, debido a su exposición al medioambiente el agua puede contaminarse en mayor o menor grado en su recorrido, es por ello que en la mayoría de casos esta fuente necesita de un tratamiento que consiste en la clarificación y desinfección, estos dos procesos son enfocados desde una perspectiva económica en las opciones tecnológicas para poblaciones dispersas.

2.3.3. Fuente de Aguas Pluviales

La atmósfera constituye otra de las fuentes más importantes de agua, cuyo aprovechamiento está aún en desarrollo para su aprovechamiento el agua para consumo en poblaciones del sector rural; el agua de lluvia en mucha zonas de los andes, es utilizada para la agricultura pero también es posible captarlo para agua de bebida. Aparte de la precipitación, en algunos sectores del país y debido a las condiciones meteorológicas existentes se forman grandes cantidades de reservas de agua en estado de sobre saturación de humedad más comúnmente conocida como niebla, la que también puede constituir una opción que vale la pena mencionar ya que por lo menos puede servir para consumo directo si es que se opta por su captación.

Figura 5: Abastecimiento de aguas pluviales



Fuente: www.google.com

2.4 TIPOS DE SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA

2.4.1 Sistemas Convencionales de Abastecimiento de Agua

Son sistemas diseñados y construidos a partir de criterios de ingeniería claramente definidos y tradicionalmente aceptados, con un resultado preciso para el nivel de servicio establecido por el proyecto, ya sea a nivel de vivienda mediante conexiones domiciliarias o a nivel comunitario con piletas públicas.

Los sistemas convencionales son:

a) Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento

Son sistemas donde la fuente de abastecimiento de agua de buena calidad y no requiere tratamiento complementario previo a su distribución; adicionalmente, no requieren ningún tipo de bombeo para que el agua llegue hasta los usuarios.

Las fuentes de abastecimiento son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras afloran a la superficie como manantiales y la segunda es captada a través de galerías filtrantes.

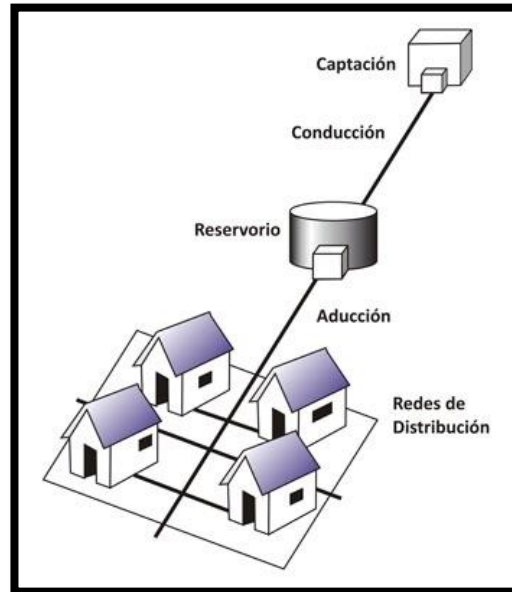
En estos sistemas, la desinfección no es muy exigente, ya que el agua que ha sido filtrada en los estratos porosos del subsuelo, presenta buena calidad bacteriológica. Los sistemas por gravedad sin tratamiento tienen una operación bastante simple, sin embargo, requieren un mantenimiento mínimo para garantizar el buen funcionamiento.

Ver la figura 6

Sus componentes son:

- Captación.
- Línea de conducción o impulsión.
- Reservorio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias y/o piletas públicas.

Figura 6: Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento



Fuente: www.google.com (abastecimiento de agua en zonas rurales)

b) Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento

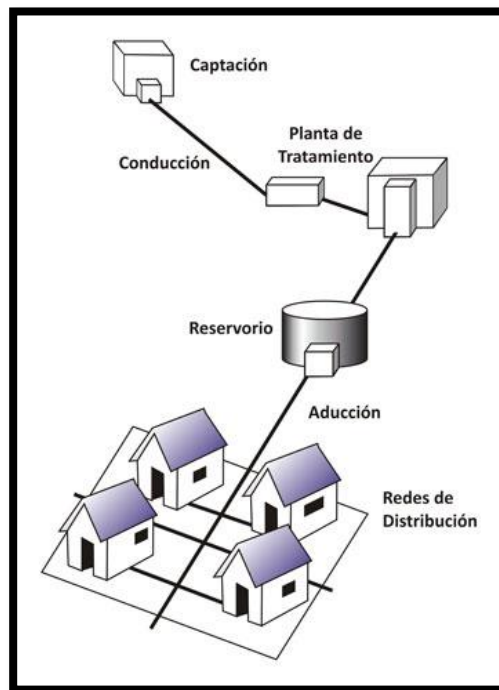
Cuando las fuentes de abastecimiento son aguas superficiales captadas en canales, ríos, etc., requieren ser clarificadas y desinfectadas antes de su distribución. Cuando no hay necesidad de bombear el agua, los sistemas se denominan “por gravedad con tratamiento”. Las plantas de tratamiento de agua deben ser diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda.

Estos sistemas tienen una operación más compleja que sistemas sin tratamiento, y requieren mantenimiento periódico para garantizar la buena calidad del agua. Al instalar sistemas con tratamiento, es necesario crear las capacidades locales para operación y mantenimiento, garantizando el resultado esperado. **Ver la figura 7**

Sus componentes son:

- Captación.
- Línea de conducción o impulsión.
- Planta de tratamiento de agua.
- Reservorio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias y/o piletas públicas.

Figura 7: Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento



Fuente: www.google.com (abastecimiento de agua en zonas rurales)

c) Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento

Estos sistemas también se abastecen con agua de buena calidad que no requiere tratamiento previo a su consumo. Sin embargo, el agua necesita ser bombeada para ser distribuida al usuario final. Generalmente están constituidos por pozos.

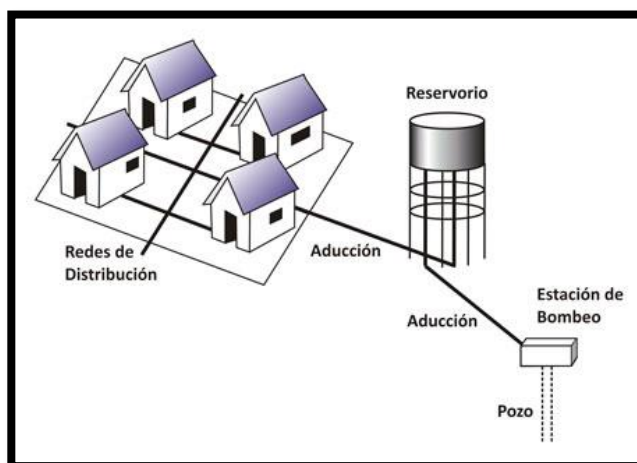
Ver la figura 8

Sus componentes son:

- Captación.
- Estación de bombeo de agua.
- Línea de conducción o impulsión.
- Reservorio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias

Para este tipo de sistema no es conveniente un nivel de servicio por piletas públicas.

Figura 8: Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento



Fuente: www.google.com (abastecimiento de agua en zonas rurales)

d) Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento

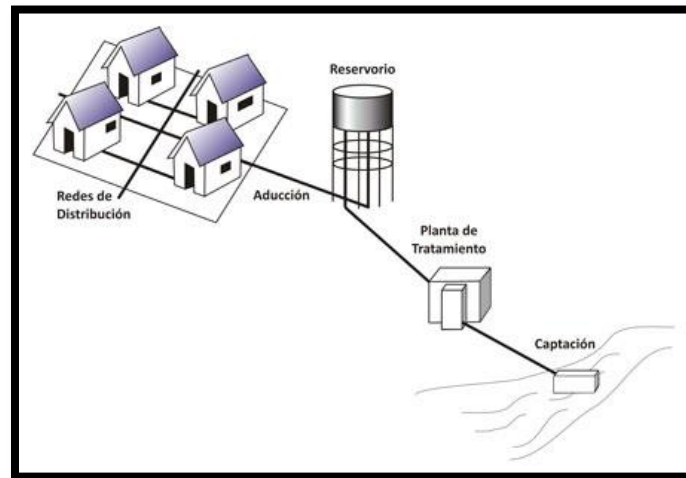
Los sistemas por bombeo con tratamiento requieren tanto la planta de tratamiento de agua para adecuar las características del agua a los requisitos de potabilidad, como un sistema de bombeo para impulsar el agua hasta el usuario final. **Ver la figura 9**

Sus componentes son:

- Captación.
- Línea de conducción o impulsión.
- Planta de tratamiento de agua.
- Estación de bombeo de agua.
- Reservorio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias

Para este tipo no es conveniente un nivel de servicio por piletas públicas.

Figura 9: Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento



Fuente: www.google.com (abastecimiento de agua en zonas rurales)

2.4.2 Sistemas No Convencionales de Abastecimiento de Agua

Estas opciones tecnológicas se refieren a soluciones individuales o multifamiliares dirigidas al aprovechamiento de pequeñas fuentes de agua. Están compuestas por los siguientes tipos de sistemas de abastecimiento de agua:

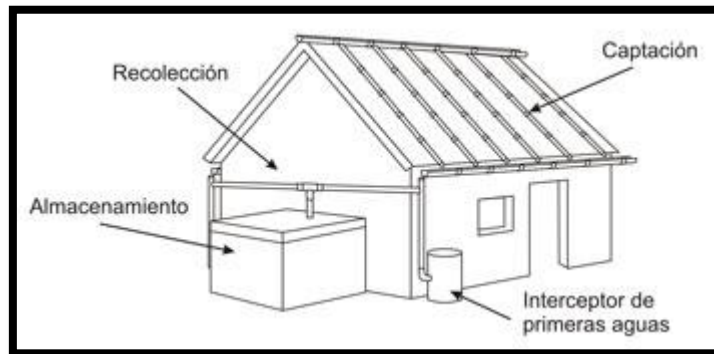
- Captación de agua de lluvia.
- Pozos con bombas manuales.
- Manantiales con protección de vertiente.

a) Captación de Agua de Lluvia

El agua de lluvia puede ser captada en lagunas de acumulación para su posterior uso. También se captan directamente en los techos de las viviendas y se acumulan en tanques de almacenamiento. El agua deberá ser desinfectada previamente a su consumo.

La ventaja de este sistema es su simplicidad y bajo costo de implementación, sin embargo, el suministro se queda condicionado a la variabilidad de la precipitación, resultando en discontinuidad del servicio. **Ver la figura 10**

Figura 10: Captación de agua de lluvia



Fuente: www.google.com (abastecimiento de agua en zonas rurales)

b) Pozos con Bombas Manuales

Son soluciones compuestas por pozos perforados o excavados debidamente protegidos, que pueden ser del tipo familiar o multifamiliar.

Dependiendo del tipo de protección del pozo y de la presencia de puntos de contaminación, el agua debe ser desinfectada antes de ser destinada al consumo humano directo. **Ver la figura 11**

Figura 11: Pozos con bombas manuales



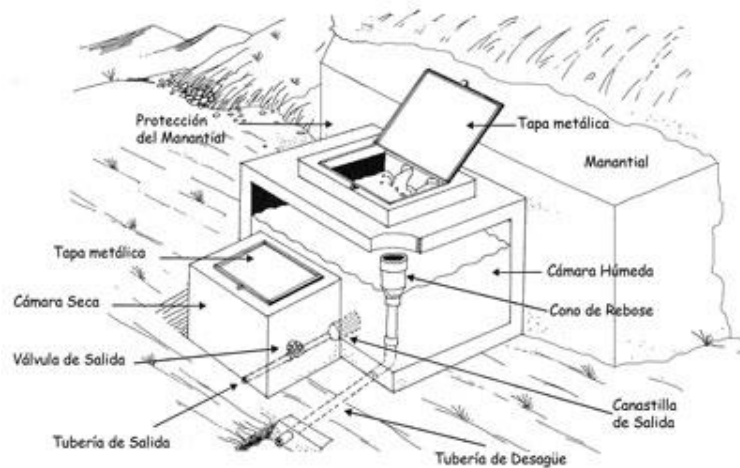
Fuente: www.google.com (abastecimiento de agua en zonas rurales)

c) Manantiales con Protección de Vertiente

Se constituyen en sistemas de abastecimiento de agua a partir de la captación segura de pequeñas fuentes de agua subterránea ubicadas cerca de la vivienda o grupo de viviendas.

Esta solución se compone de captación y surtidor, en el lugar donde se ubica la fuente o con conducción a los usuarios mediante tuberías de pequeño diámetro. **Ver figura 12** El nivel de servicio puede ser del tipo familiar o multifamiliar, según la capacidad de la fuente y del número de usuarios.

Figura 12: Captación de agua de pequeñas fuentes de agua (manantial)



Fuente: www.google.com (abastecimiento de agua en zonas rurales)

2.5 GOLPE DE ARIETE

Golpe de ariete es el término utilizado para denominar el choque producido en una conducción por una súbita disminución en la velocidad del fluido.

El cierre en una válvula en una tubería provoca el corte en la circulación del fluido (reducción de la velocidad de circulación a cero) generándose una onda de presión que aumentará la tensión de trabajo esperada en las paredes de la tubería, pudiendo llegar en casos extremos a su rotura.

Siempre que el tiempo de cierre de la válvula sea inferior al tiempo de prolongación de ondas de choque (desde la válvula hasta la embocadura de la tubería y vuelta de nuevo hasta la válvula) se manifestará este fenómeno.

Protección contra el golpe de ariete

El golpe de ariete puede atenuarse o evitarse con sistemas concebidos al efecto tales como:

- Volantes de inercia
- Chimeneas de equilibrio
- Depósitos de aire
- Amortiguadores a vejiga
- Válvulas de seguridad
- Ventosas
- Válvulas de retención
- Válvulas de retención anti ariete
- Moderadamente mediante arrancadores estáticos o variadores de velocidad

2.6 CLASIFICACIÓN DE BOMBAS DE AGUA

2.6.1. Bomba de Agua

Bomba es un dispositivo empleado para elevar el agua u otro líquido, puesto que son herramientas que agregan carga al flujo y añaden energía a los líquidos, intercambiando energía a través del movimiento de los álabes.

Una bomba no desarrolla ninguna energía propia. Simplemente transfiere la fuerza de una fuente de energía, para poner en movimiento un líquido. Por ejemplo, un motor eléctrico puede imprimir energía a una bomba para utilizar el agua ya sea por conducción directa o por almacenamiento.

2.6.2. Tipos de bombas

Los tipos de bombas comúnmente utilizados para la entrega de fluido pueden clasificarse de la siguiente forma:

➤ Desplazamiento positivo:

- Rotatorias
 - De engranajes
 - De paleta
 - De tornillo
 - De cavidad progresiva
 - De lóbulo o álabe

- Reciprocantes
 - De pistón
 - De inmersión
 - De diafragma

➤ Cinéticas

- De flujo axial (centrífuga)
- De flujo axial (de impulsor)
- De flujo mixto

2.6.2.1. Bombas de desplazamiento positivo

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

2.6.2.2. Bombas cinéticas o centrífugas

Las bombas cinéticas adicionan energía al fluido acelerando a través de la acción de un impulsor giratorio. El fluido se alimenta hacia el centro del impulsor y después se lanza

hacia fuera a través de las paletas. Al dejar el impulsor el fluido pasa a través de una voluta en forma de espiral en donde es frenado en forma gradual, provocando que parte de la energía cinética se convierta en presión de fluido.

Existen muchas otras maneras en que las bombas pueden mover líquidos. Sin embargo, en el campo de la hidráulica, cuando se trata específicamente del agua, las bombas más comunes son las centrífugas.

2.7 TIPOS DE VÁLVULAS

La conducción o transporte de fluidos por medio de tuberías, sean estos agua, u otro tipo de líquidos, o aire u otro tipo de gaseoso, requieren las más de las veces el control del flujo, su regulación, o impedir que este pueda retornar en contra de un determinado sentido de circulación y muchas veces también se requiere poder mantener el flujo a una determinada presión de servicio o liberar el exceso de presión cuando esta sobrepasa ciertos límites de seguridad.

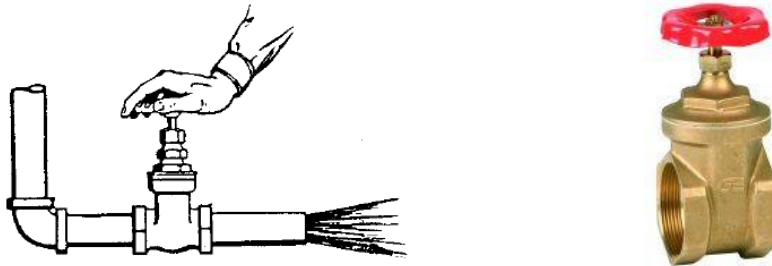
Para estas variadas funciones se utilizan las válvulas, las cuales intercaladas convenientemente en las tuberías, deben cumplir a cabalidad el fin para el cual se las ha elegido. A continuación se presentan las principales funciones y características constructivas de las válvulas con miras a orientar su correcta elección.

2.7.1. Tipos y Funciones Básicas de las Válvulas

a) Válvula Tipo Compuerta

Son las más utilizadas para abrir o cerrar por completo el paso de un fluido. Estas válvulas son las más convenientes, ya que por su construcción interior, cuando están cerradas producen un cierre hermético, y cuando se abren completamente permiten el máximo paso al fluido, con la mínima pérdida de carga a través de la válvula, ya que en posición abierta, la válvula no solo facilita el paso en línea recta sino que además mantiene la misma área de la tubería a la cual está unida. **Ver figura 13**

Figura 13: Válvula tipo compuerta



Fuente: www.google.com

b) Válvula Tipo Globo

Son las más adecuadas para regular o limitar el paso de un fluido. Dichas válvulas tiene sus asientos construidos de tal modo que producen un cambio en la dirección del flujo que las atraviesa, incrementado su resistencia al paso en forma gradual, según la posición de cierre.

Estas válvulas se usan poco para los diámetros mayores de 12" debido a los grandes esfuerzos que requieren para ser operadas bajo altas presiones.

Para regular el flujo con mayor precisión en diámetros menores de una pulgada, se usa otra versión de la válvula globo, que por tener su vástago cónico muy alargado, se conoce con el nombre de válvula de aguja. **Ver figura 14**

Figura 14: Válvula tipo globo



Fuente: www.google.com

c) Válvulas de Retención

Estas válvulas se construyen en dos tipos distintos, conocidos con los nombres de; retención a bisagra y retención horizontal.

Ambos tipos están diseñados para producir la misma simple función de permitir el paso del flujo solo en una dirección, de modo que el sentido del flujo las abre, mientras que la fuerza de la gravedad y el contrasentido del mismo flujo las cierra automáticamente.

Como regla general, las válvulas de retención del tipo bisagra se usan con las válvulas de compuerta y las de tipo horizontal con las válvulas de globo. **Ver figura 15**

Figura 15: Válvula de retención

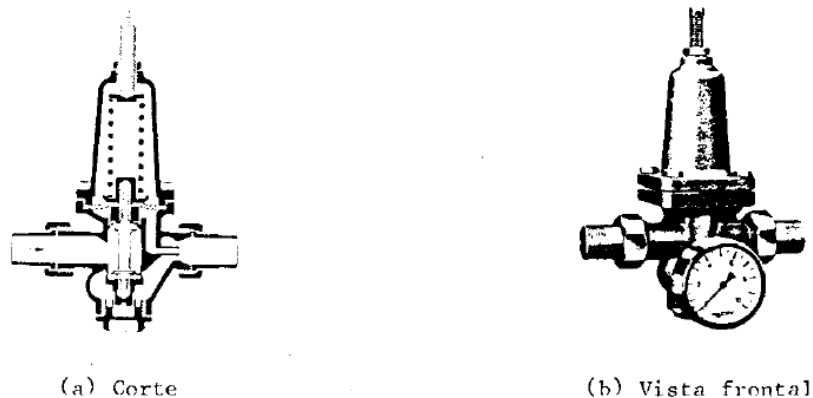


Fuente: www.google.com

d) Válvulas Reguladoras de Presión

Se utilizan cuando es necesario reducir la alta presión variable existente en el suministro de entrada, a una presión más baja y constante requerida por el servicio, estas válvulas no solo reducen la presión, sino que la mantiene a los valores prefijados en forma independiente de la cantidad de fluido que pasa a través de ellas, todo dentro de límites razonables previamente establecidos. **Ver figura 16**

Figura 16: Válvulas reguladoras de presión



Fuente: www.google.com

2.8 LA AUTOMATIZACIÓN

La automatización es el uso de elementos mecánicos, eléctricos o electrónicos para controlar procesos industriales substituyendo el trabajo del ser humano. Provee a los operadores humanos de mecanismos autónomos o semi autónomos para ayudarlos a extender sus capacidades físicas al realizar tareas conocidas por él, de una manera más eficiente y segura.

A. Generalidades del Control

El control es todo aquello capaz de gobernar, dirigir, mandar o regular un sistema incluyendo en el todas las funciones que realiza. De acuerdo a estas funciones se debe tomar en consideración la complejidad que puede llegar a tener el sistema, ya que esto se define por el tipo de sistema que se va a controlar y por los componentes que lo constituyen tales como un interruptor, relevadores y controladores de tiempo.

Los controladores realizan varias funciones como arranque, aceleración, regulación de velocidad, regulación de potencia, protección, inversión y parada. A estos elementos se les llama componentes de control, los cuales se encargan de llevar a cabo el buen funcionamiento del sistema.

a) Control Manual

El control manual es el más conocido y se utiliza para controlar sistemas pequeños por eso el operador debe de estar muy cerca del área de producción, por si existe una falla en la máquina, esta debe de ser detenida. De lo contrario, si está lejos y el operador se tarda en desactivar el proceso, la maquina puede sufrir daños. Este tipo de mando es muy incómodo para el operador ya que requiere de una presencia constante mientras la maquina esté operando.

b) Control Semiautomático

Este tipo de control utiliza arrancadores electromagnéticos y uno o más dispositivos pilotos manuales como por ejemplo pulsadores, interruptores de maniobra, dispositivos analógicos. Este tipo de control se emplea para facilitar las maniobras de mando y dar flexibilidad a las maniobras de control, por lo que el operador puede estar situado en un lugar conveniente para realizar los cambios que se requieran realizar en el funcionamiento de esta manera puede estar en un lugar y en la posición más cómoda.

c) Control Automático

El control automático tiene funciones que están controladas por uno o más dispositivos de piloto automático, la orden inicial es de forma automática, pero por lo general se realiza con control manual en un panel de pulsadores o interruptores. Para poder llevar a cabo la marcha del motor, el control debe de haberse programado inicialmente por un sistema de control por lo que ahora el operador no se encuentra en el lugar.

