

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO
POBLADO RURAL-ILAVE**

TESIS

PRESENTADA POR:

DAVID CHOQUE ARCE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA
PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE”**

TESIS PRESENTADA POR:

DAVID CHOQUE ARCE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE:



ING. ZENÓN MELLADO VARGAS

PRIMER MIEMBRO:



M.Sc. MARIANO ROBERTO GARCÍA LOAYZA

SEGUNDO MIEMBRO:



ING. WALTER HUGO LIPA CONDORI

DIRECTOR / ASESOR:



ING. RAÚL FERNANDO ECHEGARAY CHAMBI

ÁREA : Hidráulica

TEMA: Abastecimiento de agua potable

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica y Medio Ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 DE DICIEMBRE DEL 2018

DEDICATORIA

La presente tesis ha pasado a formar una de las experiencias más importantes de mi vida y por este motivo va dedicada en primer lugar a Dios por ser la luz que guía mi camino.

*Con mucho cariño y eterna gratitud a mi madre **PASCUALA ARCE PONGO**, que es mi guía Continua y por su gran apoyo para culminar mi carrera profesional.*

*A mi hermana **ROXANA CHOQUE ARCE** por su gran apoyo y confianza.*

Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Del Altiplano – Puno, y en especial a la Facultad de Ingeniería Civil, por guiarme y orientarme personal y profesionalmente en todo el camino para llegar hasta aquí.

Al ingeniero Raúl Fernando Echegaray Chambi, por la acertada dirección del trabajo de Tesis.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, que, han contribuido en mi formación personal y superación profesional.

A los miembros de jurado revisor Ing. Zenón Mellado Vargas, M.Sc. Mariano Roberto Garcia Loayza, Ing. Walter Hugo Lipa Condori, por todo su apoyo y sugerencias constructivas a mi persona.

A todas las personas y amigos que me dieron unas palabras de aliento en los momentos difíciles y me impulsaron a plasmar el proyecto de tesis.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	15
RESUMEN.....	16

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN.....	20
1.1. PLANTEAMIENTO DEL TEMA OBJETO DE ESTUDIO	21
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2.1. Formulación del problema	22
1.2.2. Problema específico.....	23
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.3.1. Hipótesis general	23
1.3.2. Hipótesis específicos	23
1.4. ANTECEDENTES	24
1.5. JUSTIFICACIÓN	27
1.6. OBJETIVOS DE ESTUDIO	28

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA	29
2.1. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN POBLADOS RURALES.....	29
2.1.1. Distribución del agua en la naturaleza.....	29
2.1.1.1. <i>Constitución de la hidrósfera</i>	29
2.1.1.2. <i>El ciclo hidrológico</i>	30
2.1.2. Usos y características del agua potable	32
2.1.2.1. <i>Usos del agua</i>	32
2.1.2.2. <i>Calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano</i>	35
2.1.3. Sistemas de abastecimiento de agua potable	38
2.1.3.1. <i>Sistema de abastecimiento de agua por gravedad</i>	39
2.1.3.2. <i>Sistema de abastecimiento de agua por bombeo</i>	39
2.1.4. Consideraciones a seguir para la selección del sistema de abastecimiento de agua.....	39

2.1.4.1. Consideraciones técnicas para la selección del sistema de abastecimiento de agua	40
2.1.4.2. Consideraciones sociales para la selección del sistema de abastecimiento de agua	41
2.1.4.3. Consideraciones económicas para la selección del sistema de abastecimiento de agua	42
2.1.5. Fuentes de abastecimiento de agua potable en zonas rurales	42
2.1.5.1. Agua pluvial como fuente de abastecimiento de agua	43
2.1.5.2. Fuente superficial	46
2.1.5.3. Fuente subterránea	48
2.2. ENERGÍA SOLAR	50
2.2.1. Origen de la energía solar	50
2.2.2. Radiación solar	50
2.2.2.1. Tipos de radiación.	51
2.2.2.2. Factores que afectan la cantidad de radiación solar disponible en un lugar	52
2.2.3. Formas de aprovechar la energía solar	52
2.2.4. Células solares	53
2.2.4.1. Principio de funcionamiento.	53
2.2.4.2. Tipos de células solares.	53
2.2.5. Paneles fotovoltaicos	55
2.2.5.1. Características eléctricas de los paneles fotovoltaicos	55
2.2.5.2. Conceptos importantes para el dimensionado y ubicación de los paneles	56
2.2.6. Radiación solar en Perú	59
2.2.7. Proyectos con energía solar en Perú	61
2.2.8. Instrumentos de medida de radiación	61
2.2.8.1. Piranómetro	62
2.2.8.2. Pirheliómetro	62
2.2.8.3. Heliógrafo	63
2.2.9. Energía solar fotovoltaica	64
2.2.10. Bombeo solar	65
2.2.10.1. Componentes de una instalación típica de bombeo solar	66
2.2.10.2. Tipos de bomba solar	67
2.2.10.3. Funcionamiento de un sistema de bombeo solar	71
2.2.10.4. Requerimientos previos para la instalación de un sistema de bombeo solar	72
2.2.10.5. Aplicaciones del bombeo solar	73
2.2.10.6. Ventajas del sistema de bombeo solar	74

