



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA
Y URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**“DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE
AGUA DE RIEGO CON SU RESPECTIVO SISTEMA
DE UTILIZACIÓN 22.9 kV, 3Ø, PARA EL SECTOR
MALLARITOS, DISTRITO DE MARCAVELICA,
PROVINCIA DE SULLANA, DEPARTAMENTO DE
PIURA”.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

Bach. Simbaña Calle Jhony Daniel

Asesor Metodológico:

MSc. Aguinaga Paz Amado

Línea de Investigación:

Ingeniería de Procesos Productivos

**Pimentel – Perú
2018**

“DISEÑO DE UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA DE RIEGO CON SU RESPECTIVO SISTEMA DE UTILIZACION 22.9 kV, 3Ø, PARA EL SECTOR MALLARITOS, DISTRITO DE MARCAVELICA, PROVINCIA DE SULLANA, DEPARTAMENTO DE PIURA”

Aprobación de tesis

Simbaña Calle Jhony Daniel

Autor

MSc. Aguinaga Paz Amado

Asesor

MSc. Rojas Coronel Ángel Marcelo

Presidente de Jurado de Tesis

Mg. Gastiaburú Morales Silvia Yvone

Secretario del Jurado de Tesis

Mg. Vives Garnique Juan Carlos

Vocal de Jurado de Tesis

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres: en memoria de Moisés que Dios lo tenga en la gloria, a mi madre Rodail, a mis hermanos Jeleny, Magaly y Yecely que me apoyaron en la realización de mis objetivos.

En especial a mi hermano Percy por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Quiero manifestar mi agradecimiento a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, y por brindarme una vida de aprendizajes, experiencias y sobre todo de felicidad. También agradezco a todas las personas que aportaron con un granito de arena apoyándome en la realización de esta tesis. Agradezco a mi Asesor: MSc. Amado Aguinaga Paz, quienes me estuvieron dando recomendaciones y soluciones en los obstáculos presentados en el desarrollo de la misma. También agradezco a quienes tuvieron la gentileza de revisar algunas partes de mi trabajo.

RESUMEN

La presente tesis, comprende el diseño de una estación de bombeo mediante electrobombas, para beneficiar a los socios de la Cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A del caserío de Mallaritos, Distrito de Marcavelica, que actualmente cuentan con 85 Hectáreas de cultivo de banano; el diseño tiene la finalidad de minimizar el costo de regado de los cultivos, debido a que el regado lo realizan mediante bomba accionada por un grupo electrógeno que funciona con combustible.

Se ha diseñado, la parte hidráulica, eléctrica, control y potencia; se determinaron los requerimientos y los procesos técnicos que involucran este diseño.

Se analizó físicamente la forma del regadío, el tiempo y el costo que les genera regar actualmente sus cultivos con una bomba que es accionada por un grupo electrógeno.

Se analizó físicamente el material de trabajo, realizando un levantamiento topográfico de la zona donde se ha proyectado el diseño de la caseta de bombeo, se tomaron nivel del terreno, niveles del agua del canal, entre otros; por lo que se seleccionaron y diseñaron los diferentes mecanismos de acuerdo a estos requerimientos, logrando que este sistema de bombeo cuente con la capacidad de caudal para que riegue eficientemente los cultivos.

Del resultado de la tesis, se tiene que la caseta de bombeo estará constituida por un sistema: hidráulico, eléctrico, control y potencia de 38.00 kW.

Finalmente, se realizó el presupuesto económico del posible suministro y montaje electromecánico de la caseta de bombeo, teniendo un costo de S/. 657,223.63 incluido IGV; de lo cual se concluye que el costo proyectado en el tiempo sería rentable, comparado al costo de regar los cultivos con bomba accionada mediante un grupo electrógeno.

PALABRAS CLAVE: Diseño, de una estación de bombeo de agua de riego con su respectivo sistema de utilización 22.9 kV, 3Ø.

ABSTRACT

The present thesis, includes the design of a pumping station through electric pumps to benefit the partners of the Cooperative Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A of the hamlet Mallaritos, district of Marcavelica, which currently has 85 hectares of banana cultivation. The design intends to minimize the cost of irrigating the crops because the irrigation is carried out by a pump managed by a generator that works with fuel.

Have been designed the hydraulic part, electric, control and power; the requirements and the technical processes that involve this design were identified.

Have been analyzed physically the form of irrigation, the time and the cost that currently generates them to irrigate the crops with a pump managed by a generator.

Have been analyzed physically the working material, conducting a surveying of the area where the design of the pumping booth has been projected. Have been taken the field level and the canal's water level, among others; selecting and designing the different mechanisms according to these requirements, getting that this pumping system has capacity of flow rate so it could irrigate the crops efficiently.

As a result of the thesis, we have that the pumping booth is going to be built by a system: hydraulic, electric, control and power of 38 kW.

Finally, the economic budget of the possible supply and mounting electromechanical of the pumping booth have been made at a cost of S/. 657,223.63 including IGV. It is concluded that the projected cost in the time will be profitable compared to the cost of irrigating the crops with a pump managed by a generator.

Key words: Design, of a water pumping station to irrigating with their respective system of use 22.9 kV, 3Ø.

INDICE

I. INTRODUCCION

1.1	Situación problemática.....	15
1.2	Formulación del problema.....	16
1.3	Objetivos.....	16
1.3.1	Objetivo general.....	16
1.3.2	Objetivos específicos.....	17
1.4	Justificación.....	17
1.5	Antecedentes.....	19
1.5.1	Marco teórico.....	19
1.5.1.1	El banano.....	24
1.5.1.1.1	Procedencia y origen del banano.....	24
1.5.1.1.2	Definición del banano.....	28
1.5.1.1.3	Propiedades y beneficios del banano.....	31
1.5.1.1.4	Riego de cultivos de banano	31
1.5.1.1.5	Cosecha del banano	31
1.5.1.1.6	Campos de acción.....	33
1.5.1.2	Marco teórico del diseño.....	34
1.5.1.2.1	Módulo de riego y caudal de riego.....	34
1.5.1.2.2	Diseño de la línea de succión	38
1.5.1.2.3	Número de Reynolds.....	41
1.5.1.2.4	Rugosidad.....	42
1.5.1.2.5	Diagrama de Moody	43
1.5.1.2.6	Pérdidas primarias.....	44
1.5.1.2.7	Pérdidas secundarias.....	44
1.5.1.2.8	Ecuación general de la Energía.....	46
1.5.1.2.9	Altura dinámica de la Bomba (HDT).....	48
1.5.1.2.10	Potencia de la Bomba	48
1.5.1.2.11	NPSH.....	50

1.5.1.2.12	Diseño y selección de transformador en Sub estación de Media Tensión.....	52
1.5.1.2.13	Diseño de tablero de distribución en Media Tensión en Sub estación.....	53
1.5.1.2.14	Diseño de tablero del sistema de Potencia de electrobombas.....	53
1.5.1.2.15	Diseño de Red eléctrica de Media Tensión.....	54
1.5.1.3	Definición de Terminología.....	68
1.5.1.3	Definición de Términos.....	68

II. MATERIALES Y METODOS.....75

2.1	Diseño de la investigación	75
2.2	Métodos de la investigación.....	75
2.3	Población y Muestra	75
2.4	Variables.....	77
2.5	Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	79

III. PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN84

3.1	Diseño de la caseta de bombeo	84
3.1.1	Diseño hidráulico.....	84
3.1.1.1	Cálculo del módulo de riego y caudal de riego.....	85
3.1.1.2	Diseño de árbol hidráulico	89
3.1.1.3	Diseño y selección de transformador en Sub estación de Media Tensión.....	110
3.1.1.4	Diseño de tablero de distribución en Media Tensión en Sub estación.....	111
3.1.1.5	Diseño del tablero del sistema de Potencia de electrobombas.....	114
3.1.1.6	Diseño de Red Eléctrica de Media Tensión	117
3.2	Plan de mantenimiento de estación de bombeo.....	147
3.2.1	Mantenimiento predictivo.....	147

3.2.1.1	Mantenimiento predictivo al transformador.....	147
3.2.1.2	Mantenimiento predictivo a centro de control del motor.....	148
3.2.1.3	Mantenimiento predictivo a la red de tierra física.....	149
3.2.1.4	Mantenimiento predictivo al motor.....	151
3.2.1.5	Mantenimiento predictivo de la bomba.....	152
3.2.1.6	Mantenimiento predictivo al tren de descarga.....	153
3.2.1.7	Mantenimiento predictivo de válvulas.....	154
3.2.1.8	Mantenimiento predictivo del canal de agua.....	154
3.2.2	Mantenimiento Preventivo.....	154
3.2.2.1	Mantenimiento preventivo al transformador.....	155
3.2.2.2	Mantenimiento preventivo de la bomba.....	156
3.2.2.3	Mantenimiento preventivo al tren de descarga.....	157
3.2.2.4	Mantenimiento preventivo de válvulas.....	158
3.2.3	Mantenimiento correctivo.....	158
3.2.3.1	Mantenimiento correctivo al transformador.....	159
3.2.3.2	Mantenimiento correctivo a motores.....	159
IV.	RESULTADOS	163
4.1	Método de regado actual, mediante Grupo electrógeno para regar 85 Hectáreas de cultivos de banano	163
4.2	Método de regado actual, mediante Grupo electrógeno para regar la proyección de diseño del proyecto de 110.5 Hectáreas de cultivos de banano.....	165
4.3	Método de regado del diseño, mediante electrobombas para regar la proyección de diseño del proyecto de 110.5 Hectáreas de cultivos de banano.....	167
V.	DISCUSIÓN	173
VI.	CONCLUSIONES	175

VII.	REFERENCIAS.....	177
VIII.	ANEXOS.....	180
IX.	LAMINAS DE DETALLE.....	213
X.	PLANOS.....	214

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i>	<i>Los pioneros del agua en la historia.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2:</i>	<i>Tornillo de Arquímedes.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3:</i>	<i>Planta de Banano con fruto.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 4:</i>	<i>Interior caseta de bombeo con Grupo electrógeno.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 5:</i>	<i>Proceso de cosecha y empaquetamiento de banano.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 6:</i>	<i>Rugosidad en tuberías.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 7:</i>	<i>Diagrama de Moody.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 8:</i>	<i>Ecuación general de la energía.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 9:</i>	<i>Diagrama de fuerza en estructura.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 10:</i>	<i>Cálculo mecánico de estructuras – diagrama de distribución de fuerzas....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 11:</i>	<i>Diagrama de retenida.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 12:</i>	<i>Interrelación de variables.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 13:</i>	<i>Diagrama eléctrico de tablero de control y potencia de electrobombas... </i>	<i>116</i>
<i>Figura 14:</i>	<i>Diagrama eléctrico de tablero de control y potencia de bomba autocebante.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 15:</i>	<i>Diagrama de Red de Media Tensión proyectada.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 16:</i>	<i>Configuración de la Red de Media Tensión.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 17:</i>	<i>Medición de la resistencia de aislamiento de transformador.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 18:</i>	<i>Medición de la resistencia eléctrica a tierra.....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 19:</i>	<i>Costo de petróleo Junio 2018.....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 20:</i>	<i>Modelo de recibo de luz en tarifa MT2.....</i>	<i>171</i>
<i>Figura 21:</i>	<i>Interior de la Caseta de bombeo.....</i>	<i>203</i>
<i>Figura 22:</i>	<i>Interior de la Caseta de bombeo.....</i>	<i>203</i>
<i>Figura 23:</i>	<i>Vista panorámica de canal que suministra agua a caseta de bombeo.....</i>	<i>204</i>
<i>Figura 24:</i>	<i>Vista de tubería de Descarga de la caseta de bombeo.....</i>	<i>204</i>
<i>Figura 25:</i>	<i>Trabajos de topografía en zona de Caseta de Bombeo.....</i>	<i>205</i>
<i>Figura 26:</i>	<i>Trabajos de toma de niveles en zona de Caseta de Bombeo.....</i>	<i>205</i>
<i>Figura 27:</i>	<i>Trabajos de topografía en zona de Caseta de Bombeo.....</i>	<i>206</i>
<i>Figura 28:</i>	<i>Trabajos de toma de niveles en zona de Caseta de Bombeo.....</i>	<i>206</i>

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Coeficiente K para diferente cultivos.....	37
Tabla 2:	Rango recomendado de velocidad.....	39
Tabla 3:	Coeficiente de Hazen-Williams C_h	40
Tabla 4:	Valores de diseño de rugosidad de tubos.....	43
Tabla 5:	Factor de fricción en la zona de tubería completa para tubería de acero comercial, nueva limpia.....	43
Tabla 6:	Resistencia de válvulas y acoplamientos.....	46
Tabla 7:	Presión de vapor y carga de presión de vapor de agua.....	52
Tabla 8:	Variables del sistema.....	78
Tabla 9:	Valores del conductor AAAC 35mm ²	119
Tabla 10:	Valores para conductor eléctrico AAAC.....	119
Tabla 11:	Valores obtenidos de r_e y $X_{3\phi}$	122
Tabla 12:	Resultados obtenidos de cálculos realizados.....	125
Tabla 13:	Resultados de Hipótesis planteadas.....	131
Tabla 14:	Calculo mecánico de estructuras, con conductor AAAC 35 mm ²	138
Tabla 15:	Cálculo mecánico de estructuras.....	141
Tabla 16:	Planilla de metrados de Red de Media Tensión (parte1).....	142
Tabla 17:	Planilla de metrados de Red de Media Tensión (parte2).....	143
Tabla 18:	Plan de Mantenimiento de estación de bombeo.....	161
Tabla 19:	Costo actual por día de riego con grupo electrógeno, para 85 Hectáreas de cultivo de banano.....	163
Tabla 20:	Porcentaje promedio anual de uso de caseta de bombeo.....	164
Tabla 21:	Costo total mensual por regado de 85 Hectáreas de banano.....	165
Tabla 22:	Costo proyectado por día de riego con grupo electrógeno para 110.5 Hectáreas de cultivo de banano.....	165
Tabla 23:	Costo total mensual por regado de 110.5 Hectáreas de banano.....	167
Tabla 24:	Costo promedio mensual para regar mediante electrobombas.....	170
Tabla 25:	F Dimensiones de tubería de acero.....	185
Tabla 26:	Propiedades del agua.....	186
Tabla 27:	Equivalencias de presión según altitud.....	187
Tabla 28:	Datos técnicos del conductor eléctrico NYN.....	192
Tabla 29:	Datos técnicos del conductor de aleación de AAAC.....	195
Tabla 30:	Guía de observación.....	196
Tabla 31:	Guía de análisis de documentos.....	197

<i>Tabla 32: Costo del proyecto.....</i>	<i>207</i>
<i>Tabla 33: Costo de componente N° 01 – Equipos y tableros de Potencia y Control.....</i>	<i>208</i>
<i>Tabla 34: Costo de componente N° 02- Red de Media Tensión.....</i>	<i>210</i>
<i>Tabla 35: Nomenclatura y descripción de Láminas de detalle.....</i>	<i>213</i>
<i>Tabla 36: Nomenclatura y Descripción de Planos.....</i>	<i>214</i>

CAPÍTULO I
INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

1.1 Situación problemática:

En la actualidad, la estación de bombeo de la Cooperativa de Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A, que la conforman pequeños productores que cultivan banano orgánico, cuya Cooperativa se ubica en el caserío de Mallaritos del distrito de Marcavelica, provincia de Sullana, la cual opera con una bomba que funciona en conjunto con un grupo electrógeno de 60 HP.

La estación de bombeo, succiona e impulsa el agua desde el canal Miguel Checa hasta los cultivos de banano orgánico de los agricultores de la Cooperativa; cuya forma de regadío implica que los agricultores tengan que realizar excesivo gasto económico por el suministro de combustible, así como el costo económico para realizar mantenimiento del sistema de bombeo y por el elevado costo económico por transportar combustible desde la zona del proveedor de combustible hasta el lugar de las casetas de bombeo, más aún en caso de presentarse fallas en el sistema generará que se realicen reparaciones del grupo electrógeno, lo cual implica dejar de regar los cultivos, lo cual pone en riesgo que los cultivos se dañen por falta de agua.

Esta situación, limita que se aproveche más tierras para cultivar banano orgánico, por lo que los terrenos libres de cultivos no pueden ser aprovechados en su totalidad, limitando que los socios de la cooperativa puedan competir en el mercado.

1.2 Formulación del Problema

Los agricultores socios, de la Cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A, en la actualidad riegan sus cultivos de banano orgánico 8 horas diarias, las cuales se dividen en 2 turnos de 4 horas; cuyo tiempo de regadío solo les alcanza para irrigar solo las tierras ya cultivadas, lo cual los limita para incrementar las tierras de cultivo.

La limitación de incrementar los cultivos de banano orgánico, es debido al elevado costo que les origina a los socios de la cooperativa, el tener que regar mediante una bomba que funciona con un grupo electrógeno a petróleo. En este sentido, lo que se pretende con la tesis, es el diseño de un sistema de bombeo, para lograr ampliar las horas de bombeo a menor costo, y con ello aumentar la dotación de agua de riego a mas hectáreas de cultivo, de tal manera que, se proyecta incrementar el cultivo de banano; esto se podrá lograr con el ahorro en el costo de: regado, mantenimiento, y reparaciones del sistema de bombeo, mediante la implementación de una subestación de bombeo que funcione mediante corriente eléctrica, dado que la energía eléctrica es más económica y menos contaminante.

¿El diseño de un sistema de bombeo mejorará el regado de los cultivos de banano?

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Diseñar una estación de bombeo de agua de riego con su respectivo sistema de utilización 22.9 kV, 3Ø para el sector Mallaritos del Distrito de Marcavelica, Provincia Sullana, Departamento de Piura.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Determinar las necesidades energéticas del sistema de riego para la Cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A del sector Mallaritos – Marcavelica – Sullana- Piura.
- Determinar el punto de diseño más cercano y factible para suministrar energía eléctrica a la estación de bombeo.
- Diseñar la red eléctrica.
- Diseñar el sistema hidráulico de la caseta de bombeo.
- Analizar la economía, rentabilidad y factibilidad del proyecto, comparado al costo de riego mediante un generador de que funciona con combustible.

1.4 Justificación

A. Tecnología

Mediante el diseño de este proyecto, resulta una alternativa con la cual, se pretende mejorar el servicio de riego del cultivo de banano de los terrenos de la cooperativa de regantes Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A, tanto en economía, eficiencia, confiabilidad; así mismo será un diseño innovador y viable para el suministro de accesorios, montaje hidráulico, montaje eléctrico, control y potencia, para que sea un incentivo para los agricultores, y así opten por ampliar las zonas de cultivo.

B. Económica

Este diseño reflejará un impacto positivo, debido a que el diseño de este sistema de bombeo, beneficiará a los pequeños agricultores, dado que

podrán realizar una mayor producción de banano, también en la reducción del costo para el riego de los cultivos, debido a que el costo de la energía eléctrica es mucho menor, comparado al costo que se genera al regar los cultivos con grupos electrógenos que funcionan con combustible (petróleo).

C. Social

Mediante el diseño del sistema de bombeo con electrobombas, se disminuirá el tiempo de trabajo del operador y se dejará de realizar gasto en trasladar combustible para el grupo electrógeno, dado que en la actualidad funciona con petróleo; así como se incrementará la cantidad de hectáreas a cultivar, el regadío se realizará con menos esfuerzo, y los agricultores tendrán más posibilidades de competir en el mercado, para proveer con sus productos al mercado en mayor proporción.

D. Ambiental

El diseño del sistema de bombeo mediante electrobombas, será ambientalmente factible y aceptable, debido a que este sistema funcionará mediante energía eléctrica, que es una energía muchísimo menos contaminante comparado al sistema de combustión interna, como funciona actualmente.

1.5 Antecedentes

1.5.1 Marco teórico

A) Los pioneros del agua en la historia



Figura 1: Los pioneros en la domesticación del agua

Fuente:

agua Conocimiento SL (Madrid, España, del 08 de febrero de 2017).

agua Conocimiento SL (Madrid, España, del 08 febrero de 2017), publicó **El agua en la historia, los pioneros en la domesticación del agua**, el grado de desarrollo de una sociedad puede medirse de muchas maneras, pero a lo largo de la historia, las infraestructuras del agua se han mostrado como un gran indicador al respecto. Una sociedad que domina el agua es una sociedad desarrollada.

El grado de desarrollo de una sociedad puede medirse de muchas maneras, pero a lo largo de la historia, las infraestructuras del agua se han mostrado como un gran indicador al respecto. Una sociedad que domina el agua es una sociedad desarrollada.

Las grandes civilizaciones clásicas, como la griega o la romana, se caracterizaban por tener grandes infraestructuras como presas, acueductos, baños públicos o alcantarillado.

B) Presa

Los antiguos egipcios, alrededor del año 2770 A. C., construyeron la primera presa de la que se tiene constancia histórica. Fue llamada Sad El-Kafara que en árabe significa “presa de los paganos”. Ubicada a 30 kilómetros al sur del Cairo, medía 14 metros de altura y tenía una longitud de entre 80 y 100 metros. Se utilizaron más de 10.000 toneladas de piedra y gravilla para su núcleo y las paredes se revistieron de mampostería. El grosor del muro era de 98 metros en la base y 56 en la coronación. Los trabajos duraron entre 10 y 12 años pero una riada provocó su destrucción parcial antes de que fuera terminada. Se cree esto porque no existía un aliviadero, tampoco parece haber un desvío del río que evitara a la presa durante la construcción.

C) Bomba de agua

La primera bomba de agua se le atribuye a Arquímedes que la describió en el siglo III A.C. y se la conoce como “tornillo de Arquímedes”, pero este sistema ya había sido utilizado anteriormente por Senaquerib, rey de Asiria, en el siglo VII A.C.

Las bombas de agua usaban todas animales para su funcionamiento hasta que a finales del siglo XVII, Thomas Savery desarrollo la primera bomba de uso industrial para extraer agua de la minería usando vapor. Sucesivas mejoras de esta máquina dieron lugar a la famosa máquina de vapor de James Watt.

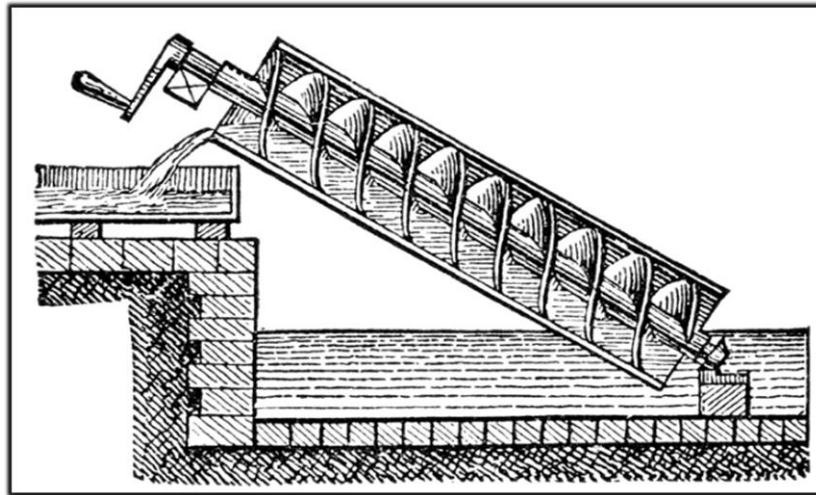


Figura 2: Tornillo de Arquímedes.

Fuente:

agua Conocimiento SL (Madrid, España, del 08 de febrero del 2017).

D) Transporte a grandes distancias

A principios del siglo VII A.C., Senaquerib, rey de Asiria, mandó a construir un acueducto que abasteciera a su capital, Nínive, con un recorrido de más de 40 km entre acueductos y canalizaciones. Conocido especialmente por sus obras de ingeniería y arquitectura, Senaquerib construyó una de las ciudades más importantes de la época. Incluso según hipótesis recientes se cree que los famosos jardines colgantes de Babilonia, una de las 7 maravillas del mundo antiguo, realmente se encontraban en esta ciudad a las afueras de Mosul, en el actual Irak.

Por la misma época, Ezequías, rey de Judá, construyó un acueducto que llevaba agua hasta Jerusalén, pero el sistema de transporte más extenso de la antigüedad era sin duda el realizado por los romanos. El primero en construirse fue el Aqua Apia, que era un acueducto subterráneo de 16 kilómetros de longitud. El primero que transportaba agua sobre la superficie fue el Aqua Marcia, en la capital del imperio. Tenía una longitud de 90 kilómetros y fue construido en el año 144 A.C.

Diez acueductos suministraban agua a la antigua ciudad de Roma y la abastecían con alrededor de 140.000 metros cúbicos de agua al día.

Fuente: *Iagua Conocimiento SL (Madrid, España, del 08 de febrero de 2017), recuperado de, <https://www.iagua.es/noticias/locken/17/02/08/pioneros-agua-historia>*

E) La fuente de Filipo: la más antigua obra hidráulica del mundo aún en uso

La revista Ancient Origins con autor (Kerry Sullivan, del 17 de octubre de 2016) Kerry Sullivan, 17 de octubre de 2016, del 08 febrero de 20017), publicó **La fuente de Filipo: la más antigua obra hidráulica del mundo aún en uso.**

La Filipeios Krini ('Fuente de Filipo) es una fuente de 2.300 años de antigüedad cuya construcción ordenó el rey Filipo II de Macedonia. Milagrosamente, ha sobrevivido hasta nuestros días en pleno funcionamiento, lo que la convierte en la obra hidráulica más antigua del mundo aún en uso.

En el 338 A. C., el rey Filipo II de Macedonia estableció un campamento militar en Nestani a fin de atacar Anfisa, situada al otro lado del Golfo de Corinto desde Nestani. Aunque para esta época la influencia del rey decaía debido a sus fallidos asedios de Perinto (340 A. C.) y Bizancio (339 A. C.), el rey no podía permitir que los habitantes de Anfisa continuaran explotando los llanos de Crisa, una tierra que pertenecía legítimamente a Delfos, sede del oráculo de Apolo. Los macedonios pasaron muchas semanas acampados en Nestani. A fin de suministrar a sus tropas suficiente agua, el rey ordenó la construcción de una fuente, Filipeios Krini (la fuente de Filipo). En lo que acabó siendo conocido como Cuarta Guerra Sagrada, el rey Filipo II derrotó contundentemente a Anfisa y expulsó a sus ciudadanos de la región.

La reputación del rey quedó restaurada, pero Filippo fue asesinado dos años más tarde por uno de sus propios guardaespaldas. Un fin innoble para un rey con luces y sombras en su legado. Sin embargo, su memoria continúa viva gracias a su milenaria fuente, la Filipeios Krini.

La tecnología de los sistemas impulsados por el agua es conocida como hidráulica, un término que procede del griego “tuberías de agua”. Desde aproximadamente el 2000 A. C., los minoicos y más tarde los micénicos desarrollaron técnicas increíblemente avanzadas para el abastecimiento y transporte de agua, drenaje, eliminación de aguas de lluvia y residuales, protección contra inundaciones e irrigación. Al llegar a la época helenística, los griegos ya habían inventado dispositivos sencillos de utilizar como la rueda hidráulica y la bomba de agua, un mecanismo que permitía a su usuario traer a la superficie el agua del subsuelo y que fue utilizado por el cuerpo de bomberos de la antigua Roma.

El Templo del Agua Inca-Caranqui en Ecuador: Alarde de Recursos e Ingeniería Hidráulica

Descubierto en Cartago antiguo sistema de refrigeración para cuadrigas y caballos

Tipón, la Maravilla en Ingeniería Hidráulica de los Incas

Estas bombas eran máquinas brillantemente sencillas que funcionaban al “rotar un cilindro inclinado con láminas metálicas helicoidales dispuestas en torno a su eje y cuya parte inferior se encontraba sumergida en el agua que se deseaba bombear. Al girar la hélice, el agua quedaba atrapada entre las láminas helicoidales y las paredes, ascendiendo de este modo a lo largo de todo el cilindro y brotando finalmente en su boca.” (Koutsoyiannis y Angelakis, 2003).

Fuente: Kerry Sullivan, 17 de octubre de 2016, recuperado de, www.ancient-origins.net y de: [https://www.ancient-](https://www.ancient-origins.net)

origins.es/artefactos-tecnolog%C3%AD-antigua-noticias-general//la-fuente-filipo-la-m%C3%A1s-antigua-obra-hidr%C3%A1ulica-mundo-%C3%BA-uso-003825

1.5.1.1 El banano

1.5.1.1.1 Procedencia y origen del banano

Carlos James, (18 de agosto del 2009), publicó **El banano origen e influencia en la economía ecuatoriana**.

Muchas teorías rodean al origen del banano siendo la más aceptada su origen de Asia meridional, siendo conocida desde 650 E.C en lugares como el mediterráneo. Donde da su primer comienzo como planta de cultivo masivo.

El origen exacto del banano no es completamente claro. El antropólogo, doctor Herbert Spiden escribió: “Es más probable que el banano alimenticio sea oriundo de las húmedas regiones tropicales del sur de Asia, incluyendo el noreste de la India, Burma, Cambodia y partes de la china del Sur, así como las islas mayores de Sumatra, Java, Borneo, las Filipinas y Formosa. En estos lugares las variedades sin semillas del verdadero banano de consumo doméstico se encuentra en estado silvestre, aunque es probable que hayan simplemente escapado de los cultivos.

Parece lo introdujeron a Egipto y África antiguos mercaderes de oriente. La variedad de banano que predomina en el mercado mundial, la Gros Michel, probablemente la trajo al Nuevo Mundo un botánico Francés, François Pouat, alrededor de 1836. Las viejas crónicas españolas atestiguan que la llegada de los conquistadores al trópico del nuevo Mundo encontraron plátano para comer cocido en 1504, fecha en que la ciudad de Santo Domingo, La primera capital de la América Hispana, se fundó en la isla Española.

Oviedo en su Historia general y Natural de Indias atribuye a fray Tomas de Berlanga, Obispo de Panamá y quien descubrió las Islas Galápagos, la introducción de las primeras plantas del verdadero tipo de fruta de banano procedentes de las Islas Canarias a Santo Domingo en 1516.

Fuente: Carlos James, 18 de agosto de 2009, recuperado de, <http://carlosjames-carlosjames-1.blogspot.com/>

1.5.1.1.2 Definición del banano

El plátano es una planta herbácea, que pertenece a la familia musácea, y que ostenta normalmente entre 3 o 4 metros de alto. Su tallo está rodeado por las vainas de las hojas y el fruto que resulta de él, que es una baya que tiene la particularidad de crecer en racimos, es ampliamente apreciado y consumido en el mundo como alimento. Popularmente se lo conoce como banano o banana.

Cabe destacarse que el plátano se desarrolla y crece en aquellas zonas tropicales y subtropicales como por ejemplo del Himalaya, en el sudeste de Asia, Filipinas, África y norte de Australia.

Por otra parte, la palabra plátano se emplea para denominar al fruto de la indicada planta, banana o banano, que se caracteriza por ser alargado y de coloración amarilla.

Formalmente se la llama *Musa paradisiaca*. Así justamente es como la clasificó y denominó el naturalista sueco Carlos Linneo a mediados del siglo XVIII.

Vale indicarse que estudios que se realizaron posteriormente permitieron determinar la compleja taxonomía que presenta el género y que incluso implica a variados híbridos, que disponen de una variada composición genética.

Sin dudas, la banana es la fruta tropical más consumida en el mundo y como anteriormente dijimos su apariencia es la de una falsa baya alargada que sabe crecer en racimos. Cuando está bien madura su color es bien amarillo y por el contrario cuando no lo está se acerca al color verde su coloración.

Es dulce y carnosa y muy rica en: fibras, potasio, carbohidratos y vitaminas A y C, triptófano, que es un aminoácido esencial en la nutrición de los seres humanos que ayuda a combatir la irritación en el

esófago (pirosis).Prácticamente no dispone de sodio y es baja en grasas.

Ahora bien, es importante mencionar que comparada con otras frutas, la banana dispone de un gran valor calórico como consecuencia de la gran presencia de fécula en su composición, aunque, esas calorías que dispone son mucho más fáciles de quemar que aquellas que ingerimos de las grasas.

La banana se cultiva en casi todo el mundo, en la región este de Asia, donde nacieron, pero también en Oceanía y en Sudamérica y en la India que es su primer productor mundial. En tanto, Ecuador es el país que más bananas exporta al resto del mundo.

Fuente: *definición del banano, recuperado de, <https://www.definicionabc.com/general/platano.php>*



Figura 3: *Planta de Banano con fruto*

Fuente: <http://www.bioenciclopedia.com/banano/>

1.5.1.1.3 Propiedades y beneficios del banano

Si existe una fruta deliciosa y además muy benéfica para el organismo, se trata del banano, estas frutas de color amarillo son ideales para comer en todas las épocas del año, tanto por niños, como por adultos, y adquirir sus beneficios no será sino cuestión de quitar su cáscara y comerlas crudas. Hoy conocerás cuales son las propiedades del banano y sacarás lo mejor de esta fruta para tus buenos hábitos alimenticios.

Tiene potasio

Si existe algún mineral por el que el banano es famoso es por el potasio, se trata de un compuesto esencial para el corazón, los músculos, los riñones, los nervios y ni que hablar de la salud digestiva. Además este compuesto ayuda con el transporte del oxígeno al cerebro.

Fuente: <https://www.vix.com/es/imj/salud/2010/12/26/propiedades-del-banano>

Mejora el sistema digestivo

Los bananos ayudan a promover la salud de los intestinos y de hecho lo logran con creces cuando la persona sufre de estreñimiento. Los bananos tienen cierto tipo de fibras que ayudan a restaurar y mantener las funciones intestinales regulares.

Incrementa la vitamina B6

La vitamina B6 es la encargada de fabricar la proteína de la hemoglobina y también convierte los carbohidratos en glucosa para mantener excelentes niveles de azúcar en la sangre. De hecho el Instituto de Medicina de los Estados Unidos recomienda la ingesta de 1,3 mg. para adultos y 2 mg. para mujeres embarazadas y madres lactantes.

Aumenta Vitamina C

Una de las propiedades del banano es la de aumentar la vitamina C, que cumple un papel decisivo en la formación de colágeno, la absorción de hierro y el proceso de curación de las heridas. Los bananos contienen cerca del 15 por ciento de la cantidad de antioxidantes como la vitamina C, al día.

Aumenta la energía

Los bananos aumentan la energía, de hecho son muy buena opción antes de hacer ejercicio, son ideales para comer como colación antes del almuerzo, o cuando te sientas cansado y lento. Evita tomar productos con cafeína para despertarte, si te alimentas con un poco de bananos será mucho más saludable.

Otros compuestos

Es cierto, que los bananos tienen dos veces más de carbohidratos que una manzana, cinco veces más de vitamina A y hierro, además contiene fósforo y una parte importante de azúcares naturales. Estos compuestos combinados hacen del banano un súper alimento que colabora con la nutrición integral de un organismo saludable.

Fuente:<https://www.vix.com/es/imj/salud/2010/12/26/propiedades-del-banano>

1.5.1.1.4 Riego de cultivos de banano



Figura 4: Interior caseta de bombeo con Grupo electrógeno

Fuente: Cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A.

1.5.1.1.5 Cosecha del banano

La recolección o cosecha del plátano, consiste en separar de las plantas los racimos que han alcanzado las características para la comercialización de acuerdo a la edad, definida por el color de la cinta o por la apariencia externa de acuerdo con las exigencias del mercado.

➤ **Procedimiento.**

- El proceso de corte se inicia con la labor del puyero o chuzador, que realiza un corte parcial en forma de cruz a $\frac{2}{3}$ de la parte superior del pseudotallo para que el racimo por su peso doble la planta.
- El racimo debe colgar sin tocar el suelo, se mantiene la bolsa de polietileno, cubriendo al racimo.

- La persona recibe el racimo (el receptor debe recibirla, una vez que la planta dobla, y debe evitar que se caiga sobre su hombro).
- Se corta el raquis en la parte superior de la mano (en la cicatriz de la hoja que cubrió la bráctea).
- La función del cargador o receptor del racimo es llevarlo a los lugares de acopio, directamente al cablevía.



Figura 5: *Proceso de cosecha y empaquetamiento del banano*

Fuente: *Ing. Wilfredo Flores del Valle, 2013, Manual técnico para el manejo poscosecha del plátano.*

1.5.1.1.6 Campos de acción

- **Línea de Investigación**, diseño hidráulico, eléctrico, control y potencia de la estación de bombeo.
- **El Objeto de Estudio**, es la investigación para la mejora del proceso de regado de los cultivos de banano, para los agricultores que forman parte de la cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A del caserío de Mallaritos, Distrito de Marcavelica, en la costa norte el Perú.
- **Campo de Acción**, diseño, hidráulico, eléctrico, control y potencia del sistema de bombeo, para los agricultores que forman parte de la cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A del caserío de Mallaritos, Distrito de Marcavelica, en la costa norte el Perú.
- **Delimitación de la Investigación**, la investigación se realizó en la Caseta de Bombeo de la Cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A del caserío de Mallaritos, distrito de Marcavelica, Provincia de Sullana, 2018, cuya cooperativa cuenta con 115 socios quienes en conjunto cuentan con 85 Ha. de cultivo de banano orgánico.