Para ejemplificar el control automático se considera un depósito de agua el cual debe permanecer lleno. No es necesario que haya un operador puesto que cuando el agua se encuentra en el nivel bajo se cierra el circuito y se acciona el motor, y cuando el agua alcanza el nivel superior se abre el circuito por medio de un interruptor de flotador, de esta manera la función del operador no se está cumpliendo puesto que el control automático lo está haciendo.

B. Controlador Lógico Programable (PLC)

Se entiende por controlador lógico programable (PLC) a toda máquina diseñada para controlar en tiempo real procesos secuenciales, su manejo y programación pueden ser llevadas a cabo por personal con estudios eléctricos o electrónicos sin conocimientos informáticos.

El PLC realiza funciones lógicas, series, paralelos, temporizaciones, conteos y otras más complicadas como cálculos y regulaciones. También se le puede definir como una caja negra en la que existen unas terminales de entrada a las que se conectarán pulsadores, detectores y unas terminales de salida a las que se conectarán bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas y otros. De tal forma que la operación de estos último este en función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado.

a) Ventajas

- Se pueden implementar en espacios reducidos
- Aplicables en procesos de producción periódicamente cambiantes
- Aplicables en procesos secuenciales
- Adaptable para maquinarias de procesos y amplios
- Cuenta con programación de chequeo centralizada en las partes del proceso
- Reduce los tiempos de elaboración de proyectos
- Permite hacer modificaciones sin necesidad de otros componentes
- Menor costo de mano de obra
- Permite gobernar varias máquinas con el mismo autómata
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento
- Siempre puede ser reutilizable en otros procesos industriales, máquinas o sistemas de producción

b) Desventajas

- Costo del PLC
- Adiestramiento al operador

2.9. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Todos los motores deben protegerse inexcusablemente, por imperativo legal, contra los efectos perjudiciales de las sobrecargas y los cortos circuitos. Esta protección se realizara mediante dispositivos que sean capaces de producir la desconexión del circuito en un tiempo apropiado, cuando la intensidad supere un valor preestablecido. Los dispositivos previstos en el reglamento, capaces de cumplir esta función son:

Protección contra sobrecargas

- Interruptores automáticos con relé térmico
- Fusibles de características y calibre apropiados

Protección contra cortocircuitos

- Interruptores automáticos con relé magnético
- Fusibles de características y calibres apropiados

Protección contra contactos a tierra

- Dispositivos diferenciales

2.9.1. Disyuntor Termomagnético

Los disyuntores termomagnéticos son aparatos de protección termomagnética utilizados para la protección de instalaciones y aparatos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos, están equipados con un disparador bimetálico para protección contra sobrecargas y con una bobina de disparo electromagnético para protección contra cortocircuitos.

Elemento térmico, consta esencialmente de la unión de dos elementos de diferente coeficiente de dilatación, lo que conocemos como par térmico; el par térmico, al paso de la corriente se calienta y por lo tanto se deforma, o que produce un cambio de posición que es aprovechado para accionar el mecanismo de disparo del interruptor. Opera

desde el punto de vista de tiempo de apertura con curvas características de tiempo – corriente.

El elemento magnético, consta de una bobina cuyo núcleo es movable y que puede operar o disparar el mecanismo del interruptor; el circuito se abre instantáneamente cuando ocurre una sobrecorriente. El elemento magnético regulador de fallas, opera con sobrecargas. Luego de la interrupción tendrá que restablecerlo manualmente, verificando previamente la causa de la falla. **Ver figura 17**

Figura 17: Disyuntor termomagnético



Fuente: www.google.com

2.9.2. Relé Térmico

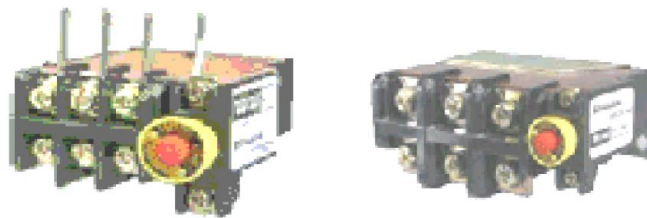
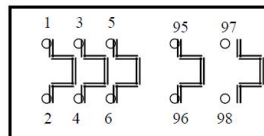
Se entiende que un circuito está afectado por una sobrecarga cuando los valores de sus intensidades alcanzan valores elevados que las correspondientes a su valor nominal, pero sin exceder demasiado de él (de $1.1I_n$ a $3 I_n$), aparte, no se produce de forma instantánea, permitiendo al circuito adaptarse a los cambios. No son por tanto demasiados perjudiciales, siempre que su duración no permita que se alcancen temperaturas admisibles en los aislantes de los circuitos. Es más, para una correcta utilización de las instalaciones y maquinas es bueno que los dispositivos de seguridad permitan en cierto modo y durante un tiempo determinado, estas sobrecargas, evitándose así desconexiones indebidas que perjudicaran el normal funcionamiento del arranque de los motores. Es importante para una correcta elección tener presente, entre otras cosas las características de arranque de la maquina (corriente, duración y

frecuencia) la temperatura ambiente (del relé térmico y del elemento a proteger), las condiciones externas de funcionamiento (posibles sobrecargas temporales).

El funcionamiento del relé es sencillo; cuando una intensidad, dentro de los valores normales, circule por la lámina bimetálica, se producirá un calor que será disipado sin dificultad por el mismo material, más cuando la intensidad alcance los valores mayores permitidos, la lámina ya no podrá disipar tanta energía calorífica y comenzará el proceso de dilatación. Al estar las láminas unidas magnéticamente o por soldadura, resulta imposible su elongación por separado, así el metal cuyo coeficiente de dilatación sea mayor no tendrá más alternativa que curvarse sobre el material con coeficiente de dilatación menor, de forma que: si se fija uno de los extremos en la lámina bimetálica, el otro extremo no tendrá coeficiente de dilatación térmica. **Ver figura 18**

Si esta lámina bimetálica, al llegar en su curvatura a un punto determinado, acciona algún mecanismo, abre un contacto o actúa sobre cualquier otro dispositivo solidario como la bobina de un contactor, puede conseguirse la desconexión del circuito por apertura del relé térmico.

Figura 18: Relé térmico



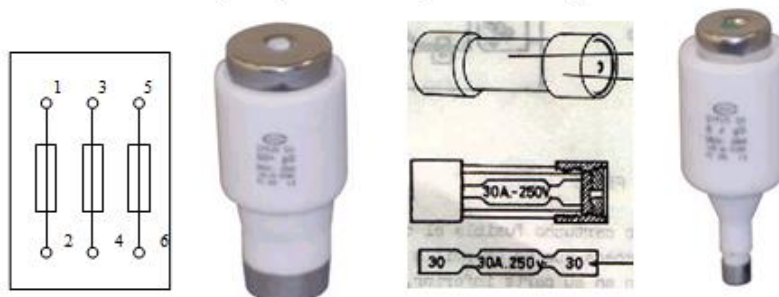
Fuente: www.google.com

2.9.3. Fusibles

El fusible o cortacircuito es el aparato de conexión que provoca la apertura del cortocircuito en el que está instalado, por fusión, debido al calentamiento de uno o varios elementos destinados a este fin, cortando la corriente cuando ésta sobrepasa un

determinado valor durante un tiempo. Se debe ajustar el calibre de los fusibles lo más posible a la intensidad nominal de la carga. En caso de que la carga sea motores se tendrá especial cuidado en que los fusibles puedan resistir las sobrecargas de arranque. No se protegen los motores trifásicos simplemente con fusibles, más bien resultaría contraproducente, puede quemarse un solo fusible y continuar trabajando el motor con dos fases hasta quemarse éste por lo tanto se recomienda proteger con interruptores termomagnéticos. **Ver figura 19**

Figura 19: Fusibles NH



Fuente:www.google.com

2.9.4. Interruptor Diferencial

Las llaves termomagnéticas y los fusibles que aparecen en los tableros eléctricos han sido diseñados para proteger básicamente a las instalaciones, y a las maquinarias y equipos, ya sean domésticos o industriales de fenómenos eléctricos que generan daños tales como sobrecargas o cortocircuitos. Estos equipos se complementan con la puesta a tierra.

El interruptor se llama diferencial porque monitorea continuamente la diferencia entre la corriente entrante al circuito y la saliente. Si existe dicha diferencia, quiere decir que hay “una falla de tierra”, que en muchos de los casos es la fuga de corriente a tierra a través de la persona que hace contacto con un objeto energizado eléctricamente, los contactos que generen un choque eléctrico o “patada” pueden ser:

1) Directo

Es el contacto entre la persona y las partes activas del equipo que están diseñadas para “estar en tensión” (conducir electricidad) como (cables, patas de enchufe, etc.).

Ver figura 20

Figura 20: contacto directo entre la persona y el conductor eléctrico



Fuente: Elaboración propia (foto)

2) Indirecto

Tiene lugar al tocar ciertas partes que habitualmente no están diseñadas para el paso de la corriente eléctrica, como partes metálicas o carcazas de equipos o accesorios pero que pueden quedar en tensión por algún defecto (ejemplo rotura de aislación de un cable interno)

Estas se originan por el envejecimiento de las aislaciones de los cables, los cortes de algún conductor, uniones mal aisladas, etc. **Ver figura 21**

Figura 21: contacto indirecto



Fuente: Elaboración propia (foto)

El interruptor diferencial tiene sensibilidad para detectar fugas de corriente de 30 miliamperes y cortar el suministro de corriente al circuito en un tiempo de 30 milisegundos

El interruptor diferencial también previene el riesgo de incendio. Puede ocurrir que ante una eventual rotura de la aislación de un cable se produzca una fuga de corriente a tierra, si el valor de la corriente es de entre 300 y 500 mili amperes existe el riesgo que se produzca un arco eléctrico que genere un incendio

El interruptor diferencial diseñado para detectar la fuga cortará inmediatamente el suministro eléctrico.

2.10. ELEMENTOS DE MANIOBRA

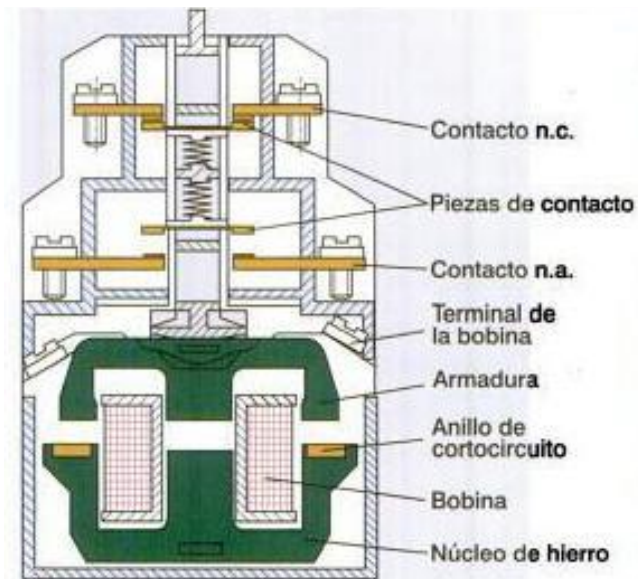
2.10.1. Contactor

Es un interruptor accionado electro-magnéticamente diseñado para abrir y cerrar un circuito de potencia. **Ver figura 22**

Básicamente están constituidos por:

- **Contactos principales:** Destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia.
- **Contactos auxiliares:** Destinados a abrir y cerrar el circuito de mando, están acoplados mecánicamente a los contactos principales.
- **Bobina:** Produce una fuerza de atracción al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su alimentación puede ser de 12, 24, 110 o 220 V.
- **Armadura:** Es la parte móvil que se encarga de desplazar los contactos principales y auxiliares por la excitación de la bobina.
- **Núcleo:** Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.
- **Resorte:** Parte mecánica que devuelve a los contactos a su posición de reposo cuando haya desaparecido la excitación de la bobina.

Figura 22: Partes del Contactor



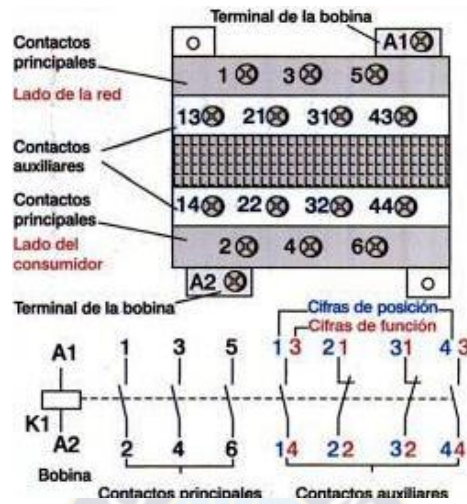
Fuente: Partes internas del Contactor www.google.com

Existen 2 tipos de contactores: de potencia y auxiliares. Los contactores de potencia tienen generalmente 3 contactos principales y por lo menos un contacto auxiliar y su aplicación es en control de cargas de potencia.

Los contactores auxiliares tienen solamente contactos auxiliares y se utilizan principalmente para las tareas de control y regulación en los circuitos de mando, señalización y enclavamiento. **Ver figura 23**

Los contactos principales se identifican mediante números de una sola cifra, mientras que los contactos auxiliares se identifican mediante números de 2 cifras (la primer cifra es de posición y la segunda de función); Dicho esto, se puede identificar fácilmente los 2 tipos de contactores. La red se debe conectar a los bornes con número impar, el consumidor a los bornes con número par.

Figura 23: Partes auxiliares del Contactor



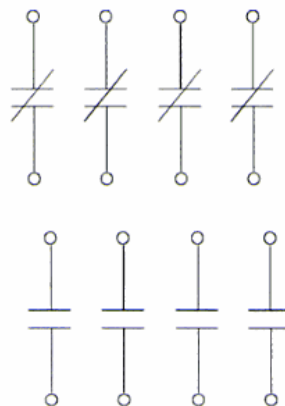
Fuente: Partes internas del Contactor www.google.com

2.10.2. Relevadores

Es un interruptor electromagnético que se emplea como dispositivo auxiliar en los circuitos de control de arrancadores de motores. Abre y cierra un conjunto de contactos cuando su bobina se energiza. La bobina produce un fuerte campo magnético que atrae una armadura móvil, accionando los contactos. **Ver figura 24**

La representación de los relevadores es la siguiente:

Figura 24: Simbología del relevador



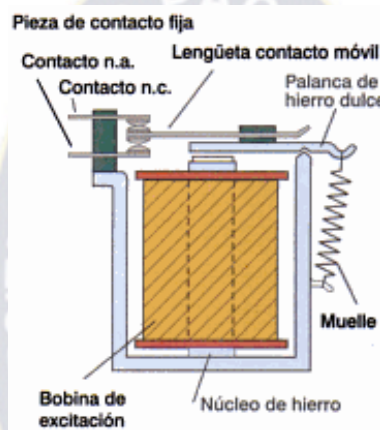
RELEVADOR CON 4 CONTACTOS NORMALMENTE ABIERTOS Y 4 NORMALMENTE CERRADOS

Fuente: Simbología de relevadores www.google.com

El relevador se compone principalmente de una bobina de excitación con núcleo de hierro, una armadura móvil y uno o varios contactos. Cuando pasa corriente por la bobina de excitación, la armadura móvil es atraída y acciona los contactos a través de piezas intermedias aislantes.

Los contactos pueden estar dispuestos como contacto de cierre (contacto de trabajo), contacto de apertura (contacto de reposo) o como combinaciones de estos tipos de contactos. Los relevadores suelen tener contactos de resorte. **Ver figura 25**

Figura 25: Partes del Relevador



Fuente: Parte internas del relevador www.google.com

Los relevadores se dicen que son monoestables cuando vuelven solos a su estado de reposo cuando se desconecta la corriente de excitación, y biestables cuando mantienen el estado abierto o cerrado de sus contactos después de recibir un impulso de mando, gracias al magnetismo remanente de su núcleo de hierro.

2.10.3. Pulsadores

Estos elementos de mando, que están en casi la totalidad de las instalaciones de contactores, se presentan en el mercado en una gama de tipos y formas muy variadas y se citan como los más usuales los siguientes:

- a) Pulsador de conexión. Al oprimirse conecta el circuito
- b) Pulsador de desconexión. Al oprimirse abre el circuito y al dejar de pulsar vuelve a cerrar el circuito.

Los pulsadores pueden ser también triples, cuádruples, etc., teniendo sus contactos abiertos y cerrados en la forma que convenga a los circuitos que han de controlar. Los pulsadores se alojan, por lo general, en cajas y así se forman las cajas de dos pulsadores formados por un pulsador de marcha y otro de paro, de múltiples de aplicación en circuitos de mando muy variados. **Ver figura 26**

Figura 26: Pulsadores

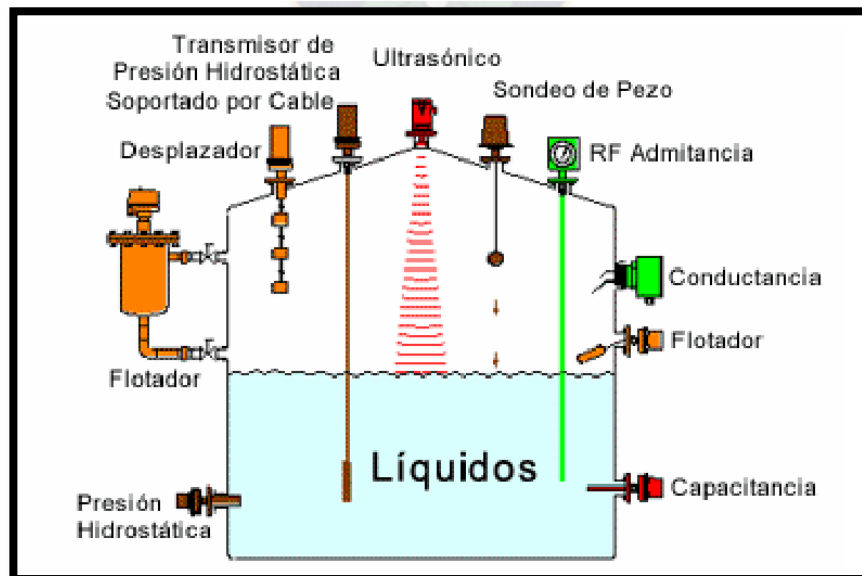


Fuente: Catálogo de productos de Hiller Electric

2.11. TIPOS DE CONTROL DE NIVEL DE AGUA

Los controles de nivel de líquidos son dispositivos, cuya finalidad tienen la de garantizar el nivel del líquido en un rango de variación preestablecido. **Ver figura 27.** Existen varios tipos de medidores de nivel de líquido lo cual se mencionara a continuación:

Figura 27: Diferentes tipos de control de agua



Fuente: nivel de agua (www.google.com)

Los medidores de nivel de líquidos se clasifican en los siguientes:

2.11.1 Medición directa

a) Medidor de Sonda

Consiste en una varilla o regla graduada, de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito. La determinación del nivel se efectúa por la lectura directa de la longitud mojada por el líquido. En el momento de la lectura el tanque debe estar abierto a presión atmosférica. Se emplea en tanques de agua a presión atmosférica.

b) Medidor de Cinta y Plomada

Este sistema consta de una cinta graduada y un plomo en la punta. Se emplea cuando es difícil que la varilla tenga acceso al fondo del tanque. También se usa midiendo la distancia desde la superficie del líquido hasta la parte superior del tanque, obteniendo el nivel por diferencia.

c) Medidor de Nivel de Cristal

Consiste en un tubo de vidrio con su extremo inferior conectado al tanque generalmente mediante tres válvulas (dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo, para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal y una de purga).

Funciona por principio de vasos comunicantes. El nivel de vidrio va acompañado de una regla graduada.

Se emplea para presiones hasta 7 bar. A presiones más elevadas el vidrio es grueso, de sección rectangular y está protegido por una armadura metálica.

d) Medidor de Flotante

Consiste en un flotador ubicado en el seno del líquido y conectado al exterior del tanque, indicando directamente el nivel sobre una escala graduada. Es el modelo más antiguo y el más usado en tanques de capacidad grande. Tiene el inconveniente de que las partes móviles están expuestas al fluido y pueden romperse. El flotador debe

mantenerse limpio. El flotador, que es de un material más liviano que el fluido, sigue el movimiento del nivel de líquido.

El flotador puede tener formas muy variadas y estar formado por materiales muy diversos según sea el tipo de fluido.

Los instrumentos de flotador tienen una precisión de 0,5 %. Son adecuados en la medida de niveles en tanques abiertos y cerrados a presión o a vacío, y son independientes del peso específico del líquido. Por otro lado, el flotador puede trabarse en el tubo guía por un eventual depósito de los sólidos o cristales que el líquido pueda contener y además los tubos guía muy largos pueden dañarse ante olas bruscas en la superficie del líquido o ante la caída violenta del líquido en el tanque.

2.11.2 Medición de Presión Hidrostática o Fuerza

a) Medidor Manométrico

Consiste en un manómetro conectado directamente a la parte inferior del tanque. El manómetro mide la presión debida a la altura de líquido que existe entre el nivel del tanque y el eje del instrumento. Sólo sirve para fluidos limpios, ya que los líquidos sucios pueden hacer perder la elasticidad del fuelle. La medición está limitada a tanques abiertos y el nivel viene influido por las variaciones de densidad del líquido.

b) Medidor de Membrana

Usa una membrana conectada al instrumento receptor por un tubo estanco. El peso de la columna de líquido sobre el área de la membrana comprime el aire interno a una presión igual a la ejercida por la columna de líquido. El instrumento es delicado ya que una fuga del aire contenido en el diafragma destruiría la calibración del instrumento.

c) Medidor de Tipo Burbujeo

Mediante un regulador de caudal se hace pasar por un tubo (sumergido en el depósito hasta el nivel mínimo), un pequeño caudal de aire o gas inerte hasta producir una corriente continua de burbujas. La presión requerida para producir el flujo continuo de burbujas es una medida de la columna de líquido. Este sistema es muy ventajoso en

aplicaciones con líquidos corrosivos o con materiales en suspensión, ya que el fluido no penetra en el medidor ni en la línea de conexión.

d) Medidor de presión diferencial de diafragma

El medidor de presión diferencial consiste en un diafragma en contacto con el líquido del tanque, que permite medir la presión hidrostática en un punto del fondo del tanque. En un tanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso específico. El diafragma forma parte de un transmisor neumático o electrónico de presión diferencial.