2.3. ENERGÍA EÓLICA	76
2.3.1. Naturaleza de la energía eólica	77
2.3.2. El aerogenerador	77
2.3.2.1. Clasificación de los aerogeneradores.	77
2.3.2.2. Fundamentos aerodinámicos del aerogenerador.	82
2.3.2.3. Especificaciones técnicas de los aerogeneradores	84
2.3.3. Velocidad del viento en Perú	85
CAPITULO III	
3. DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN	87
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	87
3.1.1. Investigación descriptiva	87
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN	88
3.2.1. Población.	88
3.2.2. Muestra.	88
3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS	88
3.4. PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	88
3.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁMBITO DE ESTUDIO ...	89
3.5.1. Características socioeconómicas	93
3.5.2. Características agroeconómicas	94
3.6. MATERIALES Y EQUIPOS	94
3.7. FACTORES DETERMINANTES EN LA EVALUACIÓN TÉCNICA ..	95
3.7.1. Sistema adecuado de captación en zonas rurales	95
3.7.1.1. Manantiales	96
3.7.1.2. Pozo excavado de gran diámetro o noria	100
3.7.1.3. Pozos tubulares	104
3.7.1.4. Aspectos hidráulicos de las fuentes subterráneas	110
3.7.2. Línea de impulsión	112
3.7.2.1. Criterios y parámetros de diseño	113
3.7.2.1.1. Caudal de diseño	113
3.7.2.1.2. Diámetro de la tubería	114
3.7.2.1.3. Velocidad y presión	115
3.7.2.1.4. Clase y material de tuberías	115
3.7.2.2. Pérdida de carga en las tuberías	116
3.7.2.3. Golpe de ariete	119
3.7.2.3.1. Valor de la celeridad	119

3.7.2.3.2. <i>Tiempo de cierre de la válvula y tiempo de parada de bombas.</i>	
<i>Cierre lento y cierre rápido</i>	120
3.7.2.3.3. <i>Método práctico para el cálculo del golpe de ariete</i>	123
3.7.3. Almacenamiento y regulación del agua.....	125
3.7.3.1. <i>Consideraciones para el diseño de reservorios de almacenamiento</i> .	126
3.7.3.2. <i>Capacidad mínima de almacenamiento y regulación del agua</i>	128

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	129
4.1. EVALUACIÓN DE REQUERIMIENTOS Y RECURSOS DISPONIBLES.....	129
4.1.1. Necesidad hídrica del centro poblado	129
4.1.2. Evaluación de la altura de bombeo.	130
4.1.3. Fuentes de agua disponibles	130
4.1.4. Potencial eólico y solar	131
4.1.4.1. <i>Potencial solar</i>	131
4.1.4.1.1. <i>Radiación solar en el distrito de ilave según el mapa del atlas de radiación solar de perú</i>	135
4.1.4.1.2. <i>Horas solar pico (hsp)</i>	137
4.1.4.2. <i>Potencial eólico</i>	138
4.1.4.2.1. <i>Velocidad del viento en la región según el atlas de viento y energía eólica de perú</i>	140
4.1.4.2.2. <i>Velocidad del viento según la nasa</i>	141
4.1.4.2.3. <i>Energía obtenida a partir del viento</i>	142
4.2. TECNOLOGÍAS APROPIADAS A SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	143
4.3. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POR BOMBEO CON ENERGÍA SOLAR	145
4.3.1. Aspectos poblacionales	146
4.3.1.1. <i>Análisis del crecimiento poblacional</i>	146
4.3.1.2. <i>Período de diseño</i>	147
4.3.1.3. <i>Poblacional actual</i>	148
4.3.1.4. <i>Cálculo de la población de diseño</i>	148
4.3.2. Criterios de diseño del sistema rural de abastecimiento de agua	150
4.3.2.1. <i>Dotaciones</i>	150
4.3.2.2. <i>Variaciones de consumo</i>	152
4.3.2.3. <i>Caudal de diseño</i>	155
4.3.2.4. <i>Tratamiento del agua</i>	156
4.3.3. Diseño de los elementos del sistema de impulsión de abastecimiento de agua potable con energía fotovoltaica.....	157