Durante los cuales se realizaron visitas de campo para la recolección de datos. Se analizaron las formas, los métodos, los procedimientos y las herramientas en el regado de los cultivos de banano.

La revista Aral Editores (31 de diciembre del 2006), Publicó **Distrito de Marcavelica Límites**, el Caserío

de Mallaritos, se encuentra ubicado en el Distrito de Marcavelica, Provincia de Sullana, Departamento de Piura.

El distrito de Marcavelica limita:

Por el norte: con la quebrada de Fernández en el distrito de Casitas.

Por el sur: con la margen derecha del río Chira, entre los linderos de Tamarindo y Salitral.

Por el este: con los distritos de Lancones, Querecotillo y Salitral.

Por el oeste: con los distritos de Ignacio Escudero y de Tamarindo (Paita).

1.5.1.2 Marco teórico del diseño

1.5.1.2.1 Módulo de riego y caudal de riego.

- **Evapotranspiración (E_{to}):**

Manual Técnico del Departamento de Agua del Instituto Tecnológico Nacional de Argentina (20 de mayo del 2004), Para determinar la Evapotranspiración o uso consuntivo representa la suma de la transpiración y la evaporación.

Por el proceso de transpiración, el agua absorbida por las raíces de las plantas es emitida por las hojas en forma de vapor de agua y reintegrada a la atmósfera.

La evaporación, representa el agua evaporada de la superficie del suelo y del follaje.

Es la suma de dos fenómenos que tiene lugar en la relación cultivo-suelo, la transpiración del cultivo y la evaporación del suelo, la misma constituye la pérdida fundamental de agua, a partir de la cual se calcula la necesidad de agua de los cultivos.

- El cálculo de la dotación para riego, se realiza mediante la combinación de la metodología de la evapotranspiración y el uso consuntivo, aplicado a la fórmula de Blandey y Criddle, fórmulas que dependen de la temperatura media mensual de la zona (T), de la altura media de la zona (h) y del coeficiente normal estacional de uso de consumo de los cultivos bajo riego (K), la cual está dada mediante la siguiente fórmula.

$$E_{to} = \frac{(2,120 - 0.29 \times h)}{360} (mm)$$

Ecuación 1: Evapotranspiración

Donde:

E_{to} : Evapotranspiración (mm)

h : Altura (m)

- **Dotación (U_c):**

Para determinar la dotación en base al uso consuntivo, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$U_c = K \times E_{to}$$

Ecuación 2: Dotación

Donde:

K: Coeficiente de consumo para diferente cultivos

El coeficiente K, para diferentes cultivos de uso de consumo para los cultivos bajo riego, son el promedio de los que se encuentran en diferentes literaturas, los mismos que son experimentales, y dependen de varios factores, de la latitud del sitio del cultivo, de la etapa de crecimiento, de la temperatura y de la estacionalidad, entre los más importantes se describen en la Tabla 1.

• **Módulo de Riego(M_r):**

Es el caudal por unidad de área, requerido por el cultivo en litros por segundo/hectárea, y se calcula con la siguiente formula:

$$M_r = \left(\frac{U_c}{E_F} \right) \times 0.116$$

Ecuación 3: Módulo de Riego

Donde:

M_r : Módulo de riego.

E_F : Eficiencia del sistema de riego.

0.116: Factor de conversión de unidades.

Tabla 1:

Coefficiente K para diferentes cultivos

Cultivo	K
Alfalfa	0.85
Aguacate	0.53
Algodón	0.65
Arroz	1.05
Banano	0.90
Cacao	0.73
Café	0.75
Caña azúcar	0.85
Cítricos	0.60
Chayote	0.70
Flores*	0.70
Frijoles	0.65
Maíz	0.70
Sandía-Melón	0.70
Palma Africana	0.60
Papa	0.70
Pastos	0.80
Hortalizas**	0.70
Sorgo	0.70
Tabaco	0.75
Tomate	0.70
Uvas	0.60
Campos Deportivos	0.70
Frutales***	1.00
Cebolla	0.90
Tubérculos****	0.70

*Incluye: Ornamentales, helechos, caña india.
**Incluye: Remolacha, culantro, apio, zanahoria, lechuga, repollo, brócoli, coliflor, rábanos, otros.
***Incluye: Piña, papaya, mango, carambola, maracuyá, otros frutales de cubierta verde.
****Incluye: yuca, tiquizque, malanga, ñampi, camote, jengibre, otros.

Fuente: *Manual Técnico del Departamento de agua del Instituto Tecnológico Nacional de Argentina (20 de mayo del 2004).*

• **Caudal (Q):**

El Caudal, es el volumen de fluido que recorre en una sección por unidad de tiempo, para lo cual se tiene la siguiente ecuación.

$$Q = M_r \times A$$

Ecuación 4: Caudal

M_r : Módulo de riego.

A: Área de riego en Hectáreas.

Fuente: *Manual Técnico Departamento de Agua, Instituto Tecnológico Nacional de Argentina (20 mayo del 2004), <https://es.scribd.com/document/157930292/Dotacion-de-Agua-Para-Truchas>*

1.5.1.2.2 Diseño de la línea de succión

- **Diámetro de Tubería**

Matemáticamente (Robert L. Mott, 2006) para el cálculo de línea de succión y descarga, para el diseño del diámetro de la tubería de la línea de succión, se utiliza la fórmula empírica conocida como la fórmula de Bresse para bombeos discontinuos.

$$D = 0.58733 \times N^{0.25} \times \sqrt{Q}$$

Ecuación 5: Diámetro de tubería

La cual está basada en los siguientes parámetros:

D : Diámetro interior aproximado (m)

N : Número de horas de bombeo al día

Q : Caudal de bombeo

- **Velocidad del fluido (v)**

$$v = \frac{4xQ}{\pi D^2}$$

Ecuación 6: Velocidad del fluido

v : Velocidad (m/s)

D : Diámetro de tubería (m).

Q : Flujo volumétrico (caudal).

Los rangos de velocidades de flujo, recomendables para sistemas de fluidos de potencia se indican en la Tabla 2.

Tabla 2:

Rango recomendado de velocidad

Tipo de servicio	Rango recomendado de velocidad	
	pie/s	m/s
Líneas de succión	2 -- 4	0.6 -- 1.2
Lineas de retorno	4 -- 13	1.5 -- 4
Línea de descarga	7 -- 18	2 -- 5.5

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 164.

- **Pérdidas**

Es la pérdida de energía, que tiene lugar conforme el fluido pasa por dispositivos donde hay agrandamientos en el tamaño de la trayectoria de flujo, reducciones, entrada del fluido de un tanque a una tubería, salida del líquido de una tubería a un tanque, codos, tes y válvulas.

El rozamiento de un fluido con las paredes de la tubería por la que circula provoca en el mismo una caída de presión.

- **Pérdida de carga de la tubería**

Se utiliza la fórmula de Hazen – Williams.

$$D = \frac{3.59 \times Q}{C_h \times S^{0.54}}$$

Ecuación 7: Diámetro de tubería

$$S = \left(\frac{Q}{0.2785 \times D^{2.63} \times C_h} \right)^{1.85}$$

Ecuación 8: Relación pérdida de energía

Donde:

C_h : Coeficiente de Hazen – William (adimensional).

D : Diámetro de tubería (m).

Q : Flujo volumétrico (caudal).

S : Relación C_h/L ; pérdida de energía/longitud del conducto (m/m).

Tabla 3:

Coeficiente de Hazen-Williams C_h

<i>Coeficiente de Hazen - Williams C_h :</i>		
Tipo de tubo	C_h	
	Promedio para tuberías nuevas y limpias	Valor de diseño
Acero, hierro dúctil o fundido con aplicación centrífuga de cemento revestimiento bituminoso	150	140
Plástico, cobre, latón, vidrio	140	130
Acero, hierro fundido, sin recubrimiento	130	100
Concreto	120	100
Acero corrugado	60	60

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 244.

• **Pérdida de energía en tubería**

$$H_L = S \times L$$

Ecuación 9: Pérdida de energía

L : Longitud de la tubería (m).

S : Relación C_h/L : pérdida de energía/longitud del conducto (m/m).

1.5.1.2.3 Número de Reynolds (N_R)

El comportamiento de un fluido, en particular en lo que se refiere a las pérdidas de energía, depende de que el flujo sea laminar o turbulento, por esta razón, se necesita un medio para predecir el tipo de flujo sin tener que observarlo en realidad. Más aún, la observación directa es imposible para los fluidos que van por los tubos opacos. Se demuestra en forma experimental y se verifica de forma analítico, que el carácter del flujo en un tubo redondo depende de cuatro variables: la densidad del fluido (ρ), su viscosidad (V), el diámetro del tubo (D) y la velocidad promedio v del flujo laminar o turbulento, si se conoce la magnitud de un número adimensional, al que hoy se le denomina número de Reynolds (N_R), la ecuación siguiente muestra la definición.

$$N_R = \frac{v \times D}{V}$$

Ecuación 10: Número de Reynolds (N_R)

Donde:

v = Velocidad promedio del fluido (m/s).

ν = Viscosidad cinemática (m²/s).

D = Diámetro interior (m).

Los datos de las variables: D , ν , se obtienen de los Anexos 5 y 6 respectivamente.

1.5.1.2.4 Rugosidad (ϵ)

La rugosidad es la relación del diámetro de la tubería (D) a la rugosidad promedio de su pared (ϵ) (letra griega épsilon), en la Figura 6, se ilustra (en forma exagerada) la rugosidad de la pared de la tubería como la altura de los picos de las irregularidades de la superficie. La condición de la superficie de la tubería, depende sobre todo del material de que está hecho el tubo y el método de fabricación. Debido a que la rugosidad es algo irregular, con el fin de obtener su valor global se toman valores promedio tal como se aprecia en la Tabla 4.

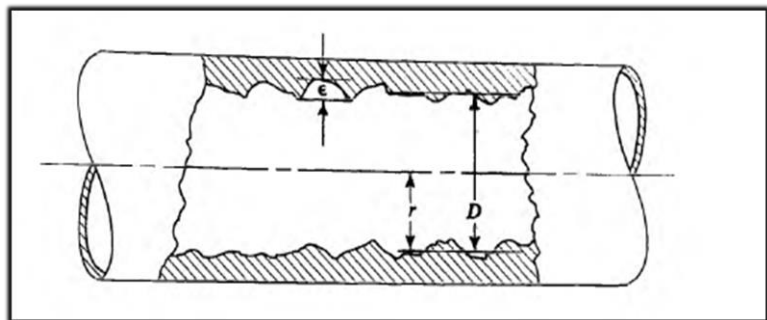


Figura 6: Rugosidad en tuberías

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 235.

Tabla 4:

Valores de diseño de rugosidad de tubos

Valores de diseño de rugosidad de tubos		
Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 235.

Tabla 5:

Factor de fricción en la zona de tubería completa para tubería de acero comercial, nueva limpia.

Factor de fricción en la zona de tubería completa para tubería de acero comercial, nueva limpia.			
Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f
1/2	0.027	3 1/2, 4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 1/4	0.022	8-10	0.014
1 1/2	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 1/2, 3	0.018		

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 297.

1.5.1.2.5 Diagrama de Moody

Uno de los métodos más utilizados para evaluar el factor de fricción es el diagrama de Moody, que se presenta en

la figura 7. El diagrama muestra la gráfica del factor de fricción f versus el número de Reynolds N_R , con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa D/ϵ . Estas curvas las generó L.F. Moody a partir de datos experimentales.

1.5.1.2.6 Pérdidas primarias (H_F)

Para calcular las pérdidas primarias, corresponden a las pérdidas del fluido en las tuberías, para ello se emplea la siguiente ecuación:

$$H_F = \frac{fxLv^2}{2xgx D}$$

Ecuación 11: Pérdidas primarias (H_F)

Donde:

f : Factor de fricción.

L : Longitud total de tuberías.

g : Gravedad.

D : Diámetro de tubería.

v : Velocidad del fluido.

1.5.1.2.7 Pérdidas secundarias (h_f)

Las pérdidas menores, se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$H_F = \frac{fxLv^2}{2xgx D}$$

Ecuación 12: Pérdidas secundarias (h_f)

Donde:

v : Velocidad del fluido.

K : Coeficiente de resistencia.

g : Gravedad.

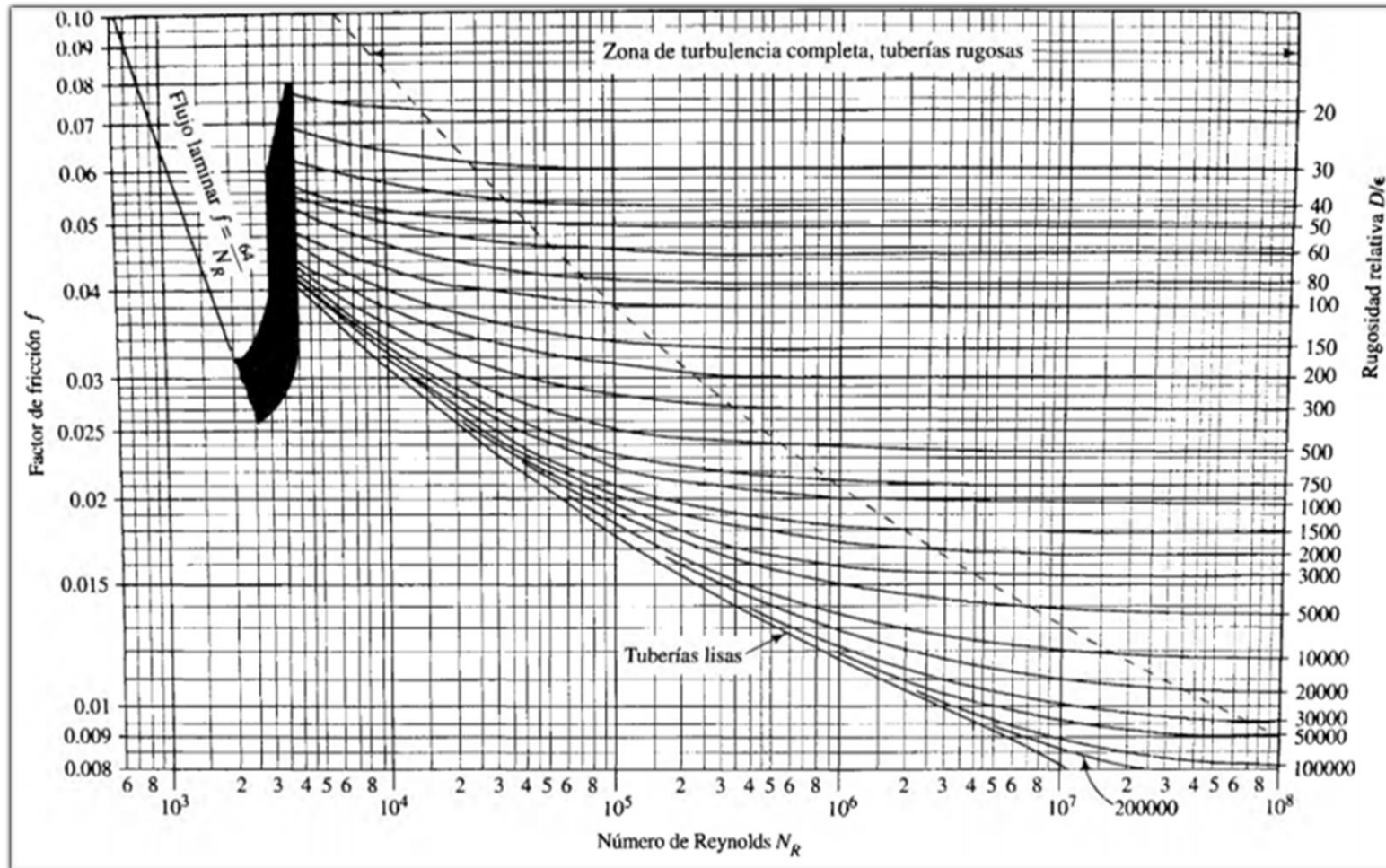


Figura 7: Diagrama de Moody. (Fuente: Pao, R. H. F. 1961. Fluid Mechanics. Nueva York: John Wiley e hijos, p. 284)

Fuente: Robert L. Mott. (2006) Mecánica de Fluidos de 6ta Edición, Ed. Pearson, Pág. 237.

En la Tabla 6, se indican los valores de la resistencia de algunos acoplamientos y válvulas.

Tabla 6:

Resistencia de válvulas y acoplamientos.

Resistencia de válvulas y acoplamientos, expresada como longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
— $3/4$ abierta	35
— $1/2$ abierta	160
— $1/4$ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 297.

1.5.1.2.8 Ecuación General de la Energía

Se conoce como la extensión de la ecuación de Bernoulli, lo que se posibilita resolver problemas en los que hay pérdida y ganancia de energía. En la figura 8, se aprecia

la interpretación lógica de la ecuación de la energía. La cual representa un sistema de flujo. Los Términos E'_1 y E'_2 denotan la energía que posee el fluido por unidad de peso en las secciones 1 y 2, respectivamente. Se muestran las energías agregadas, removidas y pérdidas h_A, h_R y h_L . Para un sistema tal, la ecuación del principio de conservación de la energía es:

$$E'_1 + h_A - h_R - h_L = E'_2$$

Ecuación 13: Ecuación General de la Energía

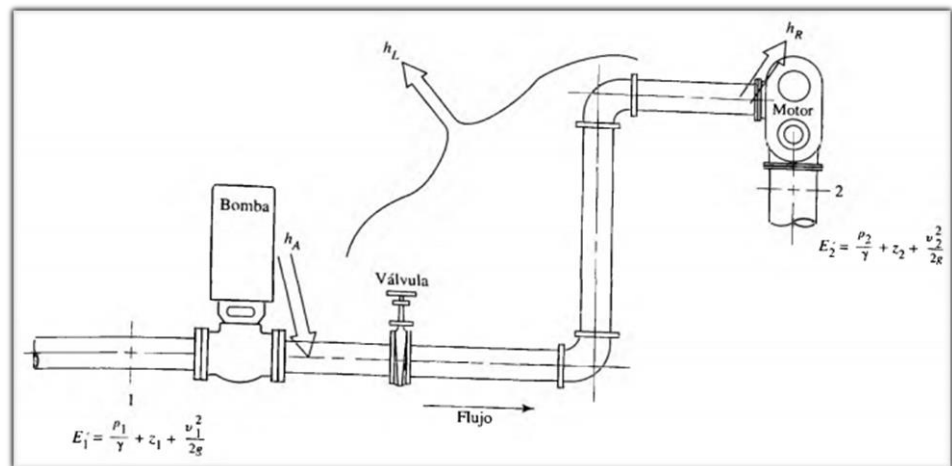


Figura 8: Ecuación general de la energía

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 203.

La energía que posee el fluido que ilustra la ecuación general de la energía.

$$E'_1 = \frac{P}{\gamma} + Z + \frac{v^2}{2g}$$

Reemplazando, entonces la Ecuación se convierte en:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Ecuación 14: Ecuación General de la Energía

Donde:

P_1, P_2 : Presión en los puntos 1 y 2 del sistema.

Z_1, Z_2 : Alturas de los puntos 1 y 2 respecto del sistema.

v_1^2, v_2^2 : Velocidad del fluido en puntos 1 y 2 del sistema.

h_A : Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba; es frecuente que se le denomine carga total sobre la bomba.

h_R : Energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico. Como un motor de fluido.

h_L : Pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías, o de pérdidas menores por válvulas y otros accesorios

1.5.1.2.9 Altura dinámica de la Bomba (HDT)

La altura dinámica de la bomba se determina mediante la siguiente ecuación:

$$HDT = H_{Bomba} = H_{geodesica} + H'_{perdida}$$

Ecuación 15: Altura dinámica de la Bomba (HDT)

1.5.1.2.10 Potencia de la Bomba

Matemáticamente (Robert L. Mott, 2006), *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*.

• **Potencia de consumo (P_c)**

Es la energía, que requiere la bomba para su normal funcionamiento, es conocida como potencia de Consumo (P_c), que es la energía entregada por la bomba al agua, la cual es calculada mediante la siguiente expresión:

$$P_c(\text{HP}) = \frac{100 \times Q_b \times HDT}{75 \times n_b}$$

Ecuación 16: Potencia de consumo (P_c)

Donde:

n_b : Eficiencia de la bomba (%).

Q_b : Caudal de bombeo (l/s).

HDT : Altura dinámica de la bomba (m).

• **Potencia Instalada (P_i)**

El motor que se acopla a la bomba para su funcionamiento necesita una energía denominada potencia instalada (P_i), la cual es calculada mediante la siguiente expresión.

$$P_i(\text{HP}) = \frac{100 \times Q_b \times HDT}{75 \times n_c}$$

Ecuación 17: Potencia instalada (P_i)

$$n_c = n_b \times n_m$$

Ecuación 18: Eficiencia del sistema en conjunto bomba - motor

Donde:

n_c : Eficiencia del sistema en conjunto bomba – motor.
 n_m : Eficiencia del motor (%).
 Q_b : Caudal de bombeo (l/s).
 HDT : Altura dinámica de la bomba (m).

1.5.1.2.11 NPSH

El NPSH, es un parámetro importante en el diseño de un circuito de bombeo que ayuda a conocer la cercanía de la instalación a la cavitación. Si la presión en algún punto del circuito es menor que la presión de vapor del líquido, este entrará en cavitación. Este fenómeno, similar a la vaporización, puede dificultar o impedir la circulación del líquido, y causar daños en los elementos del circuito.

En las instalaciones de bombeo se debe tener en cuenta el NPSH referido a la aspiración de la bomba, distinguiéndose dos tipos de NPSH.

• NPSH disponible

Es una medida de cómo de está el fluido de la cavitación.

• NPSH requerido

Valor límite requerido, en cierto punto de la instalación, para evitar que el fluido entre en cavitación.

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f + h_{vp}$$

Ecuación 19: NPSH

Donde:

P_{sp} : Presión estática (absoluta) sobre el fluido en el depósito.

h_{sp} : Carga de presión estática (absoluta) sobre el fluido en el almacenamiento; se expresa en metros o en pies de líquido: $h_{sp} = P_{sp}/\gamma$.

h_s : Diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito a la línea central de la entrada de succión de la bomba; se expresa en metros o en pies.

h_f : Pérdida de carga en la tubería de succión, debido a la fricción y pérdidas menores; se expresa en metros o en pies.

P_{vp} : Presión de vapor (absoluta) del líquido a la temperatura a que se bombea.

h_{vp} : Carga de presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo; se expresa en metros o en pies de líquido: $h_{vp} = P_{vp}/\gamma$.

$$h_{sp} = \frac{P_{abs}}{\gamma}$$

Es responsabilidad del diseñador del sistema de bombeo garantizar que la carga de succión neta positiva disponible, $NPSH_A$, esté por arriba de la carga de succión positiva neta requerida $NPSH_R$.

El American National Standards Institute (ANSI) y el Hydraulic Institute (HI) emiten juntos estándares que especifican un margen mínimo de 10% para la $NPSH_A$, sobre la $NPSH_R$, al margen NPSH, M, se le define como:

$$M = NPSH_A - NPSH_R$$

Donde:

$NPSH_A$: Carga de succión positiva neta disponible

$NPSH_R$: Carga de succión positiva neta requerida

$$NPSH_R < \frac{NPSH_A}{1.10}$$

Ecuación 20: Carga de succión positiva neta requerida

Tabla 7:

Presión de vapor y carga de presión de vapor de agua

Presión de vapor y carga de presión de vapor de agua							
Temperatura °C	Presión de vapor kPa (abs)	Peso específico (kN/m ³)	Carga de presión de vapor (m)	Temperatura °C	Presión de vapor (psia)	Peso específico (lb/pe ³)	Carga de presión de vapor (pie)
0	0.6105	9.806	0.06226	32	0.08854	61.42	0.2043
5	0.8722	9.807	0.08894	40	0.1217	62.43	0.2807
10	1.228	9.804	0.1253	50	0.1781	62.41	0.4109
20	2.338	9.789	0.2388	60	0.2563	62.37	0.5917
30	4.243	9.765	0.4345	70	0.3631	62.30	0.8393
40	7.376	9.731	0.7580	80	0.5069	62.22	1.173
50	12.33	9.690	1.272	90	0.6979	62.11	1.618
60	19.92	9.642	2.066	100	0.9493	62.00	2.205
70	31.16	9.589	3.250	120	1.692	6.71	3.948
80	47.34	9.530	4.967	140	2.888	61.38	6.775
90	70.10	9.467	7.405	160	4.736	61.00	11.18
100	101.3	9.399	10.78	180	7.507	61.58	17.55
				200	11.52	60.12	27.59
				212	14.69	59.83	35.36

Fuente: Robert L. Mott. (2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 413.

1.5.1.2.12 Diseño y selección de transformador en Sub estación de Media Tensión

Matemáticamente el Ministerio de Energía y Minas Dirección General de Electricidad (diciembre 2003), publicó las Normas de la DGE Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural, El diseño y selección del transformador, se realiza en función a la carga y a la tensión del funcionamiento del sistema.

1.5.1.2.13 Diseño de tablero de distribución en Media Tensión en Sub estación.

Para el diseño del tablero de Media Tensión, se seleccionan los disyuntores (interruptores), en función de la corriente.

➤ Cálculo de corriente (I)

Para determinar la corriente en el tablero de la subestación, se emplea la siguiente ecuación:

$$I = \frac{N}{\sqrt{3} * V}$$

Ecuación 21. Cálculo de corriente

Donde:

N : Potencia del transformador seleccionado (kVA).

V : Tensión del sistema (V)

1.5.1.2.14 Diseño del tablero del sistema de Potencia de electrobombas.

Para el diseño del sistema de Control y sistema de Potencia, se seleccionan los conductores eléctricos, disyuntores (interruptores), contactores y arrancador de estado sólido

• Cálculo de la Corriente que generan los motores

Para determinar el calibre de los conductores eléctricos se tiene en cuenta la Corriente nominal del motor (I_n), la cual se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$I_n = \frac{H_P * 746}{\sqrt{3} * V * n * \text{Cos } \phi}$$

Ecuación 22. Cálculo de la corriente nominal para motores

Donde:

- V : Voltaje de trabajo.
- n : Eficiencia.
- $\text{Cos } \phi$: Factor de potencia

• **Selección de disyuntor, contactor y relee de estado sólido.**

- **Interruptor o disyuntor.** De los catálogos, se selecciona de acuerdo a la corriente de carga que ocasiona el motor.
- **Contactor.** De los catálogos, se selecciona de acuerdo a la corriente de carga que ocasiona el motor.
- **Arrancador de estado sólido.** De los catálogos, se selecciona de acuerdo a la Potencia del motor.

1.5.1.2.15 Diseño de Red Eléctrica de Media Tensión

Para el diseño de la Red de Media Tensión, primero se debe definir el punto de factibilidad o punto de diseño, para lo cual se debe determinar la tensión del punto de factibilidad, luego se definen las condiciones técnicas mínimas para el diseño de líneas y redes primarias, de tal manera que garanticen los niveles mínimos de seguridad para las personas y las propiedades, y el

cumplimiento de los requisitos exigidos para un sistema económicamente adaptado. Estas bases se aplican en la elaboración del diseño y detalle de la tesis.

❖ **Calculo de caída de tensión**

La circulación de la corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una pérdida de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo del cable.

• **Calculo de la resistencia**

Resistencia de los conductores a la temperatura de operación se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$R_{75^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

Ecuación 23. Cálculo de la resistencia

α : (0.0036 para el conductor de aluminio)

t_2 : Temperatura máxima de operación

t_1 : $20^{\circ}C$

• **Calculo de la reactancia**

Reactancia inductiva para sistema trifásico equilibrado, la ecuación a emplearse es la siguiente:

$$X_{3\phi} = 0.377 \left[0.05 + 0.4605 * \text{Log} \left(\frac{DMG_{3\phi}}{r_e} \right) \right]$$

Ecuación 24. Cálculo de la reactancia

Siendo:

- $DMG_{3\phi}$ = Distancia media geométrica trifásica (m)

$$DMG_{3\phi} = \sqrt[3]{D_{RS} * D_{RT} * D_{ST}}$$

Ecuación 25. Distancia geométrica

- r_e : Radio equivalente del conductor (m)

$$r_e = \sqrt{\frac{S}{\pi}} * 10^{-3}$$

Ecuación 26. Radio equivalente del conductor

S: Sección del conductor (mm^2)

• Cálculo de la corriente

La corriente, se determina mediante la siguiente

Ecuación 21:

$$I = \frac{N}{\sqrt{3} * V}$$

Donde:

N: Potencia aparente (kVA)

V: Tensión Nominal (kV)

• Cálculo del factor de caída de tensión (FCT)

La caída de tensión, se determina mediante la siguiente

ecuación:

$$\Delta V = \sqrt{3} * Z * I * L$$

Ecuación 27. Cálculo de caída de tensión

Donde:

Z : Impedancia de la línea (Ohm/km).

I : Corriente (A).

L : Longitud de la línea (km).

La impedancia, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Z = (R * \cos\phi + X_{3\phi} * \sin\phi)$$

Ecuación 28. Cálculo de Impedancia

Donde:

$X_{3\phi}$: Reactancia inductiva Ohm/km.

Finalmente la Ecuación queda:

$$\Delta V = FCT * I * L$$

Donde:

$$FCT = \sqrt{3} * Z * I * L$$

Ecuación 29. Factor de caída de tensión

❖ Cálculo mecánico de los conductores

Estos cálculos, tienen el objetivo de determinar las siguientes magnitudes relativas a los conductores de las redes primarias aéreas en todas las hipótesis de trabajo como: Esfuerzo horizontal del conductor - Esfuerzo tangencial del conductor en los apoyos - Flecha del conductor - Parámetros del conductor - Coordenadas de plantillas de flecha máxima (sólo en hipótesis de máxima temperatura) - Ángulos de salida del conductor respecto a la línea horizontal, en los apoyos - Vano - peso de las estructuras - Vano - medio de las estructuras.

- **Cálculo del vano básico**

El tensado de conductor, comprendido entre dos estructuras de anclaje, debe tener el mismo esfuerzo a lo largo de todo el tendido de la línea.

Es por ello que, es importante el concepto vano básico ya que es, el que nos permite observar las diferencias de tensión de los conductores por variación del vano y de las condiciones metereológicas de la zona, se demuestra mediante al siguiente formula.

$$V_B = \sqrt{\frac{(L_1^3 + L_2^3 + L_3^3 + \dots \dots \dots L_n^3)}{(L_1 + L_2 + L_3 + \dots \dots \dots L_n)}}$$

Ecuación 30. Vano básico

Donde:

$(L_1 + L_2 + L_3 + \dots \dots \dots L_n)$: Longitud de cada vano de la red eléctrica.

- **Hipótesis del estado**

Las hipótesis de estado para los cálculos mecánicos del conductor, se definen sobre la base de los siguientes factores: - Velocidad de viento - Temperatura - Carga de hielo sobre la base de la zonificación y las cargas definidas por el Código Nacional de Electricidad suministro, se considerarán las siguientes hipótesis.

Hipótesis I: Condición de solo viento

Temperatura	=	media
Veloc. Viento	=	máxima
Coefficiente Seguridad	=	media

Hipótesis II: Condición de solo Hielo

Temperatura = mínima
Velocidad del Viento = nula
Grosor de hielo = no hay

Hipótesis III: Condición de Hielo y viento

Temperatura = mínima
Grosor de hielo = No hay
Velocidad del Viento = media anual

• **Esfuerzo admisible en la hipótesis I (T1)**

El esfuerzo admisible esta dado por la siguiente ecuación:

$$T_i = \frac{Q}{S * (CS)}$$

Ecuación 31. Cálculo de esfuerzo admisible

Donde:

Q: Carga de rotura del conductor

S: Sección del Conductor

CS: Coeficiente de Seguridad

• **Carga unitaria resultante del conductor (P_r)**

La carga unitaria resultante del conductor está dada por la siguiente ecuación:

$$P_r = \sqrt{P_c^2 + P_v^2}$$

Ecuación 32. Carga unitaria del conductor

Donde:

P_c : Carga unitaria debido al peso propio del conductor

P_v : Carga unitaria debido al viento (N/m).

$$P_v = K * V^2 * S_f * D_{ext}$$

Ecuación 33. Carga unica debido al viento

Donde:

V : Velocidad del viento (m/s)

K : 0.613 (para elevaciones hasta 3000 m.s.n.m)

S_f : Factor de forma = 1.00 (para superficies cilíndricas)

D_{ext} : Diámetro externo del conductor (m)

• Esfuerzos en las Hipótesis II y III:

Para determinar el esfuerzo admisible (T_2) y carga unitaria del conductor (P_{r2}) en la Hipótesis II, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$T_2^2 * \left[T_2 + E * \alpha * (t_2 - t_1) + \frac{E}{24} * \left(\frac{d * P_{r1}}{T_1 * S} \right)^2 - T_1 \right] = \frac{E}{24} * \left(\frac{d * P_{r2}}{S} \right)^2$$

Ecuación 34. Cálculo de esfuerzo admisible (T_2)

Haciendo:

$$R = E * \alpha * (t_2 - t_1) + \frac{E}{24} * \left(\frac{d * P_{r1}}{T_1 * S} \right)^2$$

Ecuación 35. Cálculo de R

$$M = T_1 - R$$

Ecuación 36. Cálculo de M

$$N = \frac{E}{24} * \left(\frac{d * P_{r2}}{T_1 * S} \right)^2$$

Ecuación 37. Cálculo de N

La Ecuación, finalmente queda:

$$T_2^2 * (T_2 - M) = N$$

Ecuación 38. Simplificación de esfuerzo admisible (T_2)

Para el cálculo de la flecha se determina mediante la siguiente ecuación:

$$f_1 = \frac{P * d^2}{8 * T_1 * S}$$

Ecuación 39. Cálculo de flecha

Donde:

T_2 : Esfuerzo admisible en la Hipótesis II (N/mm²)

T_1 : Esfuerzo admisible en la Hipótesis I (N/mm²)

P_{r1} : Carga unitaria del conductor de la Hipótesis I (N/m)

P_{r2} : Carga unitaria del conductor en la Hipótesis II (N/m)

S : Sección del conductor (mm²)

t_2 : Temperatura en la Hipótesis II (°C)

t_1 : Temperatura en la Hipótesis I (°C)

E : Módulo de Elasticidad (N/mm²)

α : Coeficiente de dilatación líneal (°C)⁻¹

d : vanos (m)

❖ Cálculo mecánico de estructuras

- **Altura en donde esta aplicada la fuerza del viento (Z)**

$$Z = \left(\frac{h}{3}\right) * \left(\frac{D_e + 2 * D_v}{D_e + D_v}\right)$$

Ecuación 40. Altura en donde esta aplicada la fuerza del viento

Donde:

H : Altura del poste (m).

h : Altura del poste expuesta al viento (m)

D_e : Diámetro del poste en el punto de empotramiento
(m)

D_v : Diámetro del poste en la punta (m)

(h_t) : Altura de empotramiento

- **Se calcula la altura de empotramiento (h_t)**, mediante la Ecuación 41, se obtiene:

$$h_t = 0.1 * H + 0.3m$$

Ecuación 41. Altura de empotramiento (h_t)

Asumimos un poste de 13m de altura (H=13m)

- **Se calcula la altura del poste expuesta al viento (h)**

$$h = H - h_t$$

Ecuación 42. Altura del poste expuesta al viento

- **Se calcula el diámetro del poste en el punto de empotramiento (D_e)**

$$D_e = D_b - \left(\frac{D_b - D_v}{D_e + D_v} \right) * h_t$$

Ecuación 43. Diámetro del poste en el punto de empotramiento

- **Se calcula el área del poste expuesta al viento (A_{PV})**

Mediante la Ecuación 44, se determina.

$$A_{PV} = h * \left(\frac{D_e + D_v}{2} \right)$$

Ecuación 44. Área del poste expuesta al viento

• **Carga producida por el viento sobre el poste (F_{VP})**

Se determina mediante la Ecuación 45:

$$F_{VP} = P_V * h * \left(\frac{D_e + D_v}{2} \right) = K * V^2 * S_f * h * \left(\frac{D_e + D_v}{2} \right)$$

$$F_{VP} = K * V^2 * S_f * A_{PV} = P_V * A_{PV}$$

Ecuación 45. Carga producida por el viento sobre el poste

- **Se calcula la presión debida al viento (P_V)**, mediante la Ecuación 46, se determina.

$$P_V = K * V^2 * S_f$$

Ecuación 46. Presión debida al viento

Dónde:

V : Velocidad del viento

S_f : Factor de forma = 1 para cilindros

K : Constante de presión (Según C.N.E. – Suministro 2011)

K : 0,613 para las elevaciones hasta 3 000 m.s.n.m.