La precisión de los instrumentos de presión diferencial es bastante buena. El material del diafragma debe ser compatible con el fluido que se encuentra en el tanque.

e) Medidor por desplazamiento

El medidor de nivel por desplazamiento está basado en el principio de Arquímedes. Consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión, unido al tanque. Dentro del tubo y unido a su extremo libre hay una varilla que transmite el movimiento de giro a un transmisor exterior al tanque.

El ángulo de rotación del extremo libre del tubo de torsión es función directa de la fuerza aplicada. Al subir el nivel, el líquido ejerce un empuje sobre el flotador igual al volumen de la parte sumergida multiplicada por la densidad del líquido, tendiendo a neutralizar su peso propio, así que el esfuerzo medido por el tubo de torsión será muy pequeño.

El instrumento puede usarse en tanques abiertos y cerrados, a presión o vacío, con una buena sensibilidad, pero presenta el inconveniente del riesgo de depósitos de sólidos o de crecimiento de cristales en el flotador que afectan a la precisión de la medida

2.11.3 Medición de Características Eléctricas del Líquido

a) *Medidor Conductivo*

El medidor de nivel conductivo consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito electrónico. Cuando el líquido moja los electrodos se cierra el circuito electrónico y circula una corriente segura. El relé electrónico dispone de un temporizador de retardo que impide su enclavamiento ante una ola del nivel del líquido o ante cualquier perturbación momentánea o bien en su lugar se disponen dos electrodos poco separados enclavados eléctricamente en el circuito.

El instrumento se usa como alarma o control de nivel alto y bajo, utiliza relés eléctricos o electrónicos, en función de la conductividad del líquido.

Es versátil, sin partes móviles, su campo de medida es grande con la limitación física de la longitud de los electrodos. El líquido contenido en el tanque debe tener un mínimo de conductividad y si su naturaleza lo exige, la corriente debe ser baja para evitar el deterioro del producto.

b) *Medidor Capacitivo*

El medidor de nivel capacitivo mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. La capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido. En fluidos no conductores se emplea un electrodo normal y la capacidad total del sistema se compone de la del líquido, la del gas superior y la de las conexiones superiores. En fluidos conductores el electrodo está aislado usualmente con teflón interviniendo las capacidades adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y del gas.

c) Medidor Ultrasónico

Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque. La medición se hace desde el exterior del tanque. Los sensores trabajan a frecuencias cercanas a 20 KHz. Estas sondas atraviesan el medio ambiente de gases o vapores con cierto amortiguamiento y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

Son usados para todo tipo de tanque y líquido o lodo. Pueden usarse en áreas clasificadas. Son sensibles a la densidad de los fluidos y dan señales erróneas cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida (por ej.: líquido que forme espuma), ya que se crean falsos ecos de los ultrasonidos.



CAPITULO III

INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Constituye la fase más importante en todo proyecto de ingeniería que determina las dimensiones reales de las obras a diseñarse, para tal efecto se debe establecer con exactitud la población actual, la población futura y el período de diseño de la obra.

Un sistema de abastecimiento de agua está constituido por una serie de estructuras presentando características diferentes y que se diseñarán de acuerdo a la función que cumplen dentro del sistema.

Para la elaboración del presente proyecto se utilizará la Norma Boliviana 689 “REGLAMENTOS TÉCNICOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE”.

a) Aforo de la Fuente

El aforo respectivo fue realizado en la época de estiaje, el 30 de mayo de 2015 por ser el más crítico. para obtener el caudal se realizó un aforo volumétrico, cronometrando el tiempo de llenado de un recipiente de volumen conocido 0.5x0.5x0.1m (25 litros), realizando varias veces este procedimiento para lograr el valor más exacto posible del caudal y poder tener en cuenta la capacidad del nacimiento determinado por la comunidad. De la **tabla 1.1** presentado anteriormente, se obtiene el caudal de la fuente

Tiempo (seg)	Volumen del recipiente (0.5x0.5x0.1)m ³
18.35	0.025
18.50	0.025
18.45	0.025
18.55	0.025
18.50	0.025
Promedio	18.47
	0.025 m ³ = 25 lts

Según los datos obtenidos del manantial, tiene un **caudal 1.35 lts/s**

b) Periodo de Diseño

El período de diseño, constituye el intervalo de tiempo comprendido entre la puesta en servicio y el momento en que por agotamiento de materiales o por falta de capacidad para prestar eficientemente el servicio, se agota la vida útil no cumpliéndose las condiciones ideales de funcionamiento. El período de diseño difiere de la vida útil de los diferentes elementos que intervienen en un sistema, debiendo comprender para ello la planificación, financiamiento y construcción seguido de un período de servicio efectivo.

De acuerdo con la vida útil de las diferentes unidades que compone un sistema; se sugiere los siguientes períodos de diseño según la NB 689 **(Anexo 2)**

El periodo que se tomó para este proyecto de abastecimiento de agua para la Comunidad Pallina Chico es de **10 años**.

3.2 SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

El sistema de bombeo de agua que se empleara en este proyecto será de tanque bajo a tanque elevado en donde se realizara la distribución a la población por gravedad. Ver el **(Anexo 3)**

Para la elaboración del proyecto se tiene los siguientes elementos:

- Parámetros de diseño
- Población de diseño
- Caudal de diseño

3.2.1. Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño dependen de diversos factores, tales como: el nivel de vida de la población, clima, actividad productiva, patrones de consumo de la población, aspectos socioeconómicos. En los parámetros de diseño se tiene los datos de la comunidad Pallina Chico recabados por INE (Instituto Nacional de Estadísticas) censo 2001 y una encuesta propia elaborada en la población en la presente gestión 2015.

Población según INE censo 2001
37 familias
115 habitantes

Encuesta elaborada en la población 2015
45 familias
225 habitantes

Cálculo del índice de crecimiento poblacional

Para el cálculo del índice de crecimiento poblacional, se hallara matemáticamente con la ecuación diferencial de primer grado (**Ecuación 1**), como datos se tiene lo siguiente:

Datos

P_0 = Población Censo 2001 =115 hab.

P_f = Población encuesta 2015 =225 hab.

t = Tiempo 2015 - 2001=14 años

$$\frac{\partial P}{\partial t} = k * P \quad (1)$$

$$P(t) = P * e^{kt}$$

$$225 = 115 * e^{k(14)}$$

$$\frac{225}{115} = e^{k(14)}$$

$$1.96 = e^{k(14)} [\ln]$$

$$\ln(1.96) = \ln e^{k(14)}$$

$$\ln(1.96) = k(14) * \ln e$$

$$\ln(1.96) = k(14)$$

$$k = \frac{\ln(1.96)}{14} \Rightarrow k = 0.048$$

3.2.2. Población de Diseño

A. Cálculo de la Población Futura

Para el cálculo de la población a futuro se utilizara el método aritmético **(Ecuación 2)** ⁽¹⁾ porque la densidad de la población es mínima, según la norma NB 689, y el tiempo estimado de diseño es de 10 años

Datos:

P_o = Población inicial es de 225 hab.

k = Índice de crecimiento poblacional
0.048

t = Tiempo de diseño 10 años

P_f = Población futura

$$P_f = P_o(1 + kt) \quad (2)$$

$$P_f = 225(1 + (0.048 * 10))$$

$$P_f = 333hab$$

B. Cálculo de la Demanda y Consumo de Agua

Para el abastecimiento de agua, es necesario determinar la cantidad requerida, lo que exige obtener información sobre el número de habitantes que serán servidos y su consumo de agua per cápita, junto con un análisis de los factores que pueden afectar al consumo directamente; entre los principales podemos nombrar: tamaño de la población, desarrollo, educación, cultura, clima, disposición de excretas, hábito de los pobladores para consumir agua, la finalidad de uso.

(1) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689, Pág. 17 y 18.

a) Dotación Media Diaria

Para la dotación media diaria se aplica lo establecido en la norma NB 689 ⁽²⁾, en donde los valores de la dotación media diaria dependen del clima y del estándar de vida de los habitantes y es la necesaria para cubrir únicamente el consumo doméstico.

De acuerdo a la población de 330 habitantes y al clima frío (altiplano) de la comunidad se escogió lo establecido que se encuentra en un rango de 30 a 50 l/hab/día en donde se tomó el intermedio que es de una **dotación media diaria** de **40 l/hab/día** para la Comunidad Pallina Chico. **(Anexo 4)**

b) Dotación Futura

La dotación futura se debe estimar con un incremento anual del 0,50% y el 2% de la dotación media diaria, aplicando la fórmula del método geométrico **(Ecuación 3)** ⁽³⁾:

$$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t \quad (3)$$

Datos:

D_f = Dotación futura en l/hab-día

D_o = Dotación inicial es de 40 l/hab-día

d = incremento anual, que varía de 0.5% a 2% se tomó un valor intermedio de 1.25%

$$D_f = 40 \left(1 + \frac{1.25}{100} \right)^{10}$$
$$D_f = 45.3 \quad l / hab - dia$$

(2) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689, (Tabla 3. Dotación media diaria) Pág. 20

(3) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689, Dotación futura, Pág. 20

C. Caudal de Diseño

a) Caudal Medio Diario

Es el consumo medio diario de la población, obtenido en un año de registros. Se determina con base en la población del proyecto y dotación. **(Ecuación 4)** ⁽⁴⁾

Datos:

D_f = Dotación futura 45 l/hab-día

P_f = Población futura 333 hab

Q_{MD} = Caudal medio diario l/s

$$Q_{MD} = \frac{P_f * D_f}{86400} \quad (4)$$
$$Q_{MD} = \frac{333 * 45.3}{86400}$$
$$Q_{MD} = 0.175 \quad l/s$$

b) Caudal Máximo Diario

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir representa el día de mayor consumo del año. Se determina multiplicando el caudal medio diario y el coeficiente k_1 que varía según las características de la población. **(Ecuación 5)** ⁽⁵⁾

Datos:

Q_{MaxD} = Caudal máximo diario l/s

k_1 = Coeficiente de caudal máximo diario

k_1 = 1.20 a 1.50 se tomó el intermedio que es de 1.35

Q_{MD} = Caudal medio diario = 0.175 l/s

$$Q_{MaxD} = k_1 * Q_{MD} \quad (5)$$

$$Q_{MaxD} = 1.35 * 0.175$$

$$Q_{MaxD} = 0.236 \quad l/s$$

(4) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689, Caudal medio diario Pág. 21

(5) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689, Caudal máximo diario, Pág. 21

c) Caudal Máximo Horario

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. Se determina multiplicando el caudal máximo diario y el coeficiente k_2 que varía, según el número de habitantes, de 1,5 a 2,2, tal como se presenta en el **Anexo 5**, y se calcula con la siguiente **Ecuación 6** ⁽⁶⁾

Datos:

Q_{MaxD} = Caudal máximo diario = 0.236 l/s

k_2 = Coeficiente de caudal máximo horario que varía de 2.00 a 2.20, se tomó un valor intermedio de 2.1

Q_{MaxH} = Caudal máximo horario l/s

$$Q_{MaxH} = k_2 * Q_{MaxD} \quad (6)$$

$$Q_{MaxH} = 2.1 * 0.236$$

$$Q_{MaxH} = 0.496 \quad l/s$$

3.3 CALCULO DE LA CÁMARA DE CAPTACIÓN

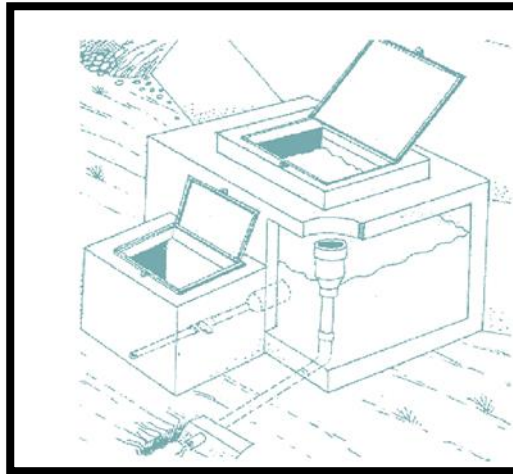
3.3.1. Cálculo de la Captación tipo Vertiente de Afloramiento Horizontal

La captación tipo vertiente para afloramientos horizontales consiste en la construcción de una cámara, **ver figura 28**, la misma que debe disponer de accesorios para su correcto funcionamiento y control:

- Una tubería de ingreso de agua filtrante
- Una tubería de desborde.
- Un sistema de desagüe.
- Válvula de control al inicio de la línea de conducción

(6) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689, Caudal máximo horario Pág. 21 y 22

Figura 28: Captación de manantial

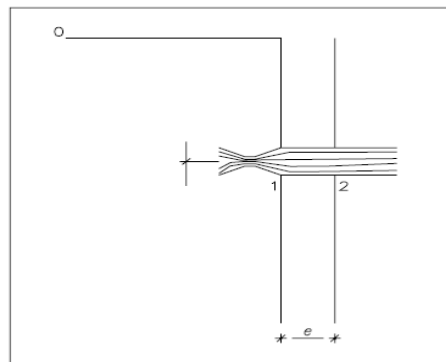


Fuente: Guía en orientación de saneamiento básico

3.3.2. Dimensionamiento de la Captación

Para el dimensionamiento de la captación es necesario conocer el caudal máximo de la fuente, de modo que el diámetro de los orificios de entrada a la cámara húmeda sea suficiente para captar este caudal o gasto. Conocido el gasto, se puede diseñar el área de orificio sobre la base de una velocidad de entrada no muy alta y al coeficiente de contracción de los orificios. Ver figura 29 ^(a)

Figura 29: Flujo de agua en un orificio de pared gruesa



Fuente: Guía para el Diseño y Construcción de captación de Manantiales

(a) Agüero Roger 2004. Guía para el Diseño y Construcción de Captación de Manantiales, Pág. 10

3.3.3 Cálculo de la Distancia entre el Afloramiento y la Cámara Húmeda.

Es necesario conocer la velocidad de pase y la pérdida de carga sobre el orificio de salida (**figura 29**). Según la ecuación de Bernoulli entre los puntos 0 y 1 resulta la siguiente **ecuación 7**(*):

$$\frac{P_0}{\delta} + h_0 + \frac{V_0^2}{2g} = \frac{P_1}{\delta} + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \quad (7)$$

Considerando los valores de P0, V0, P1 y h1 igual a cero, se tiene la sgte **ecuación 8**:

$$h_0 = \frac{V_1^2}{2g} \quad (8)$$

Dónde:

h_0 = Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada (se recomienda valores de 0,40 a 0,50 m.)

V_1 = Velocidad teórica en m/s.

g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

Mediante la ecuación 9 (*) de continuidad considerando los puntos 1 y 2, se tiene:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 \\ Cd * A_1 * V_1 &= A_2 * V_2 \end{aligned} \quad (9)$$

Siendo $A_1 = A_2$

$$V_1 = \frac{V_2}{Cd} \quad (10)$$

Dónde:

V_2 = Velocidad de pase (se recomienda valores menores o iguales a 0,6 m/s).

Cd = Coeficiente de descarga en el punto 1 (se asume 0,8).

Reemplazando el valor de V_1 de la ecuación (10) en la ecuación (8), se tiene:

$$\begin{aligned} h_0 &= \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{Cd^2 * 2g} = \frac{V_2^2}{0.8^2 * 2g} \\ h_0 &= 1.56 \frac{V_2^2}{2g} \end{aligned} \quad (11)$$

(*) Agüero Roger 2004. Guía para el Diseño y Construcción de Captación de Manantiales, Pág. 10

Datos:

h_0 = Altura de la carga necesaria para que el agua fluya (m)

V_2 = Velocidad de entrada a la cámara húmeda (se recomienda un valor menor o igual a 0.6m/s. se asumirá un valor de 0.5m/s)

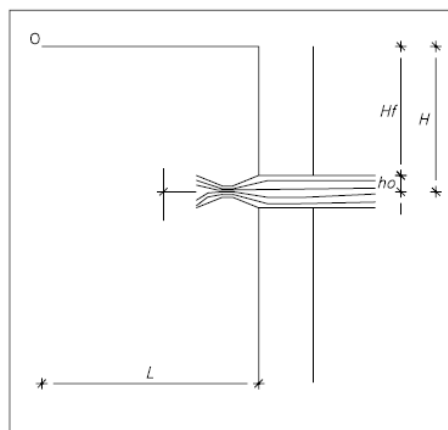
g = Aceleración de la gravedad 9.81m/s²

$$h_0 = 1.56 \frac{V_2^2}{2g}$$
$$h_0 = 1.56 \frac{0.5^2}{2 * 9.81}$$
$$h_0 = 0.02m$$

h_0 es definida como la carga necesaria sobre el orificio de entrada que permite producir la velocidad de pase.

Se observa en la **Figura 30** ^(b):

Figura 30: Carga disponible y perdida de carga



Fuente: Guía para el Diseño y Construcción de captación de Manantiales

(b) Agüero Roger 2004. Guía para el Diseño y Construcción de Captación de Manantiales, Pág. 11

De la figura se obtiene la sgte **ecuación 12**

$$H = H_f + h_0 \quad (12)$$

Donde H_f es la pérdida de carga que servirá para determinar la distancia entre el afloramiento y la caja de captación (L).

$$\begin{aligned} H_f &= H - h_0 \\ H_f &= 0.30 * L \\ L &= \frac{H_f}{0.30} \quad (13) \end{aligned}$$

Datos:

h_0 = Altura de la carga necesaria para que el agua fluya 0.02m

H= Es la carga disponible del sistema o diferencia de altura entre el afloramiento y la entrada a la cámara húmeda 0.4m

H_f = Es la perdida de carga (m)

L= Es la distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda (m)

Resolviendo las ecuaciones 12 y 13

$$H = H_f + h_0 \quad (12)$$

$$H_f = H - h_0$$

$$H_f = 0.4 - 0.02$$

$$H_f = 0.38m$$

$$H_f = 0.30 * L$$

$$L = \frac{H_f}{0.30} \quad (13)$$

$$L = \frac{0.38}{0.30}$$

$$L = 1.27m$$

a) Ancho de la Pantalla (b)

Para determinar el ancho de la pantalla es necesario conocer el diámetro y el número de orificios que permitirán fluir el agua desde la zona de afloramiento hacia la cámara húmeda. Para el cálculo del diámetro de la tubería de entrada (D), se utilizan las siguiente ecuación 14(**).

$$Q_{\max} = VxAxCd \quad (14)$$

(**) Agüero Roger 2004. Guía para el Diseño y Construcción de Captación de Manantiales, Pág. 11

Dónde:

Q máx. = Gasto Máximo de la fuente en l/s.

V = Velocidad de paso (se asume 0,50 m/s, siendo menor que el valor máximo recomendado de 0,60 m/s).

A = Área de la tubería en m²

Cd = Coeficiente de descarga (0,6 a 0,8).

G = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

h = Carga sobre el centro del orificio (m).

El valor de A resulta:

$$Q_{\max} = VxAxCd$$
$$A = \frac{Q_{\max}}{CdxV} \quad (15)$$

Datos:

Q_{max}= Caudal del manantial 1.35 l/s = 0.00135 m³/s

A= Área de la tubería en m²

Cd = Coeficiente de descarga 0.8

V= Velocidad de entrada a la cámara húmeda asumida un valor de 0.5m/s

Resolviendo la **ecuación 15**

$$A = \frac{Q_{\max}}{Cd * V}$$
$$A = \frac{0.00135}{0.8 * 0.5}$$
$$A = 0.0034m^2$$

Una vez conocida el área se hallara el diámetro, con la ecuación del círculo

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (16)$$

El valor del diámetro D será definido mediante despejando de la ecuación 16:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

Datos:

A= Área de la tubería en 0.0034 m²

D = Diámetro en (m)

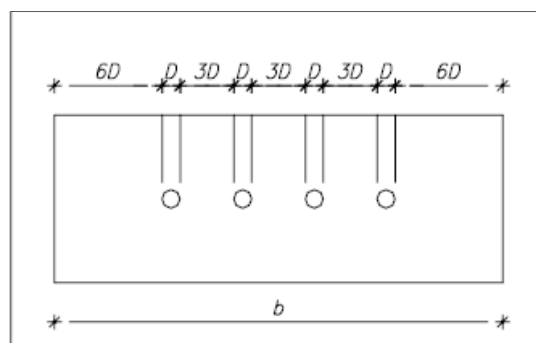
$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$
$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.0034}{\pi}}$$
$$D = 0.066m$$

b) Número de Orificios

Se recomienda usar diámetros (D) menores o iguales de 2". Si se obtuvieran diámetros mayores, será necesario aumentar el número de orificios (N_{orif}): **Ver la Figura 31** ^(c) y emplear la siguiente **ecuación 17** ^(***)

$$N_{orif} = \frac{\text{Area.del.diametro.calculado}}{\text{Area.del.diametro.asumido}} + 1$$
$$N_{orif} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 + 1 \quad (17)$$

Figura 31: Distribución de los orificios de pantalla frontal



Fuente: Guía en orientación de saneamiento básico

(c) Agüero Roger 2004. Guía para el Diseño y Construcción de Captación de Manantiales, Pág. 12

(***) Agüero Roger 2004. Guía para el Diseño y Construcción de Captación de Manantiales, Pág. 12

Datos:

D_1 = Diámetro calculado 0.066m

D_2 = Diámetro asumido igual a 2" = 0.0508m

N_{orif} = Número de orificios

Resolviendo la ecuación 17, se obtiene el número de orificios;

$$N_{orif} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 + 1$$
$$N_{orif} = \left(\frac{0.066}{0.0508} \right)^2 + 1$$
$$N_{orif} = 2.7 \cong 3 \quad \text{orificios}$$

Para el cálculo del ancho de la pantalla, se asume que para una buena distribución del agua los orificios se deben ubicar como se muestra en la **figura 31**.