4.3.3.1. <i>Diseño de la estructura de captación tipo fondo</i>	157
4.3.3.2. <i>Diseño de la línea de impulsión: estructura de captación- reservorio apoyado de regulación y almacenamiento</i>	160
4.3.4.3. <i>Diseño del sistema de bombeo con utilización de la energía solar fotovoltaica.</i>	164
4.3.4.4. <i>Diseño del reservorio apoyado de almacenamiento y regulación</i>	173
4.3.4.4.1. <i>Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación.</i>	174
4.3.4.4.2. <i>Diseño estructural del reservorio</i>	191
4.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POR BOMBEO CON ENERGÍA SOLAR FRENTE A UNA ENERGÍA CONVENCIONAL	208
4.4.1. Evaluación económica del sistema solar	209
4.4.1.1. <i>Inversión inicial de proyecto</i>	209
4.4.1.2. <i>La vida útil de los componentes del sistema FV</i>	210
4.4.1.3. <i>Inversión en el tiempo del proyecto</i>	210
4.4.2. Evaluación económica del sistema convencional	212
4.4.2.1. <i>Inversión inicial del proyecto</i>	212
4.4.2.2. <i>Inversión en el tiempo del proyecto</i>	212
4.4.3. Costo total de inversión	214
4.4.4. Costo de la energía solar	216
4.4.5. Costo de la energía convencional	217
4.5. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ADECUADA PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE	217
CAPITULO V	
5. CONCLUSIONES	219
CAPITULO VI	
6. RECOMENDACIONES	221
CAPITULO VII	
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS	222
ANEXOS	225

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1. Esquema del ciclo hidrológico.....	31
Figura N° 2.2. Componentes de un sistema de captación de agua de lluvia.	45
Figura N° 2.3. Arreglo de almacenamiento de agua pluvial.	45
Figura N° 2.4. Esquema de estructura simple de captación de agua superficial.	47
Figura N° 2.5. Tipos de radiación sobre una superficie.	52
Figura N° 2.6. Células de silicio monocristalino.....	54
Figura N° 2.7. Células de silicio policristalino.....	54
Figura N° 2.8. Células de silicio amorfo.	55
Figura N° 2.9. Ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre un módulo en posición horizontal.....	57
Figura N° 2.10. (a) Orientación de los módulos fotovoltaicos para un sitio ubicado al sur, (b) orientación y ángulo de inclinación recomendado para Perú (ubicada en latitud sur).....	58
Figura N° 2.11. Mapa final con el promedio anual de radiación solar.....	60
Figura N° 2.12. Representación esquemática de un piranómetro de radiación total..	62
Figura N° 2.13. Representación esquemática de un pirheliómetro.	63
Figura N° 2.14. Representación esquemática de un heliógrafo de Campbell- Stockes.....	63
Figura N° 2.15. Esquema de una instalación típica de un sistema FV de bombeo de agua.....	67
Figura N° 2.16. Esquema de una bomba centrífuga superficial.	68
Figura N° 2.17. Esquema de una bomba centrífuga sumergible.	68
Figura N° 2.18. Esquema de una bomba volumétrica de cilindro.....	69
Figura N° 2.19. Intervalos comunes donde se aplica los diferentes tipos de bombas solares.	70
Figura N° 2.20. Con radiación solar débil el panel proporciona poca potencia y la bomba extrae poco caudal.....	71
Figura N° 2.21. Con radiación solar fuerte el panel proporciona mucha potencia y la bomba extrae mucho caudal.	72
Figura N° 2.22. Aerogenerador tipo Savonius.	78
Figura N° 2.23. Aerogenerador tipo Darrieus.	79

Figura N° 2.24. Aerogenerador de eje horizontal.....	79
Figura N° 2.25. Esquema de aerogenerador a barlovento (a) y a sotavento (b).....	80
Figura N° 2.26. Aerogeneradores monopala (a), bipala (b) y tripala (c).....	81
Figura N° 2.27. Aerogenerador multipala.	82
Figura N° 2.28. Promedio anual de viento en el Perú.	86
Figura N° 3.1. Esquema Metodológico Básico para la Evaluación de las Alternativas de Bombeo	89
Figura N° 3.2. Distintas clases de manantiales.....	98
Figura N° 3.3. Esquema de cámaras de almacenamiento de agua de manantial.....	100
Figura N° 3.4. Excavación de pozos mediante anillos de hinca.....	101
Figura N° 3.5. Pozo excavado sellado herméticamente para protección sanitaria...	102
Figura N° 3.6. Grupo de pozos tubulares colocados en serie.....	106
Figura N° 3.7. Pozo Clavado.....	107
Figura N° 3.8. Arreglo para clavado de pozo.....	107
Figura N° 3.9. Pozo perforado a chorro.	108
Figura N° 3.10. Equipo de perforación de pozo.....	109
Figura N° 3.11. Esquema representativo del bombeo de un pozo.....	112
Figura N° 3.12. Línea de gradiente hidráulica de la línea de impulsión.	118
Figura N° 3.13. Valores del coeficiente C en función de la pendiente hidráulica (m).....	122
Figura N° 3.14. Esquema de reservorio apoyado.....	126
Figura N° 4.1. Mapa del lugar de instalación de sistema de impulsión de agua potable.....	130
Figura N° 4.2. Captación de agua para la impulsión.....	131
Figura N° 4.3. Valores de irradiancia para las diferentes horas del día; (a) para el 1 de julio, (b) para el 3 de julio y (c) para el 4 de julio.	134
Figura N° 4.4. Valores de irradiación obtenidos a partir de la irradiancia diaria.....	135
Figura N° 4.5. Mapa de atlas de energía solar incidente en la región de Puno.....	136
Figura N° 4.6. Comparación de la variación de la velocidad del viento durante los días que se realizó la medición.	139
Figura N° 4.7. Velocidad promedio anual del viento para el distrito de llave de la región de Puno.	141
Figura N° 4.8. Velocidad y potencia del viento el 2 de agosto.	142
Figura N° 4.9. Crecimiento poblacional según diferentes hipótesis.	146