P_V : Carga en Newton

P_V : Carga en Kg (0,102 factor de Transf. de Newton a Kg)

- **Se calcula la carga producida por el viento en el poste (F_{VP})**.

$$F_{VP} = P_v * A_{PV}$$

Ecuación 47. Carga producida por el viento en el poste

- Se calcula la Fuerza debido a los conductores sobre el poste (F_c).

$$F_c = F_{VC} + T_c$$

Ecuación 48. Fuerza debido a los conductores sobre el poste

- Se calcula la tracción de conductores (T_c).

$$T_c = 2 * \sigma * S * \text{sen}(\alpha/2)$$

Ecuación 49. Tracción de conductores

σ : Esfuerzo máximo admisible = 105.33 N/mm².

S: Sección del conductor, en mm²

α : 10°

$$T_c = 2 * 105.33 \text{ N/mm}^2 * 35 \text{ mm}^2 * \text{sen}(\alpha/2)$$

$$T_c = 642.61 \text{ N} = 65.5 \text{ kg}$$

- Fuerza debido a los conductores sobre el poste (F_c)

$$F_c = F_{VC} + T_c$$

$$F_{VC} = P_v * L * \frac{\phi_{ext}}{1,000} * \text{Cos}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Ecuación 50. Fuerza del viento sobre los conductores

Donde:

P_v : Presión del viento (kg/m²)

L : Vano basico del proyecto (m)

ϕ_{ext} : Diámetro del conductor (m)

α : Angulo de la línea (°)

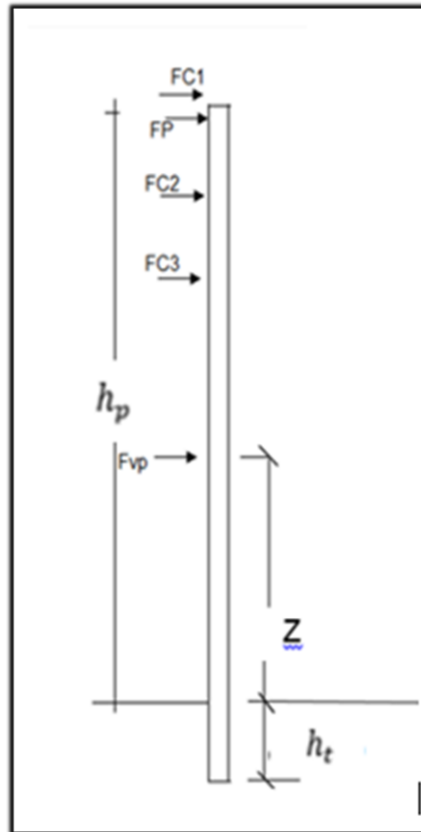


Figura 9: Diagrama de fuerza en estructura.
Fuente: Diseño propio

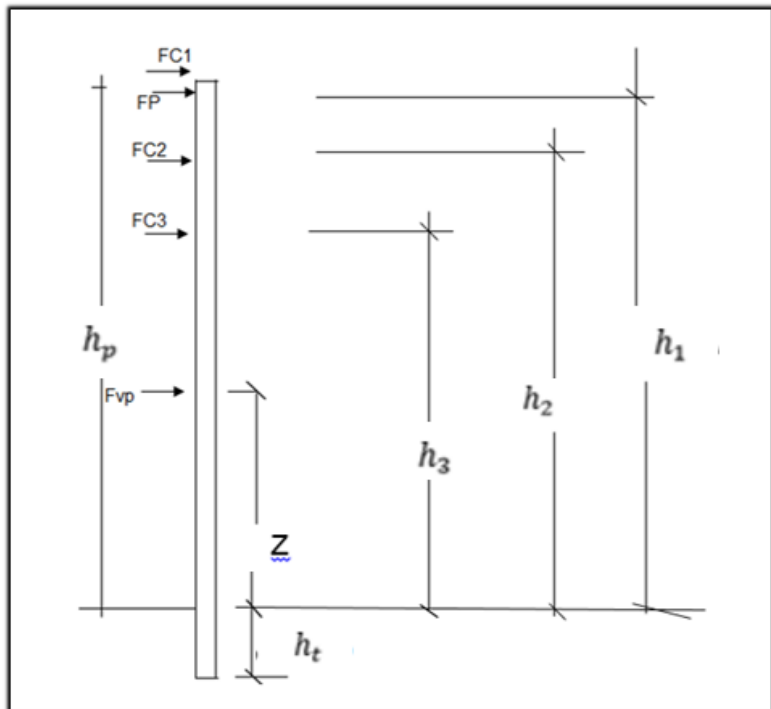


Figura 10: Cálculo mecánico de estructuras – diagrama de distribución de fuerzas.

Fuente: Diseño propio

❖ Cálculo de retenidas

El cable de retenida tiene las siguientes características

- Material
- Número de hilos
- Diámetro del conductor (mm)
- Carga de rotura (kg)
- Factor de seguridad

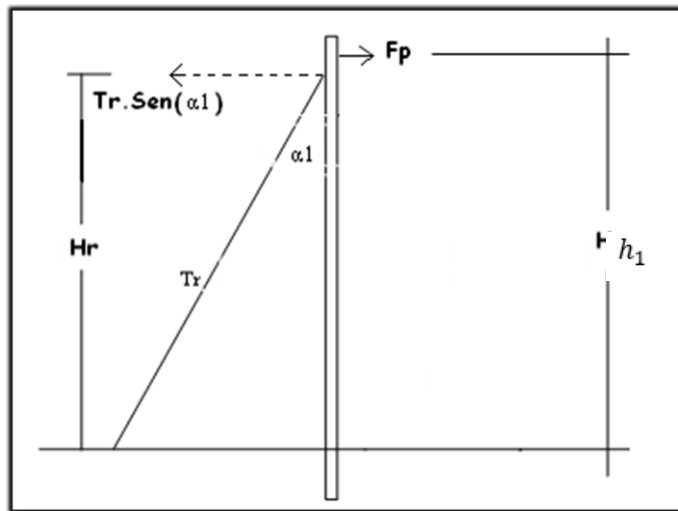


Figura 11: Diagrama de retenida

Fuente: Diseño propio

$\sum M = 0$ (Condición de equilibrio)

$$T_r * \text{sen}\alpha * H_r = F_p * h_1$$

Ecuación 51. Condición de equilibrio de la retenida

Donde:

T: Tiro de trabajo de la retenida.

α : ángulo entre retenida y poste

H_r : Altura donde se aplicará el tiro de retenida

F_p : Fuerza en la punta

h_e : Fuerza a la que esta aplicada la fuerza en la punta

$$T_r = \frac{F_p * h_1}{\text{sen}\alpha * H_r}$$

Ecuación 52. Tiro de trabajo

$$C.S = \frac{963.52 \text{ kg} * 2}{4,900 \text{ kg}} > 2$$

Ecuación 53. Demostración de coeficiente de seguridad

***Fuente:** Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural, Ministerio de Energía y Minas Dirección General de Electricidad (diciembre 2003), págs. del 10-21, recuperado de, <http://www.adinelsa.com.pe/files/normaslegales/rd018-2003-EM.pdf>*

1.5.1.3 Definición de Terminología

1.5.1.3.1 Definición de Términos

A. Estación de Bombeo

EMAPAD-EP, empresa de Agua y Alcantarillado del Cantón Duran, Ecuador (2013, publicó Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

B. Cavitación

Robert L. Mott. (México, 2006) Mecánica de Fluidos de 6ta Edición, Ed. Pearson, **Cavitación**, cuando la presión de vapor de la bomba es demasiado baja, se forman burbujas en el fluido, como si hirviera. Coloque una cacerola con agua en una estufa para que se observe su comportamiento conforme la temperatura se eleva. En cierto punto, en el fondo de la casera se formará unas cuantas burbujas de vapor de agua. Al aumentar el calentamiento se forman más burbujas, llegan a la superficie, escapan de la superficie del líquido y se difunden el aire circundante. Por último, el agua hierve con una vaporización rápida y continua. Si se está a una altitud baja, el agua en la cacerola está a presión

atmosférica, aproximadamente a 101 kpa o 14.7 psi, y la temperatura del agua es de cerca de 100° C o 212 °F.

Cuando hay cavitación el rendimiento de la bomba se degrada con severidad conforme el flujo volumétrico desciende. La bomba se hace más ruidosa y genera un sonido fuerte e intermitente, como si hubiera grava en el fluido. Si se permitiera que esto continuara, la bomba se destruirá en poco tiempo. Debe apagarse rápido e identificarse la causa de la cavitación para corregirse antes de reiniciar la operación.

C. NPSH

<https://es.wikipedia.org/wiki/NPSH>, **NPSH**, El NPSH es un parámetro importante en el diseño de un circuito de bombeo que ayuda a conocer la cercanía de la instalación a la cavitación. Si la presión en algún punto del circuito es menor que la presión de vapor del líquido, este entrará en cavitación. Este fenómeno, similar a la vaporización, puede dificultar o impedir la circulación de líquido, y causar daños en los elementos del circuito.

En las instalaciones de bombeo se debe tener en cuenta el NPSH referido a la aspiración de la bomba, distinguiéndose dos tipos de NPSH:

NPSH disponible: es una medida de cómo de cerca está el fluido de la cavitación.

NPSH requerido: valor límite requerido, en cierto punto de la instalación, para evitar que el fluido entre en cavitación.

D. Bomba

Robert L. Mott. (México, 2006) Mecánica de Fluidos de 6ta Edición, Ed. Pearson, **Selección y aplicación e bombas**, Las bombas se utilizan para impulsar líquidos a través de un sistema de tuberías.

Código Nacional de Electrificación, Resolución N° 037-2006-MEN/DM, Ministerio de Energía y Minas (enero 2006), Pág. Del 10-13.

E. Interruptor

Interruptor, seccionador de potencia, seccionador u otro dispositivo diseñado para establecer, interrumpir o cambiar la conexión de un circuito.

F. Capacidad de corriente

La corriente, que un conductor puede llevar en forma continua bajo las condiciones de utilización, sin exceder su temperatura nominal.

G. Equipo eléctrico

Término que incluye aparatos, artefactos, dispositivos, instrumentos, maquinaria, materiales, etc., que son usados como partes en la generación, transformación, transmisión, distribución o utilización de un sistema de energía eléctrica; y, sin ninguna restricción en general; lo precedente incluye cualquier ensamble o combinación de materiales o cosas que puedan ser utilizadas o adaptadas para cumplir o

ejecutar algún propósito particular o función, cuando se emplean en una instalación eléctrica.

H. Instalación eléctrica

Instalación de alambrado y accesorios en un terreno, edificación o predio, desde el punto o puntos donde el concesionario u otra entidad suministra la energía eléctrica hasta los puntos donde esta energía pueda ser utilizada por algún equipo; También incluye la conexión del alambrado a los mencionados equipos, así como la modificación, ampliación y reparación del alambrado.

I. Interruptor

Interruptor, seccionador de potencia, seccionador u otro dispositivo diseñado para establecer, interrumpir o cambiar la conexión de un circuito.

J. Puesta a tierra

Camino conductivo permanente y continuo con capacidad suficiente para conducir a tierra cualquier corriente de falla probable que le sea impuesta por diseño, de impedancia suficientemente baja para limitar la elevación de tensión sobre el terreno y facilitar la operación de los dispositivos de protección en el circuito.

K. Sistema de utilización

Es un conjunto de instalaciones destinado a llevar energía eléctrica suministrada a cada usuario, desde el punto de entrega hasta los diversos artefactos eléctricos en los que se produzca su transformación en otras formas de energía.

L. Circuito de control

Circuito que lleva señales eléctricas que dan mando a los dispositivos de control, pero no lleva la corriente o potencia que el dispositivo controla.

K. Transformador de potencia

J. Duncan Glover y Mulukutla S. Sarma (México, 2004) Sistemas de Potencia Análisis y Diseño 3era Edición, Ed. Thomson, Pág.71, **Transformador de potencia**, es un importante componente de los sistemas de potencia que permite la transmisión económica de la potencia eléctrica con una alta eficiencia y bajas caídas de tensión en serie. Los transformadores de potencia llevan la tensión y la corriente de ca hasta niveles óptimos para la generación, transmisión, distribución y utilización de potencia eléctrica.

M. Corriente Eléctrica

Lo que conocemos como corriente eléctrica no es otra cosa que la circulación de cargas o electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, que se mueven siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de suministro de fuerza electromotriz (FEM).

Fuente:http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_corriente_electrica/ke_corriente_electrica_1.htm

N. Caudal

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería,

oleoducto, río, canal,...) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Caudal_\(fluido\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Caudal_(fluido))

Ñ. Trafomix

La empresa Ingeniería Eléctrica Cia Ltda, (enero 2017), en su revista público, El traformix es un dispositivo electromagnético que incorpora en una sola unidad transformadores de tensión y de corriente. Este equipo es utilizado en las redes eléctricas para reducir las tensiones y corrientes, a valores adecuados, con la finalidad de que éstos puedan ser censados por los equipos de medición.

El traformix, es un equipo innovador que sustituye a una instalación convencional, de manera eficiente, económica y compacta. La instalación convencional estaba constituida por dos o tres Transformadores de Tensión y de dos o tres Transformadores de Corriente individuales, la cual presentaba las siguientes desventajas: requerimiento de mayor espacio, mayores costos de adquisición, mayores costos de instalación, y de mantenimiento, errores de conexión y medición.

CAPITULO II
MATERIALES Y METODOS

II MATERIALES Y METODOS

2.1 Diseño de la investigación.

El presente diseño, se basó en el aspecto tecnológico, el cual es del tipo cuantitativo por el análisis de los datos y resultados obtenidos, debido a que para su desarrollo, se utilizaron variables consideradas de vital importancia para nuestro diseño; es cuantitativa por que se pretende cuantificar el costo de ahorro que obtendrían los usuarios, al regar sus cultivos mediante la utilización de electrobombas alternadas, comparado al costo que realizan los agricultores mediante grupos electrógenos que funcionan con combustible.

2.2 Métodos de Investigación

A. Analítico.-

Mediante este método, se pudo desarrollar la tesis, para así distinguir los elementos que asociados entre sí, forman el sistema de la estación de bombeo para regar los terrenos de cultivo de banano. Luego de distinguir los elementos del sistema, la finalidad de este método, es la de proceder a revisar ordenadamente cada uno de los elementos, con el objetivo de seleccionar los equipos, accesorios y condiciones reguladas según las normas de Diseño y Construcción para interrelacionarlas entre si y formar el sistema en función al sistema hidráulico, eléctrico, control y potencia más apropiados.

Mediante este método de investigación se realizó la selección de los elementos que conforman el sistema de la caseta de bombeo.

B. Sintético.-

Mediante este método, se facilitó la recopilación de información de los componentes de la caseta de bombeo como son: sistema hidráulico,

eléctrico, control y potencia, con el fin de entender el funcionamiento de todo el sistema, permitiendo desarrollar el diseño de la estación de bombeo.

C. Inductivo.-

Mediante este método, se logró obtener resultados, conclusiones y recomendaciones para crear juicios críticos para el diseño de la caseta de bombeo.

Guía de observación, entrevistas, encuestas, guía de análisis de documentos.

2.3 Población y Muestra

Población. La población donde se realizó el estudio, es la cooperativa de Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A, localizada en el Caserío de Mallaritos del Distrito de Marcavelica, Provincia de Sullana, Departamento de Piura.

Muestra. La muestra tomada, es la Asociación de Regantes de la Cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A.

La Cooperativa, está conformada por 115 agricultores, la cual cuenta con un total de 85 Hectáreas de cultivo de banano orgánico, cuya proyección es de incrementar la cantidad de tierras de cultivo en un 30% es decir hasta 119 Ha. de cultivos de banano.

La muestra, es la cantidad de área de cultivos que se puedan regar mediante el sistema de electrobombas alternadas, en menor tiempo y costo comparado al tiempo y costo que genera la forma de riego actual, dado que actualmente riegan con un grupo electrógenos que funciona con combustible.

2.4 Variables.

La estación de bombeo, se diseñó para que funcione mediante un sistema eléctrico que suministra energía eléctrica a los tableros, electrobombas, y equipos electrónicos.

Para así, garantizar el suministro continuo de agua de riego, para lo cual se proyectó el diseño de la instalación de 2 electrobombas las cuales funcionarán de forma alternada, para que en caso de falla o mantenimiento de una de las electrobombas, la otra continúe funcionando de forma normal, de manera tal que no se detenga el suministro de agua de riego, y así no se vean perjudicados los agricultores al no poder regar sus cultivos.

Para la elaboración del diseño del presente proyecto, se tendrán presentes las siguientes variables:

- **Variable Independiente:**

Caudal o flujo volumétrico.

- **Variable Dependiente:**

Diseño Hidráulico.

Diseño Eléctrico.

Diseño de control.

Tabla 8:

Variables del sistema

Variables	Diseño	Características y selección de equipamiento	Und.	Técnicas e Instrumentos de recopilación de datos
Independiente	Caudal	Agua	m ³ /s	Guía de observación, entrevistas, encuestas, guía de análisis de documentos
Dependiente	• Hidráulico	Electrobomba	kW.	Guía de observación, guía de análisis de documentos
		Tubería	mm ² .	
		Válvulas	mm ² .	
	• Eléctrico	Transformador	kVA.	
		Trafomix	Und.	
		Conductores eléctricos.	A.	
		Voltaje	V.	
	• Control	Tablero de bomba autocebante.	A.	
Tablero de electrobombas.		A.		

Fuente: *Diseño propio.*

- **Determinación del Procedimiento de diseño**

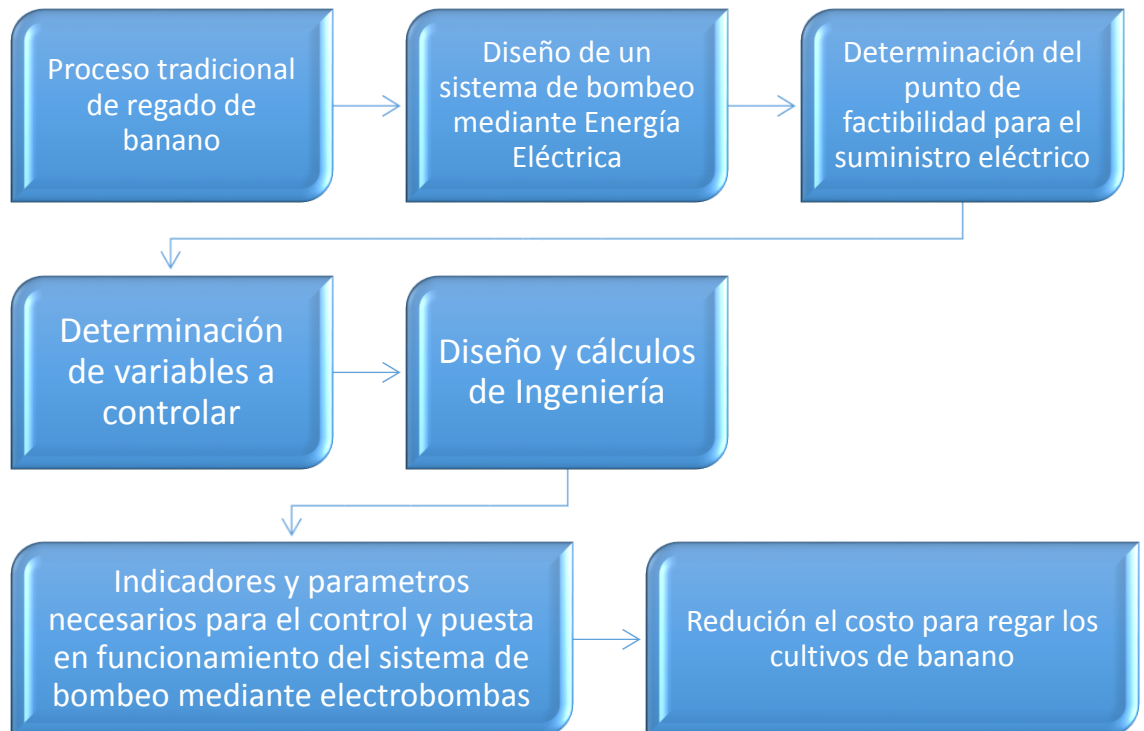


Figura 12: Interrelación de variables

Fuente: Diseño propio

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Se elaboró un plan detallado de las técnicas, que se realizaron para reunir los datos y variables específicas para cumplir el objetivo del diseño.

Se determinaron los instrumentos, para la recolección de información de la zona donde se proyectó el diseño para lo cual se utilizó lo siguiente:

- A. Guías de observación.
- B. Guías de análisis de documentos.
- C. Entrevistas.
- D. Encuestas.

E. Instrumentos.

A. Guías de observación

Se elaboró una guía de observación, para la determinación de las características y especificaciones técnicas del sistema como es la parte hidráulica, eléctrica, control y potencia a diseñar, esto con el fin de proyectar, diseñar y seleccionar los accesorios adecuados según las normas de hidráulica, electricidad, control y potencia, para un correcto y eficiente funcionamiento para el regadío de los terrenos de cultivo de banano.

Las guías de observación y análisis, se desarrollaron en la zona donde se llevó a cabo la investigación (caseta de bombeo de la cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A del caserío de Mallaritos, Distrito de Marcavelica, Provincia de Piura).

B. Guía de análisis de documentos

Se diseñó el sistema respetando las normas establecidas en el sector construcción, así como las normas indicadas en el Código Nacional de Electrificación y por el Ministerio de Energía y Minas del Perú.

Cabe indicar que, también se diseñó el sistema teniendo en cuenta las Normas establecidas por INDECOPI.

Además se tomaron en cuenta para el diseño catálogos de Contactores, relees, Interruptores, electrobombas, tableros, tuberías, válvulas, conductores eléctricos, otros, para seleccionar la potencia requerida, y así obtener el caudal necesario para cubrir el riego de los cultivos proyectados.

C. Entrevista

La entrevista, fue dirigida a los socios de la cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A del caserío de Mallaritos del Distrito de Marcavelica, tanto en los aspectos técnicos, económico y social, tomando en cuenta el procedimiento, métodos, técnicas y los factores que implican el desarrollo del diseño de la caseta de bombeo, ver Anexo 14.

D. Encuesta

Se encuestó a los pobladores socios de la cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A del caserío de Mallaritos distrito de Marcavelica, para determinar aspectos del diseño de la caseta de bombeo, ver Anexo 15.

E. Instrumentos

Teodolito

Es un instrumento de medición mecánico-óptico, que se utiliza para obtener ángulos verticales y horizontales, en la mayoría de los casos, ámbito en el cual tiene una precisión elevada. Con otras herramientas auxiliares puede medir distancias y desniveles. Es portátil y manual; está hecho con fines topográficos e ingenieriles, sobre todo para las triangulaciones. Con ayuda de una mira y mediante la taquimetría, puede medir distancias.

Básicamente, el teodolito actual es un telescopio montado sobre un trípode y con dos círculos graduados, uno vertical y otro horizontal, con los que se miden los ángulos con ayuda de lentes.

Con el teodolito, nos permitió medir las cotas y dimensiones de diferentes puntos de la zona donde se proyectó el diseño.

GPS

El Sistema de Posicionamiento Global, más conocido por sus siglas en inglés, GPS (*siglas de Global Positioning System*), es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.

Con el GPS, nos permitió obtener las diferentes coordenadas de: ubicación de la caseta de bombeo, punto de factibilidad y puntos de recorrido de la red de eléctrica de Media Tensión, otros, del diseño.

F. Validación y confiabilidad de los instrumentos

- **Validez**

Dentro de este criterio, se encuentran las variables que se tuvieron en cuenta para el diseño de la caseta de bombeo.

- **Credibilidad**

En la investigación se aplicó la credibilidad logrando la confianza que la información obtenida se ajusta a la verdad.

- **Fiabilidad**

El diseño de la caseta de bombeo, cuenta con información de investigaciones, teorías de cálculo, métodos, fuentes e información obtenida en campo, lo cual minimiza así el riesgo de error que pueda ocurrir en un tiempo determinado (futuro).

CAPITULO III
PROPUESTA DE LA INVESTIGACION

III PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño Hidráulico de la caseta de bombeo.

En éste capítulo, se realizan los cálculos para el diseño y selección de los componentes que conforman la caseta de bombeo, para lo cual se ha tomado como base las características, requerimientos y el caudal de fluido, para así diseñar un sistema de bombeo, que funcione con eficiencia de tal manera que garantice su durabilidad.

Partes de la Caseta de Bombeo

El diseño de la caseta está comprendido a continuación de 4 partes fundamentales.

a) Árbol hidráulico.

- Línea de succión.
- Línea de descarga.
- Electrobombas.
- Componentes y accesorios de árbol hidráulico.

b) Red eléctrica de Media Tensión y Baja Tensión.

c) Bomba de cebado.

d) Tablero de control y potencia de electrobombas.

e) Plan de mantenimiento.

3.1.1 Diseño hidráulico

(Simbaña Calle jhony Daniel, 2018), de la Facultad de Ingeniería, arquitectura y urbanismo, Trabajo de Investigación “**Diseño del árbol hidráulico para una estación de bombeo de agua de riego, para el sector Mallaritos, distrito de Marcavelica,**

provincia de Sullana, departamento de Piura” en la Universidad Señor de Sipan.

En el Distrito de Marcavelica, viene operando con un grupo electrógeno que impulsa el agua desde el canal Miguel Checa hasta sus cultivos de banano, cuyo sistema hidráulico ha cumplido su ciclo de vida, lo cual trae como consecuencia que cada vez que funciona se generen pérdidas del caudal, esto debido a que los accesorios con los que actualmente cuenta, se encuentran totalmente deteriorados, de manera tal que los agricultores de forma provisional han instalados tuberías y accesorios que no corresponden a las dimensiones correctas para el caudal que suministra el grupo electrógeno.

Cabe indicar que, al no ser las dimensiones correctas de los accesorios instalados, el grupo electrógeno se está esforzando más de su capacidad, lo cual está generando pérdidas debido a que en ocasiones se presentan fallas mecánicas en el grupo electrógeno, lo que origina que los agricultores dejen de regar sus cultivos, lo cual pone en riesgo que estos se pierdan, y a la vez limita el incremento de la producción de banano orgánico en esta zona, dado que los terrenos libres para cultivos no pueden ser aprovechados en su totalidad.

Los resultados obtenidos con el diseño permitirán establecer los parámetros de los accesorios del árbol hidráulico, el cual se podrá construir posteriormente.

3.1.1.1 Cálculo del módulo de riego y caudal de riego.

Para diseñar el sistema hidráulico del Diseño de la Tesis, se emplea la Ecuación 1 de la Evapotranspiración.

$$E_{to} = \frac{(2,120 - 0.29xh)}{360} (mm)$$

Donde:

$$E_{to} = \text{Evapotranspiración}$$

$h = \text{Altura (m)}$

Del Anexo 1, se obtiene la altura del distrito de Marcavelica, la cual es 55 msnm.

$$h = 55m.$$

Reemplazando en la Ecuación 1, se obtiene.

$$E_{to} = \left[\frac{(2,120 - 0.29x(55m))}{360} \right]$$

$$E_{to} = 5.84 \text{ mm}$$

• **Dotación (U_c):**

Mediante la Ecuación 2, se calcula la Dotación.

$$U_c = Kx E_{to}$$

De la Tabla 1, se obtiene el coeficiente de consumo del cultivo (K) para el cultivo de banano, cuyo valor es $k=0.9$.

Reemplazando los valores de E_{to} y K, en la Ecuación 2, de lo cual se obtiene.

$$U_c = 0.9x5.84 \text{ mm}$$

$$U_c = 5.256 \text{ mm}$$

Tabla 1:

Coefficiente K para diferentes cultivos

Cultivo	K
Alfalfa	0.85
Aguacate	0.53
Algodón	0.65
Arroz	1.05
Banano	0.90
Cacao	0.73
Café	0.75
Caña azúcar	0.85
Cítricos	0.60
Chayote	0.70
Flores*	0.70
Frijoles	0.65
Maíz	0.70
Sandía-Melón	0.70
Palma Africana	0.60
Papa	0.70
Pastos	0.80
Hortalizas**	0.70
Sorgo	0.70
Tabaco	0.75
Tomate	0.70
Uvas	0.60
Campos Deportivos	0.70
Frutales***	1.00
Cebolla	0.90
Tubérculos****	0.70

*Incluye: Ornamentales, helechos, caña india.
**Incluye: Remolacha, culantro, apio, zanahoria, lechuga, repollo, brócoli, coliflor, rábanos, otros.
***Incluye: Piña, papaya, mango, carambola, maracuyá, otros frutales de cubierta verde.
****Incluye: yuca, tiquizque, malanga, ñampi, camote, jengibre, otros.

Fuente: *Manual Técnico del Departamento de Agua del Instituto Tecnológico Nacional de Argentina (20 de mayo del 2004)*

- **Módulo de Riego (M_r):**

Mediante la Ecuación 3, del Módulo de Riego, se obtiene:

$$M_r = \left(\frac{U_c}{E_F} \right) \times 0.116$$

Donde:

M_r : Módulo de riego

E_F : Eficiencia del sistema de riego

0.116 : Factor de conversión de unidades

En este caso $E_F = 50\%$

Reemplazando valores, se obtiene.

$$M_r = \left(\frac{5.256}{0.5}\right) \times 0.2116$$

$$M_r = 1.219 \text{ lps/Ha}$$

- **Caudal (Q):**

Mediante la Ecuación 4, se calcula el Caudal del fluido.

$$Q = M_r \times A$$

M_r : Módulo de riego

A : Área de riego en Hectáreas

La cooperativa de Pequeños Propietarios de Banano Orgánico cuenta con 85 Ha. de cultivo de banano orgánico, para lo cual en la tesis se está proyectando un incremento del 30% (110.5 Ha) de las tierras de cultivo de banano orgánico. La proyección del incremento de la producción, se ha obtenido de información referencial obtenida de los socios de la Cooperativa.

Por lo tanto, los cálculos de diseño, se basan en función de regar 110.5 Ha. de cultivo de banano, para lo cual se determina el Caudal del fluido que se requiere para el diseño.

Reemplazamos en la Ecuación 4, los valores del Módulo de Riego (M_r) y el Area de Riego (Hectáreas), se obtiene el Caudal del fluido.

$$Q = (1.219 \text{ lt/s}) \times (110.5 \text{ Ha})$$

$$Q = 134.7 \frac{\text{lt}}{\text{s}} = 0.1347 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 484.92 \frac{\text{m}^3}{\text{Hora}} = 8,082 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

3.1.1.2 Diseño de árbol hidráulico

- **Diámetro de Tubería succión**

Mediante la fórmula de Bresse indicada en la Ecuación N° 5, se determina el diámetro de la tubería de succión.

$$D = 0.58733xN^{0.25}x\sqrt{Q}$$

Donde:

D: Diámetro interior aproximado (m)

N: Número de horas de bombeo al día

Q: Caudal de bombeo (m³/s)

Para el diseño, se ha considerado que se bombeará un tiempo de 10 horas al día donde *N* será:

$$N = 10$$

Reemplazando los valores del Caudal (*Q*) y del Número de horas de riego (*N*) en la Ecuación 5, se obtiene:

$$D = 0.58733x10^{0.25}x\sqrt{0.1347 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Se obtiene:

$$D = 0.383 \text{ m} = 15.08 \text{ pulg}$$

Diámetro asumido y/o seleccionado =16 pulg.

De los resultados obtenidos, se asume y/o se selecciona la tubería de succión de diámetro de 16 pulg, para lo cual del Anexo 5, se obtiene el diámetro interior de la tubería:

$$D= 381.0\text{mm}=0.381\text{m}.$$

- **Calculo de la velocidad de fluido en tubería de succión (v_s).**

Mediante la Ecuación 6, y con el diámetro asumido, se calcula la velocidad del fluido en la tubería de succión (v_s).

$$v_s = \frac{4xQ}{\pi * D_s^2}$$

Reemplazando en la Ecuación 6, los valores del Caudal (Q) y el diámetro de tubería de succión (Ds) se obtiene lo siguiente:

$$v_s = \frac{4x0.1347 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi x(0.381\text{m})^2}$$

$$v_s = 1.18 \text{ m/s}$$

El resultado de la velocidad de succión del fluido obtenido, se encuentra dentro del rango de los intervalos que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2:

Rango recomendado de velocidad

Tipo de servicio	Rango recomendado de velocidad	
	pie/s	m/s
Líneas de succión	2 -- 4	0.6 -- 1.2
Líneas de retorno	4 -- 13	1.5 -- 4
Línea de descarga	7 -- 18	2 -- 5.5

Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 164.

- **Velocidad de fluido en tubería de descarga (v_D).**

Mediante la Ecuación 6, se calcula la velocidad del fluido en la tubería de descarga; para lo cual se ha tenido en cuenta

que el valor de la velocidad de descarga se encuentre dentro del rango de los intervalos indicados en la Tabla 2.

Para el diseño, se ha asumido un diámetro de descarga de 10 pulg., para lo cual del Anexo 5, se obtiene el diámetro interior:

$$D = 254.5\text{mm} = 0.2545\text{m}.$$

Mediante la Ecuación 6, y con el diámetro de descarga asumido, se calcula la velocidad del fluido en la tubería de descarga (v_D).

$$v_D = \frac{4xQ}{\pi * D_D^2}$$

Reemplazando en la Ecuación 6, los valores del Caudal (Q) y el diámetro de tubería de descarga (D_D), se obtiene lo siguiente:

$$v_D = \frac{4x0.1347 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi x(0.2545\text{m})^2}$$

$$v_D = 2.65 \text{ m/s}$$

El resultado de la velocidad de descarga del fluido obtenido, se encuentra dentro de los intervalos que se detallan en la Tabla 2, tabla del Rango Recomendado de Velocidad.

- **Pérdida de carga en la tubería**

Utilizando la Ecuación 7 de Hazen Williams, se calcula la velocidad del fluido en la tubería de succión.

$$D = \frac{3.59xQ}{C_h x S^{0.54}}$$

Despejando la Ecuación 7, se obtiene la ecuación de pérdida de energía Ecuación 8, como se aprecia:

$$S = \left(\frac{Q}{0.2785x D^{2.63} x C_h} \right)^{1.85}$$

El valor del coeficiente de Hazen-Williams, se obtiene de la Tabla 3, cuyo valor obtenido $C_h = 140$ (valor de diseño).

Tabla 3:

Coeficiente de Hazen-Williams C_h

Coeficiente de Hazen - Williams C_h :		
Tipo de tubo	Promedio para tuberías nuevas y limpias	Valor de diseño
Acero, hierro dúctil o fundido con aplicación centrífuga de cemento o revestimiento bituminoso	150	140
Plástico, cobre, latón, vidrio	140	130
Acero, hierro fundido, sin recubrimiento	130	100
Concreto	120	100
Acero corrugado	60	60

Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 244.

- **Pérdida de energía en la tubería de succión (H_s)**

Reemplazando los valores obtenidos del Caudal (Q), Diámetro (D) y Coeficiente Hazen (C_h) en la Ecuación 8, se obtiene:

$$S_s = \left(\frac{Q}{0.2785 \times D_s^{2.63} \times C_h} \right)^{1.85}$$

$$S_s = \left(\frac{0.1347 \text{ m}^3/\text{s}}{0.2785 \times 140 \times (0.381)^{2.63}} \right)^{1.85}$$

$$S_s = 0.003055 \text{ m/m} = 3.0548 \times 10^{-3} \text{ m/m}$$

Mediante la Ecuación 9, se determina la pérdida de energía.

$$H_s = S_s \times L_s$$

$L_s =$ Longitud de la tubería de succión (m).

La longitud de la tubería, se obtiene de los planos adjuntos, cuya longitud es:

$$L_s = 12.25 \text{ m.}$$

Reemplazando los valores en la Ecuación 9, se tiene:

$$H_s = (0.003055 \text{ m/m}) \times (12.25 \text{ m})$$

$$H_s = 0.0374 \text{ m}$$

- **Pérdida de energía en la tubería de descarga (H_D)**

Reemplazando los valores obtenidos del Caudal (Q), Diámetro (D) y Coeficiente Hazen (C_h) en la Ecuación 8, se obtiene:

$$S_D = \left(\frac{Q}{0.2785 x D_D^{2.63} x C_h} \right)^{1.85}$$

$$S_D = \left(\frac{0.1347 \text{ m}^3/\text{s}}{0.2785 x 140 x (0.2545)^{2.63}} \right)^{1.85}$$

$$S_D = 0.02176 \text{ m/m}$$

Mediante la Ecuación 9, se determina la pérdida de energía.

$$H_D = S_D x L_D$$

$L_D =$ Longitud de la tubería de descarga (m).