Siendo:

“d” el diámetro de la tubería de entrada

“b” el ancho de la pantalla

Conocido el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada, se calcula el ancho de la pantalla (b) mediante la siguiente ecuación 18 ^(d);

Dónde:

b = Ancho de la pantalla

$$b = 2(6D) + N_{orif}D + 3D(N_{orif} - 1) \quad (18)$$

D = Diámetro del orificio

$$b = 12D + N_{orif}D + 3N_{orif}D - 3D$$

N_{orif} = Número de orificios

$$b = 9D + 4N_{orif}D$$

(d) Agüero Roger 2004. Guía para el Diseño y Construcción de Captación de Manantiales, Pág. 13

Datos:

$D =$ Diámetro adoptado en la entrada 2" = 0.0508m

$N_{orif} =$ Número de orificios

$b =$ ancho de la pantalla (m)

Resolviendo la ecuación 18 se obtiene el ancho de la pantalla.

$$b = 9D + 4N_{orif}D$$

$$b = 9(0.0508) + 4(3)(0.0508)$$

$$b = 1.07m$$

c) Altura de la Cámara Húmeda

La altura total de la cámara húmeda se calcula mediante la siguiente ecuación 19 ^(e):

$$H_t = A + B + H + D + E \quad (19)$$

Dónde:

A = Se considera una altura mínima de 10 cm. Que permite la sedimentación de la arena.

B = Se considera el diámetro de salida, que tiene un valor de 5.08cm

H = Altura para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción, se recomienda una altura mínima de 30 cm.

D = Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua del afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (mínimo 5 cm.).

E = Borde libre (mínimo 30 cm).

$$H_t = A + B + H + D + E$$

$$H_t = 10 + 5.08 + 30 + 5 + 30$$

$$H_t = 80.08cm = 0.8m \cong 1m$$

(e) Agüero Roger 2004. Guía para el Diseño y Construcción de Captación de Manantiales, Pág. 13

d) Tubería de Rebalse y Limpieza

En la tubería de rebalse y de limpieza se recomienda pendientes de 1 a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la **ecuación 20** de Hazen y Williams (para C = 140). ^(f)

$$D = \frac{0.71xQ^{0.38}}{S^{0.21}} \quad (20)$$

Datos:

D= Diámetro en pulgadas

Q = Caudal del manantial 1.35 l/s

S = Perdida de carga unitaria en m/m (valor recomendado de 0.015)

$$D = \frac{0.71 * Q^{0.38}}{S^{0.21}}$$
$$D = \frac{0.71 * 1.35^{0.38}}{0.015^{0.21}}$$
$$D = 1.92' \cong 2'$$

3.4 CÁLCULO DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN

La impulsión, es toda aquella obra destinada al transporte de agua entre dos o más puntos. Esta obra incluye tanto al medio físico a través del cual el fluido será transportado (tuberías, canales.) como a todas las obras adicionales necesarias para lograr un funcionamiento adecuado de la instalación (Estaciones de Bombeo, Válvulas de todo tipo, Compuertas, Reservas.) de agua desde una obra de captación hasta el tanque de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

(f) Agüero Roger 2004. Guía para el Diseño y Construcción de Captación de Manantiales, Pág. 14

A. Cálculo del Caudal de Bombeo

La determinación del caudal de bombeo, dependerá del rendimiento de la fuente y las limitaciones de energía, de la siguiente **Ecuación 21** ⁽⁷⁾

Datos:

Q_{MaxD} = Caudal máximo diario = 0.236 l/s

Q_b = Caudal de bombeo l/s

N° = Número de horas de bombeo

$$Q_b = Q_{MaxD} * \frac{24}{N^\circ} \quad (21)$$

$$Q_b = 0.236 * \frac{24}{6}$$

$$Q_b = 0.944 \quad l/s$$

Teniendo el caudal de bombeo, se debe verificar que el caudal disponible (caudal de la fuente) sea suficiente para satisfacer el diseño. Entonces se debe realizar el siguiente análisis:

$$Q_{aforo} > Q_b$$

$$1.35l/s > 0.944l/s$$

Analizando los resultados anteriores, el caudal de bombeo requerido es menor que el caudal que proporciona la fuente de captación, por lo que es aceptable.

B. Tubería de Succión

Para el diseño del diámetro de succión deben considerarse los siguientes criterios:

- El diámetro de la tubería de succión debe ser un diámetro comercial mayor que el diámetro de impulsión. Las bombas vienen diseñadas para el diámetro de succión recomendado.

(7) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689, Cálculo del caudal de bombeo Pág. 155 y 156.

b) La velocidad en la tubería de succión debe estar entre 0,60 m/s y 0,90 m/s.
 El diámetro de la tubería de succión puede calcularse con la siguiente **ecuación 22** ⁽⁸⁾

Datos:

d = Diámetro de la tubería de succión en m

Q_b = Caudal de bombeo en m³/s = 0.944 l/s = 9.44x10⁻⁴m³/s

v = velocidad varía entre 0.60 y 0.90 m/s

$$d = 1.1284 * \sqrt{\frac{Q_b}{v}} \quad (22)$$

$$d = 1.1284 * \sqrt{\frac{9.44 \times 10^{-4}}{0.6}}$$

$$d = 0.045m \cong 2"$$

La tubería tiene un diámetro de 2" esquema 40 que cumpla la NB1069 **Ver Anexo 6**

C. Tubería de Impulsión

Para el cálculo del diámetro económico en instalaciones que no son operadas continuamente, debe emplearse la siguiente **ecuación 23**: ⁽⁹⁾

Datos:

D = Diámetro económico en m

X = Nro de horas de bombeo / (24)

Q_b = Caudal de bombeo = 9.44x10⁻⁴m³/s

$$D = 1.30 * x^{\frac{1}{4}} * \sqrt{Q_b} \quad (23)$$

$$D = 1.30 * \left(\frac{6}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * \sqrt{9.44 \times 10^{-4}}$$

$$D = 0.028m \cong 1 \frac{1}{2}"$$

(8) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689, Cálculo del diámetro de succión Pág. 156.

(9) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689, Cálculo de diámetro económico Pág. 157.

La tubería tiene un diámetro de 1 1/2" esquema 40 que cumpla la NB1069 **Ver Anexo 6**

Luego de tener el diámetro hay que obtener la velocidad de la tubería de impulsión de la siguiente ecuación 24:

$$Q = V * A \quad (24)$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

$$V = \frac{9.44 \times 10^{-4}}{\frac{\pi}{4} 0.0407^2}$$

$$V = 0.726 \text{ m/s}$$

Datos:

D = Diámetro interior 40.7mm = 0.0407m

V = velocidad en m/s

Q_b = Caudal de bombeo = 0.944 l/s

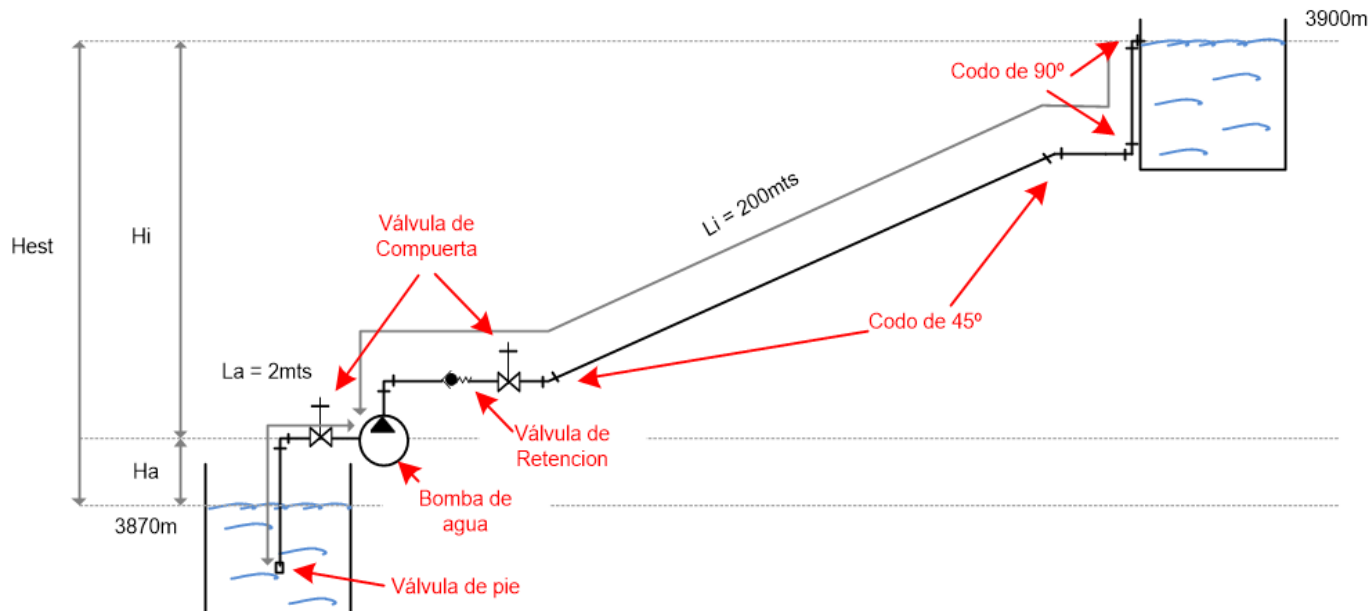
El valor de la velocidad se encuentra en el rango establecido, porque la velocidad del flujo es importante para la economía y duración del sistema de impulsión.

- Velocidades inferiores a 0,5 m/s originan normalmente sedimentaciones.
- Velocidades superiores a 5 m/s pueden originar abrasiones.

D. Altura Dinámica Total de Bombeo

La Carga Dinámica Total de bombeo, representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una máquina (expresados en metros de columna del mismo) para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma más desfavorable. Ver la **Figura 32**

Figura 32: Bombeo de agua de Tanque bajo a Tanque elevado



Fuente: Elaboración propia

La **ecuación 25** representa la Altura Dinámica de bombeo: ⁽¹⁰⁾

$$TDH = H_{est} + \sum h_f + \text{Altura.de.reserva} \quad (25)$$

Calculo de pérdidas por longitud y por accesorios

$$\sum h_f = h_s + h_i + \Delta h_s + \Delta h_i$$

Datos:

Σh_f = altura manométrica total (m)

h_s = pérdida de carga por longitud de la tubería de succión (m)

Δh_s = pérdida de carga en la tubería de succión (m)

h_i = pérdida de carga por longitud de la tubería de impulsión (m)

Δh_i = pérdida de carga en la tubería de impulsión (m)

(10) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689.

a) Cálculo de Pérdida por Longitud

- Pérdida de Succión

Datos:

Para el cálculo de pérdida por longitud se utilizara la **ecuación 26** de Hazen Williams

h_s = altura de succión (m)

L = longitud de la tubería 2 (m)

Q = caudal $9.44 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$

C = coeficiente de PVC 140 **Ver Anexo 7**

D = diámetro 2" = 0.0508m

$$h_s = \frac{10.672 * L * Q^{1.851}}{C^{1.851} * D^{4.87}} \quad (26)$$

$$h_s = \frac{10.672 * 2 * (9.44 \times 10^{-4})^{1.851}}{140^{1.851} * 0.0508^{4.87}}$$

$$h_s = 0.011 \text{m}$$

- Pérdida de Impulsión

Datos:

Para el cálculo de pérdida por longitud se utilizara la **ecuación 26** de Hazen Williams

h_i = altura de impulsión (m)

L = longitud de la tubería 200 (m)

Q = caudal $9.44 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$

C = coeficiente de PVC 140 **Ver Anexo 7**

D = diámetro 1 1/2" = 0.0381m

$$h_i = \frac{10.672 * L * Q^{1.851}}{C^{1.851} * D^{4.87}} \quad (26)$$

$$h_i = \frac{10.672 * 200 * (9.44 \times 10^{-4})^{1.851}}{140^{1.851} * 0.0381^{4.87}}$$

$$h_i = 4.66 \text{m}$$

b) Cálculo de Pérdida por Accesorios

- Pérdida de Succión

Datos:

Para el cálculo de pérdida por accesorios se utilizara la tabla de pérdida por accesorios **ver Anexo 8** y además se empleara la **ecuación 27**

Δh_s = pérdida por accesorios en la tubería de succión (m)

v = velocidad de succión 0.60 m/s

g = gravedad 9.81 m/s²

k = longitud equivalente de accesorios (m)

Accesorios	Diametro (pulg)	Longitud equivalente (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Valvula de pie	2	14	1	14
Valvula de compuerta	2	0.4	1	0.4
Codo de 90° R.M	2	1.4	1	1.4
Longitud equivalente				15.8

$$\Delta h_s = \sum k \frac{v^2}{2 * g} \quad (27)$$

$$\Delta h_s = 15.8 \frac{0.60^2}{2 * 9.81}$$

$$\Delta h_s = 0.29m$$

- Pérdida de Impulsión

Datos:

Para el cálculo de pérdida por accesorios se utilizara la tabla de pérdida por accesorios **ver Anexo 8** y además se empleara la **ecuación 27**

Δh_i = pérdida por accesorios en la tubería de impulsión (m)

v = velocidad de succión 0.726 m/s

g = gravedad 9.81 m/s²

k = longitud equivalente de accesorios (m)

Accesorios	Diametro (pulg)	Longitud equivalente (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Valvula de retencion	1 1/2	4.8	1	4.8
Codo de 90° R.M	1 1/2	1.1	3	3.3
Valvula de compuerta	1 1/2	0.3	1	0.3
Codo de 45°	1 1/2	0.6	2	1.2
Longitud equivalente				9.6

$$\Delta h_i = \sum k \frac{v^2}{2 * g} \quad (27)$$

$$\Delta h_i = 9.6 \frac{0.726^2}{2 * 9.81}$$

$$\Delta h_i = 0.26m$$

Se calcula la perdida por accesorios

$$\sum h_f = h_s + h_i + \Delta h_s + \Delta h_i$$

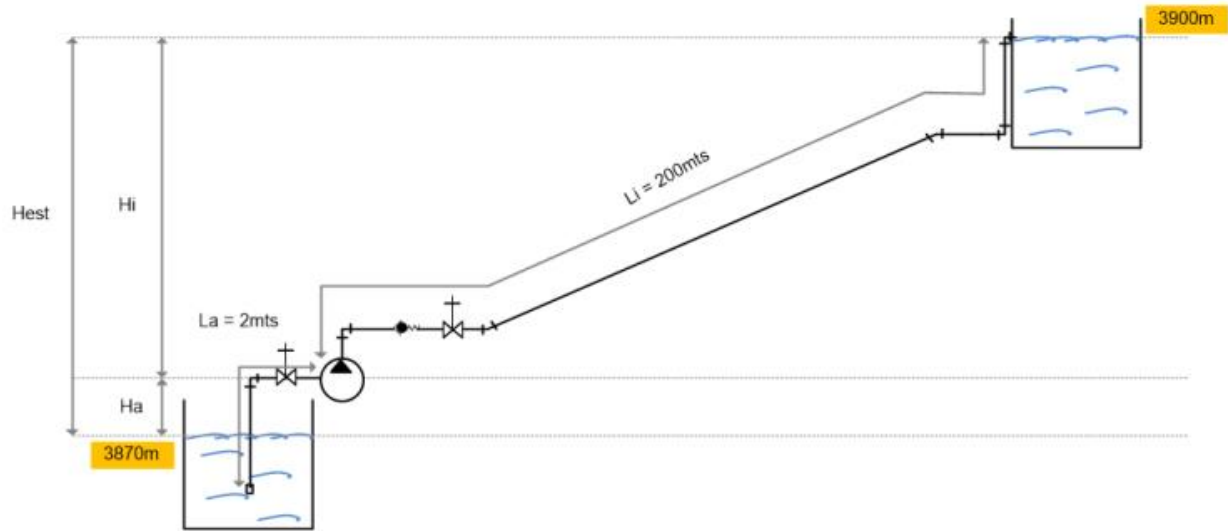
$$\sum h_f = 0.011 + 4.66 + 0.29 + 0.26$$

$$\sum h_f = 5.22m$$

c) Calculo de Pérdidas de la Altura Estacionaria (H_{est})

Es la diferencia de altura entre la cota de captación en este caso el tanque bajo y la cota de descarga el tanque elevado de distribución, como se puede observar en la siguiente **Figura 33**

Figura 33: Altura Estacionaria (Tanque bajo - Tanque elevado)



Fuente: Elaboración propia

$$H_{est} = \text{cota}.A - \text{cota}.B$$

$$H_{est} = 3900 - 3870$$

$$H_{est} = 30\text{m}$$

d) Altura de Reserva

Se considera una altura de reserva de 5 metros debido a que el tanque se puede construir en otro lugar del sector con una cota de terreno diferente a la proyectada.

Carga dinámica total (CDT o TDH)

Al haber calculado todas las pérdidas disponibles en la línea de impulsión se proceden a realizar los cálculos de la carga dinámica total:

$$TDH = H_{est} + \sum h_f + \text{Altura.de.reserva}$$

$$TDH = 30 + 5.22 + 5$$

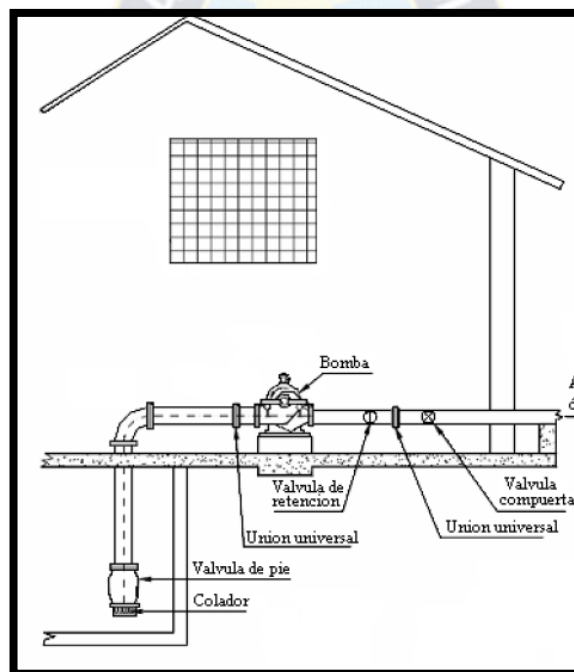
$$TDH = 40.22\text{m}$$

3.5. ESTACIÓN DE BOMBEO

La Comunidad de Pallina Chico cuenta con electricidad monofásica de 220 voltios, por lo que se deberá prever la instalación de energía hasta el lugar de la caseta. La estación de bombeo es un conjunto de estructuras civiles, donde se encuentran las tuberías, accesorios, motores y bombas que permiten elevar el agua de un nivel inferior a otro superior.

Para este proyecto se diseñara una estación de bombeo fija, ya que la vertiente se encuentra en un solo sitio, como se observa en la Figura 34

Figura 34: Estación de Bombeo



Fuente: www.google.com

3.6. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

La función del tanque de distribución es mantener el buen funcionamiento hidráulico y un servicio eficiente; y luego cumplir con tres propósitos fundamentales:

- Compensar variaciones horarias
- Mantener las presiones de servicio en la red
- Almacenar cierta cantidad de agua para eventualidades.

Para el diseño del tanque de distribución, debe considerarse su capacidad, que estará en función del caudal y de las variaciones horarias, su ubicación debe ser idónea de tal forma que el agua pueda llegar a todos los puntos de la red y el tipo de tanque (que puede ser enterrado, semienterrado y elevado), puede construirse de concreto armado, concreto ciclópeo, metal, y recientemente puede ser también plástico.

Debe diseñarse para conservar la potabilidad del agua, por consiguiente estar cubierto y dejar aberturas para permitir acceso en casos necesarios; el tanque debe impedir la entrada de lluvia, polvo, animales y otros ajenos al sistema de agua, también debe tener un rebalse y un drenaje que permita vaciarlo completamente.

El volumen de diseño en sistemas por gravedad estará entre 25% y 40% del caudal medio y en sistemas por bombeo del 40% al 60%, en este caso se adopta un factor de 50%

Cabe considerar, para poblaciones inferiores a 2000 habitantes, se establece que no debe considerarse volumen de protección contra incendios ni volúmenes de emergencia. ⁽¹¹⁾

$$V = 50\% * Q_{MD}$$

$$V = 0.50 * 0.175 \frac{l}{s} * \frac{86400s}{dia} * \frac{1m^3}{1000l}$$

$$V = 7.56 \frac{m^3}{dia} \cong 10 \frac{m^3}{dia}$$

(11) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689. Capacidad del tanque de almacenamiento

Las dimensiones aproximadas serán

$$B = 2H$$

$$B = A$$

Esto como volumen neto de agua

$$V = B * A * H$$

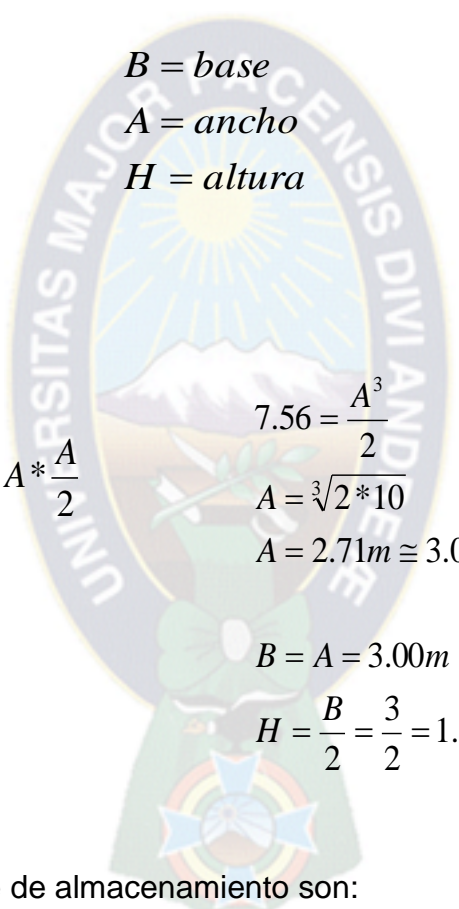
Donde

B = base

A = ancho

H = altura

Sustituyendo queda;


$$V = A * A * \frac{A}{2}$$
$$V = \frac{A^3}{2}$$
$$7.56 = \frac{A^3}{2}$$
$$A = \sqrt[3]{2 * 10}$$
$$A = 2.71m \cong 3.00m$$
$$B = A = 3.00m$$
$$H = \frac{B}{2} = \frac{3}{2} = 1.50m$$

Las dimensiones del tanque de almacenamiento son:

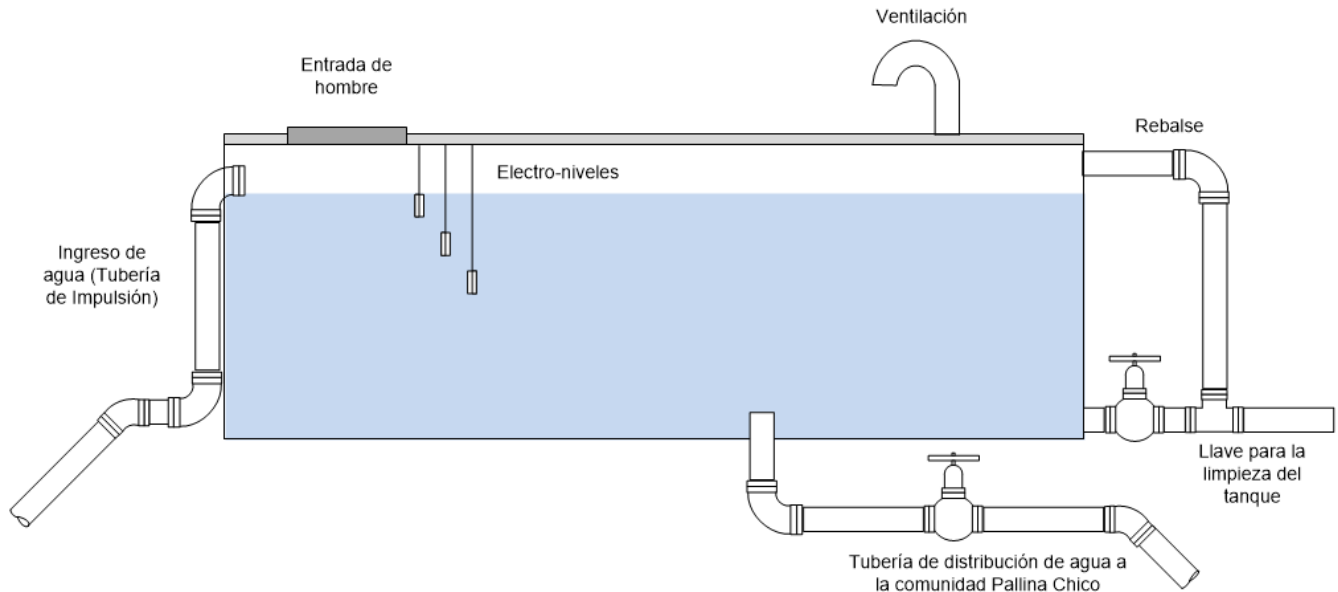
$$A = 3.00m$$

$$B = 3.00m$$

$$H = 1.50m$$

En la **Figura 35** se puede observar el Tanque de Almacenamiento y Distribución para la Comunidad Pallina Chico.