Figura N° 4.10. Conexión eléctrica en serie de los módulos fotovoltaicos.....	168
Figura N° 4.11. Dimensiones del controlador IO 101 SQFlex.	169
Figura N° 4.12. Ángulo de inclinación del arreglo y su orientación.....	171
Figura N° 4.13. Sistema de puesta a tierra.	172
Figura N° 4.14. Ubicación de la calicata.....	175
Figura N° 4.15. Fotografía de la calicata C-01.....	178
Figura N° 4.16. Curva granulométrico por tamizado.....	180
Figura N° 4.17. Fotografías de tamices para realización de ensayo granulométrico.....	180
Figura N° 4.18. Fotografía de las muestras en tara para el ensayo contenido de humedad.....	181
Figura N° 4.19. Diagrama de fluidez.....	182
Figura N° 4.20. Fotografías del ensayo Límite líquido.....	182
Figura N° 4.21. Fotografías de ensayo de corte directo.....	183
Figura N° 4.22. Esfuerzo y demormacion.....	185
Figura N° 4.23. Grafica esfuerzo de corte y esfuerzo normal.....	186
Figura N° 4.24. Excavación de la calicata P-01.....	188
Figura N° 4.25. Presion de agua sobre la pared del reservorio.....	192
Figura N° 4.26. Diagrama de momentos verticales y horizontales (kg-m).....	196
Figura N° 4.27. Maximo momento originado por el empuje del agua.....	197
Figura N° 4.28. Distribución de acero del reservorio apoyado de 8 m ³	205
Figura N° 4.29. Tapa distribución de acero del reservorio apoyado en losa fondo.....	206
Figura N° 4.30. Vista de corte simétrico de reservorio apoyado de 8 m ³	207
Figura N° 4.31. Grafica del costo de inversión total a largo del tiempo.....	216

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1. Constitución de la hidrósfera en cuatro grandes conjuntos.....	30
Tabla N° 2.2. Uso típico del agua con fines domésticos para diferentes tipos de sistemas de abastecimiento de agua en poblados rurales.....	34
Tabla N° 2.3. Uso típico del agua con fines no domésticos.	34
Tabla N° 2.4. Parámetros que afectan la calidad estética y organoléptica del agua potable.....	37
Tabla N° 2.5. Parámetros que afectan la salud.	38
Tabla N° 2.6. Requisitos biológicos y microbiológicos que debe presentar el agua potable.....	38
Tabla N° 3.1. Vías de Acceso a la localidad de Investigación	90
Tabla N° 3.2. Coeficiente de Hazen-Williams para algunos materiales.	117
Tabla N° 3.3. Valores de K para hallar la celeridad.	120
Tabla N° 3.4. Valores del coeficiente C según Mendiluce.....	122
Tabla N° 3.5. Valores del coeficiente K según Mendiluce	122
Tabla N° 3.6. Indicadores para hallar la sobrepresión por golpe de ariete.....	123
Tabla N° 4.1. Irradiancia medida en la zona de Impulsión (a) para el 01 de Julio, (b) para el 03 de Julio y (c) para el 04 de Julio.	132
Tabla N° 4.2. Valores de irradiación en todos los meses del año.	137
Tabla N° 4.3. Valores de irradiación para el distrito de Ilave según la NASA.	138
Tabla N° 4.4. Velocidad de viento medida en la zona de Impulsión.	139
Tabla N° 4.5. Velocidad de viento en el sitio de instalación según la NASA.....	141
Tabla N° 4.6. Períodos de diseño de elementos de los sistemas rurales de abastecimiento de agua.	147
Tabla N° 4.7. Población actual a servir.	148
Tabla N° 4.8. Estimación de la población futura al año 2033.....	150
Tabla N° 4.9. Dotación de Agua para Ámbito Rural.	151
Tabla N° 4.10. Valores de K1 aplicables a sistemas de abastecimiento de agua potable para zonas rurales.....	153
Tabla N° 4.11. Valores de K2 aplicables a sistemas de abastecimiento de agua potable para zonas rurales.....	154
Tabla N° 4.12. Resultados de cálculo de las demandas futuras de agua.....	156
Tabla N° 4.13. Clase de tubería PVC y máxima presión de trabajo.	162