La longitud de la tubería, se obtiene de los planos adjuntos, cuya longitud es:

$$L_D = 12.70 \text{ m.}$$

Reemplazando los valores en la Ecuación 9, se tiene:

$$H_D = (0.02176 \text{ m/m}) x (12.7 \text{ m})$$

$$H_D = 0.276 \text{ m}$$

- **Pérdida de energía en la tubería total (H_L)**

$$H_L = H_S + H_D$$

$$H_L = 0.0374 \text{ m} + 0.276 \text{ m}$$

$$H_L = 0.3134 \text{ m}$$

- **Número de Reynolds (N_R)**

Mediante el Diagrama Moody de la Figura 7, se determina si el fluido es laminar o turbulento, cuyo diagrama muestra los valores del Número de Reynolds (N_R), la Rugosidad Relativa (D/ϵ), y el valor el Factor de Fricción.

a) Número de Reynolds para línea de succión (N_{RS})

Mediante la Ecuación 10, se calcula el Número de Reynolds.

$$N_{RS} = \frac{v_S \times D_S}{V}$$

Donde:

v_S : Velocidad de succión (m/s).

V : Viscosidad cinemática (m^2/s).

D_S : Diámetro interior (m).

De los Anexos 1, 5 y 6, a una temperatura $T^\circ = 30^\circ C$, se obtienen los valores del Diámetro Interior $D_S = 0.381m$ y el valor de la Viscosidad Cinemática $V = 8.03 \times 10^{-7} m^2/s$.

Reemplazando los valores en la Ecuación 10, se obtiene:

$$N_{RS} = \frac{1.18 m/s \times 0.381m}{8.03 \times 10^{-7} m^2/s}$$

$$N_{RS} = 0.056 \times 10^7 = 5.6 \times 10^5$$

Ahora de la Tabla 4 (Valores de diseños de rugosidad de tubos), se obtiene el valor de la Rugosidad (ϵ) para tubos, cuyo valor es:

$$\epsilon = 4.6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Tabla 4:

Valores de diseño de rugosidad de tubos

Valores de diseño de rugosidad de tubos		
Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
<u>Acero, comercial o soldado</u>	<u>4.6×10^{-5}</u>	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 235

$$\frac{D_S}{\epsilon} = \frac{0.381 \text{ m}}{4.6 \times 10^{-5}} = 8,282.6$$

De Figura 7, diagrama de Moody, se obtiene el factor de fricción f_{rs} .

$$f_{rs} = 0.015$$

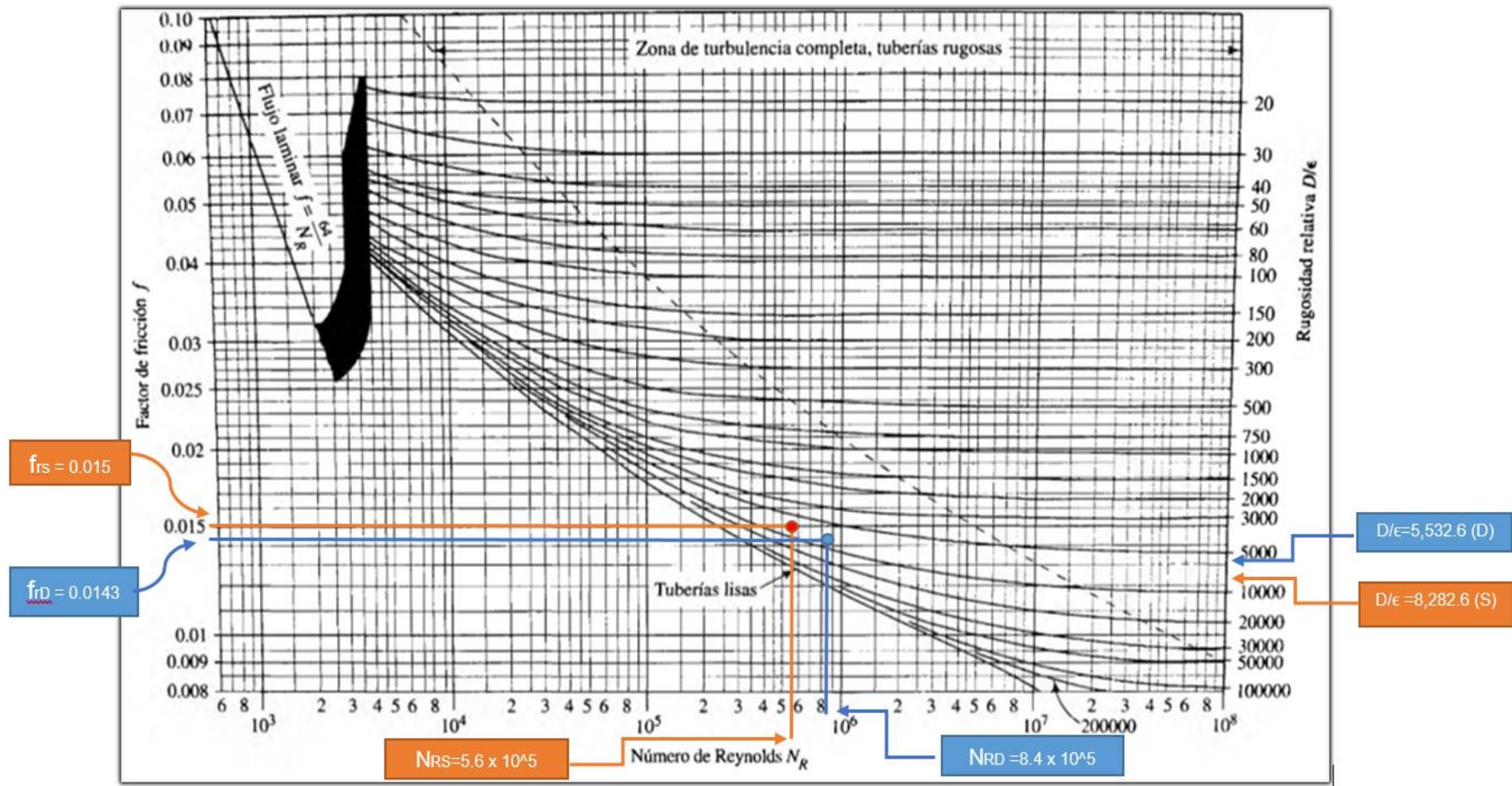


Figura 7. Diagrama de Moody. (Fuente: Pao, R. H. F. 1961. Fluid Mechanics. Nueva York: John Wiley e hijos, p. 284)

Fuente: Mecánica de Fluidos de Robert L. Mott, 6ta Edición, Pág.: 237

b) Número de Reynolds en línea de descarga (N_{RD})

Mediante la Ecuación 10, se calcula el Número de Reynolds.

$$N_{RD} = \frac{v_D \times D_D}{V}$$

Donde:

v_D : Velocidad de succión (m/s).

V : Viscosidad cinemática (m^2/s).

D_D : Diámetro interior (m).

De los Anexos 1, 5 y 6, a una temperatura $T^\circ = 30^\circ C$, se obtienen los valores del Diámetro Interior $D_S = 0.2545m$ y el valor de la Viscosidad Cinemática $V = 8.03 \times 10^{-7} m^2/s$.

Reemplazando en la Ecuación 10, se tiene:

$$N_{RD} = \frac{2.65 m/s \times 0.2545m}{8.03 \times 10^{-7} m^2/s}$$

$$N_{RD} = 0.084 \times 10^7 = 8.4 \times 10^5$$

Ahora de Tabla 4 (Valores de diseños de rugosidad de tubos), se obtiene el valor de la Rugosidad (ϵ) para tubos, cuyo valor es:

$$\epsilon = 4.6 \times 10^{-5} m$$

$$\frac{D}{\epsilon} = \frac{0.2545 m}{4.6 \times 10^{-5}} = 5,532.6$$

De figura 7, diagrama de Moody, se obtiene el factor de fricción f_D .

$$f_D = 0.0143$$

- **Perdidas primarias de la línea de succión (H_{FS})**

Mediante la Ecuación 11, se calculan las Pérdidas Primarias (H_{FS}).

$$H_{FS} = \frac{f L_S v_S^2}{2 g D_S}$$

Donde:

f : Factor de fricción.

L_S : Longitud total de tuberías.

g : Gravedad.

D_S : Diámetro de tubería de succión.

v_S : Velocidad de succión.

De la Figura 7 (Diagrama Moody); se obtiene el valor del Factor de Fricción de succión $f_S = 0.015$.

Reemplazando los valores en la Ecuación 11, se obtiene:

$$H_{FS} = \frac{0.015 \times 12.25 \text{ m} \times (1.18 \text{ m/s})^2}{2 \times (9.81 \text{ m/s}^2) \times 0.381 \text{ m}}$$

$$H_{FS} = 0.034 \text{ m}$$

- **Perdidas primarias en línea de descarga (H_{FD})**

$$H_{FD} = \frac{f x L_D x v_D^2}{2 x g x D_D}$$

$$H_{FD} = \frac{0.0143 x 12.7 m x (2.65 m/s)^2}{2 x (9.81 m/s^2) x 0.2545 m}$$

$$H_{FD} = 0.255 m$$

- **Perdidas primarias totales (H_F)**

Las pérdidas primarias, están dada por:

$$H_F = H_{FS} + H_{FD}$$

$$H_F = 0.034 m + 0.255 m$$

$$H_F = 0.289 m$$

- **Perdidas secundarias (h_f)**

Mediante la Ecuación 12, se calculan las pérdidas generadas por accesorios y acoplamientos en la línea de succión y línea de descarga del árbol hidráulico. De los Anexos N° 2, 3, 4 y Tabla 6, se obtienen los valores de coeficientes de válvulas y acoplamientos de la línea de succión y línea de descarga.

Tabla 6:
Resistencia de válvulas y acoplamientos

Resistencia de válvulas y acoplamientos, expresada como longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
— $3/4$ abierta	35
— $1/2$ abierta	160
— $1/4$ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.

Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 297.

a) Línea de Succión.

$$h_1 = \text{entrada} = Kx v_s^2 / 2xg = 1x(v_s^2 / 2xg)$$

$$h_2 = \text{codo} = f_{TS}x(30)x(v_s^2 / 2xg)$$

$$h_3 = \text{válvula check de pie} = f_{TS}(L/D)x(v_s^2 / 2xg) = f_{TS}x(420)x(v_s^2 / 2xg)$$

b) Línea de Descarga

$$h_4 = \text{válvula duplocheck} = f_{TD}(L/D)x(v_D^2/2xg) = f_{TD}x(420)x(v_D^2/2xg)$$

$$h_5 = \text{válvula mariposa} = f_{TD}(L/D)x(v_D^2/2xg) = f_{TD}x(35)x(v_D^2/2xg)$$

$$h_6 = \text{tee ramal} = f_{TD}x(60)x(v_D^2/2xg)$$

$$h_7 = 2 \text{ codos} = 2xf_{TD}x(30)x(v_D^2/2xg)$$

$$h_8 = \text{tee paso directo} = f_{TD}x(20)x(v_D^2/2xg)$$

- Se toma una variable M: $M = v_s^2/2xg$

$$M = \frac{(1.18 \text{ m/s})^2}{2x9.81\text{m/s}^2}$$

$$M = 0.071\text{m}$$

- Se toma una variable N: $N = v_D^2/2xg$

$$N = \frac{(2.65 \text{ m/s})^2}{2x9.81\text{m/s}^2}$$

$$N = 0.36 \text{ m}$$

Ahora:

$$h_f = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 + h_8$$

$$h_f = M + 30f_{rS}M + 420f_{rS}M + 420f_{rD}N + 35f_{rD}N + 60f_{rD}N + 2 \times 30f_{rD}N + 20f_{rD}N$$

$$h_f = Mx(1 + 30f_{rS} + 420f_{rS}) + Nx(420f_{rD} + 35f_{rD} + 60f_{rD} + 60f_{rD} + 20f_{rD})$$

Reemplazando los valores de M, N y valores de $f_{rS} = 0.015$ y $f_{rD} = 0.0143$, se obtiene:

$$h_f = 0.071m \times (1 + 450 \times 0.015) + 0.36m \times (595 \times (0.0143))$$

$$h_f = 0.55m + 3.06m$$

$$h_f = 3.61m$$

Ahora:

$$H = H_F + h_f$$

H_F = Pérdida primaria

h_f = Pérdida secundaria

$$H = 0.289m + 3.61m = 3.90m$$

- Pérdidas totales ($H'_{perdida T}$)

$$H'_{Perdida T} = H_L + H = 0.3134m + 3.9m$$

$$H'_{Perdida T} = 4.2134m$$

Ecuación de Bernulli

Del principio de la conservación de energía, Mediante la Ecuación 13.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2xg} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2xg}$$

Considerando las características del fluido, y la Figura 8, tenemos:

$$V_1 = V_2 = 0$$

$$P_1 = P_2 = 0$$

Ahora reemplazando, se obtiene la altura dinámica de la Bomba.

$$h_A = h_L - Z_2 - Z_1$$

- **Altura dinámica de la Bomba (HDT)**

Mediante la Ecuación 15, se obtiene:

$$H_{Bomba} = HDT = H_{geodesica(de\ succión)} + H'_{perdida\ T}$$

De los planos adjuntos se obtiene:

$$H_{geodesica} = 7.95m + 2.6m = 10.55m$$

Reemplazamos los valores de $H'_{perdida\ T}$ y $H_{geodesica}$ en la Ecuación 15, se obtiene:

$$H_{Bomba} = HDT = 10.55m + 4.2134m$$

$$H_{Bomba} = HDT = 14.763 \text{ m}$$

- **Potencia de la Bomba**

- **Potencia de consumo**

Es la energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento, es conocida como potencia de Consumo (P_c), es la energía entregada por la bomba al agua, la cual se ha calculado mediante la Ecuación 16:

$$P_C = \frac{100 \times Q_b \times HDT_B}{75 \times n_b}$$

Donde:

$$n_b = \text{eficiencia de la bomba (\%)}$$

$$n_b = 70\%$$

Luego reemplazando valores, se obtiene:

$$P_C = \frac{100 \times (134.7 \text{ lt/s}) \times 14.76 \text{ m}}{75 \times 70}$$

$$P_C = 37.87 \text{ HP} = 28.70 \text{ kW.}$$

- **Potencia Instalada**

Energía entregada al motor, considerando la Eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor (n_c), la cual se calcula mediante la Ecuación 17; la eficiencia del sistema se calcula mediante la Ecuación 18.

$$n_m = \text{eficiencia del motor} = 83\%$$

$$n_c = 70\% \times 83\%$$

$$n_c = 58.10\%$$

$$P_i = \frac{100 \times (134.7 \text{ lt/s}) \times 14.76 \text{ m}}{75 \times 58.1}$$

$$P_c = 45.63 \text{ HP} = 34.68 \text{ kW}$$

- **$NPSH_A$**

Se determina utilizando la Ecuación 19.

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

P_{sp} : Presión estática (absoluta) sobre el fluido en el depósito.

h_{sp} : Carga de presión estática (absoluta) sobre el fluido en el almacenamiento ($h_{sp} = abs/\gamma$).

h_s : Diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito a la línea central de entrada de succión de la bomba.

Altura de succión, se obtiene de los planos adjuntos.

h_f : Pérdida de carga en la tubería de succión, debido a la fricción y pérdidas menores.

P_{vp} : Presión de vapor (absoluta) del líquido a la temperatura que se bombea.

h_{vp} : Carga de presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo ($h_{vp} = P_{vp}/\gamma$).

γ : Peso específico.

- De los planos adjuntos se obtiene:

$$h_s = 0.75m + 7.0m + 0.95m$$

$$h_s = 8.7m$$

- Mediante la Tabla 7, a una temperatura de 30°C, se obtiene: h_{vp} , γ :

Tabla 7:

Presión de vapor y carga de presión de vapor de agua

Presión de vapor y carga de presión de vapor de agua							
Temperatura °C	Presión de vapor kPa (abs)	Peso específico (kN/m ³)	Carga de presión de vapor (m)	Temperatura °C	Presión de vapor (psia)	Peso específico (lb/ft ³)	Carga de presión de vapor (pie)
0	0.6105	9.806	0.06226	32	0.08854	61.42	0.2043
5	0.8722	9.807	0.08894	40	0.1217	62.43	0.2807
10	1.228	9.804	0.1253	50	0.1781	62.41	0.4109
20	2.338	9.789	0.2388	60	0.2563	62.37	0.5917
30	4.243	9.765	0.4345	70	0.3631	62.30	0.8393
40	7.376	9.731	0.7580	80	0.5069	62.22	1.173
50	12.33	9.690	1.272	90	0.6979	62.11	1.618
60	19.92	9.642	2.066	100	0.9493	62.00	2.205
70	31.16	9.589	3.250	120	1.692	6.71	3.948
80	47.34	9.530	4.967	140	2.888	61.38	6.775
90	70.10	9.467	7.405	160	4.736	61.00	11.18
100	101.3	9.399	10.78	180	7.507	61.58	17.55
				200	11.52	60.12	27.59
				212	14.69	59.83	35.36

Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 413.

$$h_{vp} = 0.4345m \text{ a } 30^\circ C \quad y \quad \gamma = 9.765 \text{ KN}/m^3$$

$$h_{SP} = \frac{P_{abs}}{\gamma}$$

Del Anexo 7, se obtiene el valor de la presión atmosférica a 100 msnm.

$$P_{abs} = 0.988 \text{ atm} * 101,325 \text{ N}/1\text{atm} = 100,109.1 \text{ N}/m^2$$

De Tabla 9 a 30° C, se obtiene $\gamma = 9.765 \frac{KN}{m^3}$

Reemplazando valores, se obtiene la presión estática

$$h_{SP} = \frac{100,109.1 \text{ N/m}^2}{9.765 \text{ KN/m}^3}$$

$$h_{SP} = 10.25 \text{ m}$$

- Ahora mediante la Ecuación 12, se determina el valor de (h_f) que corresponde a la pérdida de carga en la tubería de succión y perdidas menores.

$$h_f = Kx \left(\frac{v_s^2}{2g} \right) + f_{rS}x(30)x \left(\frac{v_s^2}{2xg} \right) + f_{rS}x(420)x \left(\frac{v_s^2}{2xg} \right) + f_T x \left(\frac{L}{D} \right) x \left(\frac{v_s^2}{2xg} \right)$$

$$h_f = \left(\frac{v_s^2}{2g} \right) x \left(K + f_{rS}x(450) + f_T x \left(\frac{L}{D} \right) \right)$$

De Tabla 5, para la tubería de succión se obtiene $f_T = 0.013$.

Reemplazando los valores f_T , f_{rS} , D y K , se tiene:

$$h_f = \left(\frac{(1.18)^2}{2x9.81\text{m/s}^2} \right) x \left(1 + 0.015x(450) + 0.013x \left(\frac{12.25}{0.381} \right) \right)$$

$$h_f = 0.58 \text{ m}$$

Tabla 5:

Factor de fricción en la zona de tubería completa para tubería de acero comercial, nueva limpia

Factor de fricción en la zona de tubería completa para tubería de acero comercial, nueva limpia.

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f
½	0.027	3½, 4	0.017
¾	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1¼	0.022	8-10	0.014
1½	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2½, 3	0.018		

Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 297.

- Una vez hallados los valores, se determina el NPSH, reemplazando los valores en la Ecuación 19.

$$NPSH_A = 10.25m - 8.7m - 0.58m - 0.4345m$$

El signo de h_s corresponde que sea negativo, debido a que la bomba está por encima del nivel del fluido del fluido del agua.

Por lo tanto el NPSH será:

$$NPSH_A = 0.5355 m$$

Para que la bomba elegida funcione satisfactoriamente sin riesgo de cavitación se debe de cumplir lo siguiente:

$$NPSH_R < \frac{NPSH_A}{1.10}$$

$$NPSH_R < \frac{0.5355}{1.10}$$

$$NPSH_R < 0.49$$

- Del Anexo 8, catálogo del fabricante IDEAL, se obtiene el tipo de bomba con una frecuencia de 60 Hz, 1,760 rpm; la bomba que corresponde es: RNI-200-26.

En base al caudal requerido:

$$Q = 134.7 \frac{lt}{s} = 0.1347 \frac{m^3}{s} = 484.92 \frac{m^3}{hr} = 8,082 \frac{lt}{min}$$

$$h = 2.6 + 7.0 + 0.95 = 10.55 \text{ m}$$

$$eficiencia = 82\%$$

$$NPSH_C = 5.2m$$

- Entonces el $NPSH_C = 5.2 \text{ m}$, según catálogo el $NPSH_C$ es mayor que el $NPSH_R = 0.49m$, requerido o calculado, por lo tanto no hay riesgo de cavitación.

3.1.1.3 Diseño y selección de transformador en Sub estación de Media Tensión

El diseño y selección del transformador, se realiza en función a la carga y a la tensión del funcionamiento del sistema.

La presente tesis, se ha diseñado para que el sistema funcione mediante dos electrobombas que funcionan de forma alternada, de lo cual se tiene:

Sistema motor- bomba 1 = 45.63 Hp = 34.68 kW.

Sistema motor- bomba 2 = 45.63 Hp = 34.68 kW.

- Dado que la potencia obtenida es de 45.63 Hp, y dado que esta potencia no es un valor de potencia comercial, es que se ha seleccionado la potencia superior comercial más próxima, para este caso se ha seleccionado una potencia de 50 Hp ó 38.0 kW.
- Dado que debe de haber iluminación en el interior de la caseta de la subestación, y a la vez se debe de instalar una pequeña electrobomba autocebante, se ha considerado una potencia adicional de 20%, es decir 7.6 kW.
- Se determina la carga total del sistema teniendo en cuenta que las electrobombas funcionan de forma alternada:

Descripción	Potencia (kW)	Potencia (kVA)
Electrobomba de 50 Hp :	38.00	42.22
Carga adicional 20% :	7.60	8.44
Carga total :	45.60	50.66

- Dado que la carga requerida es de 50.66 kVA, de lo cual para transformadores no es una potencia comercial, es por ello que se selecciona un transformador de 75 kVA, que es la potencia superior comercial más próxima.

3.1.1.4 Diseño de tablero de distribución en Media Tensión en Sub estación.

Dado que se ha seleccionado un transformador de 75 kVA, del cual salen 2 circuitos, uno en 440 V. trifásico y otro en 220

V. trifásico. Para lo cual la corriente se calcula considerando los dos circuitos como son:

Circuito 1.- circuito para electrobombas, las cuales funcionan en sistema de 440 Voltios, para lo cual se ha considerado el 80% de la potencia del transformador, es decir 60.0 kVA, cuya potencia cubre la potencia que necesita la Electrobomba de 38.0 kW= 42.22 kVA (50HP).

Circuito 2.- circuito de la carga adicional en 220 V, para lo cual se ha considerado el 20% de la potencia del transformador, es decir 15 kVA, cuya potencia cubre la carga adicional que originan: la Electrobomba autocebante de 1.0 HP, la iluminación y reserva.

➤ **Calculo de corriente (I)**

Para determinar la corriente en el tablero de la subestación, se emplea la Ecuación 21:

$$I = \frac{N}{\sqrt{3} * V}$$

Donde:

N : Potencia aparente del transformador seleccionado (kVA).

V : Tensión del sistema (V)

Se debe tener en cuenta que, el sistema se ha diseñado para que funcione en 2 tensiones distintas como son: 440 V. para las electrobombas y en 220 V. para cargas adicionales.

Ahora, reemplazando valores en la Ecuación 21, se obtiene la corriente para ambos circuitos.

- Cálculo de Corriente (I_{440}) en circuito 1, para tensión de 440 V, reemplazando los valores, se obtiene:

$$I_{440} = \frac{60.0 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 440V}$$

$$I_{440} = 78.73 \text{ Amp.}$$

De lo cual, teniendo en cuenta el Anexo, que corresponde al conductor eléctrico, se selecciona el conductor eléctrico 3x1x16 mm², el cual soporta una corriente de hasta 100 Amperios expuesto al aire, cuyo valor está dentro de los parámetros según el Código Nacional de Electrificación.

Debido a la corriente obtenida, se selecciona una llave general de 75 Amperios de capacidad.

- Cálculo de Corriente (I_{220}) en circuito 2, para sistema 220 V, reemplazando los valores, se obtiene:

$$I_{220} = \frac{15 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 220V}$$

$$I_{440} = 39.36 \text{ Amp.}$$

De lo cual teniendo en cuenta el Anexo, que corresponde al conductor eléctrico, se selecciona el cable 3x1x6 mm², el cual soporta una corriente de hasta 54 Amperios expuesto al aire.

Debido a la corriente obtenida, se selecciona una llave general de 36 Amperios de capacidad.

3.1.1.5 Diseño del tablero del sistema de Potencia de electrobombas.

Para el diseño del sistema de Control y sistema de Potencia, se seleccionan los conductores eléctricos, disyuntores (interruptores), contactores y arrancador de estado sólido.

- **Calculo de la Corriente que generan los motores**

Para determinar el calibre de los conductores eléctricos para la conexión del motor, se tiene en cuenta la Corriente nominal del motor (I_n), la cual se determina utilizando la Ecuación 22.

$$I_n = \frac{H_p * 746}{\sqrt{3} * V * n * \text{Cos } \phi} \quad (A)$$

Donde:

- V : Voltaje de trabajo.
- n : Eficiencia.
- $\text{Cos } \phi$: Factor de potencia.

Dado que los motores van a funcionar en un voltaje de 440 V, reemplazando valores, se obtiene:

$$I_n = \frac{50 \text{ HP} * 746}{\sqrt{3} * 440 \text{ V} * 0.8 * 0.8}$$

$$I_n = 76.5 \text{ Amp.}$$

De lo cual teniendo en cuenta el Anexo 9, se selecciona conductor eléctrico 3x1x16 mm², que soporta 100 A. de capacidad.

- **Selección de relé de estado sólido, contactor, disyuntor.**

- **Arrancador de estado sólido.-** Se selecciona de acuerdo a la Potencia del motor, en este caso se ha seleccionado según el Anexo 10, un Arrancador para 38.0 kW, que corresponde al Arrancador con código ATS22D58Q, cuya función es para que disminuya la corriente pico en 25% aproximadamente.

- **Contactor.-** Se selecciona de acuerdo a la corriente de carga que ocasiona el motor, para el diseño de la tesis, el motor genera un consumo de 76.5 Amp., por lo cual el contactor se selecciona en función al amperaje $I_n = 76 \text{ Amp.}$

- **Interruptor o disyuntor.-** Se selecciona de acuerdo a la corriente de carga que ocasiona el motor, para el diseño de la tesis, el motor genera un consumo de 76.5 Amp., por lo cual el disyuntor se selecciona en función al amperaje $I_n = 76 \text{ Amp.}$

-

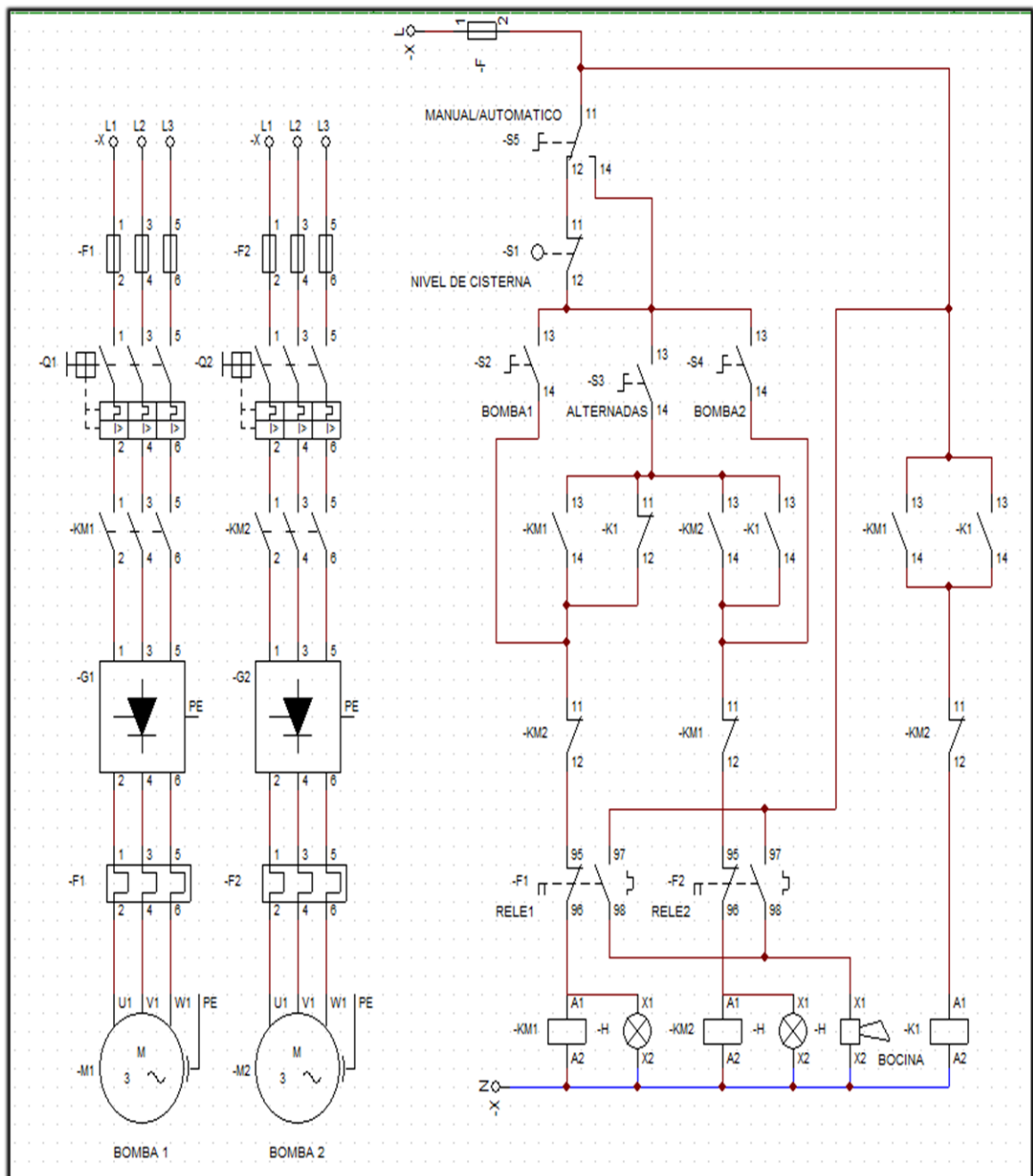


Figura 13: Diagrama eléctrico de tablero de control y potencia de electrobombas.
Fuente: Diseño Propio

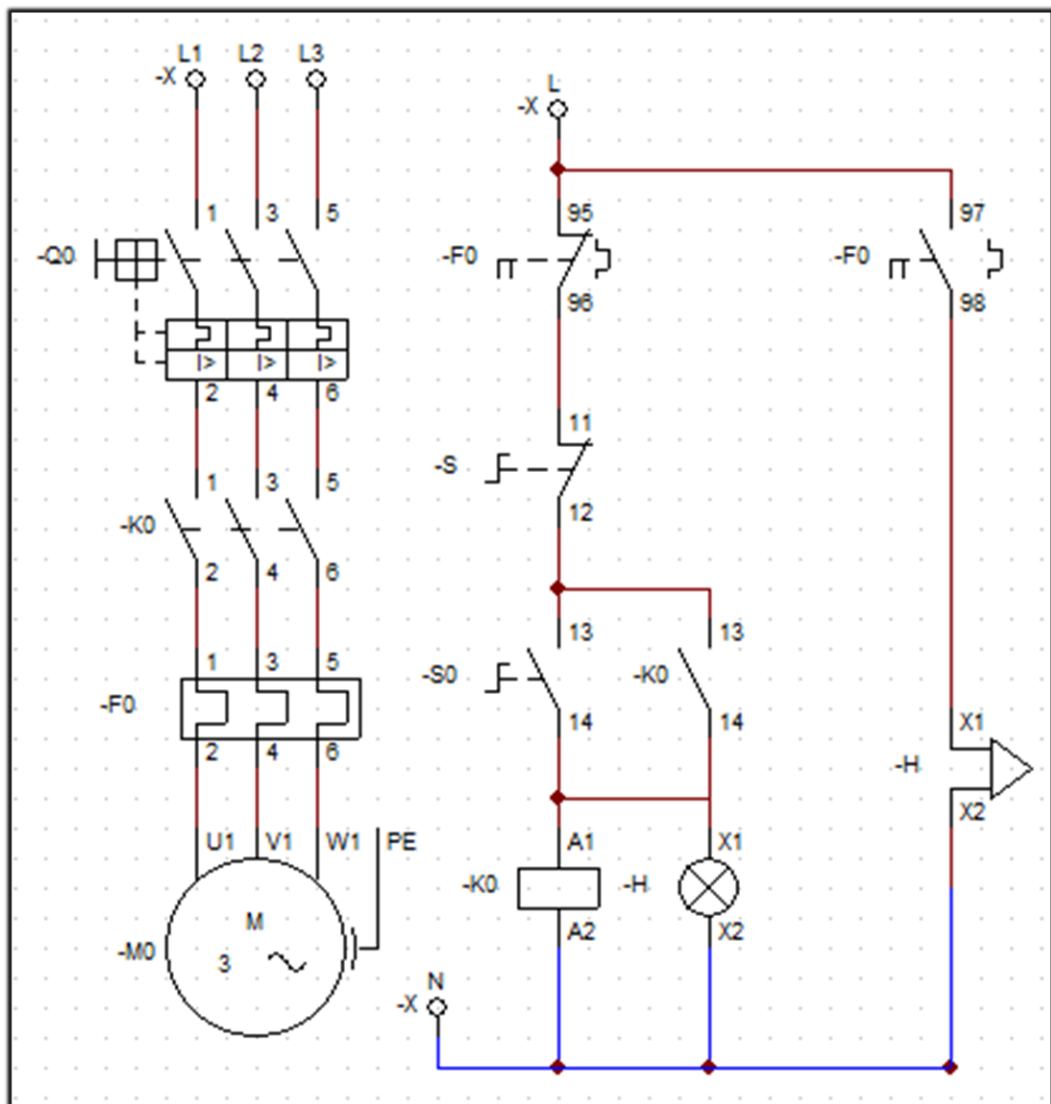


Figura 14: Diagrama eléctrico de tablero de control y potencia de bomba autocebante.
Fuente: Diseño Propio

3.1.1.6 Diseño de Red Eléctrica de Media Tensión

Se ha verificado que, en la zona del diseño no existe alguna Red Eléctrica de Media Tensión, para lo cual se realizó un recorrido total de la zona, de tal manera que la Red eléctrica de Media Tensión más cercana a la ubicación de la caseta de bombeo del diseño, se encuentra a una distancia de 1.184 km. del lugar del diseño.

Se verificó que la Red eléctrica de Media Tensión más cercana a la zona del diseño es de una tensión de 22.9 kV; de tal manera que esta Red eléctrica cumple con la tensión requerida para el sistema.

Se determinó como Punto de Factibilidad (punto de diseño), el punto que se ubica en las siguientes coordenadas UTM:

Este : 0527884

Norte: 9466511

- Para calcular la caída de tensión, se determinan diversos parámetros, como la longitud total del recorrido de la Red de eléctrica ver Figura 15, así como los valores de la resistencia y reactancia.

❖ **Calculo de caída de tensión**

• **Calculo de Resistencia**

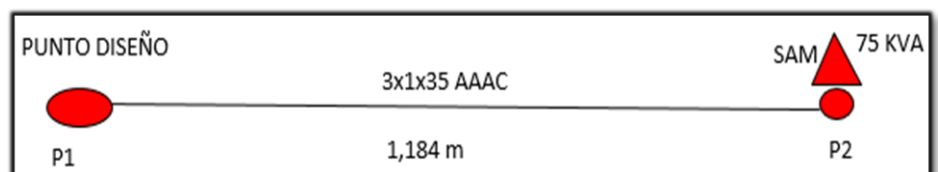


Figura 15: Diagrama de Red de Media Tensión proyectada.
Fuente: Diseño Propio

• **Calculo de la resistencia**

La resistencia de los conductores a la temperatura de operación de 75°C, se calcula mediante la Ecuación 23:

$$R_{75^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

Se selecciona el calibre de conductor eléctrico AAAC 35mm², de la Tabla 10 y de Anexo 11, se obtienen los datos del conductor eléctrico.

Tabla 9:

Valores del conductor AAAC 35mm²

t_2	t_1	α	R_{20°
75°C	20°C	0.0036	0.979 ohm/km

Fuente: Diseño Propio

$\alpha = 0.0036$ (para conductor de aluminio)

$t_2 = 75^\circ C$

$t_1 = 20^\circ C$

$R_{20^\circ} = 0.979 \text{ ohm/km}$

Reemplazando valores se tiene:

$$R_{75^\circ C} = \left(0.979 \frac{\text{ohm}}{\text{km}}\right) * [1 + 0.00036(75^\circ C - 20^\circ C)]$$

$$R_{75^\circ C} = 1.1173 \text{ Ohm/km}$$

Con los resultados obtenidos, se construye la siguiente tabla:

Tabla 10:

Valores para conductor eléctrico AAAC.