Figura 35: Tanque de Almacenamiento de agua



Fuente: Elaboración propia

3.7. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS DE AGUA

Calculo de la potencia de la bomba

La potencia de la bomba debe garantizar el buen funcionamiento del sistema, ya que es parte esencial de éste. Para obtener la potencia de la bomba se utiliza la siguiente **ecuación 28:** ⁽¹²⁾

$$P_b = \frac{Q_b * TDH}{75 * \eta} \quad (28)$$

(12) Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Norma Boliviana 689. Calculo de la potencia de la bomba

Datos:

P_b =Potencia de la bomba y el motor en CV (Prácticamente HP) 1 CV = 0,986 HP

Q_b =Caudal de bombeo $9.44 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0.94 \text{ l/s} = 56.4 \text{ l/min}$

TDH = Carga dinámica total o Altura de Bombeo 40.117 m

η = Eficiencia del sistema de bombeo 60%

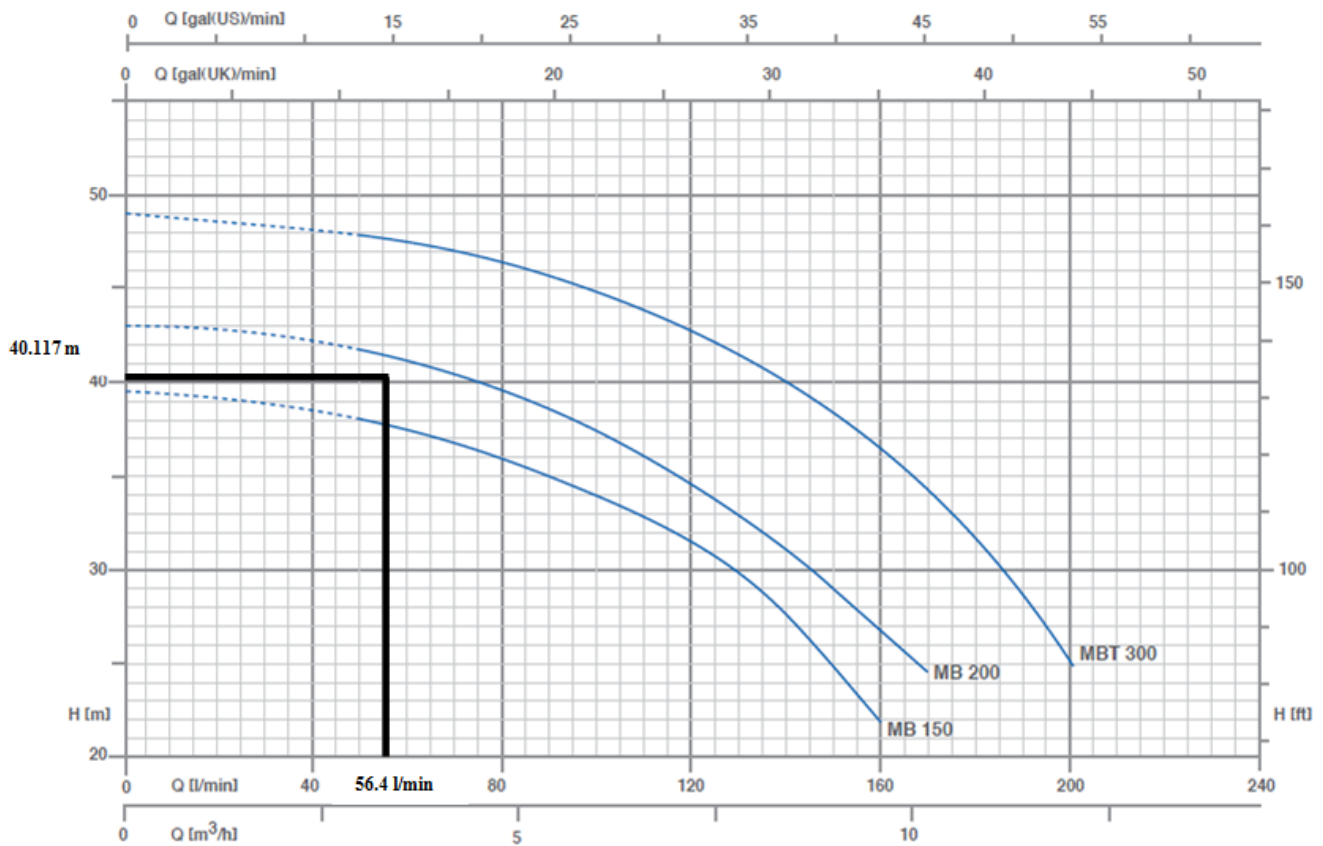
$$P_b = \frac{Q_b * TDH}{75 * \eta}$$

$$P_b = \frac{0.94 * 40.117}{75 * 0.60}$$

$$P_b = 0.85 \text{ CV} \cong 1 \text{ HP}$$

En la **figura 36** Se selecciona la bomba, en base al Caudal vs Altura de bombeo

Figura 36: Selección de Bomba de Agua Q vs H



Fuente: Catalogo de Bombas PENTAX

Según el catálogo de bombas de la línea PENTAX se adopta el modelo MB-200. Cuyas características son las siguientes. **(Ver Anexo 9)**

PENTAX MB-200

Q = 60 l/min

H = 40 m

P = 1.65 kw

V = 230 v

A = 9.5 amp.



Para la selección del conductor del circuito de potencia se emplea la siguiente **ecuación 29;**⁽¹³⁾

$$I_N = 1.25 * I_M \quad (29)$$

$$I_N = 1.25 * 9.5$$

$$I_N = 11.88 \quad \text{Amp.}$$

En base a la corriente nominal, se extrae de la tabla de conductores **(Anexo 10)** el siguiente valor;

Conductor → AWG 12

En la Comunidad se cuenta con energía eléctrica monofásica de 220 voltios, esta energía se utilizara para alimentar la bomba de agua.

3.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL BOMBEO DE AGUA

Para el diseño del sistema de control de bombeo de agua se realizó un diagrama de flujo en donde explica el sistema automático del bombeo. **Ver anexo 11**

3.8.1. Circuito de Control

El diagrama eléctrico del Circuito de Control se encuentra representado en el **Anexo 12**

3.8.2. Circuito de Fuerza

El diagrama eléctrico del Circuito de Fuerza se encuentra representado en el **Anexo 12**

(13) [www.google.com/calculo de conductores eléctricos](http://www.google.com/calculo%20de%20conductores%20el%C3%A9ctricos)

En la instalación del sistema control de nivel de agua del tanque de almacenamiento se utiliza un cable engomado tripolar de número AWG 18 con una longitud lineal de 230 metros, se instalara desde la estación de bombeo hasta el tanque de almacenamiento.

3.9. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA

3.9.1. Mantenimiento

A. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento realizado sin un plan de actividades, ni actividades de reparación. Es resultado de la falla o deficiencias, donde pueden ocasionar la falta de abastecimiento del suministro de agua, por corto o largo tiempo.

B. Mantenimiento Preventivo

Realizar actividades con la finalidad de mantener un elemento en una condición específica de operación, por medio de una inspección sistemática, detección y prevención de la falla inminente. Incluye la inspección y el servicio de trabajos que se realizan a intervalos recurrentes específicos e incluye el mantenimiento con base en las condiciones. Todas las actividades se planean previamente para el abastecimiento de materiales.

Al proponer un programa de mantenimiento preventivo se desea que minimicen el mantenimiento correctivo, debido a que se efectúa cuando ya se ha originado un desperfecto. Al implementar un programa de mantenimiento preventivo o planeado, existe una programación de intercambio de componentes, aceites, etc., según un intervalo de tiempo preestablecido, ya sea por el fabricante del componente, cuando alguna pieza empieza a dar indicio de falla o por la experiencia del operador, que ya conoce en base a registros, cuál es la vida esperada de una pieza. Dependiendo del estado de deterioro muchas veces es aconsejable el cambio de elementos eléctricos, ejes, y de los impulsores. El cambio de impulsores dependerá de la capacidad de encontrar repuestos en el mercado.

3.9.2. Mantenimiento del equipo

A. Precauciones a tomarse en cuenta por el personal de mantenimiento

- Al efectuar cualquier reparación al equipo, lea las instrucciones y advertencias. Únicamente el personal calificado deberá realizar las labores de mantenimiento, para evitar accidentes y daños al equipo.
- Para evitar un choque eléctrico peligroso o fatal, antes de realizar algún trabajo en el equipo o conexiones eléctricas, baje el interruptor termo-magnético del tablero principal.
- Antes de encender un motor verifique que el voltaje y las conexiones sean las adecuadas, así como el suministro de energía eléctrica (voltaje, frecuencia y fase).
- El voltaje puede variar en un rango de +/- 10% del valor nominal. Una variación de voltaje muy alta puede causar un incendio o dañar seriamente los equipos eléctricos, monitoree constantemente el voltaje o instale controles de protección eléctrica.
- No toque un motor en operación. Los motores modernos están diseñados para operar a altas temperaturas.
- Para evitar quemaduras cuando se trabaje en un motor, desconecte el suministro de energía y déjelo enfriar por lo menos durante 20 minutos.
- Utilice el equipo únicamente para dar el servicio para el que fue diseñado.
- No haga funcionar la bomba con la llave de descarga cerrada, eso puede hacer hervir el agua dentro de la bomba, elevar peligrosamente la presión dentro de la bomba y provocar una explosión de la bomba.
- No haga funcionar las bombas en seco, tanto las bombas estacionarias como las bombas sumergibles.
- El área de trabajo deberá mantenerse limpia, ordenada y con iluminación adecuada.
- No levante las bombas de agua del cordón eléctrico.

- Seleccione las herramientas correctas de buena calidad para el trabajo a realizar. La herramienta debe tener forma, peso y dimensiones adecuadas al trabajo a realizar.
- Utilice herramientas con aislamiento termo-eléctrico al trabajar con electricidad.
- Mantenga las herramientas en buen estado, bien limpias y engrasadas para evitar su oxidación.
- Las herramientas no deben presentar ningún defecto o daño como cabezas aplastadas, con fisuras o rebabas, mangos rajados o recubiertos con alambre, filos mellados o mal afilados. El perfecto estado de las herramientas requiere una revisión periódica por parte de personal encargado.
- Use correctamente las herramientas y no las utilice para fines para los que no han sido diseñadas.
- Guarde las herramientas en un lugar seguro y de tal forma que la falta de alguna de ellas sea fácilmente comprobada, que estén protegidas contra su deterioro por choques o caídas y que se tenga acceso fácil sin riesgo de cortes con el filo de sus partes cortantes.
- Se debe evitar dejarlas en el suelo, en zonas de paso o en lugares elevados como escaleras ya que pueden ocasionar lesiones al caer sobre alguna persona. Las herramientas cortantes o con puntas agudas se deben guardar previstas de protectores de cuero o metálicos para evitar lesiones por contacto accidental.
- Para efectuar un transporte seguro de las herramientas se deben utilizar cajas especiales, bolsas o cinturones porta-herramientas según las condiciones de trabajo. No se deben transportar herramientas que puedan obstaculizar el empleo de las manos cuando se trabajen.

B. Sistema de agua potable

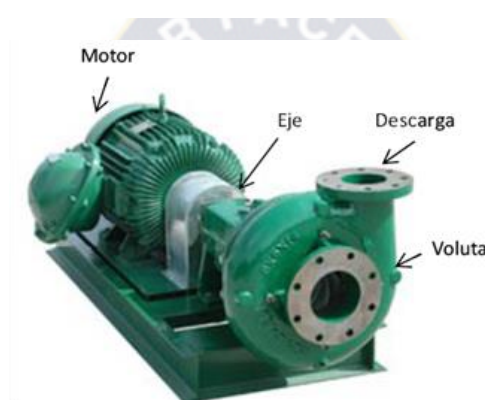
a) Elementos susceptibles a falla y su mantenimiento

Bombas centrífugas

Verificar periódicamente el estado de los rodamientos, devanado del motor, desgaste en el impulsor para analizar si es necesario cambiarlo o no, y el estado de los sellos.

Ver **figura 37**

Figura 37: Bomba Centrífuga



Fuente: www.google.com

Lubricación

La lubricación en las bombas centrífugas se realiza mediante aceite, grasa y agua dependiendo el diseño y el caballaje de la bomba.

En bombas de bajo caballaje (hasta 7,5 caballos de fuerza) normalmente los rodamientos son libres de mantenimiento; es decir, están sellados y el fabricante coloca grasa que funcionará durante la vida útil del rodamiento. Cuando estos rodamientos fallan se deben de cambiar.

En bombas de mayor potencia pueden tener depósito de aceite en donde están montados los rodamientos que soportan al eje de la bomba.

Cuando se tiene una bomba con este mecanismo se debe verificar el nivel de aceite de manera diaria o semanal, dependiendo las horas de servicio de la bomba. El aceite debe de remplazar a las horas de servicio estipuladas por el fabricante por un aceite de la misma calidad. El no remplazar el aceite puede ocasionar serios daños a la bomba. Las bombas que no cuentan con depósito de aceite cuentan con graseras en donde se reabastece de grasa a los rodamientos y se debe tener en cuenta no sobre llenar con grasa; ya que esto origina un calentamiento en el rodamiento que acorta su vida útil.

El agua es la responsable de lubricar las holguras que se encuentran entre los sellos de la carcasa y el eje del impulsor; al momento de instalar el sello se debe de verificar que exista goteo.

La lubricación que proporciona el agua se caracteriza por un goteo continuo. La falta lubricación cuando el sello es de estopa ocasiona un desgaste excesivo del eje, por lo que al operar en estas condiciones el eje debe de ser reemplazado de manera prematura. Cuando se tiene un sello mecánico y existe una lubricación deficiente de agua el sello tendrá una menor vida útil.

Cuando existe un desgaste excesivo por falta de lubricación en el eje debe de ser reemplazado, ya que esto origina que la bomba tenga fugas y desarrolle una potencia menor a la esperada.

Sellos mecánicos

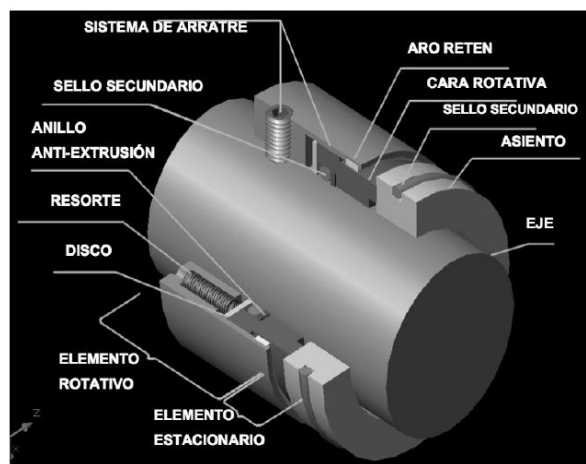
Las bombas centrífugas poseen sellos montados entre la carcasa de la bomba y el eje del impulsor. Los sellos garantizan que no existan fugas pero al mismo tiempo buscan que exista lubricación mediante un leve goteo. Estos sellos pueden ser de estopa grafitada o mecánicos, dependiendo del fabricante.

Los sellos mecánicos se caracterizan por tener una mayor duración, pero tienen la desventaja de ser más costosos. Algunos de los materiales con los que se elaboran los

sellos mecánicos pueden ser el teflón y el carbón. Se deben de instalar con mucho cuidado ya que son relativamente frágiles. Tiene la forma de aros y no deben de ser doblados. Ver **figura 38**

Los sellos de estopa normalmente tienen una duración menor a los sellos mecánicos y deben de ser ajustados conforme se desgastan, además presentan la desventaja que tienen que estar siendo ajustados continuamente períodos relativamente cortos de tiempo. Los sellos de estopa se deben cortar y acoplarlos al eje, pero los sellos mecánicos se deben de comprar de acuerdo al diámetro del eje y la potencia de la bomba.

Figura 38: Elemento de un sello mecánico



Fuente: www.google.com

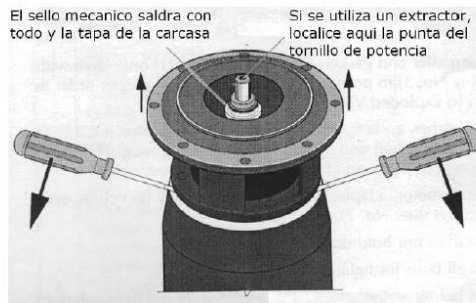
Para cambiar un sello mecánico se deben seguir los siguientes pasos:

a) Remover el sello viejo

1. Desmonte la bomba de las tuberías y los cimientos.
2. Remueva los tornillos y separe el cuerpo de la bomba de la tapa de la carcasa.
3. Quite el tornillo y la arandela del final del eje y saque el impulsor fuera del eje.

- Quite los tornillos que sujetan el motor con la tapa de la carcasa y use dos destornilladores de castigadera para separar cuidadosamente la tapa de la carcasa y el motor. Con la tapa de la carcasa también saldrán el sello mecánico, y el manguito del eje, ver **Figura 39**

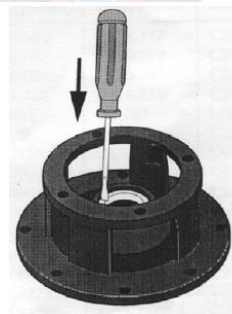
Figura 39: Sacando sello mecánico de bomba de agua



Fuente: www.google.com

- Use un martillo si es necesario para separar el manguito y el sello viejo y limpie el manguito del eje con un papel de lija si es necesario.
- Coloque la tapa de la carcasa de la bomba boca abajo en una superficie de plana y saque la parte estacionaria del sello viejo con cuidado usando un destornillador y un martillo, ver **Figura 40**.

Figura 40: Sacando con destornillador el sello viejo



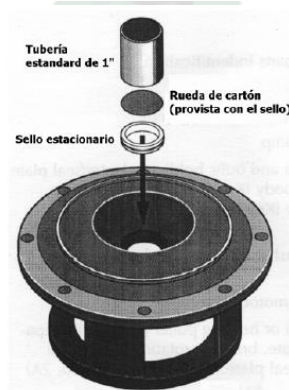
Fuente: www.google.com

7. Use un cepillo de alambre para limpiar completamente la cavidad de la tapa de la carcasa. Asegúrese de que el polvo y mugre estén fuera de la cavidad antes de instalar el nuevo sello.

b) Para instalar el sello nuevo

1. Limpie las superficies pulidas del nuevo sello con un trapo limpio.
2. Moje el "O-ring" alrededor del sello estacionario con jabón líquido y presione la parte estacionaria del sello dentro de la cavidad de la tapa de la carcasa firmemente y alinéela con el pulgar.
3. Si no sella correctamente, vuelva a limpiar la cavidad de la tapa de la carcasa para que el sello pueda sellar correctamente.
4. Si el sello no sella correctamente después de limpiar la cavidad de la tapa de la carcasa, coloque una rueda de cartón sobre la cara pulida del sello y presiónela cuidadosamente usando un pedazo de tubo de 1" de diámetro, asegurándose de no lastimar la cara del sello, ver **Figura 41**

Figura 41: Colocando sello mecánico a la bomba de agua



Fuente: www.google.com

5. Deshágase de la rueda de cartón y verifique que la cara del sello esté libre de suciedad, partículas extrañas, ralladuras y grasa.
6. Asegúrese de que el eje y el manguito estén limpios.
7. Instale el “O-ring”, el manguito y el deflector de agua en el eje.
8. Acople la tapa de la carcasa y el motor con cuidado de no dañar la cara del sello.
9. Aplique jabón líquido en el diámetro interno y la cara externa del anillo de caucho de la parte giratoria del sello mecánico.
10. Deslice el sello giratorio sobre el manguito del eje sin dañar la cara pulida.
11. Deslice la junta de sello y el impulsor en el eje con la cuña en posición.
12. Instale la arandela, juntas, y el tornillo del impulsor al final del eje y apriete el tornillo mientras sujeta el eje. Esto colocará al sello en su posición y juntará sus caras selladoras.
13. Vuelva a instalar el conjunto del motor y la tapa de la cubierta en el cuerpo de la bomba, utilizando un nuevo empaque si fuera necesario.
14. Verifique que todos los tornillos estén bien apretados.

Rodamientos

Los rodamientos son elementos que sirven para apoyar ejes sometidos a rotación. Los rodamientos se ubican en el motor eléctrico y en los soportes de la bomba.