Tabla N° 4.14. Datos para el diseño del sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica.	165
Tabla N° 4.15. Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.....	166
Tabla N° 4.16. Datos para hallar la sección del conductor eléctrico.....	169
Tabla N° 4.17. Datos para hallar la sección del conductor eléctrico del generador fotovoltaico a la caja de conexión.....	170
Tabla N° 4.18. Especificaciones de la excavación.	177
Tabla N° 4.19. Análisis granulométrico por tamizado	179
Tabla N° 4.20. Contenido de humedad promedio	181
Tabla N° 4.21. Peso específico promedio	181
Tabla N° 4.22. Límite líquido (LL)	182
Tabla N° 4.23. Deformación tangencial y esfuerzo de corte	184
Tabla N° 4.24. Esfuerzo de corte y Esfuerzo normal	185
Tabla N° 4.25. Perfil Estratigráfico.....	187
Tabla N° 4.26. Coeficientes (k) para el cálculo de momentos de las paredes de reservorios cuadrados - tapa libre y fondo empotrado.....	194
Tabla N° 4.27. Momentos (kg-m.) debido al empuje del agua	195
Tabla N° 4.28. Resumen del cálculo estructural y distribución de armadura	204
Tabla N° 4.29. Peso total del reservorio apoyado de 8m ³	208
Tabla N° 4.30. Presupuesto del proyecto de impulsión de abastecimiento de agua.....	209
Tabla N° 4.31. Años de la vida útil del equipo de sistemas FV	210
Tabla N° 4.32. Costos de operación, mantenimiento mensual y anual del bombeo con energía.....	211
Tabla N° 4.33. Presupuesto del proyecto de impulsión de abastecimiento de agua	212
Tabla N° 4.34. Costos de operación y mantenimiento mensual y anual del bombeo con energía convencional.....	213
Tabla N° 4.35. Consumo Diario de Energía total.....	213
Tabla N° 4.36. Costo total de energía eléctrica.	214
Tabla N° 4.37. Costo total de inversión de los sistemas de bombeo.....	215
Tabla N° 4.38. Salida Eléctrica del Paneles Solares	216
Tabla N° 4.39. Cuadro de indicadores de evaluación.	218

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- CEPIS - Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente
- ITINTEC - Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas.
- TONC - Temperatura de operación nominal de la célula
- STC - Condición de prueba estándar.
- SEIN - Sistema Eléctrico Interconectado Nacional
- CC - Corriente continua
- CA - Corriente alterna
- FV - Fotovoltaico
- NASA - National Aeronautics and Space
- SENAMHI - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
- HDT - La altura dinámica total
- HSP - Horas solar pico
- INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática
- MINSA - Ministerio de Salud del Perú

RESUMEN

El acceso al agua potable es complejo en muchas regiones donde la disponibilidad de la energía proveniente de la red es limitada. El uso de energías provenientes de combustibles fósiles es, en esos casos, el más ampliamente difundido para la extracción y traslado de líquido hasta los lugares de almacenamiento y consumo. Lo anterior implica por lo general costos de operación y mantenimiento sumamente altos, que en muchas ocasiones no pueden ser pagados por los usuarios. Este tipo de situaciones somete a muchas comunidades a los estragos de la sequías, o bien a utilizar fuentes de agua superficiales altamente contaminadas y perjudiciales para la salud.

El presente trabajo presenta la evaluar el uso de energía solar fotovoltaico-eólico para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua en la zona rural del distrito de Ilave. Donde se ha evaluado el recurso potencial solar y eólico, siendo la radiación solar promedio anual de $6.94 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ y la velocidad del viento promedio anual de 3.01 m/s , si comparamos la energía total generada por la turbina a partir de la velocidad del viento (296.86 Wh/día) con la energía generada por el panel fotovoltaico (4750 Wh/día), se puede concluir que la generación eólica no es viable en esta zona.

La evaluación en el aspecto técnico del sistema optado que es la impulsión de agua con energía solar fotovoltaica con una poblacional de 158 habitantes con caudal promedio diario de 0.17 l/s , diseñando los elemento del sistema de abastecimiento de agua potable se tiene una cisterna para la impulsión con una capacidad de 15m^3 , una línea de impulsión desde la estación de bombeo hasta el reservorio apoyado de regulación y almacenamiento, tiene una longitud de 570.87 m con una tubería PVC .SAP C-10 de 2” .

Se ha seleccionado la bomba sumergible modelo Grundfos SQF 3A-10 donde su motor eléctrico puede operar a un voltaje comprendido entre 30 y 300 Vcc y con una corriente máxima de 8.4 A . Tomando en cuenta las características eléctricas del módulo solar IS – $150/12$, la corriente de máxima potencia es 8.7 A . Por lo tanto, los módulos fotovoltaicos sólo podrán conectarse en serie. La potencia de la bomba se ha seleccionado atreves de un diagrama que está en función de la altura dinámica total de 65.73m y el caudal de bombeo

instantáneo de $2.95 \text{ m}^3/\text{h}$ donde se puede deducir que se necesita una potencia aproximada de 1290 W para accionar la bomba.

La potencia de salida del generador fotovoltaico debe ajustarse a las ofertas comerciales disponibles. Para el presente proyecto se consideran los módulos fotovoltaicos de la firma ISOFOTON modelo IS – 150/12 de 150 Wp cada uno, cuyas características eléctricas (1000 W/m^2 , 25°C célula, AM 1.5) de 1650 Wp que equivale a 11 paneles. Adoptando con un controlador de IO 101 SQFlex es un interruptor on/off (arranque/parada) para conectar y desconectar la tensión de alimentación del sistema manualmente, por ejemplo cuando no se necesita agua o hay que reparar el sistema.