Sección Nominal (mm ²)	Diámetro nominal (mm)	Resistencia a 20°C (ohm/km)	Resistencia a 75°C (ohm/km)
25	6.40	1.370	1.640
35	7.60	0.979	1.173

Fuente: <http://www.ceper.com.pe/pdf/40/cuerda-de-aleacion-de-aluminio-aaac.pdf>

- **Calculo de la reactancia**

De acuerdo a la configuración de la línea se obtiene la siguiente figura:

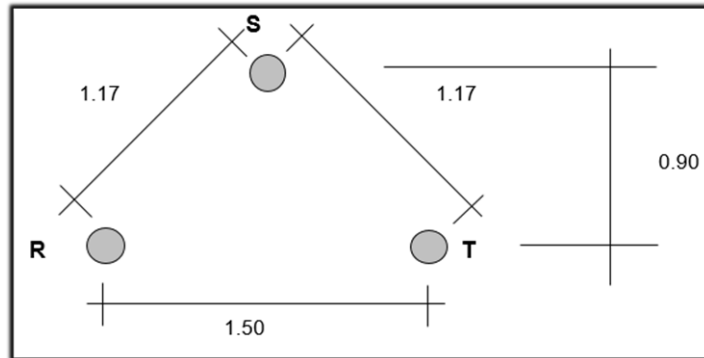


Figura 16: Configuración de la Red de Media Tensión

Fuente: Diseño Propio

- La reactancia inductiva está dada por la Ecuación 24.

$$X_{3\phi} = 0.377 \left[0.05 + 0.40605 * \text{Log} \left(\frac{DMG_{3\phi}}{r_e} \right) \right] \quad (\text{Ohm/Km})$$

Siendo:

- $DMG_{3\phi}$ = Distancia media geométrica trifásica (m), está dada por la Ecuación 25.

$$DMG_{3\phi} = \sqrt[3]{D_{RS} * D_{RT} * D_{ST}}$$

- r_e = Radio equivalente del conductor (m), está dada por la Ecuación 26.

$$r_e = \sqrt{\frac{S}{\pi}} * 10^{-3}$$

S= Sección del conductor (mm^2)

De la configuración del conductor eléctrico, de la figura 19, se obtiene los siguientes datos:

$$D_{RS} = 1.17 \text{ m.}$$

$$D_{RT} = 1.50 \text{ m.}$$

$$D_{ST} = 1.17 \text{ m.}$$

Reemplazando los valores, se obtiene la distancia media geométrica ($DMG_{3\phi}$):

$$DMG_{3\phi} = \sqrt[3]{1.17m * 1.50m * 1.17m}$$

$$DMG_{3\phi} = 1.2710 \text{ m.}$$

Reemplazando los valores, se obtiene el radio equivalente del conductor (r_e):

$$r_e = \sqrt{\frac{35}{\pi}} * 10^{-3}$$

$$r_e = 0.0035 \text{ m.}$$

Reemplazando los valores, se obtiene la reactancia inductiva ($X_{3\phi}$):

$$X_{3\phi} = 0.377 \left[0.05 + 0.4605 * \text{Log}\left(\frac{1.2710m}{0.0033m}\right) \right]$$

$$X_{3\phi} = 0.4669 \text{ Ohm/km.}$$

Con los resultados obtenidos, se obtiene la siguiente tabla para los conductores:

Tabla 11:

Valores obtenidos de r_e y $X_{3\phi}$

Sección mm ²	r_e (m)	X3 (Ohm/Km)
35	0.0033	0.4669

Fuente: *Diseño Propio*

- **Cálculo de la corriente**

La corriente, se determina mediante la Ecuación 21:

$$I = \frac{N}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (\text{A})$$

Donde:

N: Potencia Aparente (kVA) = 75 kVA.

V: Tensión Nominal (kV) = 22.9 kV.

De la Figura 15, se tienen los siguientes valores:

$P_1 = 0 \text{ kVA}$: Potencia en el punto 1 o punto de diseño.

$P_2 = 75 \text{ kVA}$: Potencia en el punto 2 o punto de subestación.

$P'_2 = 75 \text{ kVA}$: Sumatoria de potencia en el punto 1 o punto de diseño.

$P'_1 = 75 \text{ kVA}$: Sumatoria de potencia en el punto 2 o punto de sub estación.

V = 22.9 kV: tensión en los puntos P1 y P2.

Reemplazando valores en la Ecuación 21, obtiene:

- Cálculo de corriente en el punto 1.

$$I_1 = \frac{P'_1}{\sqrt{3} * V} = \frac{75 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 22.9 \text{ KV}}$$

$$I_1 = 1.89 \text{ A.}$$

- Cálculo de corriente en el punto 2.

$$I_2 = \frac{P'_2}{\sqrt{3} * V} = \frac{75 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 22.9 \text{ KV}}$$

$$I_2 = 1.89 \text{ A.}$$

- **Cálculo del factor de caída de tensión**

El factor de caída de tensión, se determina mediante la Ecuación 27:

$$\Delta V = \sqrt{3} * Z * I * L \quad (V).$$

Donde:

Z : Impedancia de la línea (Ohm/km).

I : Corriente (A).

L : Longitud de la línea (km).

De Figura 15, se tienen los siguientes valores:

$$L_1 = 0.001 \text{ km}$$

$$L_2 = 1.184 \text{ km}$$

La impedancia (Z), se determina mediante la Ecuación 28:

$$Z = (R * \text{Cos}\phi + X_{3\phi} * \text{Sen}\phi)$$

Donde:

$$\phi = 90^\circ$$

$$R \text{ a } 75^\circ\text{C} = 1.117$$

$$X_{3\phi} = \text{Reactancia inductiva Ohm/km.}$$

Reemplazando valores en la Ecuación 28 de la Impedancia (Z), se obtiene:

$$Z = (1.117 \frac{\text{Ohm}}{\text{km}} * 0.9 + 0.4669 \text{ Ohm/km} * 0.43589)$$

$$Z = 1.2560 \text{ Ohm/km}$$

Reemplazando los valores en la Ecuación 29 del Factor de Caída de Tensión, se obtiene:

$$FCT = \sqrt{3} * Z$$

$$FCT = \sqrt{3} * (1.2565 \text{ Ohm/Km})$$

$$FCT: 2.1763 \text{ V/(A x km)}.$$

Se calcula la caída de tensión en el Punto P1 (punto de diseño), reemplazando los valores en la Ecuación 27, se obtiene:

$$\Delta V_1 = \sqrt{3} * Z * I_1 * L_1$$

$$\Delta V_1 = \sqrt{3} * 1.256 \frac{\text{Ohm}}{\text{km}} * 1.89 \text{ A} * 0.001 \text{ km}$$

$$\Delta V_1 = 0.004 V$$

Se calcula la Caída de tensión en Punto P2 (punto de Subestación), reemplazando los valores en la Ecuación 27, se obtiene:

$$\Delta V_2 = \sqrt{3} * Z * I_2 * L_2$$

$$\Delta V_2 = \sqrt{3} * 1.256 \frac{\text{Ohm}}{\text{km}} * 1.89 A * 1.184 \text{ km}$$

$$\Delta V_2 = 4.852 V$$

Se calcula el Porcentaje de Caída de Tensión en los puntos P1 y P2

Para el diseño, se ha asumido una caída de tensión ($\% \Delta V_1$) en el punto de diseño (punto P1) de 3%.

$$\% \Delta V_2 = (4.872 V * 100) / 22,900V = 0.0213 \%$$

Por lo que la sumatoria de la caída de tensión es:

$$3.0\% + 0.0213\% = 3.0213\%$$

A continuación, se muestra la Tabla 12, de los resultados obtenidos para el conductor eléctrico de 35mm² de sección:

Tabla 12:
Resultados obtenidos de cálculos realizados

Sección (mm ²)	DMG (m)	Re (m)	R a 75°C (Ohm/Km)	X3Ø (Ohm/Km)	SenØ	CosØ	FCT (V/(AxKm))
35	1.2710	0.0033	1.156	0.4669	0.43589	0.9	2.1296

Fuente: *Diseño Propio*

❖ Cálculo mecánico de los conductores

Para determinar los conductores eléctricos, se tiene en cuenta las siguientes hipótesis:

HIPOTESIS: (Según CNE Suministro – Zona A)

Hipótesis I: Condición de solo Viento

Temperatura = 10°C

Veloc. Viento = 26 m/s

Coef. Seguridad = 3

Hipótesis II: Condición de solo Hielo

Temperatura = 0°C

Veloc. Viento = 0 m/s

Grosor de hielo = No hay

Hipótesis II: Condición de Hielo y Viento

Temperatura = 5°C

Grosor de hielo = No hay

Veloc. Viento = 14 m/s

Calculos:

• Esfuerzo admisible en la hipótesis I (T1)

El esfuerzo admisible esta dado por la Ecuación 31:

$$T_i = \frac{Q}{S * CS}$$

Donde:

Q: Carga de rotura del conductor de Anexo 11 = 11,060 N.

S: Sección del Conductor = 35 mm².

C.S: Coeficiente de Seguridad = 3

Reemplazando Datos, Obtenemos:

$$T_1 = \frac{11,060 N}{35mm^2 * 3} = 105.33 N/mm^2$$

- **Carga unitaria resultante del conductor (P_r)**

De Hipótesis I, la carga unitaria resultante del conductor está dada por la Ecuación 33:

$$P_v = K * V^2 * S_f * D_{ext}$$

Reemplazando datos, se tiene:

$$P_{v1} = 0.613 * (26)^2 * (1) * (0.00757)$$

$$P_{v1} = 3.137 N/m$$

$S_f = 1$ factor de forma para superficies cilíndricas.

$K = 0.613$ Para elevación hasta 3,000 msnm

De Anexo 11, $P_C = 0.095 kg/m = 95 kg/km = 0.93195 N/m$

$$P_{r1} = \sqrt{P_C^2 + P_{V1}^2}$$

$$P_{r1} = 3.284 N/m$$

- **Cálculo del vano básico**

El vano básico, se calcula mediante la Ecuación 30.

$$V_B = \sqrt{\frac{(L_1^3 + L_2^3 + L_3^3 + \dots + L_n^3)}{(L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n)}}$$

$$V_B = 93.21 \text{ m}$$

- **Esfuerzos en las Hipótesis II y III:**

El esfuerzo admisible (T_2), según la Ecuación 33:

$$T_2^2 * \left[T_2 + E * \alpha * (t_2 - t_1) + \frac{E}{24} * \left(\frac{d * P_{r1}}{T_1 * S} \right)^2 - T_1 \right] = \frac{E}{24} * \left(\frac{d * P_{r2}}{S} \right)^2$$

Calculando:

Para la Hipótesis I:

$$T_1 = 105.33 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{r1} = 3.284 \text{ N/m}$$

Mediante la Ecuación 38, se calcula la flecha f_1

$$f_1 = \frac{P_{r1} d^2}{8 * T_1 * S}$$

$$f_1 = \frac{3.284 \text{ N/m} * (93.1 \text{ m})^2}{8 * 105.33 \text{ N/mm}^2 * 35 \text{ mm}^2}$$

$$f_1 = 0.965 \text{ m}$$

Para la Hipótesis II

$$P_{v2} = 0.00$$

Mediante la Ecuación 32, se calcula P_{r2} :

$$P_{r2} = \sqrt{P_C^2 + P_V^2}$$

$$P_{r2} = 0.932 \text{ N/m}$$

Mediante la Ecuación 35, se calcula el valor de R :

$$R = E * \alpha * (t_2 - t_1) + \frac{E}{24} \left(\frac{d * P_{r1}}{T_1 * S} \right)^2$$

$$E = \text{Coeficiente de elasticidad} = 57,000 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = \text{Coeficiente de dilatación} = 2.3 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$R = 57,000 \text{ N/mm}^2 * \frac{2.3 \times 10^{-5}}{^\circ\text{C}} * (0^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) + \frac{57,000 \text{ N/mm}^2}{24} * \left(\frac{93.1 \text{ m} * 3.284 \text{ N/mm}}{105.33 \text{ N/mm}^2 * 35 \text{ mm}^2} \right)^2$$

$$R = 3.225 \text{ N/mm}^2$$

Mediante la Ecuación 36, se calcula el valor de M :

$$M = T_1 - R$$

$$M = 105.33 (\text{N/mm}^2) - 3.225 (\text{N/mm}^2)$$

$$M = 102.105 \text{ N/mm}^2$$

Mediante la Ecuación 37, se calcula el valor de N :

$$N = \frac{E}{24} \left(\frac{d \cdot P_{r2}}{T_1 S} \right)^2$$

$$N = * \frac{57,000 \text{ N/mm}^2}{24} * \left(\frac{93.1 \text{ m} * 0.932 \text{ N/mm}}{35 \text{ mm}^2} \right)^2$$

$$N = 14,696.84 \text{ N}^3/\text{mm}^6$$

Reemplazando los valores, en la Ecuación 38, queda:

$$T_2^2 * [T_2 - M] = N$$

$$T_2^2 * [T_2 - 102.105] = 14,596.84$$

$$T_2 = 103.473 \text{ N/mm}^2$$

Mediante la Ecuación 39, se calcula la flecha f_2 :

$$f_1 = \frac{P_{r2} d^2}{8 * T_2 * S}$$

$$f_2 = \frac{0.932 \text{ N/m} * (93.1 \text{ m})^2}{8 * 103.473 \text{ N/m} * 35 \text{ mm}^2}$$

$$f_2 = 0.28 \text{ m}$$

Tabla 13:

Resultados de Hipótesis planteadas

VANOS		d (m)	44	69	93.1	119	144	
HIPOTESIS I t1 = 10 °C	Pv1 (N/m)		3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	
	Pr1 (N/m)		3.284	3.284	3.284	3.284	3.284	
	T1 (N/mm ²)		105.333	105.333	105.333	105.333	105.333	
	f1 (m)		0.216	0.530	0.965	1.577	2.309	
HIPOTESIS II t2 = 0 °C	Pv2 (N/m)		0	0	0	0	0	
	Pr2 (N/m)		0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	
	R		-9.462	-4.138	3.224	13.577	25.968	
	M		114.795	109.471	102.109	91.756	79.365	
	N		3260.354	8017.843	14596.840	23848.072	34920.812	
	T2 (N/mm ²)		115.041	110.132	103.473	94.431	84.281	
	f2 (m)		0.06	0.14	0.28	0.50	0.90	
HIPOTESIS III t3 = 5 °C	Pv3 (N/m)		0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	
	Pr3 (N/m)		1.305	1.305	1.305	1.305	1.305	
	R		-2.907	2.417	9.779	20.132	32.523	
	M		108.240	102.916	95.554	85.201	72.810	
	N		6392.25	15719.79	28618.57	46756.55	68465.776	
	T3 (N/mm ²)		108.780	104.359	98.504	90.864	82.797	
	f3 (m)		0.08	0.21	0.41	0.73	1.17	
	t3 = 20 °C	Pv3 (N/m)		0.913	0.913	0.913	0.913	0.913
		Pr3 (N/m)		1.305	1.305	1.305	1.305	1.305
R			16.758	22.082	29.444	39.797	52.188	
M			88.575	83.251	75.889	65.536	53.145	
N			6392.25	15719.79	28618.57	46756.55	68465.78	
T3 (N/mm ²)			89.375	85.406	80.325	74.061	67.966	
f3 (m)			0.10	0.26	0.50	0.89	1.42	
t3 = 30 °C	Pv3 (N/m)		0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	
	Pr3 (N/m)		1.305	1.305	1.305	1.305	1.305	
	R		29.868	35.192	42.554	52.907	65.298	
	M		75.465	70.141	62.779	52.426	40.035	
	N		6392.25	15719.79	28618.57	46756.55	68465.78	
	T3 (N/mm ²)		76.556	73.084	68.821	63.883	59.424	
	f3 (m)		0.12	0.30	0.59	1.03	1.63	

Fuente: Diseño Propio

❖ Cálculo mecánico de estructuras

- **Altura en donde esta aplicada la fuerza del viento (Z)**

Mediante la Ecuación 40, se obtiene:

$$Z = \left(\frac{h}{3}\right) * \left(\frac{D_e + 2 * D_v}{D_e + D_v}\right)$$

Donde:

H : Altura del poste (m).

h : Altura del poste expuesta al viento (m)

D_e : Diámetro del poste en el punto de empotramiento (m)

D_v : Diámetro del poste en la punta (m)

(h_t) : Altura de empotramiento

- **Se calcula la altura de empotramiento (h_t)**, mediante la Ecuación 41, se obtiene:

$$h_t = 0.1 * H + 0.3m$$

Asumimos un poste de 13m de altura (H=13m)

Reemplazando datos tenemos:

$$h_t = 0.1 * 13 + 0.3m$$

$$h_t = 1.60 m$$

- **Se calcula la altura del poste expuesta al viento (h)**

Mediante la ecuación 42, se obtiene:

$$h = H - h_t$$

$$h = 13.0m - 1.60m$$

$$h = 11.40m$$

- **Se calcula el diámetro del poste en el punto de empotramiento (D_e)**

Mediante la Ecuación 43, se obtiene:

$$D_e = D_b - \left(\frac{D_b - D_v}{D_e + D_v} \right) * h_t$$

$$D_e = 375mm - \left(\frac{375mm - 180mm}{11,400mm + 1,600mm} \right) * 1,600mm$$

$$D_e = 351mm$$

- **Se calcula la altura de aplicación de la fuerza del viento (Z).**

Mediante la Ecuación 40, se determina.

$$Z = \left(\frac{11,400mm}{3} \right) * \left(\frac{351mm + 2 * (180mm)}{351mm + 180mm} \right)$$

$$Z = 5.09m$$

- **Se calcula el área del poste expuesta al viento (A_{PV})**

Mediante la Ecuación 44, se obtiene:

$$A_{PV} = h * \left(\frac{D_e + D_v}{2} \right)$$

$$A_{PV} = 3.03m^2$$

- **Carga producida por el viento sobre el poste (F_{VP})**

Mediante la Ecuación 45, se obtiene:

$$F_{VP} = P_V * h * \left(\frac{D_e + D_v}{2} \right) = K * V^2 * S_f * h * \left(\frac{D_e + D_v}{2} \right)$$

$$F_{VP} = K * V^2 * S_f * A_{PV} = P_V * A_{PV}$$

- **Se calcula la presión debida al viento (P_V).**

Mediante la Ecuación 46, se determina:

$$P_V = K * V^2 * S_f$$

Dónde:

V : Velocidad del viento: 26 m/s

S_f : Factor de forma = 1 para cilindros

K : Constante de presión (Según C.N.E. – Suministro 2011)

K : 0,613 para las elevaciones hasta 3 000 m.s.n.m.

P_V : Carga en Newton

P_V : Carga en Kg (0,102 factor de Transf. de Newton a Kg)

$$P_V = 0.613 * (19.4 \text{ m/s})^2 * (1)$$

$$P_V = 414.38 \frac{N}{m^2}$$

- **Se calcula la carga producida por el viento en el poste (F_{VP}).**

Mediante la Ecuación 47, se obtiene:

$$F_{VP} = P_V * A_{PV}$$

$$F_{VP} = 414.38 \text{ N/m}^2 * 3.033 \text{ m}^2$$

$$F_{VP} = 1,255.57 \text{ N} = 127.99 \text{ Kg}$$

- A continuación se muestra un ejemplo de cálculo de las cargas de los conductores para un vano básico de 93.1 m y un ángulo de 10°.
- **Se calcula la Fuerza debido a los conductores sobre el poste (F_C).**

Mediante la Ecuación 48, se obtiene:

$$F_C = F_{VC} + T_C$$

- **Se calcula la tracción de conductores (T_C).**

Mediante la Ecuación 49, se obtiene:

$$T_C = 2 * \sigma * S * \text{sen}(\alpha/2)$$

σ : Esfuerzo máximo admisible = 105.33 N/mm².

S: Sección del conductor, en mm²

α : 10°

$$T_C = 2 * 105.33 \text{ N/mm}^2 * 35 \text{ mm}^2 * \text{sen}(\alpha/2)$$

$$T_C = 642.61 \text{ N} = 65.5 \text{ kg}$$

- **Fuerza debido a los conductores sobre el poste (F_C)**

$$F_C = F_{VC} + T_C$$

Mediante la Ecuación 50, se obtiene:

$$F_{VC} = P_v * L * \frac{\Phi_{ext}}{1,000} * \text{Cos}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Donde:

P_v : Presión del viento (kg/m²)

L : Vano básico del proyecto (m)

ϕ_{ext} : Diámetro del conductor (m)

α : Ángulo de la línea (°) = 10°

Luego:

Reemplazando los valores en la Ecuación, se obtiene:

$$F_{VC} = 414.38 \frac{N}{m^2} * 93.1m * 0.0076m * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$F_{VC} = 292.08 N = 29.77 kg$$

- Entonces:

Reemplazando los valores en la Ecuación, se obtiene:

$$F_C = F_{VC} + T_C$$

$$F_C = 292.08 N + 642.6 N$$

$$F_C = 934.6 N = 95.27 kg$$

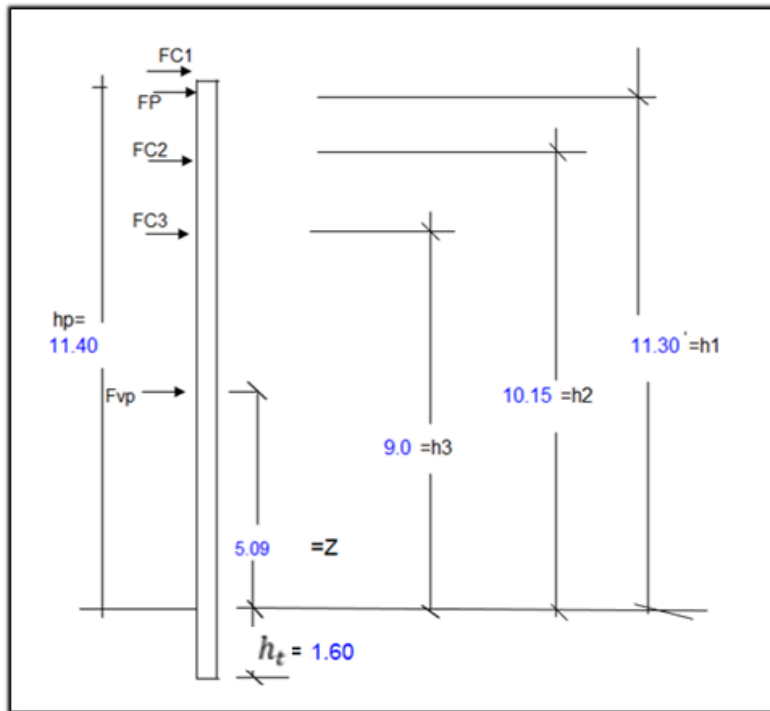


Figura 10: Cálculo mecánico de estructuras – diagrama de distribución de fuerzas.

Fuente: Diseño propio

Tabla 14:

Calculo mecánico de estructuras, con conductor de aleación de aluminio AAAC 35 mm²

A			CONDUCTORES SUPERIORES A.T.				RESULTADOS	
	Tc	Fvc	FC	FC3*h3	FC2*h2	FC1*h1	Mt	Fp
°				M3	M2	M1		(KG)
0	0.00	29.91	29.91	269.16	303.55	337.95	1,561.60	136.98
5	32.78	29.88	62.66	563.96	636.02	708.08	2,559.00	224.47
10	65.51	29.79	95.30	857.69	967.28	1,076.87	3,552.77	311.65
15	98.10	29.65	127.75	1,149.78	1,296.69	1,443.61	4,541.02	398.33
20	130.51	29.45	159.96	1,439.68	1,623.64	1,807.60	5,521.86	484.37
25	162.67	29.20	191.87	1,726.85	1,947.50	2,168.15	6,493.43	569.60
30	194.53	28.89	223.41	2,010.72	2,267.65	2,524.57	7,453.88	653.85
37	238.48	28.36	266.84	2,401.60	2,708.47	3,015.34	8,776.34	769.85
40	257.06	28.10	285.16	2,566.46	2,894.40	3,222.33	9,334.12	818.78
45	287.62	27.63	315.25	2,837.26	3,199.80	3,562.34	10,250.34	899.15
50	317.64	27.10	344.74	3,102.66	3,499.12	3,895.57	11,148.28	977.92
55	347.05	26.53	373.57	3,362.16	3,791.77	4,221.38	12,026.24	1,054.93
60	375.80	25.90	401.70	3,615.26	4,077.21	4,539.15	12,882.55	1,130.05
65	403.83	25.22	429.05	3,861.47	4,354.88	4,848.29	13,715.57	1,203.12
70	431.09	24.50	455.59	4,100.33	4,624.26	5,148.20	14,523.73	1,274.01
75	457.54	23.73	481.27	4,331.39	4,884.85	5,438.30	15,305.47	1,342.59
80	483.11	22.91	506.02	4,554.20	5,136.13	5,718.06	16,059.32	1,408.71
85	507.77	22.05	529.82	4,768.35	5,377.64	5,986.93	16,783.84	1,472.27
90	531.45	21.15	552.60	4,973.42	5,608.91	6,244.40	17,477.65	1,533.13
180	751.59	0.00	751.59	6,764.31	7,628.64	8,492.97	23,536.85	2,064.64

Fuente: *Diseño Propio*

❖ Cálculo de retenidas

El cable de retenida tiene las siguientes características

- Material : Acero galvanizado
- Número de hilos : 7
- Diámetro del conductor (mm) : 10 mm (3/8"Ø)
- Carga de rotura (kg) : 4,900 kg
- Factor de seguridad : 2

Se determina mediante la Ecuación 50 y Figura 12:

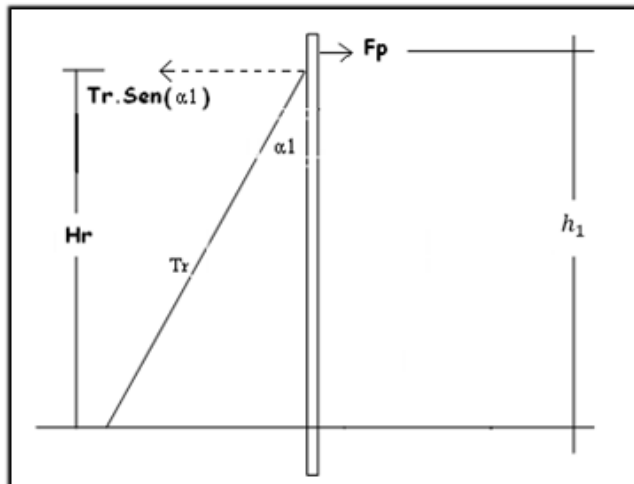


Figura 11: Diagrama de tendido de retenida inclinada

Fuente: Diseño Propio

$$\sum M = 0 \text{ (Condición de equilibrio)}$$

Mediante la Ecuación 51. Se determina:

$$T_r * \text{sen} \alpha * H_r = F_p * h_1 \text{ (Condición de equilibrio)}$$

Donde:

T: Tiro de trabajo de la retenida.

α : ángulo entre retenida y poste = 37°

H_r : Altura donde se aplica el tiro de retenida = 11.10 m

F_p : Fuerza en la punta según Tablas 14 y 15

h_e : Fuerza a la que esta aplicada la fuerza en la punta = 11.30m.

Se toma como ejemplo el cálculo para una fuerza en la punta con un ángulo de 25° .

Para un ángulo de 25° , se tiene:

$$F_p = 569.60 \text{ kg}$$

Mediante la Ecuación 52, se determina

$$T_r = \frac{F_p * h_1}{\text{sen}\alpha * H_r}$$

Entonces resolviendo la ecuación tenemos:

$$T_r = \frac{569.6 \text{ kg} * 11.30 \text{ m}}{\text{sen } 37^\circ * 11.10 \text{ m}}$$

$$T_r = 963.52 \text{ kg}$$

El tiro de trabajo de la retenida que se necesita es 963.52 kg. Entonces para este tipo de ángulo de 25° se seleccionará una retenida del tipo de trabajo simple de las siguientes características:

Material : Acero galvanizado grado H.S
 Diámetro : 10 mm de Ø
 Número de hilos : 7
 Carga mínima a la rotura : 4,900 kg.
 Coeficiente de seguridad : 2

Como vemos la carga de rotura mínima de la retenida es de 4,900 kg, con lo que se garantiza un coeficiente de seguridad mayor a 2, como se demuestra a continuación.

Mediante la Ecuación 53, se obtiene:

$$C.S = \frac{963.52 \text{ kg} * 2}{4,900 \text{ kg}} > 2$$

En la Tabla 15, se muestran los valores obtenidos para distintos ángulos. Estos valores nos ayudan a definir las estructuras que necesitan retenidas.

Tabla 15:*Cálculo mecánico de estructuras**Conductor de aleación de aluminio 35 mm², vano básico**93.1 m.*

α °	RETENIDAS				
	Fp (KG)	ANGULO TRAC. RET.(KG) (T _r)	37 FS	TIRO. ROT. ACERO TRACCION CONF S	4900KG N° RETENDA
0	136.98	231.72	2	463.43	NO
5	224.47	379.71	2	759.43	NO
10	311.65	527.17	2	1054.35	NO
15	398.33	673.81	2	1347.63	NO
20	484.37	819.36	2	1638.71	1
25	569.60	963.52	2	1927.04	1
30	653.85	1,106.04	2	2212.07	1
37	769.85	1,302.27	2	2604.54	1
40	818.78	1,385.04	2	2770.07	1
45	899.15	1,520.99	2	3041.98	1
50	977.92	1,654.23	2	3308.46	1
55	1,054.93	1,784.50	2	3569.01	1
60	1,130.05	1,911.57	2	3823.13	1
65	1,203.12	2,035.17	2	4070.35	1
70	1,274.01	2,155.09	2	4310.18	1
75	1,342.59	2,271.09	2	4542.18	1
80	1,408.71	2,382.95	2	4765.90	1
85	1,472.27	2,490.46	2	4980.91	2
90	1,533.13	2,593.41	2	5186.81	2

Fuente: *Diseño Propio*

Tabla 16:

Planilla de metrados de Red de Media Tensión (parte 1)

ESTRUCTURA		POSTE C.A.C		RETENIDA		PUESTA A TIERRA		TUBO FoGo 4" Ø x 6.4m	CONDUCTOR DE ALUMINIO AAAC (35 mm ²)	ARMADO						
		13/300	13/400	INCLINADA	VERTICAL	VARILLA	ESPIRAL			PD	PMI	PRT	PS1-3	PR2T	SAM-01	
PD	P1								30	1						
P1	P2		1	1		2		2	95		1					
P2	P3	1					1		95				1			
P3	P4	1					1		95				1			
P4	P5		1	2		1			95.8					1		
P5	P6	1					1		96				1			
P6	P7	1					1		96				1			
P7	P8	1					1		96				1			
P8	P9		1	2		1			96			1				
P9	P10	1					1		96				1			
P10	P11	1					1		96				1			
P11	P12		1	1		1			85					1		
P12	P13	1					1		85				1			
P13			1	1		2		2							1	
TOTAL PARCIAL		8	5	7	0	7	8	4	1156.8	1	1	1	8	2	1	
X 3 LINEAS											3470.4					
5%											173.52					
TOTAL		8	5	7	0	7	8	4	3643.92	1	1	1	8	2	1	

Fuente: *Diseño propio*

Tabla 17:

Planilla de metrados de Red de Media Tensión (parte2)

ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PD	PMI	PRT	PS1-3	PR2T	SAB-01	SIMPLE	VERTICAL	VARILLA	ESPIRAL
				1	1	1	8	2	1	7	0	7	8
1	SUMINISTRO DE MATERIALES												
1.01	ACCESORIOS DE POSTES Y CRUCETAS												
1.01.01	POSTE DE C.A.C P/AT 13/300/165/360	Unid	8.00										
1.01.02	POSTE DE C.A.C P/AT 13/400/155/360	Unid	5.00										
1.01.03	CRUCETA DE CAV TIPO SIMETRICA PARTIDA DE 1.50M	Unid	1.00	1									
1.01.04	CRUCETA DE CAV TIPO ASIMETRICA DE 1.50M	Unid	1.00		1								
1.01.05	CRUCETA DE CAV TIPO SIMETRICA DE 1.5 M	Unid	13.00			1	1	2					
1.01.06	MEDIA LOZA CAV 1.10M/750 (SOPORTE DE TRANSFORMADOR)	Unid	2.00		1				1				
1.01.07	MEDIA PALOMILLA DE CAV 1.10 /100	Unid	1.00						1				
1.01.08	PERNO Fo.Go. MAQUINADO 16MM x 254 MM C/TUERCA, CONTRATUERCA	Unid	6.00			2		2					
1.01.09	PERNO FoGo MAQUINADO 16MM x 406 MM C/TUERCA, CONTRATUERCA	Unid	18.00	1	3	1	1	1	3				
1.01.10	ARANDELA CUADRADA PLANA DE AoGo DE 57x57x5 MM	Unid	52.00	4	4	4	2	8	8				
1.01.11	PLANCHA DOBLADA DE COBRE TIPO "J"	Unid	62.00	3	7	4	3	8	8				
1.01.12	CONECTOR Cu TIPO SPLIT BOLD	Unid	38.00	2	3	3	2	5	4				
1.01.13	PERILLA DE CONCRETO	Unid	13.00		1	1	1	1	1				
1.02	AISLADORES POLIMERICOS TIPO PIN Y ACCESORIOS												
1.02.01	AISLADOR POLIMERICO TIPO PIN 27KV LF = 750 MM (INC ACCESORIOS DE FIJACION)	Unid	37.00	1		1	3	4	3				
1.02.02	VARILLA DE ARMAR DE AI AI P/CONDUCTOR 35MM2	Unid	37.00	1		1	3	4	3				
1.02.03	ALAMBRE DE AMARRE AI PARA CONDUCTOR 35 MM2	M	37.00	1		1	3	4	3				

ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PD	PMI	PRT	PS1-3	PR2T	SAB-01	SIMPLE	VERTICAL	VARILLA	ESPIRAL
1.02.04	ESPIGA RECTA PARA AISLADOR POLIMERICO TIPO PIN PARA CRUCETA	Unid	26.00	1			2	3	3				
1.02.05	ESPIGA PUNTA DE POSTE	Unid	12.00			1	1	1	1				
1.03	AISLADORES POLIMERICOS TIPO SUSPENSION Y ACCESORIOS			-									
1.03.01	AISLADOR POLIMERICO TIPO SUSPENSION 27 KV LF=750 MM (INC ACCESORIOS DE FIJACION)	Unid	27.00	3	3	6		6	3				
1.03.02	GRAPA TIPO PISTOLA ALEACION ALUMINIO 2 PERNOS 16-70 MM2	Unid	27.00	3	3	6		6	3				
1.03.03	CINTA DE ARMAR DE AL- AL P/ CONDUCTOR 35 MM2	Unid	32.40	3.6	3.6	7.2		7.2	3.6				
1.03.04	PERNO OJO DE AoGo 16MM diam x 254 MM LONG INC TUERCA Y CONTRATUERCA	Unid	10.00		1	1		4					
1.03.05	PERNO OJO DE AoGo 16MM diam x 305MM LONG INC TUERCA Y CONTRATUERCA	Unid	14.00	3	2	2		2	3				
1.03.06	ARANDELA CUADRADA CURVA DE AoGo DE 57x 57 X5mm	Unid	76.00	6	8	6	2	14	12				
1.03.07	GRILLETE LIRA	Unid	27.00	3	3	6		6	3				
1.03.08	TUERCA OJO DE AoGo 16 MM diam.	Unid	6.00		3	3							
1.04	CONDUCTORES Y CABLES			-									
1.04.01	CONDUCTOR DE Cu, DESNUDO , 7 HILOS 25 MM 2, TEMPLE DURO	M	33.00		24				9				
1.04.02	CONECTOR CUÑA TIPO AMPAC PARA 50/35MM2	Unid	6.00	6									
1.04.03	CONECTOR CUÑA TIPO AMPAC PARA 35/35MM2 AL/AL	Unid	36.00			6		12	6				
1.04.04	CONECTOR CUÑA TIPO AMPAC PARA 35/25 MM2 AL/CU	Unid	12.00		12								
1.05	PUESTAS A TIERRA TIPO VARILLA												
1.05.01	VARILLA COOPERWELD 15 mm DIAM x 2,40m	Unid	7.00									1	
1.05.02	CONECTOR DE BRONCE TIPO AB P/VARILLA COOPERWELD	Unid	7.00									1	
1.05.03	CONECTOR DOBLE VIA DE Cu, P/CONDUCTOR 35MM2 C/DOBLE PERNO	Unid	7.00									1	

ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PD	PMI	PRT	PS1-3	PR2T	SAB-01	SIMPLE	VERTICAL	VARILLA	ESPIRAL
1.05.04	BENTONITA (SACO 35KG)	Sac	14.00									2	
1.05.05	TIERRA CERNIDA AGRICOLA	M3	7.00									1	
1.05.06	CAJAS DE CONCRETO ARMADO P/PUESTA A TIERRA CIRCULAR C/LOGO	Unid	7.00									1	
1.05.07	TUBO 20 mm PVC SEL P/CIRCUITO DE FUERZA TCTE	MI	7.00									1	
1.05.08	CONECTOR Cu TIPO SPLIT BOLD	Unid	7.00									1	
1.05.09	CONDUCTOR DE CU, DESNUDO, 7 HILOS ,25mm2, TEMPLE BLANDO	M	166.00	4	8	5	3.5	7	16			13	
1.06	PUESTAS A TIERRA TIPO ESPIRAL		-										
1.06.01	CONECTOR Cu TIPO SPLIT BOLD	Und	8.00										1
1.06.02	CONDUCTOR DE CU, DESNUDO, 7 HILOS ,25mm2, TEMPLE BLANDO	M	160.00										20
1.07	RETENIDAS Y ANCLAJES		-										
1.07.01	PERNO ANGULAR DE AoGo 16mm diam x 254mm DE LONGITUD INC TUERCAY CONTRATUERCA	Unid	7.00							1	1		
1.07.02	CABLE AoGo DE 10mm DIAM. 7 HILOS	M	84.00							12	12		
1.07.03	MORDAZA PREFORMADA PARA CABLE DE 3/8", 7 H	Unid	28.00							4	4		
1.07.04	VARILLA DE ANCLAJE CON GUARDACABO AoGo 5/8" DIAM x 2.40 m	Unid	7.00							1	1		
1.07.05	ARANDELA CUADRADA DE AoGo DE 102x102 x 6.35 mm HUECO 18 mm DIAM	Unid	7.00							1	1		
1.07.06	BLOQUE DE CONCRETO ARMADO DE 0.50 x 0.50 x 0.20 M	Unid	7.00							1	1		
1.07.07	CANALETA GUARDACABLE AoFo PARA CABLE DE 3/8" RETENIDA MT	Unid	7.00							1	1		
1.07.08	ARANDELA CUADRADA CURVA DE AoGo DE 57x57 x5mm	Unid	14.00							2	2		
1.07.09	GRAPA ANGULAR TIPO MANITO	Unid	3.00						3				
1.07.10	AISLADOR POLIMERICO TIPO SUSPENSION 27 KV LF=750 MM (INC ACCESORIOS DE FIJACION)	Und	7.00							1	1		
1.07.11	CONTRAPUNTA DE F°G° DE 1.0 MM	Unid	-									1	

ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PD	PMI	PRT	PS1-3	PR2T	SAB-01	SIMPLE	VERTICAL	VARILLA	ESPIRAL
1.08	TRANSFORMADORES Y EQUIPOS DE PROTECCION		-										
1.08.01	TRANSFORMADOR POTENCIA 75 KVA, TRIFASICO, 22.9/0.44-0.23 KV, MONT EXT VER ESP TEC.	Unid	1.00						1				
1.08.02	TRAFOMIX 10 -22.9/0.22 KV 3.5-10/5A CLAE 0.2S	Unid	1.00		1								
1.08.03	SECCIONADOR TIPO CUT OUT 27 KV, 100AMP, 125 KV BILL 10 KA	Unid	6.00		3				3				
1.08.04	FUSIBLE DE EXPULSION TIPO "K" 27 KV 10 KA DE 6ª	Unid	6.00		3				3				
1.08.05	PARARAYO PORCELANA 24KV , TIPO AUTOVALVULA OXIDO METALICO	Unid	6.00		3				3				
1.08.06	CINTA BAND-IT Aº INOXIDABLE 3/4" x 30.5m x 0.76 MM	ROL	14.00		7				7				
1.08.07	HEBILLA Aº INOXIDABLE PARA FLEJE 3/4"	Unid	14.00		7				7				
1.08.08	TUBO DE FºGº DE 4"	Unid	2.00		1				1				
1.08.09	PLATINA PARA SUJECION DE TRANSFORMADOR Y/O TRAFORMIX	Unid	8.00		4				4				
1.09	TABLERO DE MEDICION Y DISTRIBUCIÓN		-										
1.09.01	TABLERO DE MEDICION MEDIA TENSION C/MEDIDOR ELECTRONICO AIRQL PLUS+	Unid	1.00		1								

Fuente: Diseño Propio

3.2 Plan de mantenimiento de estación de bombeo

El plan de mantenimiento para la caseta de bombeo se divide en 3 tipos de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

3.2.1 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo de un sistema de bombeo de agua está basado en el monitoreo, registro y análisis del comportamiento de las principales variables de operación del equipo y de las instalaciones, con la finalidad de verificar que su funcionamiento sea el correcto, y en caso de que se presente una desviación de las condiciones de operación normales, se programen las actividades correctivas correspondientes al equipo o componente.