Los rodamientos se componen de anillo externo, anillo interno, jaula y baleros o rodillos. En bombas de agua y motores eléctricos los rodamientos que se utilizan son los de bolas, debido a la alta velocidad de operación.

Cuando se efectúa el montaje se debe remover cualquier rebaba, viruta, óxido o suciedad que se encuentre en las superficies del eje, alojamiento y apoyos donde irá montado el rodamiento. El montaje se puede facilitar si se aplica una capa delgada de aceite a las superficies limpias. Si hay virutas, rebabas y otros contaminantes que se filtren al interior del rodamiento antes y durante el montaje causarán ruidos, vibraciones durante el funcionamiento y acortarán la vida útil del rodamiento.

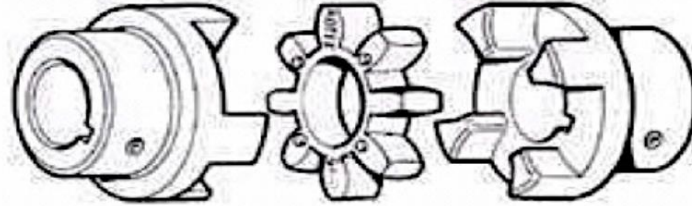
Cuando existe un aumento de ruido y temperatura en los rodamientos es un indicio que deben ser reemplazados. Se debe evitar la reutilización de rodamientos dañados. Se debe evitar someter a los rodamientos a golpes de impacto durante su instalación, ya que esto daña las pistas de rodadura, y reduce su vida útil.

Acoples

La transmisión del movimiento de rotación entre los ejes del motor y la bomba se realiza por medio de acoplamiento. Los acoples más utilizados son los flexibles, ya que si se utilizan acoplamientos rígidos, cualquier error, desalineación, así como los desplazamientos debidos a la dilatación por alta temperatura originarían esfuerzos axiales y radiales que se transmitirían; tanto al motor como a la bomba deteriorando las mismas. El acoplamiento flexible tiene la elasticidad suficiente para absorber estos esfuerzos. Los acoples flexibles reciben este nombre debido a que las partes metálicas están separadas por elementos de caucho, por lo que al existir desalineación será el elemento flexible de caucho el que se destruya.

Los acoples flexibles más utilizados son los acoples de “tacos” y el acople tipo “lovejoy”. En condiciones normales de operación el elemento de caucho de los acoples lovejoy tiene una mayor duración que un acople de tacos. Ver **figura 42**

Figura 42: Acople motor - bomba



Fuente: www.google.com

b) Mantenimiento preventivo básico de motores eléctricos

La duración de un motor eléctrico depende del tipo de mantenimiento que reciba. Un motor con mantenimiento deficiente se reconoce fácilmente por su aspecto sucio y corroído. Un programa completo de mantenimiento incluye la inspección periódica, los servicios y su posterior registro. Un pequeño ajuste o una simple limpieza del motor ahorra reparaciones costosas y pérdidas de tiempo en el futuro.

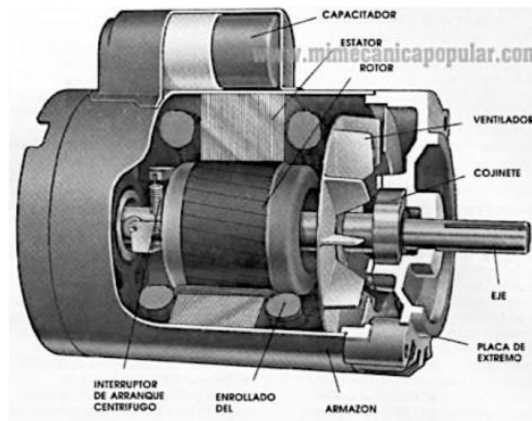
Algunos de los contaminantes que pueden dañar los motores son el polvo, la grasa, y el agua. Cualquiera de estos contaminantes puede ser la causa de cortocircuitos, de contactos a tierra y de que un motor trabaje excesivamente caliente. Por otra parte, estos contaminantes desgastan rápidamente las partes que componen el motor.

Las inspecciones periódicas reducen la frecuencia de las fallas. Todas las inspecciones deben de ir acompañadas de un documento de registro en el cuál se anoten el estado del motor y los servicios que se le dan, además se deben de inspeccionar todos los cables conductores y los devanados del motor.

Dentro de los servicios que se pueden realizar se incluye la limpieza, la lubricación de rodamientos, el cambio de rodamientos, y la aplicación de barniz en los devanados que hayan perdido el barniz de fábrica.

Los barnices que se aplican a los devanados son compuestos especiales de resinas y aceites secantes en solventes apropiados. Se emplean para cubrirlos devanados para protegerlos de corto circuitos. Se pueden adquirir en empresas que vendan o reparen motores eléctricos.

Figura 43: Partes de un motor eléctrico



Fuente: www.google.com

Cualquier aumento o disminución de temperatura en el motor, aumento de ruido, decoloración o pérdida de su aspecto normal son señales de peligro de fallas en el motor. Estas condiciones son llamadas de atención para el operador, por lo que es necesario determinar las causas de estos problemas antes de que aparezca la falla.

- **Controles eléctricos:**

Principalmente el mantenimiento que se debe dar a los controles eléctricos es apretar periódicamente los tornillos de las conexiones eléctricas. Mantener las bobinas y contactos limpios de grasa, polvo y partículas extrañas. Se deben limpiar con aire comprimido y/o limpia-contactos. Si fuera necesario limpie con una lija fina de papel los contactos de los controles. Asegúrese de desconectar antes la energía eléctrica.

Cambiar los fusibles que se quemen en el tablero de los controles eléctricos. Chequear que el electro-nivel, flotadores funcionen correctamente haciendo pruebas periódicas, volteándolo y chequeando que desconecte la energía al motor. Los guarda-motores y arrancadores deben estar calibrados al amperaje nominal de la bomba.

Puesta en marcha del equipo después de un trabajo de mantenimiento

Para evitar accidentes o daños al equipo, antes de arrancar el equipo después de un trabajo de mantenimiento se debe hacer lo siguiente:

1. Verificar que el rotor de la bomba y el motor giren libremente y sin ruidos.
2. Conectar el motor debidamente a tierra.
3. Conectar los cables del motor de acuerdo al diagrama en la placa.
4. Verificar que sean correctos el voltaje, fase y frecuencia de la energía eléctrica.
5. Cebear la bomba.
6. Verificar que las tuberías estén debidamente conectadas a todo el equipo.
7. Verificar que las llaves en la tubería de descarga de las bombas y los tanques estén abiertas.
8. Verificar que haya agua en el depósito de succión.
9. Verificar que todos los tornillos de las bombas y tanques estén bien apretados.
10. Verificar que las bombas estén bien ancladas a la cimentación.
11. Verificar que todas las conexiones eléctricas en los controles estén debidamente apretadas.

c) Fallas en el equipo y su posibles causas

El motor no enciende

- El electro-nivel o flotador no envía señal.
- No hay corriente eléctrica o algún cable de la instalación está flojo, desconectado o quemado.

- Los cables en el motor están mal conectados.
- Está quemado algún fusible.
- Algún control eléctrico se dañó o sus contactos están sucios.

La bomba no descarga agua

- No está cebada la bomba
- Bolsa de aire en la línea de succión
- Elevación de succión muy alta
- Obstrucciones en los tubos de succión o de descarga
- Sumergimiento insuficiente del tubo de entrada de succión.
- Velocidad muy baja
- Dirección de rotación invertida
- Cuerpos extraños en el impulsor

Capacidad de descarga insuficiente

- Bomba o tubería de succión no está completamente llena de agua
- Elevación de succión muy alta
- Cantidad excesiva de aire en el líquido.
- Entrada de aire a la línea de succión.
- Válvula de pie muy pequeña o parcialmente atascada.
- Sumergimiento insuficiente del tubo de entrada de succión.
- Velocidad muy baja
- Cuerpos extraños en el impulsor o impulsor dañado

La bomba consume demasiada potencia

- Velocidad muy alta.
- Dirección de rotación invertida.
- Voltaje del motor muy bajo.
- Carga total del sistema muy alto.
- Carga total del sistema muy baja.

- Cuerpos extraños en el impulsor
- Eje doblado
- Parte giratoria que roza en una parte estacionaria
- Anillos de desgaste gastados
- Obstrucciones en los tubos de succión o descarga.

El sello mecánico escurre excesivamente

- El sello mecánico ha trabajado en seco
- Sólidos abrasivos en el líquido que hacen contacto con el sello
- Sello mecánico mal instalado
- Cara de sellamiento no está perpendicular con el eje
- Tipo incorrecto de sello mecánico para las condiciones de funcionamiento
- Espacio libre excesivo entre el eje y el sello giratorio, o entre la carcasa y el sello estacionario.
- Desalineamiento entre las caras del sello.
- eje doblado
- Eje que opera descentrada por cojinetes gastados o por desalineamiento.
- La tubería aplica esfuerzos en la bomba
- Rotor desbalanceado que causa vibración

El sello mecánico dura poco

- Eje doblado
- Cojinetes gastados
- eje gastados o rayados
- eje que opera descentrada por cojinetes gastados o por desalineamiento.
- Rotor desbalanceado que causa vibración
- Espacio libre excesivo entre la eje y el sello giratorio.
- La tubería aplica esfuerzos en la bomba
- El sello mecánico ejerce presión excesiva contra el asiento
- Sello mecánico mal instalado
- Tipo incorrecto de sello mecánico para las condiciones de funcionamiento

- Desalineación interna de piezas que impiden que las caras del sello se acoplen en forma correcta.
- Cara de sellamiento no está perpendicular con el eje
- El sello mecánico trabaja en seco
- Sólidos abrasivos en el líquido que hacen contacto con el sello

La bomba vibra o hace ruido

- Bomba o tubería de succión no está completamente llena de agua
- Elevación de succión muy alta
- Válvula de pie muy pequeña o parcialmente atascada.
- Sumersión insuficiente del tubo de entrada de succión.
- Operación con la válvula de descarga cerrada total o parcialmente
- Cuerpos extraños en el impulsor
- Desalineamiento
- Cimentación no rígida
- Parte giratoria que roza en una parte estacionaria
- Cojinetes gastados
- Impulsor dañado
- eje que opera descentrada por cojinetes gastados o por desalineamiento.
- Rotor desbalanceado que causa vibración
- Empuje excesivo causado por una falla mecánica dentro de la bomba.
- Falta de lubricación o enfriamiento en los cojinetes.
- Instalación indebida de cojinetes antifricción.
- Cojinetes oxidados o con mugre.
- La tubería aplica esfuerzos en la bomba
- La bomba funciona a su velocidad crítica

Corta duración de los cojinetes del motor

- Desalineamiento

- Eje doblada
- Parte giratoria que roza en una parte estacionaria
- Eje que opera descentrada.
- Rotor desbalanceado que causa vibración
- Empuje excesivo causado por una falla mecánica dentro de la bomba.
- Falta de enfriamiento en el cojinete.
- Instalación indebida de cojinetes antifricción
- Mugre o agua entra a los cojinetes.
- La bomba funciona a su velocidad crítica
- La tubería aplica esfuerzos en la bomba

El motor de la bomba no se apaga

- El electro-nivel o flotador está fallando
- Hay alguna fuga en la tubería en el sistema.

d) Visitas y revisiones al equipo

Las visitas y revisiones al equipo consisten en visitar las instalaciones y observar cuidadosamente cualquier indicio de fallas. Las visitas y revisiones se deben hacer constantemente y por una persona con experiencia familiarizada con el equipo, para detectar anomalías antes de que se conviertan en problemas mayores que puedan dañar al equipo o al personal. Se deben inspeccionar principalmente las partes sujetas a desgaste y a fugas. Se debe notificar cualquier hallazgo de la visita.

Todos los días se deben inspeccionar los equipos de bombeo para detectar cualquier problema. Hay que poner atención a cualquier cambio de sonido, aumento excesivo de la temperatura o vibración del equipo e investigar inmediatamente.

Se debe verificar que el consumo de amperaje de los equipos sea adecuado. Se deberá observar diariamente que no existan fugas en los sellos mecánicos o en las juntas de la bomba.

C. Programa de Mantenimiento

El período de mantenimiento depende de diversos factores: la cantidad de horas diarias de operación, el ambiente donde se encuentra instalada la bomba (si hay polvo, calor, etc.), el estado general (si es un equipo nuevo o muy usado), y el resultado obtenido en el último mantenimiento.

Es necesario llevar un control de fallas del equipo y tener disponible esa información, ya que esa información es muy valiosa y nos servirá para labores posteriores de mantenimiento y para elaborar un plan de mantenimiento más adecuado para los equipos. A continuación se muestra los trabajos a realizarse en un determinado tiempo;

Semestral:

- Revisar que el electro-nivel y flotador funcionen correctamente volteándolo y chequeando que desconecte la energía al motor.
- Calibrar los guarda-motores y arrancadores al amperaje nominal de la bomba.
- Verificación de los accesorios hidráulicos, como ser; llaves de paso, válvulas check
- Verificación de fugas de agua en la tubería

Anual:

- Apretar los tornillos de las conexiones eléctricas, limpiar bobinas y contactos de los controles eléctricos.
- Realizar el lavado del tanque de almacenamiento de agua

Cada 2 años

- Limpiar y repintar el interior de la carcasa. Se recomienda una pintura de acabado de esmalte.

- Examinar cuidadosamente el impulsor en todas sus superficies para ver si hay desgaste indebido, como de abrasión, corrosión o cavitación.
- Medir que el espacio libre entre el anillo de desgaste y el cubo del impulsor no sea excesivo.
- Examinar el eje cuidadosamente para ver si hay deformación, grietas por fatiga, señales de desgaste o de irregularidades, especialmente en todos los ajustes importantes, como los de los cubos del impulsor, en los cuñeros, debajo del manguito del eje y en los cojinetes.
- Examinar el grado de desgaste del eje.
- Cambiar los rodamientos.

Para mejorar continuamente la programación de mantenimientos y poder tomar decisiones basadas en hechos, es necesario llevar un historial de fallas y mantenimiento de los equipos.

D. Contratación eventual

En caso de reparaciones grandes o trabajos especiales será necesario realizar este tipo de contrataciones.

Este personal ejecutará:

- Actividades específicas del contrato (mano de obra, materiales, uso de equipo y herramientas, etc.).
- Cumplimientos de especificaciones y plazos.

El presente manual de operación y mantenimiento pretende ser un instructivo para el desarrollo de sus actividades en forma correcta; facilitando la preparación, ejecución y evaluación de los programas en el área rural, presentando en forma simple las definiciones y responsabilidades de operación, mantenimiento preventivo, correctivo y emergencia. En el manual, se detalla para las diferentes unidades que conforman parte de los sistemas, los principales problemas que se presentan con mayor frecuencia.



CAPITULO IV

COSTOS DEL PROYECTO

4.1 Presupuesto del proyecto

El presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Pallina Chico, se presenta en la tabla que se muestra a continuación:

Proyecto : Sistema de bombeo de agua para la comunidad Pallina Chico

Moneda: Bolivianos

Tipo de cambio : 6.96

Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1.-Materiales				
Tuberia PVC esquema 40 de 2" de 6m de largo	PZA	1	190,00	190,00
Tuberia PVC esquema 40 de 1 1/2" de 6m de largo	PZA	35	140,00	4900,00
Codo de 90° Tupy de 1 1/2"	PZA	6	35,00	210,00
Codo de 45° Tupy de 1 1/2"	PZA	4	50,00	200,00
Niple hexagonal de 1 1/4"	PZA	2	20,00	40,00
Reduccion tipo copla de 1 1/2" a 1 1/4"	PZA	2	35,00	70,00
Te Tupy de 1/2"	PZA	2	40,00	80,00
Valvula de retencion de 1 1/2"	PZA	6	210,00	1260,00
Union Universal de 1 1/2"	PZA	4	55,00	220,00
Codo de 90° Tupy de 2"	PZA	2	45,00	90,00
Valvula de pie de 2"	PZA	2	210,00	420,00
Niple hexagonal de 1 1/2"	PZA	2	30,00	60,00
Reduccion tipo copla de 2" a 1 1/2"	PZA	2	50,00	100,00
Llave de paso de 1 1/2"	PZA	4	180,00	720,00
Te Tupy de 2"	PZA	2	55,00	110,00
Llave de paso de 2"	PZA	2	230,00	460,00
Total Materiales				9130,00
2.- Equipo				
Bomba de agua Italiana de la marca Pentax MB 200 monofasico 220v	PZA	2	7000,00	14000,00
Tablero electrico de control de nivel de agua automatico Shneider Electric	PZA	1	5000,00	5000,00
Tanque Bajo de aduccion e impulsion de agua	PZA	1	21000,00	21000,00
Tanque elevado de almacenamiento y distribucion	PZA	1	25000,00	25000,00
Caseta de bombeo de agua	PZA	1	15200,00	15200,00
Total de Equipos				80200,00
3.-Mano de Obra				
Tanque Bajo de aduccion e impulsion de agua	PZA	1	20000,00	20000,00
Tanque elevado de almacenamiento y distribucion	PZA	1	20000,00	20000,00
Caseta de bombeo de agua	PZA	1	3000,00	3000,00
Instalacion del tablero y pruebas de funcionamiento del equipo de bombeo de	HR	24	26,00	624,00
Instalacion de la tuberia de aduccion e impulsion de agua	PZA	1	10000,00	10000,00
Total de mano de obra				53624,00
Total				142954,00

Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
4.-Recargos				
Impuesto al valor agregado 13.00% del total de mano de obra				6971,12
Total de recargos				6971,12
5.-Gastos Generales y Administrativos				
Gastos generales 1.00% de 1+2+3				1429,54
Gastos administrativos 3.00% de 1+2+3				4288,62
Costos adicionales 5.00% de 1+2+3				7147,70
Transporte, manipuleo y almacenamiento 2.00% del total de materiales y equipos de 1+2				1786,60
Total de Gastos generales y administrativos				14652,46
Presupuesto Total				164577,58



CONCLUSIONES

Se aprovechó los recursos hídricos (vertientes de agua) de la Comunidad Pallina Chico, para el abastecimiento de agua en la comunidad, ya que las aguas superficiales que se encuentran alrededor se encuentran contaminadas por las industrias, puesto que este afluyente (vertiente) viene directamente desde la cordillera subterráneamente, y se convierte en una gran fuente de abastecimiento, no solo para la comunidad sino también para otras comunidades que se encuentran alrededor.

La construcción del sistema de bombeo de agua potable para la Comunidad Pallina Chico, es de tanque bajo a tanque elevado en donde se almacenara agua y distribuirá por gravedad a las viviendas de los pobladores, donde se mejorara la calidad de vida de la comunidad ya que el agua abastecerá de manera constante.

La energía eléctrica de la comunidad es monofásica 220 voltios, es esta energía la que alimenta a la estación de bombeo para el funcionamiento de las bombas de agua.

El sistema de control de bombeo de agua, cuenta con un tablero eléctrico en la Estación de Bombeo, que tiene la opción de seleccionar Manual y Automático para el llenado del tanque de almacenamiento, tiene un sistema de protección en el tanque bajo para que la bomba de agua no funcione en vacío y en el tanque elevado tiene un medidor conductivo que se acciona cuando el agua moja en los electrodos.

En el estudio de Impacto Ambiental se deduce que el proyecto no poseerá incidencia significativa en lo que se refiere a la alteración de la fauna y flora del lugar.

El presente trabajo no es un proyecto lucrativo si no es un proyecto social que beneficiara a la comunidad sin fines de lucro, también se puede llamar como un proyecto comunitario de uso común para un bien común.

RECOMENDACIONES

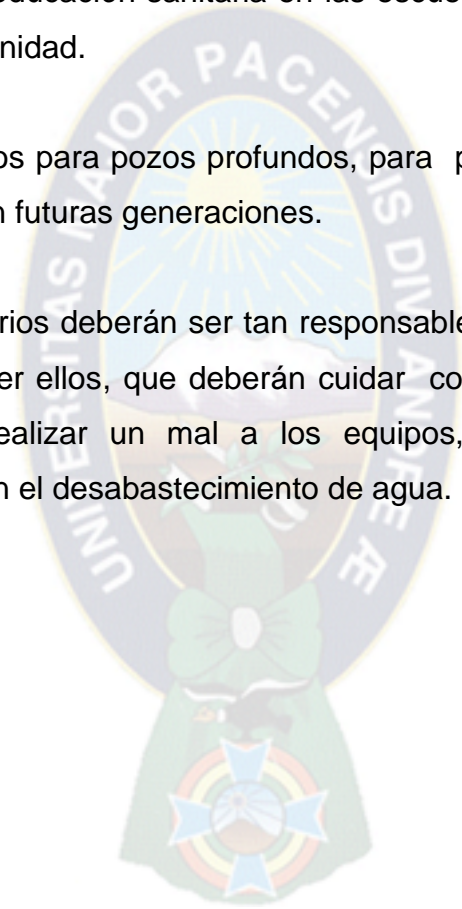
Se recomienda que el proyecto de abastecimiento de agua en el área rural tenga mayor alcance, es decir en toda las comunidades aledañas.

Que el Municipio presupueste y realice mayor desembolso para este tipo de proyectos.

Desarrollar programas de educación sanitaria en las escuelas para cambiar los hábitos de uso de agua en la comunidad.

Realizar estudios hidráulicos para pozos profundos, para poder garantizar el consumo de agua a la Comunidad en futuras generaciones.

Los Pobladores o Comunarios deberán ser tan responsables consigo mismo, las obras de bien común, deberán ser ellos, que deberán cuidar con atenta vigilancia para que ningún intruso pueda realizar un mal a los equipos, porque la comunidad se encontraría perjudicada con el desabastecimiento de agua.



CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

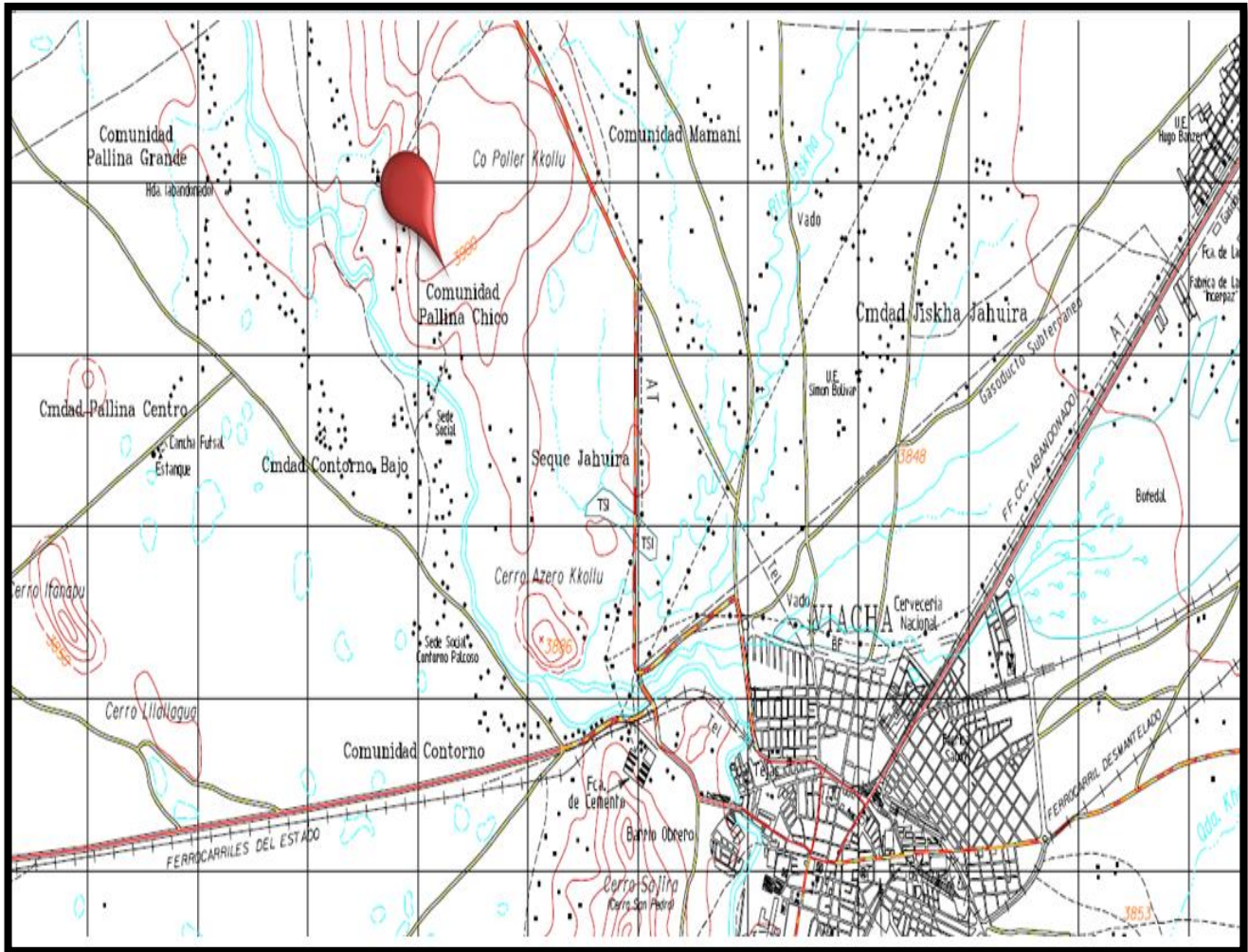
- *Mott Robert, sexta edición 2006. MECÁNICA DE FLUIDOS*
- *Suñol Esquirol Ignacio. AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS*
- *García Trasancos, José. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN*
- *INE 2001. CENSO NACIONAL DE POBLACION Y VIVIENDA*
- *Agüero Roger 2004. GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CAPTACIÓN DE MANANTIALES*
- *Norma Boliviana 689, 2004. REGLAMENTOS TECNICOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE*
- *Norma Boliviana 1069. TUBERÍAS PLÁSTICAS DE POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO (PVC-U) ESQUEMAS 40 Y 80 - ESPECIFICACIONES Y DIMENSIONES*
- *Schneider Electric. CATALOGO DE ACCESORIOS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*
- *Pentax, wáter pumps Italiana. CATALOGO DE BOMBAS DE AGUA*

WEBGRAFIA

- www.google.com.maps
- www.google.com.bo

ANEXO 1

Planimetría de la Comunidad Pallina Chico – Provincia Ingavi



ANEXO 2

Norma Boliviana 689 “Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistema de Agua Potable”

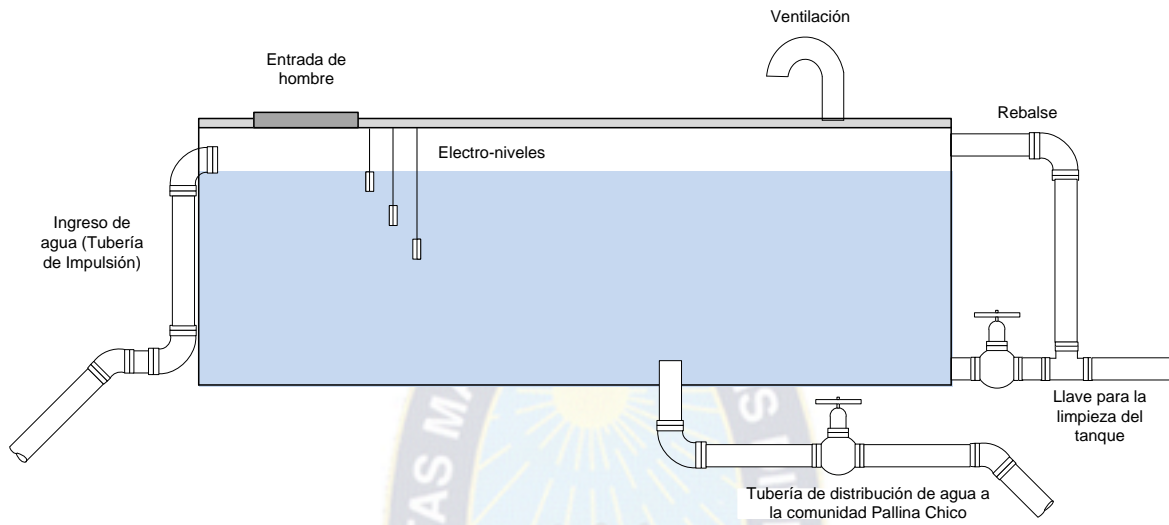
Tabla 5. Período de diseño (años)

Componente del sistema	Población menor a 20 000 habitantes	Población mayor a 20 000 habitantes
Obra de captación	10 – 20	30
Aducción	20	30
Pozos profundos	10	15 - 20
Estaciones de bombeo	20	30
Plantas de tratamiento	15 - 20	20 - 30
Tanques de almacenamiento	20	20 - 30
Redes de distribución	20	30
Equipamiento:		
- Equipos eléctricos	5 - 10	5 - 10
- Equipos de combustión interna	5	5

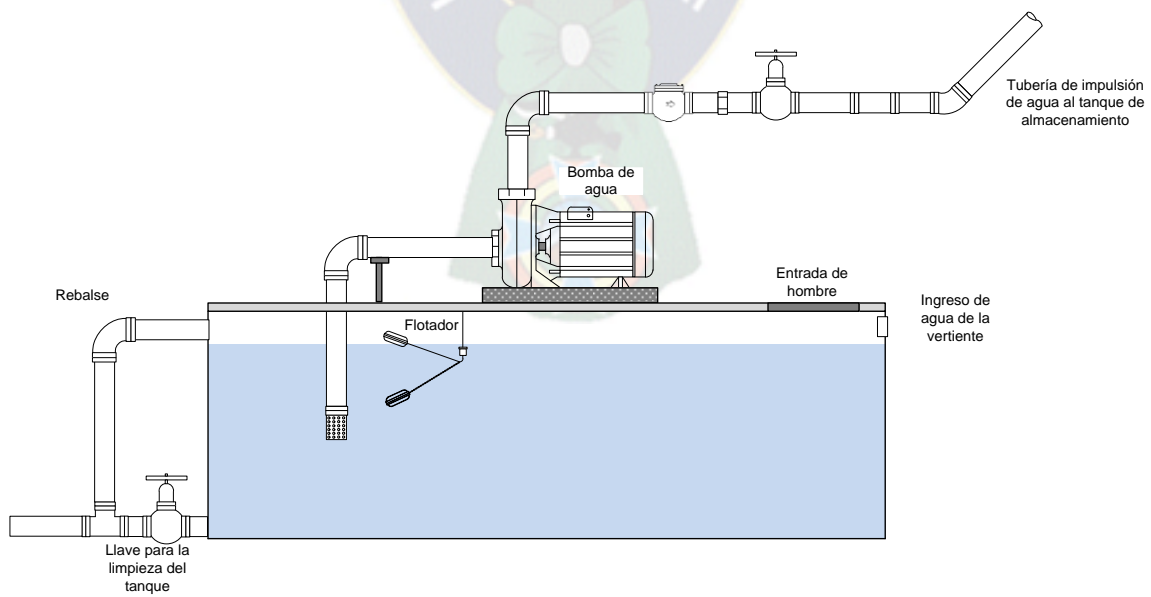


ANEXO 3

Sistema de bombeo de agua para la Comunidad Pallina Chico



Tanque Elevado de distribución



Tanque Bajo impulsión de agua al tanque elevado

ANEXO 4

Dotación media diaria según la norma NB 689

Tabla 3. Dotación media diaria (l/hab-d)

Zona	Población (habitantes)					
	Hasta 500	De 501 a 2 000	De 2 001 a 5 000	De 5 001 a 20 000	De 20 001 a 100 000	Más de 100 000
Del altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 8	80 - 100	100 - 150	150 - 200
De los Valles	50 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200 - 250
De los Llanos	70 - 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350
Notas:	(1)			(2)		

(1) Justificar a través de un estudio social

(2) Justificar a través de un estudio socio-económico

ANEXO 5

Norma Boliviana 689 “Reglamentos Técnicos de Diseño para
Sistema de Agua Potable”

Tabla 5.2: Valores del Coeficiente k_2

Población (habitantes)	Coeficiente k_2
Hasta 2000	2.20 - 2.00
De 2001 a 10000	2.00 - 1.80
De 10001 a 100000	1.80 - 1.50
Mas de 100001	1.50

Fuente: Norma Boliviana Norma NB-689

ANEXO 6

Norma Boliviana 1069 “Tuberías Plásticas de Policloruro de Vinilo No Plastificado (PVC-U) esquemas 40 y 80 - Especificaciones y dimensiones”



Tabla A.1 - Esquema 40

Diámetro nominal	Diámetro exterior		Espesor		Presión de:	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Trabajo	Rotura
	mm	mm	mm	mm	MPa	MPa
½	21,2	21,5	2,8	3,3	4,14	13,17
¾	26,6	26,9	2,9	3,4	3,31	10,62
1	33,4	33,7	3,4	3,9	3,10	9,93
1 ½	48,1	48,4	3,7	4,2	2,28	7,31
2	60,2	60,5	3,9	4,4	1,93	6,14
2 ½	72,8	73,2	5,2	5,8	2,07	6,69
3	88,7	89,1	5,5	6,1	1,79	5,79
4	114,1	114,5	6,0	6,7	1,52	4,90
6	168,0	168,5	7,1	8,0	1,24	3,86
8	218,8	219,4	8,2	9,2	1,10	3,45
10	272,6	273,4	9,3	10,4	0,97	3,10
12	323,4	324,2	10,3	11,5	0,90	2,90

ANEXO 7

Norma Boliviana 689 “Reglamentos Técnicos de Diseño para
Sistema de Agua Potable”



Tabla 13. Valores del coeficiente C de Hazen-Williams

Material	C
Acero galvanizado	125
Acero soldado c/revestimiento	130
Asbesto cemento	120
Hierro fundido nuevo	100
Hierro fundido usado (15 a 20 años)	60 – 100
Hierro fundido dúctil c/revestimiento de cemento	120
Plástico PVC o Polietileno PE	140

Fuente: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto.



ANEXO 8

Norma Boliviana 689 “Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistema de Agua Potable”



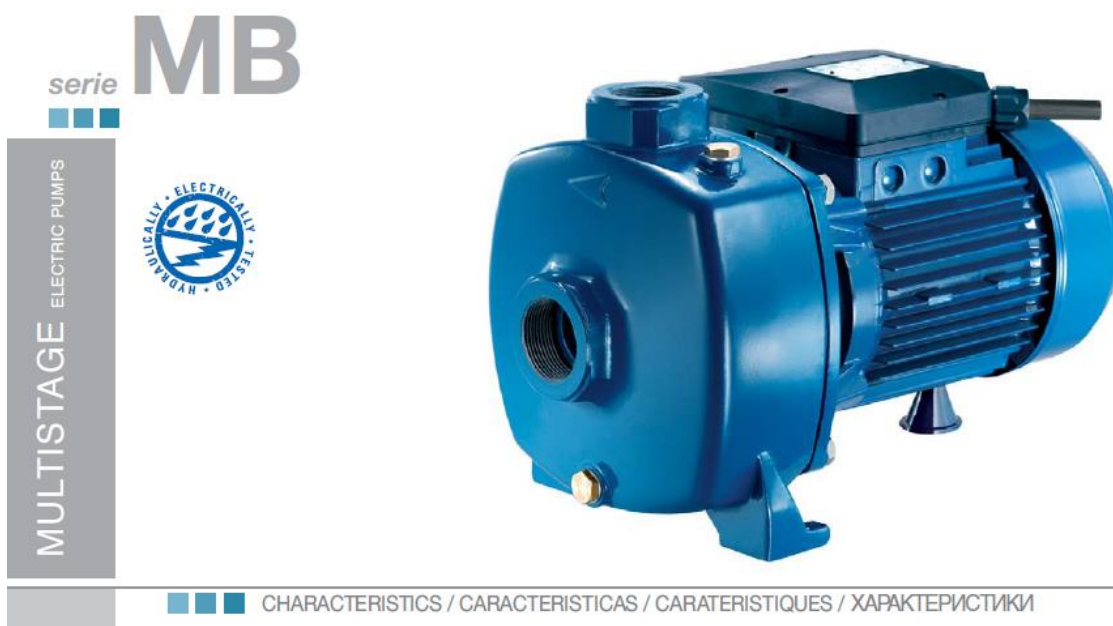
Tabla 4.7: Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (En metros de tubería recta)

Elemento	pulg	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14
	mm	13	19	25	32	38	50	63	75	100	125	150	200	250	300	350
Codo 90°																
Radio largo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Radio medio		0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.8	3.7	4.3	5.5	6.7	7.9	9.5
Radio corto		0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	2	2.5	3.4	4.5	4.9	6.4	7.9	9.5	10.5
Codo 45°		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	3	3.8	4.6	5.3
Curva 90°																
R/D: 1		0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.3	1.6	1.9	2.4	3	3.6	4.4
R/D: 1		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1	1.3	1.6	2.1	2.5	3.3	4.1	4.8	5.4
Curva 45°		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5
Entrada																
Normal		0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6	2	2.5	3.5	4.5	5.5	6.2
De borda		0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.5	1.9	2.2	3.2	4	5	6	7.5	9	11
Válvula																
Compuerta		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.4
Globo		4.9	6.7	8.2	11.3	13.4	17.4	21	26	34	45.3	51	67	85	102	120
Angulo		2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	8.5	10	13	17	21	26	34	43	51	60
De pie		3.6	5.6	7.3	10	11.6	14	17	20	23	31	39	52	65	78	90
Retención																
Tee liviano		1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	6.4	10.4	12.5	16	20	24	38
Tee pesado		1.6	2.4	3.2	4	4.8	6.4	8.1	9.7	12.9	16.1	19.3	25	32	38	45
Tee de paso																
Directo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Latera		1	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10	13	16	19	22
Tee salida																
Bilateral		1	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10	13	16	19	22
Salida de tubería		0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.5	1.9	2.2	3.2	4	5	6	7.5	9	11

Fuente: Diseño de acueductos y alcantarillados, Ricardo Alfredo López Cualla (2da. Edición)

ANEXO 9

Características de la bomba PENTAX MB 200

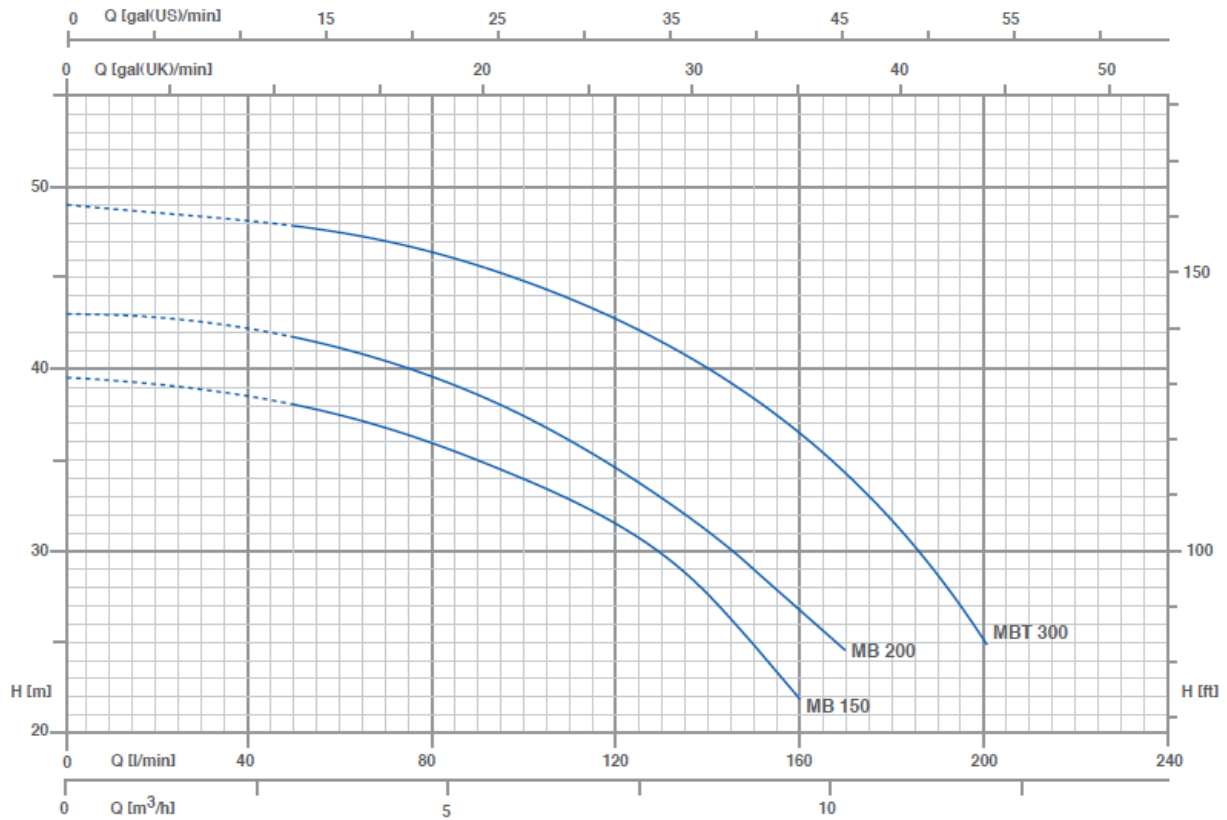


UTILIZACIONES - Bombas centrífugas con doble rodete compactas apropiadas para realizar unidades de presurización para instalaciones civiles e industriales; en cualquier caso logran garantizar una óptima relación entre la presión y el caudal.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS - Cuerpo bomba de fundición con bocas roscadas; soporte motor de fundición; rodete de Noryl® o de latón; sello mecánico de cerámica - grafito; eje motor de acero AISI 303 para la parte hidráulica; cojinetes de bolas de empresa primaria mundial; temperatura del líquido 0 - 90 °C (0 - 50 °C si el rodete de Noryl®); presión de trabajo máx. 8 bar.

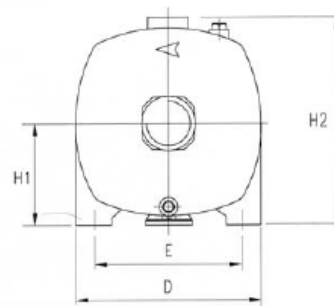
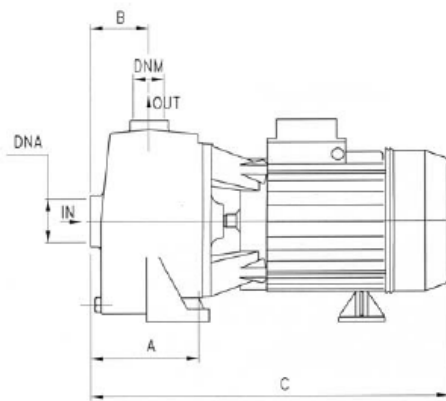
MOTOR - Motor eléctrico de inducción de 2 polos apropiado para servicio continuo; laminas para estator con baja pérdida específica; aislamiento de Clase F; protección IP 44; protección térmica para los modelos monofásicos; para los modelos trifásicos de la protección se encarga el usuario.

SOBRE PEDIDO - Otros voltajes y frecuencias de funcionamiento; sello mecánico especial; líquidos particulares.