El estudio de evaluación económica del proyecto con todos lo elemento del sistema de abastecimiento de agua potable con energía solar fotovoltaica con un costo inicial de S/. 130,713.00, obteniendo a lo largo de 20 años los costos de operación y manteniendo de S/. 325,075.75 a comparación del usos de energía convencional de un costo inicial de S/. 138,441.36, obteniendo a lo largo de 20 años los costos de mantenimiento y consumo de energía eléctrica de S/. 633,806.64, donde podemos optar la energía solar fotovoltaica es más factible a lo largo del tiempo a comparación de la energía convencional.

También se terminó el costo de generación de energía solar que asciende un 0.46 S/./kW-h a comparación de la energía convencional de 0.86 S/./kW-h

Según las los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas tanto técnico como económico del presente estudio se puede observar que la alternativa solución para el abastecimiento de agua potable por bombeo para un sector de C.P de Fharata Copani es la utilización de la energía Solar debido a que con la utilización de energía solar la operación y mantenimiento es más sencilla que el otro sistema convencional y no requiere de muchos gastos económicos para el mantenimiento a lo largo de su vida útil.

Palabras Clave: Abastecimiento, impulsión, energía, fotovoltaica, eólica.

ABSTRACT

Access to drinking water is complex in many regions where the availability of energy from the network is limited. The use of energy from fossil fuels is, in those cases, the most widely disseminated for the extraction and transfer of liquid to places of storage and consumption. The above usually implies very high operation and maintenance costs, which in many cases can not be paid by users. This type of situation subjects many communities to the ravages of drought, or to using surface water sources highly contaminated and harmful to health.

The present work presents the evaluation of the use of photovoltaic-wind solar energy for the impulsion of a water supply system in the rural area of Ilave district. Where the potential solar and wind resource has been evaluated, with an annual solar radiation of 6.94 kWh / m² / day and the average annual wind speed of 3.01 m / s, if we compare the total energy generated by the turbine from the Wind speed (296.86 Wh / day) with the energy generated by the photovoltaic panel (4750 Wh / day), it can be concluded that wind generation is not viable in this area.

The evaluation in the technical aspect of the opted system that is the water impulsion with photovoltaic solar energy with a population of 158 inhabitants with daily average flow of 0.17 l / s, designing the elements of the potable water supply system has a cistern for the impulsion with a capacity of 15m³, a line of impulsion from the pumping station to the reservoir supported of regulation and storage, has a length of 570.87 m with a PVC pipe .SAP C-10 of 2 ".

The submersible pump SQF 3A-10 has been selected, its electric motor can operate at a voltage between 30 and 300 Vdc and with a maximum current of 8.4 A. Taking into account the electrical characteristics of the solar module IS - 150/12, the current Maximum power is 8.7 A. Therefore, photovoltaic modules can only be connected in series. The power of the pump has been selected through a diagram that is based on the height of 65.73m and the instantaneous pumping rate of 2.95 m³ / h where it can be deduced that an approximate power of 1290 W is needed to operate the pump.

The output power of the photovoltaic generator must be adjusted to the available commercial offers. For the present project the photovoltaic modules of the ISOFOTON company model IS - 150/12 of 150 Wp each are considered, whose electrical characteristics (1000 W / m², 25 ° C cell, AM 1.5) of 1650 Wp that is equivalent to 11 panels . Adopting with an IO 101 controller SQFlex is an on / off switch (start / stop) for connecting and disconnecting the supply voltage of the system manually, for example when water is not needed or the system needs to be repaired.

The study of economic evaluation of the project with all the element of the drinking water supply system with photovoltaic solar energy with an initial cost of S /. 130,713.00, obtaining operating costs over 20 years and maintaining S /. 325,075.75 compared to the conventional energy uses of an initial cost of S /. 138,441.36, obtaining over 20 years the costs of maintenance and consumption of electricity of S /. 633,806.64, where we can opt for photovoltaic solar energy is more feasible over time compared to conventional energy.

The cost of solar energy generation, which amounts to 0.46 S ./ kW-h compared to conventional energy of 0.86 S ./ kW-h, was also completed.

According to the results obtained in the technical and economic evaluations of this study, it can be seen that the alternative solution for the supply of potable water by pumping for a CP sector of Fharata Copani is the use of solar energy because The use of solar energy operation and maintenance is simpler than the other conventional system and does not require many economic expenses for maintenance throughout its useful life.

Keywords: Supply, impulsion, energy, photovoltaic, wind.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación titulado: “Evaluación del uso de energía solar fotovoltaica-eólica para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua en un centro poblado rural-Ilave”, tiene como propósito evaluar la situación actual de los sistemas de bombeo existentes en el lugar de investigación para luego determinar la mejor alternativa, tomando en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno y realizando un análisis económico de las alternativas para evaluar el costo de vida en su operación y mantenimiento de ambos sistemas de bombeo, para así seleccionar la alternativa más adecuada para la zona de estudio.