3.2.1.1 Mantenimiento predictivo al transformador

- El mantenimiento predictivo es el que se realiza partiendo del seguimiento de determinadas variables, y su propósito es anticiparse a las posibles fallas. Algunas de las pruebas rutinarias a las que se deben someter los transformadores son:
- Prueba de aislamiento del núcleo, prueba de factor de potencia
- Estudio de termografía
- Prueba de relación de transformación
- Análisis de aceite aislante del transformador
- Resistencia óhmica de devanados
- Prueba de resistencia de aislamiento

Fuente:

<http://www.diarioeldia.cl/opinion/columnas/mantenimiento-transformadores-electricos-todo-que-debe-saber>

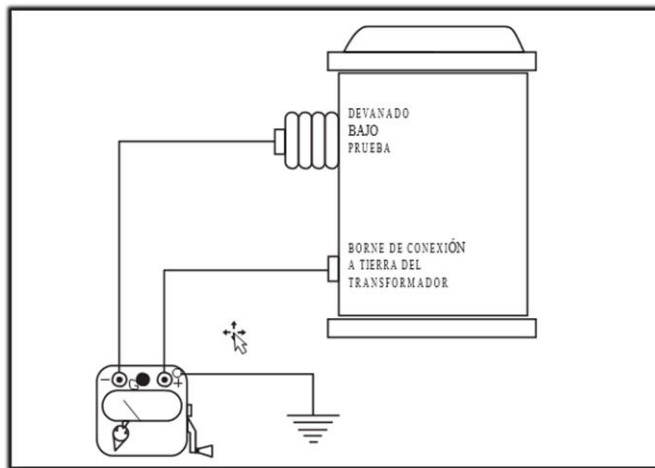


Figura17: Medición de la resistencia de aislamiento de transformador

Fuente: Washington, d.c.2011, Manual de mantenimiento - evaluación para sistemas de bombeo de agua, Primera Edición – Banco Interamericano de Desarrollo BID.

3.2.1.2 Mantenimiento predictivo a centro de control del motor

- **Inspección del equipo**

Se debe revisar que el gabinete del control a motores se encuentre en buenas condiciones, en lo que atañe a su pintura, acabado y ensamble. La inspección incluye lo siguiente:

- Revisar el funcionamiento de las lámparas indicadoras.
- Revisar que los equipos de medición den lecturas correctas.
- Tocar con la palma de la mano las puertas o costados de los gabinetes y superficies de frente muerto sobre todos los interruptores y desconectores; cualquier calentamiento que la mano detecte puede indicar un problema serio que se deberá identificar y eliminar.

- **Análisis termográfico del control del motor**

El análisis termográfico consiste en hacer una radiografía del espectro infrarrojo en el control de motor; así, se notarán con distinto color las diferentes temperaturas, y se indicarán los componentes dañados o conectores sueltos o mal apretados. El análisis debe efectuarse al menos en los siguientes puntos:

- Entrada al interruptor.
- Salida del arrancador.
- Salida del interruptor.
- Entrada al arrancador
- Contactores y cualquier unión; la presencia de calentamiento anormal indica conexiones flojas.

***Fuente:** Washington, d.c.2011, Manual de mantenimiento - evaluación para sistemas de bombeo de agua, Primera Edición – Banco Interamericano de Desarrollo BID.*

3.2.1.3 Mantenimiento predictivo a la red de tierra física

- **Resistencia eléctrica en la red de tierra física**

La medición de la resistencia eléctrica en la red de tierra física se debe hacer al menos una vez al año, aunque lo recomendable es efectuarla cada seis meses.

Antes de realizar las mediciones se debe revisar que en el pozo a tierra haya un conductor y una varilla de tierra, y que ambos se encuentren unidos.

La medición en el sistema de tierra brinda un parámetro para asegurarse que siempre se tenga un bajo valor de resistencia eléctrica, lo cual facilita el paso de la corriente en caso de falla por descargas atmosféricas y contactos accidentales de conductores vivos con la carcasa del equipo; de esta manera, se protege al personal.

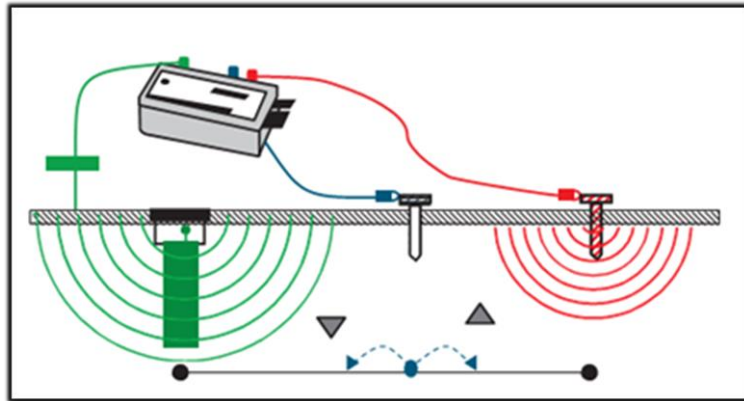


Figura 18: Medición de la resistencia eléctrica a tierra
Fuente: Washington, d.c.2011, Manual de mantenimiento - evaluación para sistemas de bombeo de agua, Primera Edición – Banco Interamericano de Desarrollo BID.

- **Pruebas de continuidad en la red de tierra física**

En el sistema de tierra se debe revisar:

- Que exista continuidad entre el conductor y el equipo.

Se recomienda hacer pruebas de la red de tierra física anualmente; si el valor de la medición es superior a 5 Ohms, habrá que tratar con un producto intensificador para bajar la resistencia eléctrica, mejorar la “resistividad” de los terrenos y estabilizar la resistencia total de los electrodos.

3.2.1.4 Mantenimiento predictivo al motor

- **Medición y análisis de parámetros eléctricos**

Realizar continuamente mediciones en el motor permite detectar problemas que pueden ser corregidos fácilmente, entre los que cabe destacar:

- Voltaje distinto al de diseño del motor.
- Desbalance de voltaje.
- Desbalance de corriente.
- Bajo factor de potencia.

En el monitoreo de estos parámetros se deben considerar las siguientes precauciones:

- Mantener las distancias mínimas de seguridad con las partes energizadas o en movimiento.
- Utilizar ropa y equipo de seguridad adecuados a las tensiones suministradas.

- **Pruebas de resistencia del bobinado**

La medición de la resistencia de las bobinas tiene como principal objetivo detectar fallas. Se recomienda:

- Conectar las terminales de prueba al motor para medir la resistencia del bobinado con respecto a tierra; se hace la medición de cada fase a tierra.
- Realizar las mediciones una vez al año.
- Tomar las medidas de seguridad adecuadas.
- Medir la resistencia de los devanados del motor, entre cada par de terminales del estator.

- Medir la temperatura a la que se hizo la medición.
- Mantener la conexión de la carcasa a tierra.

- **Análisis termográfico en el motor**

La medición se puede efectuar con una cámara termográfica o con un termómetro infrarrojo. Se debe medir:

- ✓ **Carcasa.**

La temperatura excesiva implica en todos los casos un problema, como sobrecarga o daño a los devanados.

- ✓ **Rodamientos.**

Al igual que en el caso de la carcasa, las temperaturas elevadas implican un problema, como lubricación inadecuada, fricción y sobrecarga.

3.2.1.5 Mantenimiento predictivo de la bomba

- **Medición de presión y gasto**

Se recomienda medir la presión y el gasto mensualmente, así como también calcular la carga de bombeo. Si el gasto y la carga de bombeo varían un 10% respecto de los del diseño en la bomba, hay que tomar medidas correctivas.

- **Revisión del prensaestopa**

La finalidad de un prensaestopa es eliminar fugas de líquido en la bomba e impedir la entrada de aire a los espacios de

aspiración. Al efectuar su revisión, se debe buscar que no haya fugas de líquido o que estas sean mínimas. Si se trata de sellos mecánicos, no debe existir fuga, excepto por un breve período. Cuando se emplean prensaestopas, normalmente se presentará una pequeña fuga.

Fuente: *Washington, d.c.2011, Manual de mantenimiento - evaluación para sistemas de bombeo de agua, Primera Edición – Banco Interamericano de Desarrollo BID.*

3.2.1.6 Mantenimiento predictivo al tren de descarga

- **Medición y análisis de vibraciones mecánicas en el tren de descarga**

Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son: aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral. Al igual que en el caso del motor y de la bomba, los parámetros que se miden son:

- Frecuencia.
- Desplazamiento.
- Velocidad y aceleración.
- Dirección.

Estas mediciones se deben realizar anualmente, con un medidor de vibraciones mecánicas portátil. Las vibraciones fuera de lo normal pueden indicar:

- Tubería floja.
- Cavitación en válvulas.
- Transmisión de la vibración de la bomba.

3.2.1.7 Mantenimiento predictivo de válvulas

- **Inspección visual de válvulas**

Se recomienda inspeccionar visualmente las juntas, conexiones y áreas de empaquetaduras o sellos, con la finalidad de detectar fugas.

3.2.1.8 Mantenimiento predictivo del canal de agua

El mantenimiento predictivo de un pozo consiste en la ejecución periódica de dos actividades:

- ✓ **Medición de niveles.**

Se deben medir mensualmente los niveles estático y dinámico del canal de agua.

3.2.2 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo de una instalación de bombeo es el tipo de mantenimiento programado, que se lleva a cabo con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas. Dentro de las principales actividades que se practican como parte de este tipo de mantenimiento preventivo se cuentan:

- Inspección al equipo.
- Limpieza.
- Lubricación.
- Sustitución de componentes.

3.2.2.1 Mantenimiento preventivo al transformador

El mantenimiento que se realiza para prevenir con más eficacia las fallas en los transformadores es el conocido como mantenimiento preventivo. Un análisis periódico del aislamiento que otorga información relativa al estado del aceite y permite detectar las posibles causas de fallo en el equipo.

- **Limpieza del área**

Semanalmente se debe realizar una limpieza perimetral del área del transformador o de la subestación, retirando hojarasca, polvo y agentes que pudieran interferir con el funcionamiento correcto del transformador y/o de los equipos.

- **Purificado y filtrado del aceite dieléctrico**

El purificado y el filtrado del aceite del transformador también son fundamentales; estas tareas consisten en realizar pertinentemente el mantenimiento preventivo y dar vida útil al equipo, eliminar contaminantes en el aceite, y comprobar el cambio de coloración para determinar la contaminación del aceite.

- **Ventilación**

El transformador debe estar en un lugar bien ventilado. En caso de que se encuentre en un ambiente interior, hay que asegurarse de que tenga una buena ventilación para evitar calentamientos excesivos, lo que acorta su vida útil y reduce su eficiencia de transformación.

3.2.2.2 Mantenimiento preventivo de la bomba

- **Cambio de prensaestopas**

Como ya se explicó, la finalidad de un prensaestopa es eliminar fugas de líquidos en la bomba e impedir la entrada de aire a los espacios de aspiración. En su revisión se debe buscar que no se presenten fugas de líquido, así como también que no entre aire a la succión de la bomba.

La empaquetadura del prensaestopa debe cambiarse periódicamente. La frecuencia del cambio dependerá del número de horas de operación de la bomba, así como también de la calidad de los materiales. Si la bomba funciona de manera permanente, la empaquetadura debe ser reemplazada con una frecuencia de tres a seis meses.

- **Lubricación de chumaceras y portachumaceras (cojinetes)**

La frecuencia de la lubricación dependerá de las condiciones y del ambiente en que se encuentre funcionando el equipo. Como guía general se deben realizar las siguientes actividades:

- Cambiar los lubricantes cuando presenten variaciones de color o contaminación por partículas de polvo, agua o partículas metálicas, o descomposición por altas temperaturas y humedad.
- Agregar una pequeña cantidad de grasa cada 400 horas de funcionamiento.

3.2.2.3 Mantenimiento preventivo al tren de descarga

- **Revisión de la tubería de descarga**

Las fallas de sellos y cojinetes de la tubería pueden ser causadas por la instalación, la deformación térmica, el diseño del sello, la selección, las variaciones dimensionales y la carga en las boquillas. Conviene revisar si existen soportes o anclas mal instaladas, así como también la instalación de la tubería, debido a que pueden presentar cargas que dañen los cojinetes y sellos.

- **Limpieza y pintura**

Es menester realizar un mantenimiento anual al tren de descarga.

- Colocar el anticorrosivo, dejar secar y después pintar con la pintura secundaria.
- Limpiar la suciedad semanalmente para evitar que se acumule polvo y que esto provoque humedad, y con ello la aparición de corrosión.

- **Cambios de empaquetaduras**

Los cambios de empaquetaduras entre los acoplamientos de bridas, válvulas, medidores, válvulas de retención, sostenedoras de presión y válvulas de control deben efectuarse por lo menos una vez al año. Su inspección debe ser mensual y se debe hacer un reporte de las posibles fugas y cambios a realizar- se, para así evitar gastos innecesarios por paros o reparaciones inmediatas.

3.2.2.4 Mantenimiento preventivo de válvulas

Las válvulas son las principales protecciones en los trenes de descarga: con sus aplicaciones se evitan derrames innecesarios y/o reparaciones provocados por rompimiento de las tuberías de la red. Se recomienda inspeccionarlas semanalmente en busca de fugas o anomalías.

Una válvula no debe permanecer inmovilizada por períodos muy largos, debido a la acumulación de sedimentos. Si es posible, debe ser accionada a intervalos regulares para asegurar una operación correcta y continua.

- **Sustitución de empaques en válvulas de desfogue y válvula general**

La frecuencia de cambio de empaquetadura se dejará a criterio del usuario, basándose en sus experiencias pasadas con el equipo. Como guía, se recomienda cambiarla anualmente.

3.2.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el tipo de mantenimiento que se lleva a cabo con el fin de corregir fallas en el equipo. Este puede ser:

- **Planificado.** Cuando se sabe con antelación qué es lo que se debe reparar, y por lo tanto se tienen todos los elementos a la mano al momento de ejecutarlo.
- **No planificado.** Es el que se ejecuta cuando se presenta una falla que inhabilita un equipo esencial. Se le conoce también como mantenimiento de emergencia. Con frecuencia, este tipo de

mantenimiento se efectúa en condiciones de emergencia y con el único objetivo de restablecer el servicio que se dejó de brindar a causa de la falla.

Fuente: *Manual de mantenimiento - evaluación para sistemas de bombeo de agua manual de mantenimiento, primera edición washington, d.c.2011*

3.2.3.1 Mantenimiento correctivo al transformador

Este tipo de mantenimiento es el que siempre se busca evitar, es el llamado mantenimiento correctivo, cuyo objetivo es reparar los fallos y mal funcionamiento del transformador. Durante el tiempo de mantenimiento correctivo el transformador queda inactivo y podría ser sometido a cambios de bobinas, empaques aceite dieléctrico, repotenciación y reemplazo de instrumentos y accesorios.

Fuente:

<http://www.diarioeldia.cl/opinion/columnas/mantenimiento-transformadores-electricos-todo-que-debe-saber>

3.2.3.2 Mantenimiento correctivo a motores

- **Sustitución del motor**

La sustitución de un motor eléctrico es recomendable en cualquiera de los siguientes casos:

- Cuando el motor trabaja más de 4.000 horas/año, es de eficiencia estándar y esta última se ha depreciado por antigüedad y/o rebobinados en 3 o más puntos porcentuales.

En este caso hay que sustituirlo por un motor de alta eficiencia.

- Cuando el motor tiene más de cinco años de operación, trabaja más de 3.000 horas/año, es de eficiencia estándar y se ha quemado por algún problema. En este caso, en lugar de repararlo hay que reemplazarlo por un motor nuevo de alta eficiencia.

- **Reparación del motor**

La reparación del motor va a aplicar en cualquiera de los siguientes casos:

- **Cambio de rodamientos.** Cuando el rodamiento presenta algún desgaste debe ser sustituido. Al momento de efectuar la sustitución, tomar en consideración que un rodamiento no debe tocarse con las manos, ya que el ácido de la piel lo dañaría.
- **Rebobinado.** Si las pruebas a la bobina arrojan resultados desfavorables o existen desbalances importantes de corriente es necesario rebobinar el motor. Si el motor ha sido rebobinado más de dos veces, es mejor sustituirlo.

Fuente: *Washington, d.c.2011, Manual de mantenimiento - evaluación para sistemas de bombeo de agua, Primera Edición – Banco Interamericano de Desarrollo BID.*

Tabla 18:

Plan de Mantenimiento de estación de bombeo

Subsistema	Equipo	acción recomendada	Frecuencia de mantenimiento			
			diario	semanal	mensual	Anual
Eléctrico	Transformadores	Limpieza del equipo.			X	
		Reajuste de tornillería en boquillas y terminales mecánicas.			X	
		Purificado y filtrado de aceite dieléctrico,				X
		Medición y análisis de parámetros eléctricos.			X	
		Análisis fisicoquímico del aceite.				X
		Pruebas de relación de transformación (ttr).				X
		Pruebas eléctricas (megóhmetro).				X
		Análisis termográfico.				X
	motores eléctricos	Limpieza de embobinado con solvente dieléctrico.				X
		Lubricación de rodamientos.			X	
		Ajustes de tapas.				X
		Lijado y pintura de carcasa.				X
		Medición y análisis de parámetros eléctricos.				X
		Pruebas al aislamiento.				X
Análisis termográfico.				X		
Mecánico	Bombas	Lubricación de chumaceras y portachumaceras.			X	
		Cambio de chumaceras.				
		Medición y análisis de vibraciones mecánicas.				X
		Medición y análisis de presión de descarga y carga de bombeo.			X	
		Medición y análisis del caudal.			X	
		Revisión del prensaestopa.	X			
	tren de descarga	Limpieza y revisión del tren de descarga.		X		
		Cambio de empaques rotos entre el acoplamiento de bridas, válvulas, medidores y válvulas de retención sostenedoras de presiones.			X	
		Inspección del funcionamiento y calibración de los macromedidores.				X
		Inspección del equipo de cloración.	X			
		Limpieza de solenoide y válvulas de expulsión de aire.			X	
		Medición y análisis de vibraciones mecánicas.				X

Fuente: *Diseño Propio*

CAPITULO IV
RESULTADOS

IV RESULTADOS

4.1 Método actual de regado, mediante Grupo electrógeno para regar 85 Hectáreas de cultivos de banano

Actualmente, los socios de la cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico, riegan 85 Hectáreas de cultivos de banano orgánico, mediante una bomba accionada por un grupo electrógeno; de lo cual el regado de los cultivos, lo realizan tal como se detalla en la Tabla N° 19:

Tabla 19:

Costo actual por día de riego con grupo electrógeno, para 85 Hectáreas de cultivo de banano

Turno	Costo S/. galón combustible (A)	N° horas de riego (B)	N° Hectáreas de riego por día (C)	combustible (N° galones) (D)	Costo S/. por día (E=AxD)
7:00 am - 11:00 am	12.80	4	3	25	320.00
12:00 am - 4:00 pm	12.80	4	3	25	320.00
TOTAL		8	6	50	640.00

Fuente: *Diseño propio y Factura N° 258943 Grifo Vigma SRL - 18/06/2018*

De la Tabla 19, se observa que:

- Realizan el riego en dos turnos de 4 horas (de 8:00 am a 12:00 pm y 1:00 pm a 5:00 pm).
- Por turno de 4 horas riegan un total de 3 Hectáreas de cultivos, lo que hace un total de 6 hectáreas regadas por 2 turnos al día.
- Por cada turno de riego, se consumen 25 galones de petróleo, lo que hace un total de 50 galones de petróleo al día (por 2 turnos en un día).
- El banano, requiere de 2 regadas al mes.

- El regado de las 85 hectáreas de cultivo, se realiza en un tiempo aproximado de 14 días continuos, seguidos de un intervalo de para de 2 días sin regar, después vuelve a realizar el regado durante 14 días más.
- Se observan los tiempos, costos, turnos de riego, para regar 85 hectáreas.
- Se observa que para el regado de un día genera un costo de S/. 640.00 soles.
- Se observa que en un día (2 turnos de 4 horas), se riega 6 Hectáreas de cultivo de banano.
- Se deduce que, para realizar el regado de las 85 hectáreas, se requiere aproximado de 14 días consecutivos (14.1días= 85Ha/6Ha/dia).
- Dado que el banano requiere de 2 regadas al mes; entonces para regar las 85 Hectáreas de cultivo, se realiza en un tiempo de 28 días.
- Se concluye que, para el regado total de las 85 hectáreas de cultivos, se origina un gasto en combustible de S/. 17,920.00 soles al mes (S/. 640 x 28 días).
- Debido a la presencia de lluvias en algunos meses del año en la zona, se ha obtenido el porcentaje promedio anual que se utiliza el sistema de bombeo para realizar el riego de los cultivos de banano, tal como se muestra en la siguiente Tabla 20.

Tabla 20:

Porcentaje promedio anual de uso de caseta de bombeo

MES	Ene.	Feb.	Mar.	Abril	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
DE USO DE CASETA BOMBEO (%)	90	60	30	80	90	100	100	100	100	100	100	100
PROMEDIO USO MENSUAL (%)	87.5 %											

Fuente: *Diseño Propio*

En la Tabla 21, se detalla el gasto total mensual que genera regar las 85 Ha. regando mediante bomba accionada con grupo electrógeno.

Tabla 21:

Costo total mensual por regado de 85 Hectáreas de banano

Costo global S/. Mes de regado	17,920.00
Costo mensual en función del porcentaje promedio anual de Uso de caseta de bombeo (87.5%)	15,680.00
Flete mensual de combustible (5%)	784.00
Mantenimiento mensual S/. 750 (cada 4 meses =3,000)	750.00
vigilancia por mes	1,500.00
Total S/.	18,714.00

Fuente: Diseño Propio

4.2 Método actual de regado, mediante Grupo Electrógeno para regar la proyección de diseño del proyecto de 110.5 Hectáreas de cultivos de banano.

Ante la proyección de incremento de producción de cultivos de banano, de 85 a 110.5 hectáreas, los socios de la cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A, regando mediante una bomba accionada por un grupo electrógeno, realizaría un regado tal como se muestra en la Tabla N° 22.

Tabla 22:

Costo proyectado por día de riego con grupo electrógeno para 110.5 Hectáreas de cultivo de banano

Turno	Costo S/. por galón combustible (A)	N° horas de riego (B)	N° Hectáreas de riego por día (C)	combustible (galones) (D)	Costo S/por día E=AxD
6:00 AM - 2:00 PM	12.8	6	4.5	37.5	480
2:00 PM - 6:00 PM	12.8	4	3	25.0	320
TOTAL		10	7.5	62.5	800

Fuente: Diseño propio

En la Tabla 22, se observa que:

- Realizarían el riego en dos turnos (un turno de 6 horas de 7:00 am a 1:00 pm y otro turno de 4 horas de 2:00 pm a 6:00 pm).
- En el turno de 6 horas se riegan 4.5 hectáreas y en el turno de 4 horas se riegan 3 hectáreas, lo que hace un total de 7.5 hectáreas al día.
- Por el turno de 6 horas se consumen 37.5 galones de petróleo, y en el turno de 4 horas se consumen 25 galones de petróleo, lo que hace un total de 62.5 galones de petróleo al día.
- El costo del combustible (petróleo), se ha obtenido de la Figura 19.

GRIFO VIGMA SRL RUC : 20102931387 Telefono : (073) 360839 AV PROL AV SANCHEZ CERRO NRO KM 5 ZI PIURA		
FACTURA ELECTRONICA F001 - 00258943 Operacion : 117 Fecha/Hora : 2018-06-18 16:16:05 Moneda : SOLES		
Datos del Cliente		
Razon Social	: TECNICOS EJECUTORES A&G S.R.L	
Ruc	: 20525293794	
Direccion	: MZ.E LTO6 URB. ELTREBOL PIURA-PIURA-PIURA - PIURA	
Description		
Cantidad	Precio	Importe
1 - BIODIESEL B5 UV 2,3438	S/12.80	S/30.00
SUB TOTAL S/ 30.00		
Op. GRAVADA	S/	25.42
Op. INAFECTA	S/	0.00
Op. EXONERADA	S/	0.00
IGV	S/	4.58
ISC	S/	0.00
DESCUENTOS	S/	0.00
TOTAL	S/	30.00
SCN : TREINTA Y 00/100 SOLES		
Placa de Vehiculo:PSI 745		
Pago Con Efectivo - -		
Vendedor: EDWIN DAVE CUADROS		
Caja : EDWIN DAVE CUADROS		
Gracias Por Su Compra!!!		
Cod HASH:		
Autorizado mediante la resolucion Nro Representacion impresa de la factura de venta electronica, esta puede ser consultada en www.sipre.gob.pe		

Figura 19: Costo de petróleo Junio 2018
Fuente: Factura de Grifo Vigma SRL-Piura-2018

- El banano, requiere de 2 regadas al mes.
- El regado de las 110.5 Hectáreas de cultivo, se realizaría en aproximado en 15 días ($14.7\text{días} = 110.5\text{Ha}/7.5\text{Ha}/\text{día}$); dado que el banano requiere 2 regadas al día, el día 16 se iniciaría un segundo riego de 15 días más.
- Para el regado de un día generaría un costo de S/. 800.00 soles.
- Se concluye que para el regado total de 110.5 hectáreas de cultivo, se originaría un gasto mensual de combustible de S/. 24,000.00 soles al mes (S/. 800.00 x 30 días de riego al mes).

De lo cual, se obtiene como gasto mensual que generaría regar una proyección de 110.5 Ha, mediante una bomba accionada con un grupo electrógeno, lo cual se detalla en la Tabla N 23.

Tabla 23:

Costo total mensual por regado de 110.5 Hectáreas de banano

Costo S/. Mes de regado	24,000.00
Costo mensual en función del porcentaje promedio anual de Uso de caseta de bombeo (87.50%)	21,000.00
Flete mensual de combustible (5%)	1,050.00
Mantenimiento cada 4 meses (3,000)	750.00
vigilancia por mes	1,500.00
Total S/.	24,300.00

Fuente: Diseño propio

4.3 Método de regado del diseño, mediante electrobombas para regar la proyección de diseño del proyecto de 110.5 Hectáreas de cultivos de banano.

- El sistema funcionará mediante suministro de energía eléctrica, para lo cual se utilizarán 02 electrobombas que funcionarán de forma alternadas de 38.0 kW cada una, por lo que el consumo.
- Ante la proyección de incremento de producción de cultivos de banano, de 85 a 110.5 hectáreas, los socios de la cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A, regarían mediante una electrobomba, cuyo regado lo realizarían de la siguiente manera:
 - Realizarán el regado en un turno de 10 horas diarias de 6:00 am a 4:00pm, esto para evitar que el consumo de energía eléctrica se realice dentro de la hora punta.
 - Actualmente se riega con grupo electrógeno, con un caudal de 116 lt/s, se riegan 6 hectáreas de cultivo en un tiempo de 8 horas al día.

De lo cual se obtiene que en 1 hora se riega: $1 \text{ hr} \times (6 \text{ Ha} / 8 \text{ Hr}) = 0.75 \text{ Ha}$.

- Mediante la Evapotranspiración, se determinó el caudal de 134.7 lt/s para regar 110.5 Ha. de banano orgánico.
- Se calcula la cantidad de Hectáreas, que se regará por hora con el diseño de un caudal de 134.7 lt/s; de lo cual partiendo de lo existente que la bomba de 116 lt/s riega 0.75 Ha/hora, se obtiene:

$$\frac{134.7 \text{ lt/s} \times 0.75 \text{ Ha}}{116 \text{ lt/s}} = 0.871 \text{ Ha/hora}; \text{ Se obtiene que la Electrobomba}$$

con caudal de 134.7 lt/s, regará 0.871 hectáreas por hora.

- Se calcula la cantidad de Hectáreas, que se riegan en 10 horas con un caudal de 134.7 lt/s, lo cual tenemos:

$$10 \text{ hr} \times 0.871 \text{ Ha} = 8.71 \text{ ha}.$$

De lo cual, si se quiere cubrir el regado de 110.5 Hectáreas de cultivo, se debe de regar un total de 12.69 días (110.5ha/8.71ha); lo cual se puede aproximar a 13 días de riego para la primera regada, pero debido a que el banano debe de ser regado 2 veces al mes, se requiere de 26 días de regado al mes.

➤ **Costo por el consumo de energía eléctrica para regar 110.5 Hectáreas de cultivo.**

- Tiempo de regado diaria (6:00am a 4:00pm) : 10 horas.
- Número de días de regado al mes : 26 días.
- Potencia utilizada : 38.0 kW.
- Porcentaje de uso de caseta promedio 87.5% : 0.875

Reemplazando datos, se obtiene:

- Potencia Activa de consumo al mes fuera de hora punta = 10hr x 26días x 38.0 kW x 0.875.
- Potencia Activa Fuera de hora punta = 8,645 kW/h
- Potencia Reactiva = 9,605.6 kVarh

Para determinar el costo de regar con electrobombas, se han tenido en cuenta los costos actuales que utiliza ENOSA para facturar, los cuales se aprecian en la Figura 20. (Recibo de Luz de Tarifa MT2).

Para este caso se ha seleccionado la Tarifa MT2, que corresponde a Media Tensión.

En la Tabla 24, se observa el costo que generaría si se realiza el regado de las hectáreas de cultivo proyectadas mediante electrobombas.

Tabla 24:*Costo promedio mensual para regar mediante electrobombas*

Descripción	Consumo	Costo S/	Costo Parcial S/.
Cargo Fijo	1.00	14.6000	14.60
Potencia Activa Fuera de Punta	8,645.00	0.1780	1,538.81
Potencia Reactiva	9,605.60	0.0425	408.24
Alumbrado público			780.00
Sub Total			2,741.65
IGV			493.5
Costo Total			3,235.14

Fuente: *Diseño Propio*

➤ **Tiempo de recuperación de la inversión**

- El costo promedio mensual por regar 110.5 Há., de cultivo mediante grupo electrógeno, según la Tabla 22, es de S/ 24,300.00.
- El costo promedio mensual por regar 110.5 Há., de cultivo mediante electrobomba, según la Tabla 23, es de S/ 3,235.14.

Por lo tanto, el ahorro mensual al regar mediante energía eléctrica comparado al regar las 110.5 Ha con grupos electrógeno, será de:

$$S/. 24,300 - S/. 3,235.14 = \mathbf{S/ 21,064.86}$$

Teniendo en cuenta el costo de inversión del proyecto que es de S/. 658,797.98; la recuperación será en:

$$S/ 21,064.86 \times 12 \text{ meses} \times 2.6 \text{ años} = S/. 657,223.63$$

Ante imprevistos, se puede considerar la recuperación de la inversión en 3 años.