TYPE		P2		P1 (kW)		AMPERE		Q (m³/h - l/min)					
1~	3~					1~	3~	0	2.4	4.8	7.2	9.6	12
230 V - 50 Hz	230 / 400 V - 50 Hz	(HP)	(kW)	1~	3~	1x230V 50Hz	3x400V 50Hz	0	40	80	120	160	200
								H (m)					
MB 150	MBT 150	1.5	1.1	1.60	1.55	7.7	2.9	39.5	38.5	36	30.8	22	-
MB 200	MBT 200	2.2	1.65	2	1.90	9.5	3.6	43	42.1	39.5	34.5	26	-
MB 300	MBT 300	3	2.2	-	2.60	-	4.8	49	48.4	47.2	43.6	36.5	25

■ ■ ■ Dimensions / Dimensiones / Dimensions / PA3MEPЫ



TYPE	DIMENSIONS (mm)												
	A	B	C	D	E	H1	H2	DNA	DNM	I	L	M	
MB 150	108	73	385	205	165	115	242	1"1/2G	1"1/4G	405	225	295	21.2
MB 200	108	73	385	205	165	115	242	1"1/2G	1"1/4G	405	225	295	21.7
MB 300	108	73	385	205	165	115	242	1"1/2G	1"1/4G	405	225	295	21.7

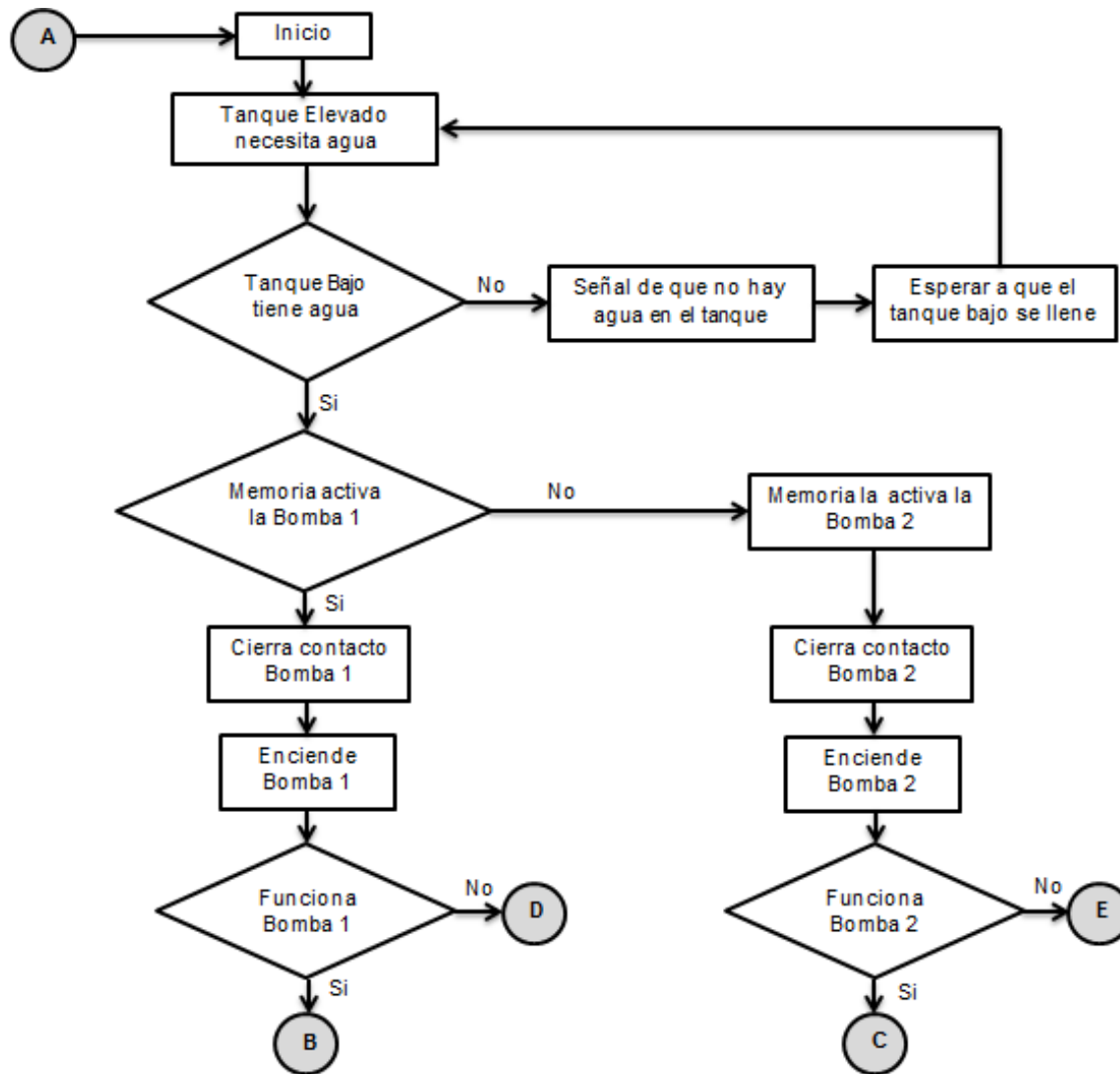
ANEXO 10

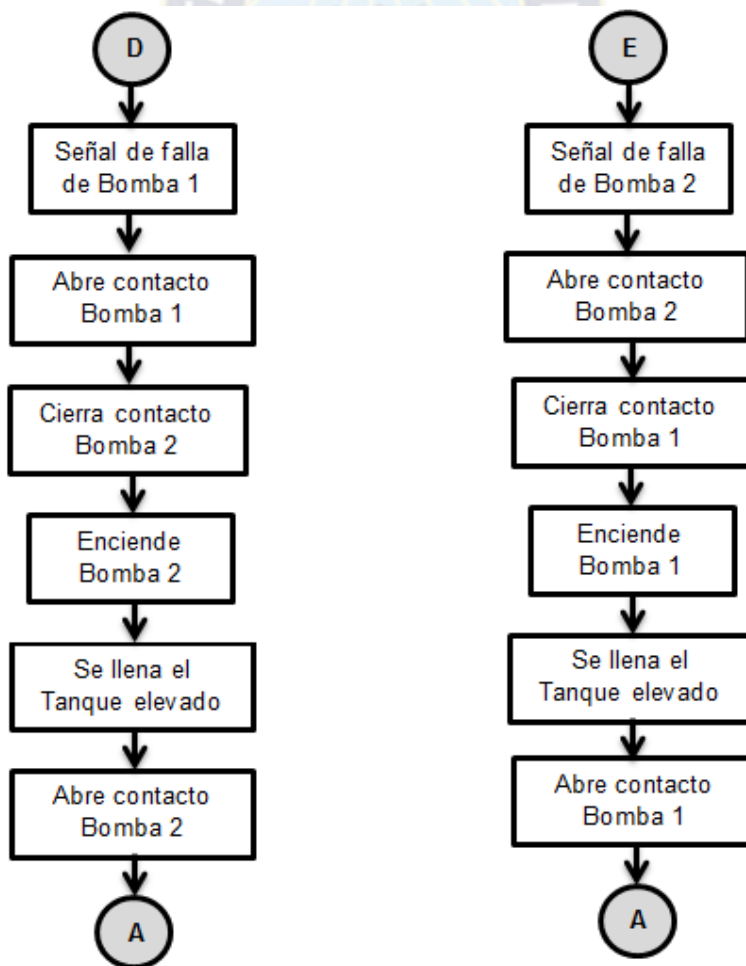
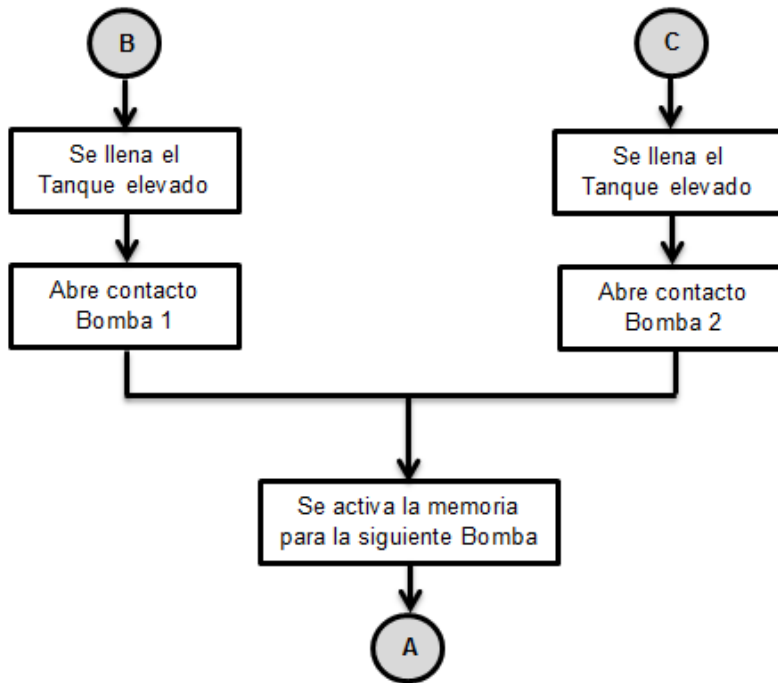
TABLA DE CONDUCTORES

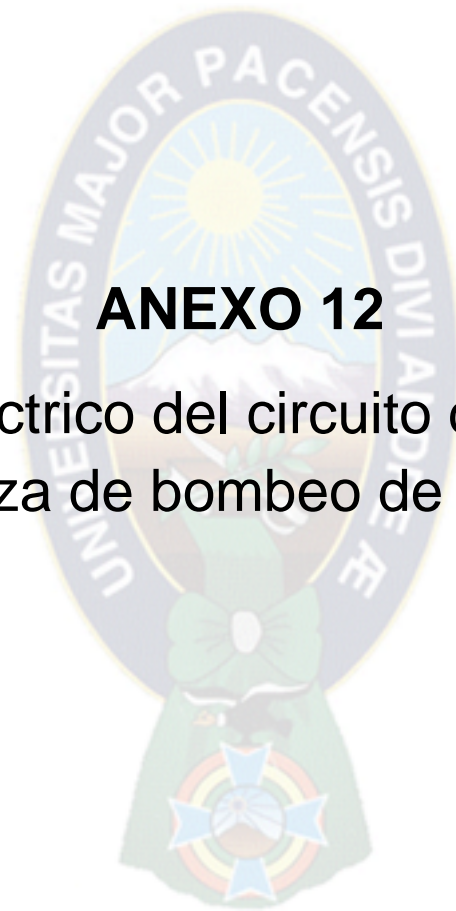
No. AWG	DIAMETRO mm	SECCION mm ²	RESISTENCIA Ohmio/Km.	CARGA AMPERIOS		CORRIENTE DE FUSION	PESO Kg./Km.
				DESNUDO	AISLADO		
40	0.07967	0.0050	3432.500	0.13	0.02	1.70	0.0445
39	0.08969	0.0063	2728.900	0.15	0.03	2.10	0.0562
38	0.10070	0.0079	2164.100	0.18	0.04	2.60	0.0700
37	0.11310	0.0100	1716.900	0.24	0.06	3.10	0.0833
36	0.12700	0.0127	1361.000	0.28	0.07	3.60	0.1126
35	0.14260	0.0159	1079.400	0.32	0.09	4.40	0.1420
34	0.16010	0.0201	856.00	0.40	0.11	5.10	0.1791
33	0.17980	0.0254	670.800	0.46	0.12	6.20	0.2258
32	0.20190	0.0320	538.300	0.55	0.15	7.30	0.2847
31	0.22680	0.0404	426.900	0.65	0.20	8.70	0.3590
30	0.25450	0.0509	330.600	0.80	0.25	10.20	0.4527
29	0.20590	0.0642	268.500	0.90	0.30	12.00	0.5709
28	0.32110	0.0810	212.900	1.10	0.40	14.70	0.7199
27	0.36060	0.1020	168.900	1.20	0.45	17.70	0.9077
26	0.40490	0.1280	133.900	1.50	0.55	20.00	1.1450
25	0.45470	0.1620	106.200	1.70	0.60	24.50	1.4430
24	0.51060	0.2040	84.210	2.00	0.80	29.00	1.8200
23	0.57370	0.2580	66.790	2.40	1.00	34.50	2.2950
22	0.64380	0.3250	52.960	2.80	1.20	41.00	2.8490
21	0.72300	0.4070	42.000	3.20	1.50	49.00	3.6490
20	0.81180	0.5180	33.310	3.60	1.80	58.00	4.6020
19	0.91160	0.6570	26.420	4.00	2.00	67.00	5.8030
18	1.02400	0.8230	20.950	6.00	3.00	83.00	7.3170
17	1.15000	1.0390	16.610	8.00	4.00	100.00	9.2260
16	0.29100	1.3070	13.170	10.00	8.00	117.00	11.6300
15	1.45000	1.6500	10.450	12.00	10.00	140.00	14.0700
14	1.62900	2.0900	8.285	15.00	13.00	166.00	18.5000
13	1.82800	2.6800	6.571	19.00	16.00	220.00	23.3300
12	2.05300	3.3000	5.211	22.00	18.00	235.00	29.4900
11	2.30500	4.1600	4.132	25.00	20.00	285.00	37.0900
10	2.58800	5.2700	3.227	30.00	25.00	334.00	46.7700
9	2.90600	6.6300	2.599	35.00	28.00	396.00	58.9600
8	3.26400	8.3600	2.061	53.00	35.00	475.00	74.3700
7	3.66500	10.5500	1.634	65.00	45.00	565.00	93.7800
6	4.11500	13.3300	1.296	70.00	50.00	671.00	118.300
5	4.62100	16.7600	1.028	85.00	55.00	800.00	149.100
4	5.18900	21.1600	0.815	100.00	70.00	947.00	188.000
3	5.82700	26.6900	0.647	105.00	75.00	1128.00	237.000
2	6.54400	33.5900	0.503	120.00	90.00	1340.00	299.000
1	7.34800	42.4700	0.407	150.00	120.00	1595.00	377.000
0	8.25100	53.5100	0.322	180.00	150.00	1905.00	475.400
00	9.22600	67.4300	0.256	200.00	180.00	2262.00	599.500
000	10.40000	84.9500	0.203	240.00	210.00	2685.00	755.900
0000	11.68000	107.1800	0.160	300.00	270.00	3220.00	953.200

ANEXO 11

Flujo grama del sistema del control de bombeo de agua

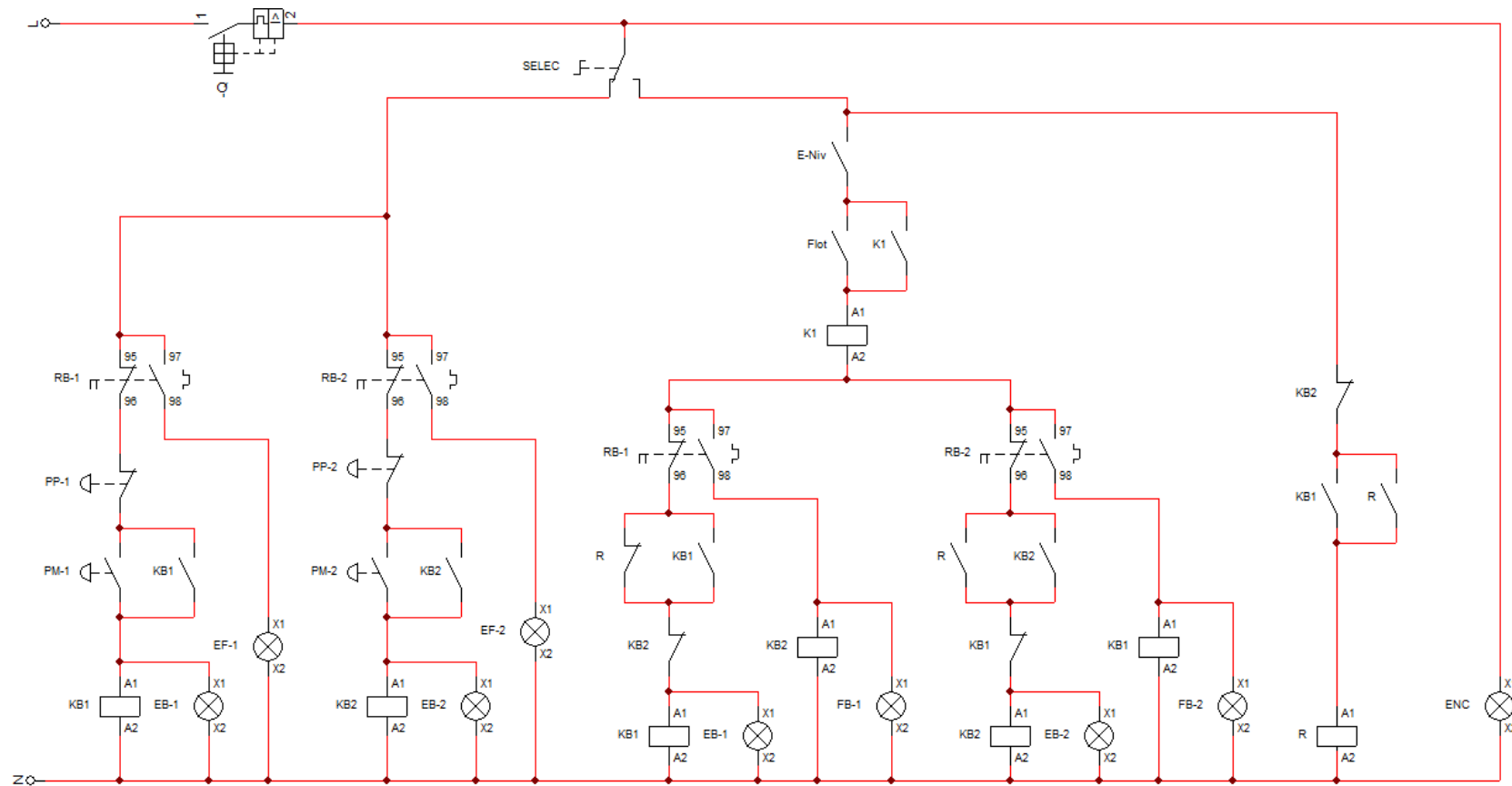




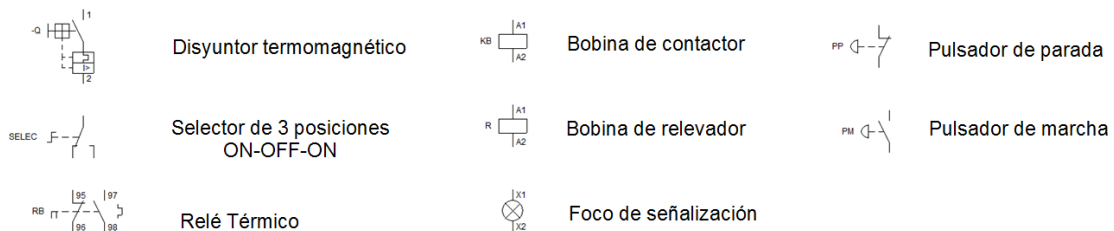


ANEXO 12

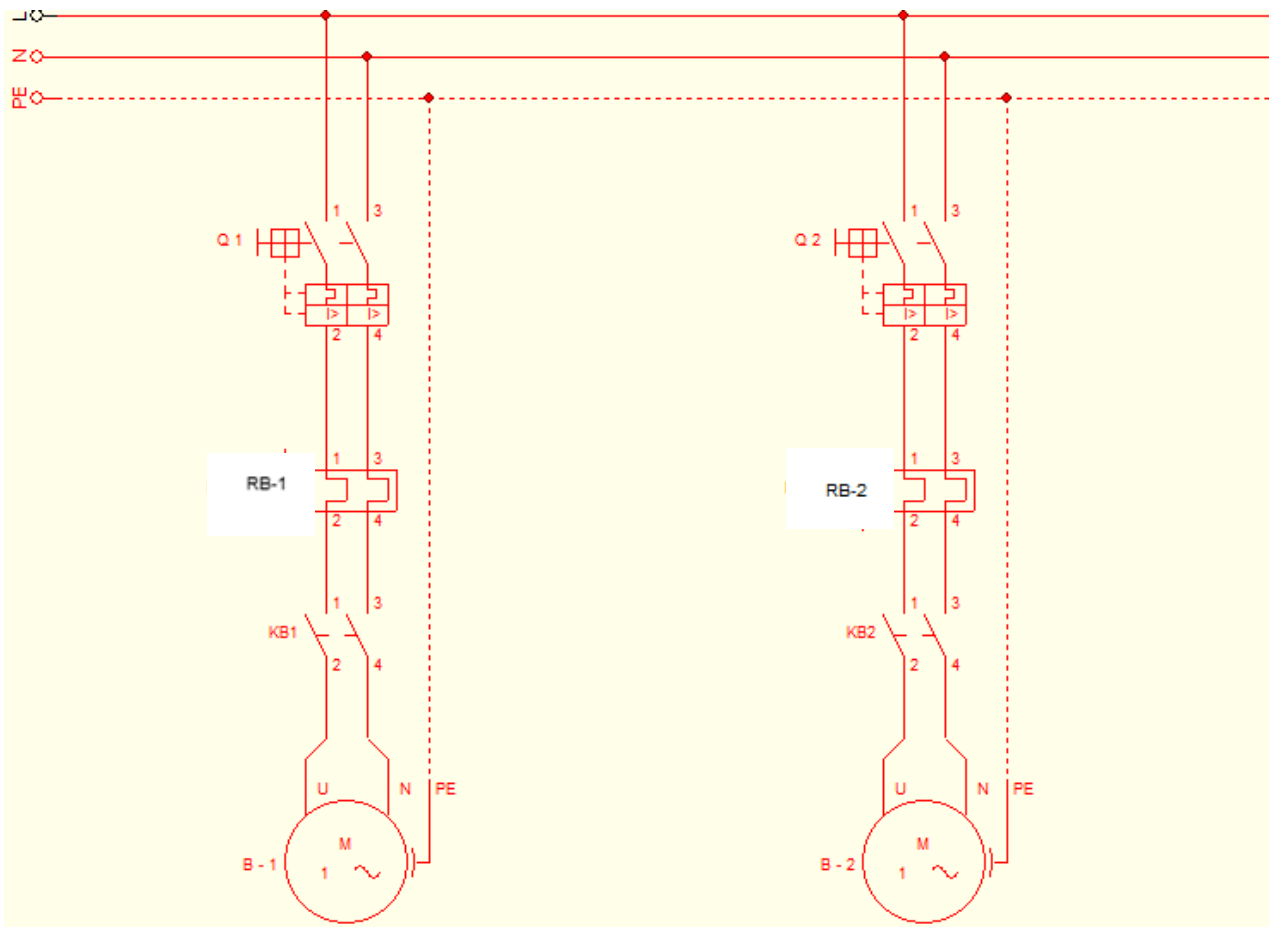
Diagrama eléctrico del circuito de control y de fuerza de bombeo de agua



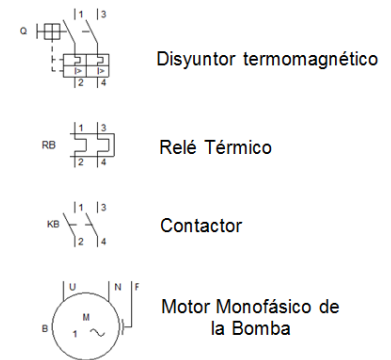
SIMBOLOGIA



U M S A	
FACULTAD DE TECNOLOGIA ELECTROMECHANICA	
CIRCUITO DE CONTROL ELECTRICO DE BOMBEO DE AGUA	
10/11/2015	ESC. 1:1
Sonco Choque Grober Erick	
Lic. Cesar Mendoza	



SIMBOLOGIA



U M S A	
FACULTAD DE TECNOLOGIA ELECTROMECHANICA	
CIRCUITO DE POTENCIA DE BOMBEO DE AGUA	
10/11/2015	ESC. 1:1
Sonco Choque Grober Erick	
Lic. Cesar Mendoza	