A través del tiempo, el hombre ha diseñado elementos, dispositivos y máquinas que requieren una fuente de energía para su funcionamiento. Comúnmente, para llevar a cabo su labor utilizan combustibles fósiles, especialmente los derivados del petróleo o la energía eléctrica generada a partir de éste o de otros recursos naturales como el agua y el carbón. En ambos casos, el funcionamiento de las máquinas está generando directa o indirectamente un proceso de combustión que produce gases que son expulsados al ambiente y que están generando, entre otras consecuencias, el efecto invernadero, la contaminación atmosférica y los cambios climáticos.

Dado que es de vital importancia el uso cotidiano de dichas máquinas, pero más esencial aún preservar nuestro planeta para las futuras generaciones, hace algunas décadas se empezó a fomentar la utilización de las energías renovables, especialmente en países como Alemania, China, Estados Unidos, Canadá, Francia, entre otros; pero actualmente se están aplicando en todo el mundo, principalmente en zonas con características apropiadas para una generación eficiente. Entre los tipos de energía más utilizados se encuentran la solar, eólica, geotérmica y la biomasa, las cuales, desempeñan las mismas funciones que los combustibles y energías convencionales, pero no generan gases que contaminan el ambiente.

En el presente trabajo se aborda directamente la energía solar y la energía eólica, las cuales pueden ser implementadas con facilidad en zonas rurales y/o alejadas que requieren el uso equipos eléctricos para tener una buena calidad de vida y para ejercer sus labores cotidianas, especialmente las agrícolas y pecuarias.

El objetivo de este proyecto es la evaluación del diseño de un sistema híbrido eólico solar para el bombeo de agua potable desde una fuente hídrica a las comunidades del Centro Poblado fharata Copani ubicadas a una altura superior a la de la misma, con el fin no solo de suplir las necesidades hídricas de los habitantes, sino también de concientizarlos de la importancia de la utilización de las energías renovable como fuente alternativa de energía.

El Capítulo I, explica la razón del planteamiento del problema, formando parte de ello la descripción, antecedentes, justificación, los objetivos y las hipótesis de investigación, a los que se arriba.

En el capítulo II, se sustenta el marco teórico de la investigación; el cual está compuesto por la revisión de literatura de acuerdo a las variables e indicadores, y el marco conceptual básico.

En el Capítulo III, se explica la metodología de la investigación tomando en consideración los siguientes puntos: los materiales y equipos usados, identificación del proyecto en estudio, inventario de los sistemas de abastecimiento de agua, evaluación técnica y evaluación económica.

Capitulo IV, se presenta el análisis e interpretación de los resultados de las evaluaciones técnicas y económicas, tomando en cuenta los resultados de los cálculos realizados, análisis de agua. Para la interpretación de los cuadros y gráficos.

Finalmente, en el Capítulo V, se da a conocer las conclusiones y las recomendaciones a las que se arribaron, adjuntándose además los respectivos anexos.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL TEMA OBJETO DE ESTUDIO

El Centro Poblado de Pharata Copani del Distrito de Ilave, provincia de “El collao”, y departamento de Puno, es una zona rural que presenta índices de desnutrición infantil, reflejados en la carencia de servicios básicos, principalmente el de agua potable, lo que ha conllevado a que la población consuma agua de fuentes superficiales contaminadas, causantes de enfermedades gastrointestinales y dérmicas.

Una de las causas principales de que la cobertura del servicio de agua potable en la zona sea muy baja, es debido a que los sistemas convencionales de abastecimiento de agua potable no siempre se adecúan a la realidad de las comunidades rurales. La utilización de fuentes de

energía como los combustibles hidrocarburos y la electricidad, no resultan ser opciones adecuadas ya que generan problemas de almacenamiento, transporte y distribución de combustible, además de generación de desechos que contaminan el ambiente. Esto no garantiza un funcionamiento continuo y confiable de los equipos del sistema de abastecimiento de agua potable y genera elevados costos. Por ello ha sido fundamental encontrar otras fuentes de energía, a la vez económicas e inocuas para el medio ambiente, con el fin de mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales.

Las fuentes de abastecimiento de agua superficiales de los lugares de estudio en la actualidad son escasas, los ojos de agua o manantiales existentes por la topografía irregular están ubicados en zonas bajas de la población, para abastecimiento óptimo del recurso hídrico de consumo poblacional es necesario impulsar o bombear a las partes altas de la población para luego sean distribuidas, además es importante resaltar que las comunidades rurales en estudio y del medio en su mayoría tienen un nivel socio cultural bajo, así como escasos recursos económicos y materiales, lo que nos permite implementar en ellas proyectos con características tecnológicas que impliquen una inversión elevada, por lo tanto existe la necesidad de simplificar las soluciones para lograr que estén de acuerdo con la capacidad existente en las comunidades, para construir operar y mantener, estos sistemas de modo que puedan cumplir cabalmente su objetivo.