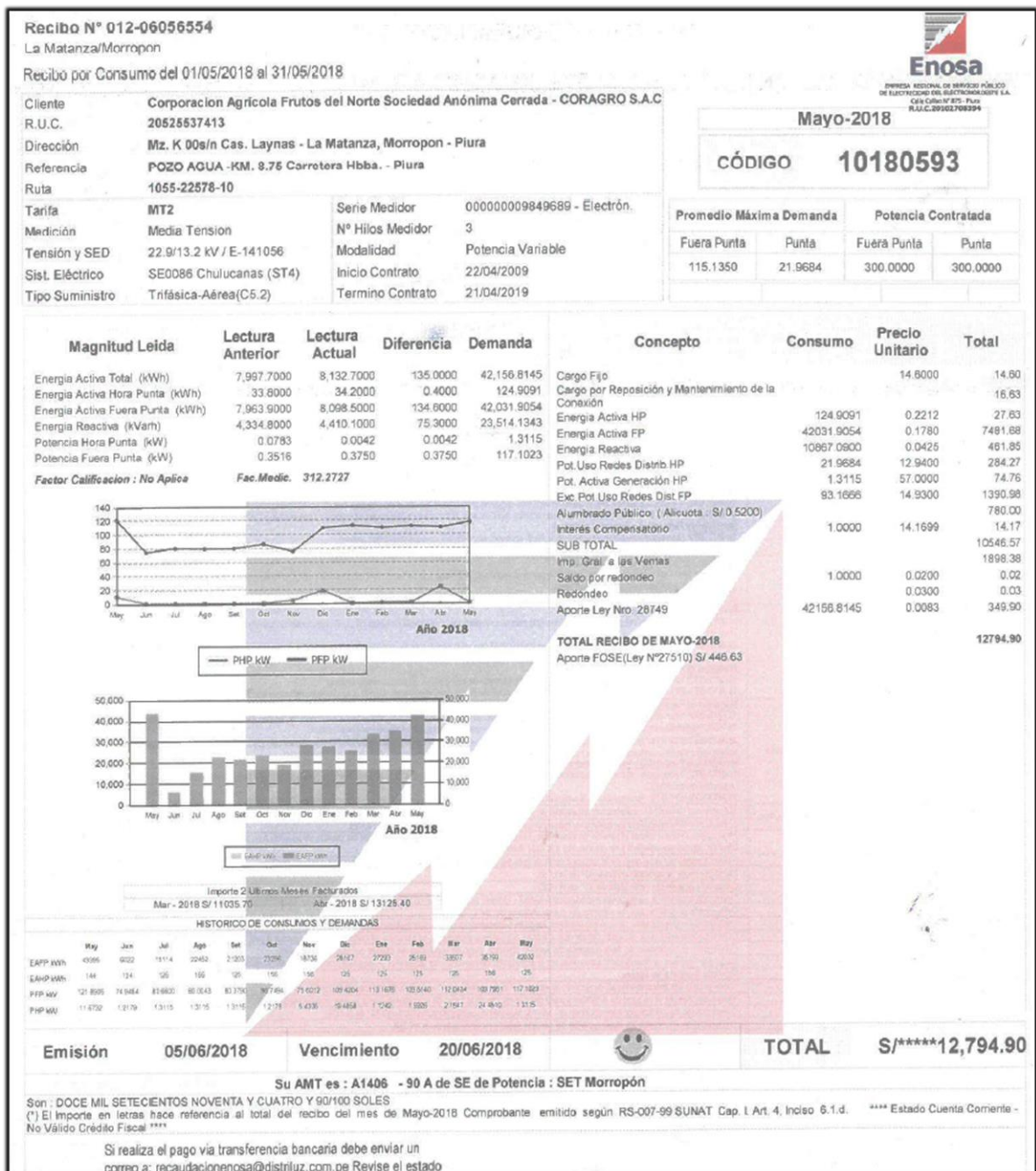


Figura 20: Modelo de recibo de luz en tarifa MT2

Fuente: Recibo de Luz de ELETRONOROESTE S.A –Piura- del mes de mayo 2018

CAPITULO V

DISCUSIÓN

V. DISCUSION

Esta investigación tuvo como propósito “Diseñar una estación de bombeo de agua de riego con su respectivo sistema de utilización 22.9 kV, 3Ø para el sector Mallaritos del Distrito de Marcavelica, Provincia Sullana, Departamento de Piura”; para lo cual se identificaron y se describieron las variables que generan el mayor costo, tiempo, riesgo de dejar de regar los cultivos por fallas en el sistema de bombeo y trabajo que actualmente emplean los agricultores para regar los cultivos de Banano Orgánico. Sobre la zona estudiada, además se identificaron aquellos factores necesarios para el diseño de los sistemas: eléctrico, hidráulico, control y potencia. A continuación se determinaron las variables del sistema para el diseño.

De los resultados obtenidos en esta investigación, se aprecia que es mucho más rentable regar los cultivos de Banano Orgánico mediante Electrobomba, esto debido a que la energía eléctrica es mucho más barata comparado al gasto de combustible que utiliza el grupo electrógeno que acciona a la bomba con la cual se riega actualmente.

Que, con el diseño de la caseta que comprenderá la instalación de 2 electrobombas que funcionarán de forma alternadas, evita que se pongan en riesgo los cultivos de Banano Orgánico en caso se presente alguna falla o se tenga que realizar mantenimiento a todo el sistema. Dado que en caso de falla o mantenimiento de una electrobomba, entrará en funcionamiento la otra electrobomba, de manera tal que los cultivos no se verán afectados por falta de agua.

Así mismo con el uso de la electrobomba, los usuarios podrán incrementar sus tierras de cultivo y así podrán competir con mucha más proporción de suministro de sus productos en el mercado.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

- Se concluyó, que entre las necesidades más relevantes que presentan los socios de la cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A para regar sus cultivos de Banano Orgánico, es el alto costo, y traslado del combustible que se requiere para que rieguen mediante el uso de una bomba accionada por un grupo electrógeno que funciona con petróleo, lo cual limita que incremente las tierras de cultivo.
- Se concluyó que, si es factible realizar el suministro mediante un Red eléctrica de Media Tensión; de manera tal que se definió como punto de diseño la estructura (poste existente) de la Red de Media Tensión existente en tensión 222.9 kV, localizada en las coordenadas UTM: Este 527884; Norte 9466511, ubicado a 1,184 km del punto donde se instalará la caseta de bombeo.
- Se concluye, de acuerdo a las especificaciones eléctricas de los componentes y las características de la zona, es posible diseñar la red eléctrica para el sistema de bombeo.
- Se concluye, que de acuerdo a los tamaños y requerimientos obtenidos de forma analítica y visual, es posible el dimensionamiento y elección de los componentes Hidráulicos de la caseta de bombeo.
- Se concluye que con el empleo de la Caseta de Bombeo accionada mediante electrobombas, se optimiza el tiempo y dinero, comparado con el tiempo y costo que se presenta si los socios de la Cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A riegan sus cultivos de banano mediante una bomba accionada con un grupo electrógeno, cuyo ahorro promedio mensual será de S/ 21,064.86, para regar 110.5 Hectáreas de cultivos de banano.

CAPITULO VII
REFERENCIAS

VII. REFERENCIAS

Arrancador de estado sólido. Obtenido de
http://www.coevagi.com/Docs/Te_At22.pdf, Pág 1, 12

Banano (enero de 2016). Obtenido de <http://www.bioenciclopedia.com/banano/>

Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural, Ministerio de Energía y Minas Dirección General de Electricidad (diciembre 2003), págs. del 10-21: <http://www.adinelsa.com.pe/files/normaslegales/rd018-2003-EM.pdf>

Bombas Ideal. Obtenido de
<http://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/catalogos/03-RNI-GNI.pdf>.

Carlos James, 18 de agosto de 2009. Obtenido de, <http://carlosjames-carlosjames-1.blogspot.com/>

Código Nacional de Electrificación, Resolución N° 037-2006-MEN/DM, Ministerio de Energía y Minas (enero 2006), Pág. Del 10-13

Conductor de Aleación de Aluminio. Obtenido de
<http://www.ceper.com.pe/pdf/40/cuerda-de-aleación-de-aluminio-aaac.pdf>

Conductor NYY – INDECO. Obtenido de
<http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000668.pdf>

Cooperativa Pequeños Productores de Banano Orgánico S.A, Mallaritos, Marcavelica, Sullana, Piura.

Definición del banano. Obtenido de
<https://www.definicionabc.com/general/platano.php>

Diario El Día. (16 de junio 2017). Obtenido de <http://www.diarioeldia.cl/opinion/columnas/mantenimiento-transformadores-electricos-todo-que-debe-saber>

EMAPAD-EP, empresa de Agua y Alcantarillado del Cantón Duran, Ecuador (2013). Obtenido de https://twitter.com/EMAPAD_EP

Equivalencias de presión atmosférica según latitud. Obtenido de <http://www.sensaciones.org/down/tablasbuceo15.pdf>

Factura de Grifo Vigma SRL-Piura-2018

Iagua Conocimiento SL (Madrid, España, 08 de febrero de 2017). Obtenido de <https://www.iagua.es/noticias/locken/17/02/08/pioneros-agua-historia>.

Ing. Wilfredo Flores del Valle, 2013, Manual técnico para el manejo poscosecha del plátano. Obtenido de <http://studylib.es/doc/5080134/manual-t%C3%A9cnico-para-el-manejo-poscosecha-del-pl%C3%A1tano>

Ingeniería Eléctrica Cia Ltda, (enero 2017). Obtenido de http://www.tean-ingenieria.com/pdf/catalogos%202017%20finales/CATALOGO_TEAN_TRAFOMI X_2017%20V1.pdf.

José Antonio E. García Álvarez (2015) Corriente eléctrica. Obtenido de http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_corriente_electrica/ke_corriente_electrica_1.htm

J. Duncan Glover y Mulukutla S. Sarma (México, 2004) Sistemas de Potencia Análisis y Diseño 3era Edición, Ed. Thomson, Pág.71

Kerry Sullivan, 17 de octubre de 2016. Obtenido de www.ancient-origins.net y de: <https://www.ancient-origins.es/artefactos-tecnolog%C3%AD-antigua-noticias-general/la-fuente-filipo-la-m%C3%A1s-antigua-obra-hidr%C3%A1ulica-mundo-%C3%BA-uso-003825>

La revista Aral Editores (31 de diciembre del 2006). Obtenido de http://araleditores.pe.tripod.com/sullana_marcavelica.htm.

Manual Técnico del Departamento de Agua del Instituto Tecnológico Nacional de Argentina (20 de mayo del 2004). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/157930292/Dotacion-de-Agua-Para-Truchas>

Marcavelica. (28 de abril de 2018). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Marcavelica>

NPSH (02 de febrero de 2018). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/NPSH>

Propiedades del Banano. Obtenido de <https://www.vix.com/es/imj/salud/2010/12/26/propiedades-del-banano>

Recibo de Luz de ELETRONOROESTE S.A –Piura- del mes de mayo 2018

Robert L. Mott. (México, 2006) Mecánica de Fluidos de 6ta Edición, Ed. Pearson.

Simbaña Calle Jhony Daniel, 2018, de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Trabajo de Investigación “Diseño del árbol hidráulico para una estación de bombeo de agua de riego, para el sector Mallaritos, distrito de Marcavelica, provincia de Sullana, departamento de Piura” en la Universidad Señor de Sipan.

Washington, d.c.2011, Manual de mantenimiento - evaluación para sistemas de bombeo de agua, Primera Edición – Banco Interamericano de Desarrollo BID.

CAPITULO VIII
ANEXOS

ANEXO 01

Ubicación del distrito de Marcavelica – Sullana.

WIKIPEDIA


Marcavelica

-- **Marcavelica** es una localidad peruana ubicada en la región Piura, provincia de Sullana, distrito de Marcavelica. Es asimismo capital del distrito de Marcavelica. Se encuentra a una altitud de 55 msnm. Tenía una población de 2774 habitantes en 1993.

Clima

Marcavelica



localidad



Localización de Marcavelica en Perú

País	 Perú
• Región	Piura
• Provincia	Sullana
• Distrito	Marcavelica
Ubicación	4°52′06″S 80°43′48″O
• Altitud	55 msnm
Población	2774 hab. (1993)

[editar datos en Wikidata]

 **Parámetros climáticos promedio de Marcavelica**  [ocultar]

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. media (°C)	32.1	33.3	33.3	32.3	30.3	28.4	27	27.1	27.8	28.4	29	30.6	30
Temp. media (°C)	25.9	27.1	27.2	26	24.3	22.4	21.1	21	21.5	22	22.6	24.2	23.8
Temp. mín. media (°C)	19.8	21	21.1	19.7	18.4	16.5	15.3	15	15.2	15.7	16.2	17.9	17.7

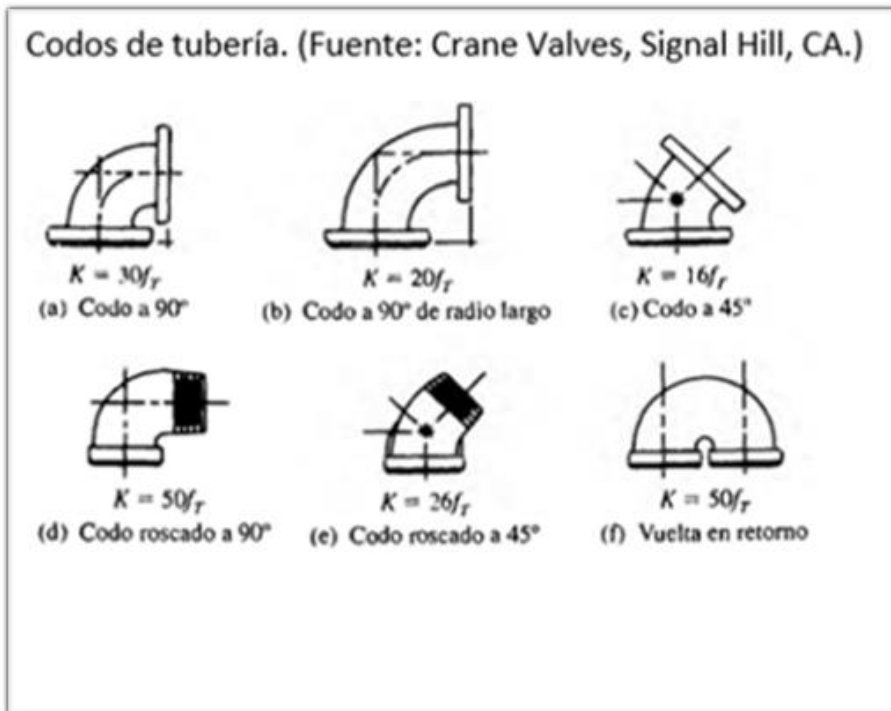
Fuente: climate-data.org¹

<https://es.wikipedia.org/wiki/Marcavelica>

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Marcavelica>

ANEXO 02

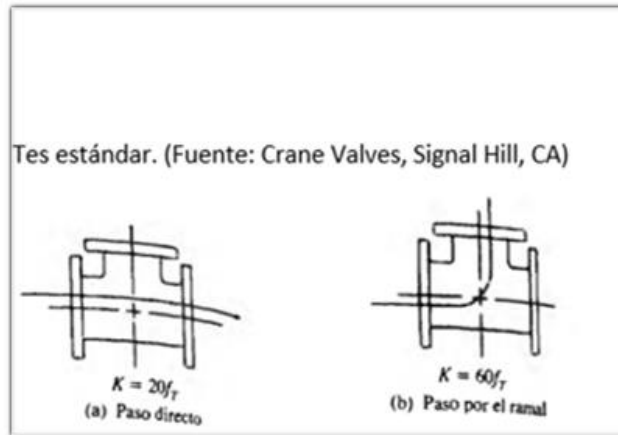
Coeficientes de resistencia para válvulas y acoplamientos.



Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 296.

ANEXO 03

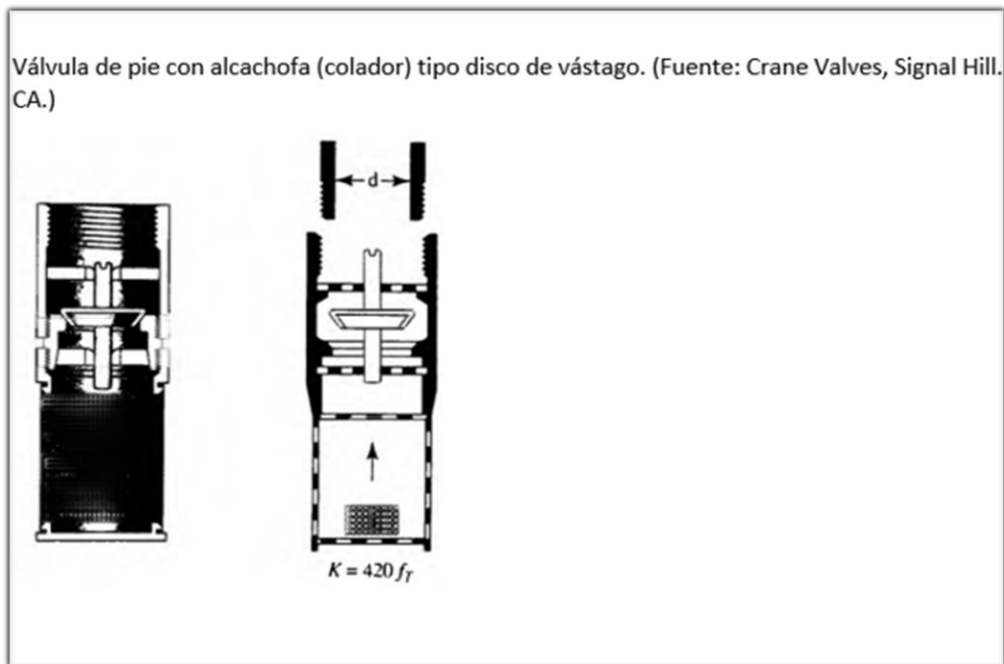
Coefficientes de resistencia para válvulas y acoplamientos.



Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 296.

ANEXO 04

Coeficientes de resistencia para válvulas y acoplamientos.



Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 295.

ANEXO 05

Tabla 25. F Dimensiones de tuberías de acero.

F Dimensiones de tuberías de acero									
Cédula 40									
Tamaño nom. de tubería (pulg.)	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Flujo de área	
	(pulg.)	(mm)	(pulg.)	(mm)	(pulg.)	(pies)	(mm)	(pies ²)	(m ²)
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10 ⁻⁵
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10 ⁻⁵
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10 ⁻⁴
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10 ⁻⁴
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10 ⁻⁴
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10 ⁻⁴
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 ⁻⁴
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 ⁻³
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10 ⁻³
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10 ⁻³
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10 ⁻³
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10 ⁻³
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10 ⁻³
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10 ⁻²
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10 ⁻²
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10 ⁻²
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10 ⁻²
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10 ⁻²
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10 ⁻²
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

D

S

Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 601.

ANEXO 06
Tabla 26. Propiedades del agua

A Propiedades del agua

Unidades SI (101 kPa (abs))

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Fuente: Robert L. Mott. (México, 2006) *Mecánica de Fluidos de 6ta Edición*, Ed. Pearson, Pág. 295.

ANEXO 07

Tabla 27. Equivalencia de presión según altitud

EQUIVALENCIAS DE PRESION ATMOSFERICA SEGUN LA ALTITUD							
Altitud Metros	Presion Milibares	Altura en mm de Hg	Presion Atmosferica	Altitud Metros	Presion Milibares	Altura en mm de Hg	Presion Atmosferica
0	1013	760	1,000	3000	701	526	0,692
50	1007	756	0,994	3050	697	523	0,688
100	1001	751	0,988	3100	692	519	0,683
150	995	747	0,982	3150	688	516	0,679
200	989	742	0,977	3200	683	513	0,674
250	984	738	0,971	3250	679	509	0,670
300	978	733	0,965	3300	675	506	0,666
350	972	729	0,959	3350	670	503	0,662
400	966	725	0,953	3400	666	500	0,657
450	960	720	0,948	3450	662	496	0,653
500	955	716	0,942	3500	658	493	0,649
550	949	712	0,936	3550	653	490	0,645
600	943	707	0,931	3600	649	487	0,641
650	938	703	0,925	3650	645	484	0,637
700	932	699	0,920	3700	641	481	0,632
750	926	695	0,914	3750	637	478	0,628
800	921	691	0,909	3800	633	475	0,624
850	915	686	0,903	3850	629	471	0,620
900	910	682	0,898	3900	624	468	0,616
950	904	678	0,892	3950	620	465	0,612
1000	899	674	0,887	4000	616	462	0,608
1050	893	670	0,882	4050	612	459	0,604
1100	888	666	0,876	4100	608	456	0,600
1150	883	662	0,871	4150	604	453	0,597
1200	877	658	0,866	4200	600	450	0,593
1250	872	654	0,860	4250	597	447	0,589
1300	867	650	0,855	4300	593	445	0,585
1350	861	646	0,850	4350	589	442	0,581
1400	856	642	0,845	4400	585	439	0,577
1450	851	638	0,840	4450	581	436	0,573
1500	846	634	0,834	4500	577	433	0,570
1550	840	630	0,829	4550	573	430	0,566
1600	835	626	0,824	4600	570	427	0,562
1650	830	623	0,819	4650	566	424	0,559
1700	825	619	0,814	4700	562	422	0,555
1750	820	615	0,809	4750	558	419	0,551
1800	815	611	0,804	4800	555	416	0,548
1850	810	607	0,799	4850	551	413	0,544
1900	805	604	0,794	4900	547	411	0,540
1950	800	600	0,789	4950	544	408	0,537
2000	795	596	0,785	5000	540	405	0,533
2050	790	593	0,780	5050	537	402	0,530
2100	785	589	0,775	5100	533	400	0,526
2150	780	585	0,770	5150	529	397	0,523
2200	775	582	0,765	5200	526	394	0,519
2250	771	578	0,761	5250	522	392	0,516
2300	766	574	0,756	5300	519	389	0,512

Fuente: <http://www.sensaciones.org/down/tablasbuceo15.pdf>

ANEXO 08
Catálogo de bombas marca IDEAL



SERIE **RNI - GNI**



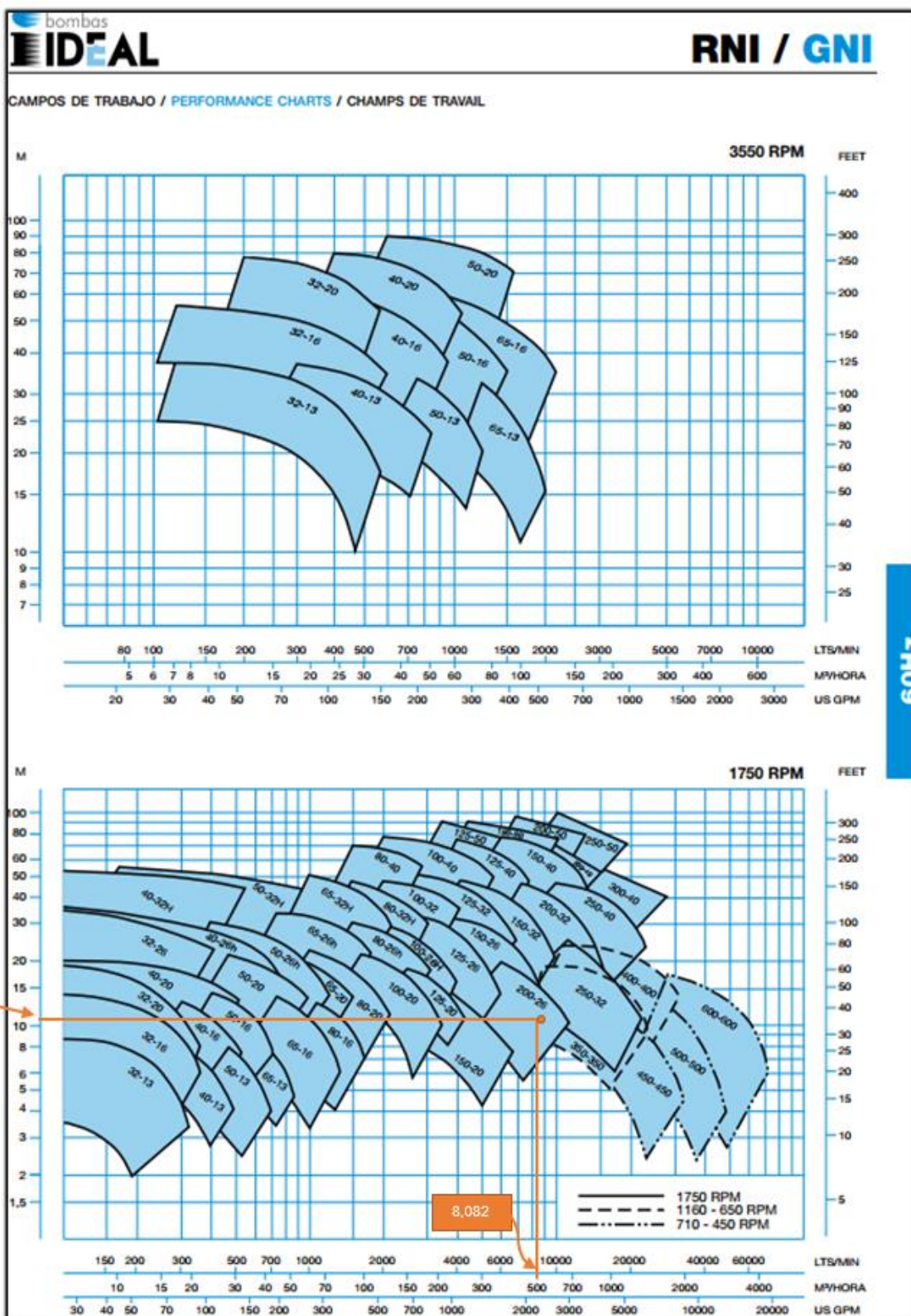
50Hz

60Hz



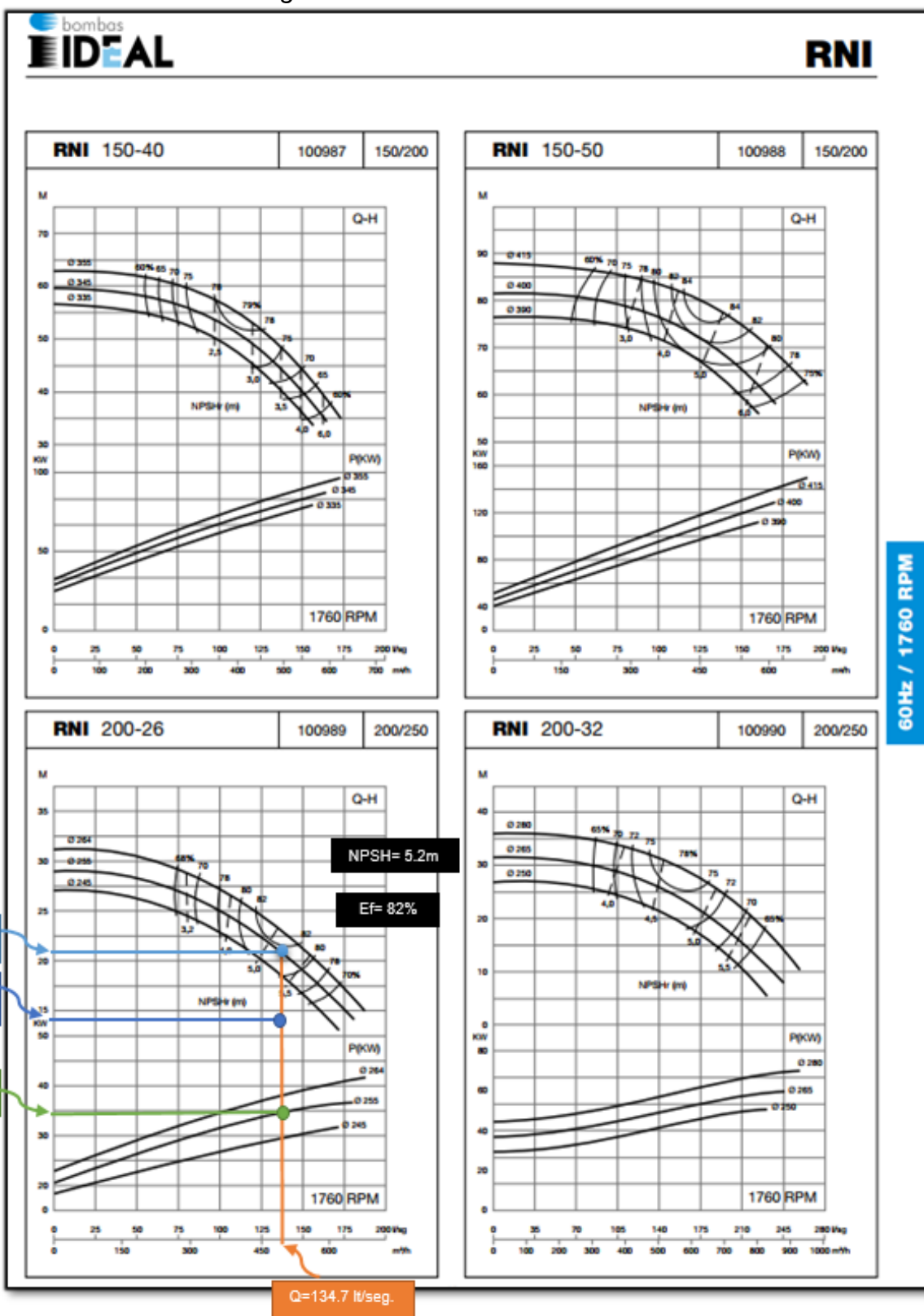
Fuente: <http://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/catalogos/03-RNI-GNI.pdf>, Pág.: 1

Catálogo de bombas marca IDEAL



Fuente: <http://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/catalogos/03-RNI-GNI.pdf>, Pág.: 3

Catálogo de bombas marca IDEAL



Fuente: <http://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/catalogos/03-RNI-GNI.pdf>,
 Pág.: 43

Catálogo de bombas marca IDEAL

TIPO TYPE		CV (HP)			DIMENSIONES / DIMENSIONS																Distanciador / Spacer			
		Motor	1500 RPM	3000 RPM	a	f	x	i	A	L1	L2	L3	B1	B2	d	H	h1	h2	ASP	IMP	Kg	X	L3	L1
RNI 150-40	200 L	60	-	-	160	530	5	800	110	1400	230	940	600	560	23	453	315	450	200	150	605	145	1080	1540
	225 M	60-75	-	-	160	530	5	840	110	1400	230	940	600	560	23	453	315	450	200	150	665	145	1080	1540
	250 S	100	-	-	160	530	5	880	110	1400	230	940	600	560	23	453	315	450	200	150	725	145	1080	1540
	280 M	75-125	-	-	160	530	5	930	110	1400	230	940	600	560	23	453	315	450	200	150	765	145	1080	1540
	315 S	150-220	-	-	160	530	5	990	110	1600	270	1060	600	560	23	453	315	450	200	150	960	145	1240	1780
RNI 150-50	280 M	125	-	-	160	530	5	1040	110	1600	270	1060	600	560	23	453	315	450	200	150	1010	145	1240	1780
	250 S	100	-	-	180	670	8	880	140	1800	300	1200	750	710	23	543	375	500	200	150	990	185	1380	1980
	250 M	125	-	-	180	670	8	930	140	1800	300	1200	750	710	23	543	375	500	200	150	1030	185	1380	1980
	280 S	100-150	-	-	180	670	8	990	140	1800	300	1200	750	710	23	543	375	500	200	150	1180	185	1380	1980
	280 M	125-175	-	-	180	670	8	1040	140	1800	300	1200	750	710	23	543	375	500	200	150	1230	185	1380	1980
RN 200-200	315 S	150-220	-	-	180	670	8	1130	140	1800	300	1200	750	710	23	543	375	500	200	150	1530	185	1380	1980
	315 M	175-270	-	-	180	670	8	1180	140	1800	300	1200	750	710	23	543	375	500	200	150	1830	185	1380	1980
	132 M	10	-	-	180	560	8	480	110	1200	200	800	550	510	23	453	315	400	200	200	415	148	940	1340
	160 M	15	-	-	180	560	8	600	110	1200	200	800	550	510	23	453	315	400	200	200	465	148	940	1340
	160 L	20-25	-	-	180	560	8	640	110	1200	200	800	550	510	23	453	315	400	200	200	475	148	940	1340
RNI 200-26	180 M	25-30	-	-	180	560	8	680	110	1200	200	800	550	510	23	453	315	400	200	200	520	148	1080	1540
	160 L	20-25	-	-	180	546	8	670	110	1400	230	940	600	545	23	440	280	400	250	200	532	145	1080	1540
	180 M	25-30	-	-	180	546	8	700	110	1400	230	940	600	545	23	440	280	400	250	200	540	148	1080	1540
	180 L	30-40	-	-	180	546	8	740	110	1400	230	940	600	545	23	440	280	400	250	200	550	148	1080	1540
	200 L	40-50	-	-	180	546	8	780	110	1400	230	940	600	545	23	440	280	400	250	200	570	148	1080	1540
RNI 200-32	160 L	20-25	-	-	200	670	8	640	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	450	250	200	595	145	1140	1640
	180 M	25-30	-	-	200	670	8	680	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	450	250	200	620	145	1140	1640
	180 M	30-40	-	-	200	670	8	720	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	450	250	200	645	145	1140	1640
	200 M	50	-	-	200	670	8	770	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	450	250	200	700	145	1140	1640
	200 L	40-50	-	-	200	670	8	800	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	450	250	200	710	145	1140	1640
RNI 200-40	225 S	50	-	-	200	670	8	815	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	450	250	200	750	145	1140	1640
	225 M	60-75	-	-	200	670	8	840	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	450	250	200	770	145	1140	1640
	250 M	75	-	-	200	670	8	930	140	1800	300	1200	750	710	23	523	355	450	250	200	960	145	1340	1940
	250 S	100	-	-	200	670	8	880	140	1800	300	1200	750	710	23	523	355	500	250	200	970	185	1380	1980
	250 M	125	-	-	200	670	8	930	140	1800	300	1200	750	710	23	523	355	500	250	200	1010	185	1380	1980
RNI 200-50	280 L	100-150	-	-	200	670	8	990	140	1800	300	1200	750	710	23	523	355	500	250	200	1160	185	1380	1980
	280 M	125-175	-	-	200	670	8	1040	140	1800	300	1200	750	710	23	523	355	500	250	200	1210	185	1380	1980
	315 S	150-220	-	-	200	670	8	1130	140	1800	300	1200	750	710	23	523	355	500	250	200	1510	185	1380	1980
	315 M	175-270	-	-	200	670	8	1180	140	1800	300	1200	750	710	23	523	355	500	250	200	1810	185	1380	1980
	280 M	125-175	-	-	210	675	8	1040	160	1800	300	1200	750	710	23	568	400	500	250	200	1340	185	1380	1980
RN 250-250	315 S	150-220	-	-	210	675	8	1130	160	2000	200	800	750	710	23	568	400	500	250	200	1845	185	890	2180
	315 M	175-270	-	-	210	675	8	1180	160	2000	200	800	750	710	23	568	400	500	250	200	2140	185	890	2180
	160 L	20-25	-	-	220	707	8	640	140	1500	250	1000	700	660	23	543	375	550	250	250	630	145	1140	1640
	180 M	25-30	-	-	220	707	8	680	140	1500	250	1000	700	660	23	543	375	550	250	250	655	145	1140	1640
	180 L	30-40	-	-	220	707	8	720	140	1500	250	1000	700	660	23	543	375	550	250	250	680	145	1140	1640
RNI 250-32	200 M	50	-	-	220	707	8	770	140	1500	250	1000	700	660	23	543	375	550	250	250	735	145	1140	1640
	200 L	40-50	-	-	220	707	8	800	140	1500	250	1000	700	660	23	543	375	550	250	250	745	145	1140	1640
	225 S	50	-	-	220	707	8	815	140	1500	250	1000	700	660	23	543	375	550	250	250	785	145	1140	1640
	225 M	60-75	-	-	220	707	8	840	140	1500	250	1000	700	660	23	543	375	550	250	250	825	145	1140	1640
	200 L	60	-	-	200	670	8	800	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	525	300	250	730	145	1140	1640
RNI 250-40	225 M	60-75	-	-	200	670	8	840	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	525	300	250	790	145	1140	1640
	250 S	100	-	-	200	670	8	880	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	525	300	250	840	185	1380	1980
	250 M	125	-	-	200	670	8	930	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	525	300	250	880	185	1380	1980
	280 S	100-150	-	-	200	670	8	990	140	1500	250	1000	700	660	23	523	355	525	300	250	1130	185	1380	1980
	280 M	125-175	-	-	200	670	8	1040	140	1800	300	1200	750	710	23	523	355	525	300	250	1180	185	1380	1980
RNI 250-50	280 M	125-175	-	-	250	670	8	1040	150	1800	300	1200	750	710	23	570	400	500	300	250	1575	185	1380	1980
	315 S	150-220	-	-	250	670	8	1130	150	2000	200	800	750	710	23	570	400	500	300	250	1875	185	890	2180
	315 M	175-270	-	-	250	670	8	1180	150	2000	200	800	750	710	23	570	400	500	300	250	2175	185	890	2180
	315 S	150-220	-	-	240	875	8	1130	150	2000	200	800	750											

ANEXO 09

Tabla 28. Datos técnicos de conductor eléctrico NYY



TABLA DE DATOS TECNICOS NYY DUPLEX

CALIBRE N° x mm²	N° HILOS	ESPEORES		DIÁMETRO EXTERIOR mm	PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO mm	CUBIERTA mm			ENTERRADO A	AIRE A	DUCTO A
2x1x6	1	1	1.4	15.4	218	77	58	62
2x1x10	1	1	1.4	17	307	105	80	85
2x1x16	7	1	1.4	19.3	454	136	108	112
2x1x25	7	1.2	1.4	22.5	672	170	140	140
2x1x35	7	1.2	1.4	24.6	880	205	175	170

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY TRIPLE

CALIBRE N° x mm²	N° HILOS	ESPEORES		DIMENSIONES		PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO mm	CUBIERTA mm	ALTO mm	ANCHO mm		ENTERRADO A	AIRE A	DUCTO A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

(*) Temperatura del suelo: 20°C
 Temperatura ambiente: 30°C
 Temperatura en el conductor: 80°C
 Resistividad del suelo: 1 %m/W

Fuente: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000668.pdf>

ANEXO 10

Arrancador de estado sólido

Altistart 22

Arrancadores ralentizadores progresivos
para motores asíncronos

Catálogo 2015



Schneider
Electric

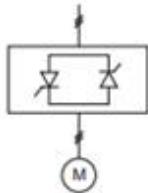
Fuente: http://www.coevagi.com/Docs/Te_Ats22.pdf; Pág 1.

Arrancador de estado sólido

Altistart 22

Arrancadores ralentizadores progresivos. Tensión de alimentación trifásica 230...440 V

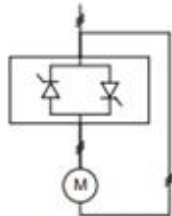
Referencias



Conexión a la línea de alimentación del motor



ATS22D17●●●
ATS22D32●●●
ATS22D47●●●



Conexión en el acoplamiento delta del motor



ATS22D62●●●
ATS22D75●●●
ATS22D88●●●

Conexión a la línea de alimentación del motor

Potencia del motor expresada en kW de acuerdo con la norma IEC/EN 60947-4-2. Alimentación de control de 220 V en CL1, CL2

Motor			Arrancador ralentizador progresivo de 230...440 V - 50/60 Hz					Referencia	Peso kg
Potencia indicada en la placa de especificaciones			Corriente, ajuste de fábrica (In) ⁽¹⁾⁽²⁾	Corriente nominal (IcL) ⁽³⁾	Potencia disipada a corriente nominal	Dimensiones An x P x AJ			
230 V	400 V	440 V							
kW	kW	kW	A	A	W	mm			
4	7,5	7,5	14,8	17	39	130 x 169 x 265 5,12 x 6,65 x 10,43	ATS22D17Q	7,000	
7,5	15	15	28,5	32	44	130 x 169 x 265	ATS22D32Q	7,000	
11	22	22	42	47	48	130 x 169 x 265	ATS22D47Q	7,000	
15	30	30	57	62	59	145 x 207 x 295	ATS22D62Q	12,000	
18,5	37	37	69	75	63	145 x 207 x 295	ATS22D75Q	12,000	
22	45	45	81	88	66	145 x 207 x 295	ATS22D88Q	12,000	
30	55	55	100	110	73	150 x 229 x 356	ATS22C11Q	18,000	
37	75	75	131	140	82	150 x 229 x 356	ATS22C14Q	18,000	
45	90	90	162	170	91	150 x 229 x 356	ATS22C17Q	18,000	
55	110	110	195	210	117	206 x 299 x 425	ATS22C21Q	33,000	
75	132	132	233	250	129	206 x 299 x 425	ATS22C25Q	33,000	
90	160	160	285	320	150	206 x 299 x 425	ATS22C32Q	33,000	
110	220	220	388	410	177	206 x 299 x 425	ATS22C41Q	33,000	
132	250	250	437	480	218	304 x 340 x 455	ATS22C48Q	50,000	
160	315	355	560	590	251	304 x 340 x 455	ATS22C59Q	50,000	

Conexión en el acoplamiento delta del motor

Potencia del motor expresada en kW, de acuerdo con la norma IEC/EN 60947-4-2. Alimentación de control de 220 V

Motor			Arrancador ralentizador progresivo de 230...440 V - 50/60 Hz					Referencia	Peso kg
Potencia indicada en la placa de especificaciones			Corriente, ajuste de fábrica (In) ⁽¹⁾⁽²⁾	Corriente nominal (IcL) ⁽³⁾	Potencia disipada a corriente nominal	Dimensiones An x P x AJ			
230 V	400 V	440 V							
kW	kW	kW	A	A	W	mm			
5,5	11	15	14,8	17	39	130 x 169 x 265	ATS22D17Q	7,000	
11	22	22	28,5	32	44	130 x 169 x 265	ATS22D32Q	7,000	
18,5	45	45	42	47	48	130 x 169 x 265	ATS22D47Q	7,000	
22	55	55	57	62	59	145 x 207 x 295	ATS22D62Q	12,000	
30	55	75	69	75	63	145 x 207 x 295	ATS22D75Q	12,000	
37	75	75	81	88	66	145 x 207 x 295	ATS22D88Q	12,000	
45	90	90	100	110	73	150 x 229 x 356	ATS22C11Q	18,000	
55	110	110	131	140	82	150 x 229 x 356	ATS22C14Q	18,000	
75	132	132	162	170	91	150 x 229 x 356	ATS22C17Q	18,000	
90	160	160	195	210	117	206 x 299 x 425	ATS22C21Q	33,000	
110	220	220	233	250	129	206 x 299 x 425	ATS22C25Q	33,000	
132	250	250	285	320	150	206 x 299 x 425	ATS22C32Q	33,000	
160	315	355	388	410	177	206 x 299 x 425	ATS22C41Q	33,000	
220	355	400	437	480	218	304 x 340 x 455	ATS22C48Q	50,000	
250	400	500	560	590	251	304 x 340 x 455	ATS22C59Q	50,000	

(1) In se refiere a la corriente continua máxima para motores de clase 10. Corresponde a la corriente nominal de un motor de clase 10 de 400 V y 4 polos estándar (área de aplicación estándar).

(2) IcL se refiere al calibre del arrancador.


(3) In = intensidad del motor / 3.

(4) Conectados con la configuración delta, los arrancadores permiten utilizar motores de un calibre superior al del arrancador. En esta configuración, la intensidad nominal del motor no debe exceder los 1,5 IcL.

Fuente: http://www.coevagi.com/Docs/Te_Ats22.pdf, Pág.: 12

ANEXO 11



Tabla 29. Datos Técnicos de conductor de aleación de Aluminio Desnudo AAAC




Sección Nominal mm ²	Formación Hilos x Diám. Nº x mm	Diámetro Exterior mm	Carga de Rotura KN	Resistencia Máxima		Capacidad de Corriente(*) Amp	Peso Total Kg/Km
				20°C c.c.	75°C c.a		
				Ohm/Km			
25	7 x 2,13	6,4	7,90	1,370	1,640	134	68
35	7 x 2,52	7,6	11,06	0,979	1,173	166	95
50	7 x 3,02	9,1	15,89	0,681	0,816	208	136
70	7 x 3,57	10,7	21,19	0,488	0,585	257	190
70	19 x 2,17	10,9	21,57	0,486	0,582	259	192
95	19 x 2,52	12,6	29,08	0,361	0,432	312	259
120	19 x 2,84	14,2	36,9	0,284	0,340	363	329
150	19 x 3,17	15,8	46,3	0,226	0,270	417	412
185	19 x 3,52	17,6	57,1	0,184	0,220	477	509
240	19 x 4,01	20,0	71,8	0,142	0,170	563	660

Los datos de la tabla están sujetos a tolerancias normales de manufactura.
(*)

Temperatura en el conductor : 75°C
 Temperatura ambiente : 30°C
 Velocidad del viento : 0,6 m/seg
 Radiación solar : 1000 W/m²
 Coeficiente de absorción solar : 0,5
 Coeficiente de emisividad : 0,5


Sostenibilidad a la entropía

Protección al medio ambiente



CONDUCTORES Y CABLES DEL PERÚ AV. LOS FRUTALES Nº 334 ATE - LIMA - PERÚ
 T. (+511) 713 6000 F. (+511) 713 6001 COMERCIAL@CEPER.COM.PE WWW.CEPER.COM.PE

Fuente: <http://www.ceper.com.pe/pdf/40/cuerda-de-aleacion-de-aluminio-aaac.pdf>

ANEXO 12

Tabla 30:

Guía de observación

Etapas	Duración	Herramientas	Equipo	Instrumento de Medición	Responsable
Conocer los procesos de diseño de una caseta de bombeo.	-	Lápiz y Hoja.	Cámara Fotográfica	-	Simbaña Calle, Jhony Daniel
Conocer los procedimientos de regado de cultivo mediante bomba con grupo electrógeno	-	Lápiz y Hoja.	Cámara Fotográfica	-	Simbaña Calle, Jhony Daniel
Conocer el tiempo de regado mediante grupo electrógeno	-	Lápiz y hoja.	-	Cronometro	Simbaña Calle, Jhony Daniel
Conocer las características del sistema de bombeo con grupo electrógeno.	-	Lápiz y hoja	-	-	Simbaña Calle, Jhony Daniel
Hacer medición de las dimensiones y niveles de nivel de agua, nivel del terreno y toma de coordenadas referenciales.	-	Lápiz y hoja	-	GPS, teodolito, nivel	Simbaña Calle, Jhony Daniel
Conocer las ventajas y desventajas de regar los cultivos con electrobombas.	-	Lápiz y hoja	-	-	Simbaña Calle, Jhony Daniel
Toma de resultados del gasto económico del diseño de una caseta de bombeo mediante electrobomba comparado a uso de una bomba accionada con un grupo electrógeno	-	Lápiz y hoja	Calculadora	-	Simbaña Calle, Jhony Daniel

Fuente: *Diseño Propio*

ANEXO 13

Guía de análisis de documentos

Tabla 31:

Guía de análisis de documentos.

Item.	Finalidad	Aplicación
Potencia mecánica.	Determinar la potencia necesaria de las electrobombas del sistema.	Sistema Mecánico
Flujo volumétrico.	Va a permitir el recorrido del agua de riego a través de las tuberías de succión y descarga.	Fluidos, volúmenes y masa
Red de Media Tensión.	Permitirá el suministro de energía eléctrica a las bombas, motores y tableros eléctricos.	Sistema eléctrico
Diseño Hidráulico.	Permitirá determinar los accesorios del árbol hidráulico, para el adecuado funcionamiento del sistema.	Sistema Hidráulico
Tiempo.	Comprobar el tiempo de regado de los cultivos de banano mediante el regado con grupo electrógeno y mediante electrobombas.	Tiempo de regado de los cultivos.
Control	Permitirá determinar el sistema de funcionamiento del sistema	Manejo y control de caseta de bombeo

Fuente: *Diseño Propio*

ANEXO 14



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Proyecto de Investigación

Título del Proyecto de Investigación

“DISEÑO DE UNA ESTACION DE BOMBEO DE AGUA DE RIEGO CON SU RESPECTIVO SISTEMA DE UTILIZACION 22.9 kV, 3Ø, PARA EL SECTOR MALLARITOS, DISTRITO DE MARCAVELICA, PROVINCIA DE SULLANA, DEPARTAMENTO DE PIURA”.

ENTREVISTA

Datos del Entrevistado:

Nombre y Apellido:.....

Ocupación :.....

Sexo :

Edad :

1. ¿De cuántas Hectáreas de cultivo de banano usted es propietario?
.....
.....
.....

2. ¿Qué tiempo se demora en regar sus cultivos de banano, mediante bomba accionada con grupo electrógeno?

.....
.....
.....

3. ¿Cuál es el costo por regar sus cultivos de banano mediante bomba accionada mediante grupo electrógeno?

.....
.....
.....

4. ¿Cuántas veces al mes, semana o día usted riega el banano?

.....
.....
.....

5. ¿Con que energía le gustaría funcione la caseta de bombeo?

.....
.....
.....

6. ¿De qué potencia desearía que sea la caseta de bombeo?

.....
.....
.....

7. ¿Cómo le gustaría que sea el control y manipulación de la caseta de bombeo?

.....
.....
.....

8. ¿Cuál es la producción aproximada de cosecha de banano por hectárea que usted cosecha?

.....
.....
.....

9. ¿Cuántas veces se produce banano al año?

.....
.....
.....

10. ¿Cuál es el proceso que demanda mayor trabajo para el regado de los cultivos de banano?

.....
.....
.....

11. ¿Tiene conocimiento de casetas de bombeo que funcionan con energía eléctrica?

.....
.....
.....

12. ¿De qué material le gustaría que fuese construida la caseta?

.....
.....
.....

ANEXO 15



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica

FORMATO DE ENCUESTA

Por favor conteste la encuesta con la mayor sinceridad y según su criterio, dado que su respuesta es de suma importancia para el proyecto, marque con un aspa lo que usted crea conveniente, y llene la información solicitada en los espacios libres.

Nombre del encuestado:.....

Edad....., Sexo..... Nacionalidad.....

Lugar de la encuesta: Distrito.....Provincia.....

1. ¿Cuántas hectáreas de cultivo riega con la caseta de bombeo de la cooperativa Pequeños Productores de Banano Organico S.A?

2. ¿Cuántas personas te apoyan para el regado de tus cultivos de banano?

.....

3. El regado lo haces de forma:

A) Electrobomba

B) Manual

C) Grupo electrogeneo

¿Si el costo de regar con electrobomba fuera mas barato, ¿estaría usted dispuesto a invertir en conjunto con los socios de la cooperativa Pequeños Productores de Banano Organico S.A, para se instale una caseta de bombeo que funcione con energía eléctrica?

Si.....

No.....

4. ¿Cuál es el procedimiento que usted realiza para regar sus cultivos de banano?

.....
.....

5. ¿Con qué frecuencia usted realiza el regado de sus cultivos de banano?

.....

7. ¿Qué tiempo usted invierte para el regado de sus cultivos?

.....

8. De que forma realiza la cosecha del banano (especificar procedimiento)

.....
.....

9. ¿Cuáles son sus recomendaciones para diseño de una caseta de bombeo?

.....
.....
.....
.....

GRACIAS POR SU COLABORACION

ANEXO 16 PANEL FOTOGRAFICO



Figura 21: Interior de Caseta de bombeo

Fuente: Caseta de Bombeo de Cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A.

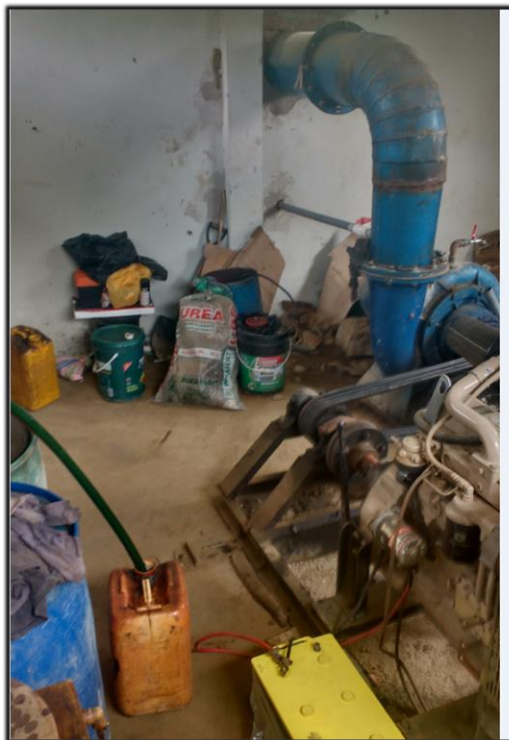


Figura 22: Interior de la Caseta de bombeo

Fuente: Caseta de Bombeo de Cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A.



Figura 23: Vista panorámica de canal que suministra agua a caseta de bombeo.
Fuente: Canal Miguel Checa – Distrito Marcavelica – Provincia Sullana



Figura 24: Vista de tubería de Descarga de la caseta de bombeo.
Fuente: Caseta de Bombeo de Cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A.

TOPOGRAFIA



Figura 25: Trabajos de topografía en zona de Caseta de Bombeo
Fuente: Caseta de Bombeo de Cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A.



Figura 26: Trabajos de toma de niveles en zona de Caseta de Bombeo
Fuente: Caseta de Bombeo de Cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A.



Figura 27: Trabajos de topografía en zona de Caseta de Bombeo
Fuente: Caseta de Bombeo de Cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A.



Figura 28: Trabajos de toma de niveles en zona de Caseta de Bombeo
Fuente: Caseta de Bombeo de Cooperativa Pequeños Propietarios de Banano Orgánico S.A.

ANEXO 17



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica

ANALISIS DE COSTOS

Para elaborar el presupuesto de la caseta de bombeo, es necesario tener en cuenta los siguientes costos:

- Costos de diseño
- Costos de Suministro de materiales
- Costo de Montaje electromecánico
- Costos Imprevistos

Tabla 32:

Costo del proyecto

ITEM	DESCRIPCION	COSTO S/.
A	SUMISTRO DE EJECUCION	
Componente 1	EQUIPAMIENTO Y TABLEROS ELECTRICOS DE POTENCIA Y CONTROL	240,189.20
Componente 2	RED MEDIA TENSION	97,997.62
Componente 3	CONSTRUCCION PARTE CIVIL	140,000.00
	COSTO DE EJECUCION	478,186.82

B	COSTO DE DISEÑO (5% DE A)	23,909.34
C	COSTO DE IMPREVISTOS (5% DE A)	23,909.34
D	SUPERVISION DE EJECUCION (5% A)	23,909.34

SUB TOTAL	549,914.84
GASTOS GENERALES 10%	54,991.48
SUB TOTAL	604,906.33
IGV 18%	108,883.14

TOTAL GENERAL	658,797.98
----------------------	-------------------

Fuente: Diseño Propio

DESAGREGADO DE COSTO DEL PROYECTO

Tabla 33:

Costo de Componente N 01, Equipamiento y Tableros Eléctricos de Potencia y Control

ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO PARCIAL S/.	PRECIO PARCIAL S/.
1.00	SUMINISTRO DE MATERUALES Y EQUIPOS					180,189.20
1.01	Campana Ø 16" x Ø 18", de fierro acerado soldable	UND	2.00	1,050.00	2,100.00	
1.02	Válvula Check de Pie con canastilla de 16" Ø (400mm) con lengüeta de bronce	UND	2.00	650.00	1,300.00	
1.03	Tubería de Ø 16" cedula 40	M	24.00	890.00	21,360.00	
1.04	Codo 90° Ø 16", cedula 40	UND	2.00	930.00	1,860.00	
1.05	Unión excéntrica Ø 10" x Ø 8", punta para soldar	UND	2.00	1,200.00	2,400.00	
1.06	Tubería de Ø 10" cedula 40	M	17.00	830.00	14,110.00	
1.07	Unión Dresser Tipo 38 Ø 10"	UND	2.00	770.00	1,540.00	
1.08	Válvula Duplo Check vertical Ø 10"	UND	2.00	625.00	1,250.00	
1.09	Válvula Mariposa Ø 10"	UND	2.00	740.00	1,480.00	
1.10	Tee Ø 10" x Ø 10", cedula 40	UND	2.00	1,200.00	2,400.00	
1.11	Brida de Ø 10", cedula 40	UND	13.00	162.00	2,106.00	
1.12	Brida de Ø 16", cedula 40	UND	10.00	195.00	1,950.00	
1.13	Tubería de F°G° Ø 1"	M	16.00	15.00	240.00	
1.14	Manómetro Ø 3" de 0 - 15 psi	UND	2.00	110.00	220.00	
1.15	Motor Eléctrico de 50 HP, 440v, 3Ø, 60 Hz, 4 polos	UND	2.00	16,500.00	33,000.00	
1.16	Bomba Centrífuga Horizontal de Flujo Mixto Ø 16" x Ø 10", Caudal 135 Lt/s a 5.6m	UND	2.00	28,000.00	56,000.00	
1.17	Acoplamiento Flexible E-10	UND	2.00	960.00	1,920.00	
1.18	Placa Base de Acero Estructural. Viga "U" de 4" para motor de 50HP/ Bomba de Ø 10" x Ø 10"	UND	2.00	3,250.00	6,500.00	
1.19	Válvula de Bola Ø 1"	UND	2.00	90.00	180.00	
1.20	Bomba para cebado de 1 HP		1.00	650.00	650.00	
1.21	Dado de concreto para bomba y motor de 50 HP		2.00	650.00	1,300.00	
1.22	Dado de concreto para Bomba Autocebante	UND	1.00	140.00	140.00	
1.23	Codo Ø 10" 45°, cedula 40	UND	1.00	1,050.00	1,050.00	
1.24	Codo Ø 10" 90°, cedula 40	UND	1.00	890.00	890.00	
1.25	Rompe Aguas.	UND	2.00	130.00	260.00	
1.26	Codo de F.G. de 1" Ø, punta roscada	UND	2.00	12.00	24.00	
1.27	Perno Pasante para Válvula Duplo Check Completo 10" Ø	UND	16.00	7.80	124.80	
1.28	Perno Pasante para Válvula Mariposa de 10 Ø Completo	UND	16.00	7.80	124.80	
1.29	Tapa Bridada Ciega de 10" Ø	UND	1.00	180.00	180.00	
1.30	Tee de 1" Ø F. Galvanizada Rosca	UND	1.00	12.00	12.00	
1.31	Unión Universal de 1" Ø, F°G°	UND	6.00	12.00	72.00	
1.32	Tablero para electrobombas	CJT	1.00	15,500.00	15,500.00	

ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO PARCIAL S/.	PRECIO PARCIAL S/.
1.33	Tablero para bomba autocebante		1.00	720.00	720.00	
1.34	Perno de Acero para brida de 10" Ø (3/4" Ø x 3 1/2) Huacha / Tuerca	UND	104.00	7.50	780.00	
1.35	Perno de Acero de para brida 16" Ø (1" Ø x 4") Huacha / Tuerca	UND	100.00	8.50	850.00	
1.36	Perno para anclaje GRADO 8, 1" X 8"	UND	16.00	6.00	96.00	
1.37	Empaques de 10" Ø x 1/8" Gebe / Lona	UND	13.00	28.00	364.00	
1.38	Empaque de 16" Ø x 1/8" Gebe / Lona	UND	10.00	28.00	280.00	
1.39	Soporte tipo H de Tubo 4" Ø para soporte de Tubo de 16" y 10"Ø	UND	3.00	540.00	1,620.00	
1.40	Soporte tipo H de Tubo 2" Ø para soporte de Tubo de 1" Ø	UND	2.00	280.00	560.00	
1.41	Dado para Soporte de H de 4" Ø	UND	3.00	330.00	990.00	
1.42	Dado para Soporte de H de 2" Ø	UND	2.00	120.00	240.00	
1.43	Tablero de PVC para electrobomba autocebante	CJT	1.00	230.00	230.00	
1.44	Puesta a tierra tipo varilla (Inc. Accesorios de fijación)	CJT	3.00	340.00	1,020.00	
1.45	Conductor THW N° 12	m	24.00	0.90	21.60	
1.46	Tubo de PVC de 3/4" Ø	m	30.00	1.00	30.00	
1.47	Codo de PVC de 3/4" Ø	UND	4.00	1.00	4.00	
1.48	Tablero para iluminación interiores de PVC (completo)	UND	1.00	140.00	140.00	
2.00	MONTAJE ELECTROMECANICO					60,000.00
2.01	MONTAJE ELECTROMECANICO	GLB	1.00	55,000.00	55,000.00	
2.02	TRANSPORTE	GLB	1.00	5,000.00	5,000.00	
	COSTO TOTAL S/.					240,189.20

Fuente: Diseño Propio

Tabla 34:

Costo de Componente N° 02: Red de Media Tensión

ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO PARCIAL S/.	PRECIO PARCIAL S/.
1.00	SUMINISTRO DE MATERIALES					64,589.70
1.01	ACCESORIOS DE POSTES Y CRUCETAS					
1.01.01	POSTE DE C.A.C P/AT 13/300/165/360	Unid	8.00	1,150.00	9,200.00	
1.01.02	POSTE DE C.A.C P/AT 13/400/155/360	Unid	5.00	1,250.00	6,250.00	
1.01.03	CRUCETA DE CAV TIPO SIMETRICA PARTIDA DE 1.50M	Unid	1.00	110.00	110.00	
1.01.04	CRUCETA DE CAV TIPO ASIMETRICA DE 1.50M	Unid	1.00	105.00	105.00	
1.01.05	CRUCETA DE CAV TIPO SIMETRICA DE 1.5 M	Unid	13.00	115.00	1,495.00	
1.01.06	MEDIA LOZA CAV 1.10M/750 (SOPORTE DE TRANSFORMADOR)	Unid	2.00	130.00	260.00	
1.01.07	MEDIA PALOMILLA DE CAV 1.10 /100	Unid	1.00	120.00	120.00	
1.01.08	PERNO Fo.Go. MAQUINADO 16MM x 254 MM C/TUERCA, CONTRATUERCA	Unid	6.00	10.00	60.00	
1.01.09	PERNO FoGo MAQUINADO 16MM x 406 MM C/TUERCA, CONTRATUERCA	Unid	18.00	12.00	216.00	
1.01.10	ARANDELA CUADRADA PLANA DE AoGo DE 57x57x5 MM	Unid	52.00	1.50	78.00	
1.01.11	PLANCHA DOBLADA DE COBRE TIPO "J"	Unid	62.00	7.00	434.00	
1.01.12	CONECTOR Cu TIPO SPLIT BOLD	Unid	38.00	3.00	114.00	
1.01.13	PERILLA DE CONCRETO	Unid	13.00		-	
1.02	AISLADORES POLIMERICOS TIPO PIN Y ACCESORIOS					
1.02.01	AISLADOR POLIMERICO TIPO PIN 27KV LF = 750 MM (INC ACCESORIOS DE FIJACION)	Unid	37.00	120.00	4,440.00	
1.02.02	VARILLA DE ARMAR DE AI AI P/CONDUCTOR 35MM2	Unid	37.00	7.00	259.00	
1.02.03	ALAMBRE DE AMARRE AI PARA CONDUCTOR 35 MM2	M	37.00	2.00	74.00	
1.02.04	ESPIGA RECTA PARA AISLADOR POLIMERICO TIPO PIN PARA CRUCETA	Unid	26.00	12.00	312.00	
1.02.05	ESPIGA PUNTA DE POSTE	Unid	12.00	16.00	192.00	
1.03	AISLADORES POLIMERICOS TIPO SUSPENSION Y ACCESORIOS					
1.03.01	AISLADOR POLIMERICO TIPO SUSPENSION 27 KV LF=750 MM (INC ACCESORIOS DE FIJACION)	Unid	27.00	85.00	2,295.00	
1.03.02	GRAPA TIPO PISTOLA ALEACION ALUMINIO 2 PERNOS 16-70 MM2	Unid	27.00	20.00	540.00	
1.03.03	CINTA DE ARMAR DE AL- AL P/ CONDUCTOR 35 MM2	Unid	32.40	3.00	97.20	
1.03.04	PERNO OJO DE AoGo 16MM diam x 254 MM LONG INC TUERCA Y CONTRATUERCA	Unid	10.00	10.00	100.00	
1.03.05	PERNO OJO DE AoGo 16MM diam x 305MM LONG INC TUERCA Y CONTRATUERCA	Unid	14.00	12.00	168.00	
1.03.06	ARANDELA CUADRADA CURVA DE AoGo DE 57x 57 X5mm	Unid	76.00	1.50	114.00	
1.03.07	GRILLETE LIRA	Unid	27.00	8.00	216.00	
1.03.08	TUERCA OJO DE AoGo 16 MM diam	Unid	6.00	7.00	42.00	
1.04	CONDUCTORES Y CABLES					
1.04.01	CONDUCTOR DE Cu, DESNUDO , 7 HILOS 25 MM 2, TEMPLE DURO	M	33.00	13.00	429.00	

ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO PARCIAL S/.	PRECIO PARCIAL S/.
1.04.02	CONECTOR CUÑA TIPO AMPAC PARA 50/35MM2	Unid	6.00	8.00	48.00	
1.04.03	CONECTOR CUÑA TIPO AMPAC PARA 35/35MM2 AL/AL	Unid	36.00	7.00	252.00	
1.04.04	CONECTOR CUÑA TIPO AMPAC PARA 35/25 MM2 AL/CU	Unid	12.00	6.00	72.00	
1.05	PUESTAS A TIERRA TIPO VARILLA					
1.05.01	VARILLA COOPERWELD 15 mm DIAM x 2,40m	Unid	7.00	38.00	266.00	
1.05.02	CONECTOR DE BRONCE TIPO AB P/VARILLA COOPERWELD	Unid	7.00	7.00	49.00	
1.05.03	CONECTOR DOBLE VIA DE Cu, P/CONDUCTOR 35MM2 C/DOBLE PERNO	Unid	7.00	5.00	35.00	
1.05.04	BENTONITA (SACO 35KG)	Sac.	14.00	28.00	392.00	
1.05.05	TIERRA CERNIDA AGRICOLA	M3	7.00	22.00	154.00	
1.05.06	CAJAS DE CONCRETO ARMADO P/PUESTA A TIERRA CIRCULAR C/LOGO	Unid	7.00	25.00	175.00	
1.05.07	TUBO 20 mm PVC SEL P/CIRCUITO DE FUERZA TCTE	MI	7.00	1.00	7.00	
1.05.08	CONECTOR Cu TIPO SPLIT BOLD	Unid	7.00	4.00	28.00	
1.05.09	CONDUCTOR DE CU, DESNUDO, 7 HILOS ,25mm2, TEMPLE BLANDO	M	166.00	13.00	2,158.00	
1.06	PUESTAS A TIERRA TIPO ESPIRAL					
1.06.01	CONECTOR Cu TIPO SPLIT BOLD	Unid	8.00	4.00	32.00	
1.06.02	CONDUCTOR DE CU, DESNUDO, 7 HILOS ,25mm2, TEMPLE BLANDO	M	160.00	13.00	2,080.00	
1.07	RETENIDAS Y ANCLAJES					
1.07.01	PERNO ANGULAR DE AoGo 16mm diam x 254mm DE LONGITUD INC TUERCAY CONTRATUERCA	Unid	7.00	10.00	70.00	
1.07.02	CABLE AoGo DE 10mm DIAM. 7 HILOS	M	84.00	3.50	294.00	
1.07.03	MORDAZA PREFORMADA PARA CABLE DE 3/8", 7 H	Unid	28.00	7.00	196.00	
1.07.04	VARILLA DE ANCLAJE CON GUARDACABO AoGo 5/8" DIAM x 2.40 m	Unid	7.00	32.00	224.00	
1.07.05	ARANDELA CUADRADA DE AoGo DE 102x102 x 6.35 mm HUECO 18 mm DIAM	Unid	7.00	1.50	10.50	
1.07.06	BLOQUE DE CONCRETO ARMADO DE 0.50 x 0.50 x 0.20 M	Unid	7.00	18.00	126.00	
1.07.07	CANAleta GUARDACABLE AoFo PARA CABLE DE 3/8" RETENIDA MT	Unid	7.00	33.00	231.00	
1.07.08	ARANDELA CUADRADA CURVA DE AoGo DE 57x57 x5mm	Unid	14.00	1.50	21.00	
1.07.09	GRAPA ANGULAR TIPO MANITO	Unid	3.00	4.00	12.00	
1.07.10	AISLADOR POLIMERICO TIPO SUSPENSION 27 KV LF=750 MM (INC ACCESORIOS DE FIJACION)	Unid	7.00	85.00	595.00	
1.07.11	CONTRAPUNTA DE F°G° DE 1.0 MM	Unid	-	-	-	
1.08	TRANSFORMADORES Y EQUIPOS DE PROTECCION					
1.08.01	TRANSFORMADOR POTENCIA 75 KVA, TRIFASICO, 22.9/0.44-0.23 KV, MONT EXT VER ESP TEC.	Unid	1.00	8,500.00	8,500.00	
1.08.02	TRAFOMIX 10 -22.9/0.22 KV 3.5-10/5A CLAE 0.2S	Unid	1.00	11,700.00	11,700.00	
1.08.03	SECCIONADOR TIPO CUT OUT 27 KV, 100AMP, 125 KV BILL 10 KA	Unid	6.00	430.00	2,580.00	

ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO PARCIAL S/.	PRECIO PARCIAL S/.
1.08.04	FUSIBLE DE EXPULSION TIPO "K" 27 KV 10 KA DE 6ª	Unid	6.00	8.00	48.00	
1.08.05	PARARAYO PORCELANA 24KV , TIPO AUTOVALVULA OXIDO METALICO	Unid	6.00	380.00	2,280.00	
1.08.06	CINTA BAND-IT Ao INOXIDABLE 3/4" x 30.5m x 0.76 MM	ROL	14.00	4.00	56.00	
1.08.07	HEBILLA Ao INOXIDABLE PARA FLEJE 3/4"	Unid	14.00	3.00	42.00	
1.08.08	TUBO DE F°G° DE 4"	Unid	2.00	140.00	280.00	
1.08.09	PLATINA PARA SUJECION DE TRANSFORMADOR Y/O TRAFORMIX	Unid	8.00	7.00	56.00	
1.09	TABLERO DE MEDICION Y DISTRIBUCIÓN					
1.09.01	TABLERO DE MEDICION MEDIA TENSION C/MEDIDOR ELECTRONICO AIRQL PLUS+	Unid	1.00	3,800.00	3,800.00	
2.00	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO					33,407.92
2.01	MONTAJE DE POSTE DE CAC P/A T 13/300/165/360(INC ACARREO, EXCAVACIÓN CIMENTACION Y SOLADO).	Unid	8.00	250.00	2,000.00	
2.02	MONTAJE DE POSTE DE CAC P/A T 13/400/165/360(INC ACARREO, EXCAVACIÓN CIMENTACION Y SOLADO).	Unid	5.00	250.00	1,250.00	
2.03	MONTAJE DE ARMADO EN PD	Unid	1.00	150.00	150.00	
2.04	MONTAJE DE ARMADO PMI	Unid	1.00	170.00	170.00	
2.05	MONTAJE DE ARMADO PS1-3	Unid	12.00	130.00	1,560.00	
2.06	MONTAJE DE ARMADO PR2T	Unid	5.00	145.00	725.00	
2.07	MONTAJE DE ARMADO PRT	Unid	6.00	148.00	888.00	
2.08	MONTAJE DE TRANSFORMADOR	Unid	2.00	650.00	1,300.00	
2.09	MONTAJE DE TRAFOMIX)	Unid	1.00	650.00	650.00	
2.10	MONTAJE DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	Unid	2.00	260.00	520.00	
2.11	TENDIDO DE CONDUCTOR DE AL TIPO AAAC 35 MM2	M	6,438.60	2.20	14,164.92	
2.12	MONTAJE DE PUESTA A TIERRA TIPO VARILLA	Unid		135.00		
2.13	MONTAJE DE PUESTA A TIERRA TIPO ESPIRAL	Unid	13.00	90.00	1,170.00	
2.14	MONTAJE DE RETENIDA SIMPLE	Unid	14.00	145.00	2,030.00	
2.15	MONTAJE DE RETENIDA VERTICAL	Unid	4.00	170.00	680.00	
2.16	PRUEBAS ELECTRICAS DE REDES EN MEDIA TENSION	GLB	1.00	450.00	450.00	
2.17	CORTE POR EMPALME EN MEDIA TENSION (01 HORA APROXIMADAMENTE)	GLB	1.00	2,500.00	2,500.00	
2.18	TRANSPORTE	GLB	1.00	3,200.00	3,200.00	
	COSTO TOTAL S/.					97,997.62

Fuente: Diseño Propio

LAMINAS DE DETALLE

La caseta de bombeo está conformada por las siguientes láminas:

Relación de Láminas:

Tabla 35:

Nomenclatura y descripción de Láminas de detalle

Descripción	Nº de Plano	Parte del Ensamblaje	Formato	Escala
Armado TIPO PS1-3	01	Red de Media Tensión	A4	S/E
Armado TIPO PR2T	02	Red de Media Tensión	A4	S/E
Armado TIPO PRT	03	Red de Media Tensión	A4	S/E
Armado TIPO PMI	04-1	Red de Media Tensión	A4	S/E
Armado TIPO PMI	04-2	Red de Media Tensión	A4	S/E
Armado TIPO STM-1	5-1	Red de Media Tensión	A4	S/E
Armado TIPO STM-1	5-2	Red de Media Tensión	A4	S/E
Cimentación	06	Red de Media Tensión	A4	S/E
Puesta a tierra tipo varilla PAT-1	07	Red de Media Tensión	A4	S/E
Puesta a tierra tipo varilla PAT-2	08	Red de Media Tensión	A4	S/E
Retenida simple	09	Red de Media Tensión	A4	S/E
Placas de señalización	10	Red de Media Tensión	A4	S/E
Señalización de puesta a tierra	11	Red de Media Tensión	A4	S/E
Caja y tapa de concreto para puesta a tierra	12	Red de Media Tensión	A4	S/E

Fuente: *Diseño Propio*

PLANOS

La caseta de bombeo está conformada por los siguientes planos:

Relación de Planos:

Tabla 36:

Nomenclatura y Descripción de Planos

Descripción	Nº de Plano	Parte del Ensamblaje	Formato	Escala
Red primarias 22.9 Trifásico	RP-01	Equipamiento	A2	1/50
Equipamiento – Vista de Planta	EQ-01	Equipamiento	A2	1/50
Equipamiento – Vista Izquierda	EQ-02	Equipamiento	A2	1/50
Equipamiento – Vista Frontal	EQ-03	Equipamiento	A2	1/50
Equipamiento – Vista de Posterior	EQ-04	Equipamiento	A2	1/50

Fuente: *Diseño Propio*

LAMINAS DE DETALLE

PLANOS