La grave crisis ambiental y el agotamiento de los recursos, son factores que han permitido plantear el estudio de evaluación de energía solar y eólica que permita resolver los grandes retos del futuro, así en el intento de lograr estos objetivos para las comunidades de Centro Poblado de Fharata Copani, se ha realizado el presente estudio con el objetivo de proponer una alternativa de solución en el sistema de abastecimiento de agua potable para zonas rurales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Formulación del problema

¿Al evaluar el uso de energía solar fotovoltaica - eólica técnica y económicamente para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua potable, será posible elegir que energías

renovables son factibles, dado el contexto geográfico y características del centro poblado rural del distrito de Ilave?

1.2.2. Problema específico

¿Al evaluar el uso energía solar fotovoltaico para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua será factible técnicamente, dado el contexto geográfico y características del centro poblado rural -Ilave?

¿Al evaluar el uso energía eólica para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua será factible técnicamente dado el contexto geográfico y características del centro poblado rural - Ilave?

¿Al evaluar el uso energía solar fotovoltaica-eólico frente al uso de energía convencional, las energías renovables será sostenible económicamente para el centro poblado rural - Ilave?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

Al evaluar el uso de energía solar fotovoltaico-eólico para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua en la zona rural del distrito de Ilave, permitirá contribuir técnica y económicamente, proponiendo criterios de diseño para el sistema de abastecimiento de agua y que éstas energías alternativas son las adecuadas dado el contexto geográfico y características del centro poblado rural-Ilave.

1.3.2. Hipótesis específicos

Al evaluar el uso de energía solar fotovoltaica para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua es factible técnicamente, dado el contexto geográfico y características del centro poblado.

Al evaluar el uso de energía eólica para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua es factible técnicamente, dado el contexto geográfico y características del centro poblado.

Al evaluar la factibilidad económica de la energía solar fotovoltaica-eólico frente al uso de energía convencional, las energías renovables son sostenibles económicamente para el centro poblado.

1.4. ANTECEDENTES

En la mayoría de países del tercer mundo existe actualmente un aumento en la demanda de energía a la par con un aumento de la población. Pero es también evidente que en el tercer mundo existen límites para satisfacer este aumento de la demanda de energía, especialmente en grupos de la población que no pueden hacer frente a los costos de suministro de energía.

Apenas un 2% de la energía solar que llega a la Tierra se convierte en energía eólica y sólo podemos aprovechar una pequeña parte de ella. Aun así, se ha calculado que el potencial eólico es unas veinte veces el actual consumo mundial de energía, lo que hace de la energía eólica una de las fuentes de energía renovable más importantes.

El viento es, fundamentalmente, una consecuencia de la radiación solar que incide sobre la Tierra, y que origina el calentamiento de las masas de aire que la circundan. Al calentar de forma desigual la superficie del planeta en función de la latitud, se provocan unas diferencias de presión que el flujo de aire tiende a igualar.

Las empresas españolas Solar Pack y Gestamp Solar, que con una inversión de 500 millones de soles han construido dos plantas fotovoltaicas en territorios de Tacna y Moquegua. La primera está ubicada en la provincia Tacna de Alto de la Alianza y la segunda en el desierto Moquegua, en el sector de Hospicio, cerca al cruce Ilo-Tacna. Estas plantas captarán la radiación solar a través de 151 mil 305 paneles instalados en 121 y 123 hectáreas concesionadas por 20 años, respectivamente, para convertirla en electricidad mediante transformadores. La producción entre ambas centrales será de 40 megavatios (MW), se estima que unas 72 mil viviendas se beneficiarán entre estas regiones. De estos parques se integra la energía al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). La referidas plantas se suman a las otras dos de 40 MW puestas en operación en Arequipa. Con estas, en total el país alcanza a generar 80 MW. Por eso, el Perú se coloca como líder en producir este tipo de energía renovable en Latinoamérica. "La energía es un instrumento social de desarrollo en los pueblos más pobres".

Arequipa tiene los niveles de radiación solar más altos en el Perú seguido de los departamentos de Puno, Cajamarca y Tacna, pero la mayor ventaja es que la Ciudad Blanca presenta sol casi todo el año, siendo pocos días nublados. Actualmente Arequipa es

considerar la capital de las termas solares a nivel mundial, cuenta con más de treinta y seis mil termas solares dispuestas en las azoteas, esta cantidad va en se atribuye a los altos costos de energía eléctrica e hidrocarburos como el GLP y kerosene.

El altiplano andino es una región localizada en el Sur del Perú y se prolonga hacia el territorio boliviano. Como su nombre mismo lo sugiere, es una extensa llanura ubicada a una altura de alrededor de los 4.000 m.s.n.m. En el invierno la temperatura en algunos lugares puede llegar hasta -16°C , alcanzando un máximo de 19°C en la primavera. En Puno el promedio anual de la irradiación solar sobre superficie horizontal es de $6.0 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$. La irradiación mínima ocurre en el mes de enero con $5.1 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ y la máxima en el mes de octubre con $7.2 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ (Horn, CER-UNI).

En Puno (2013) un equipo multidisciplinario de docentes y egresados de la UNA-Puno, realizo con éxito, en el centro poblado de Sullacatura II, de la provincia del Collao-Ilave, un innovador proyecto piloto autosostenible denominada “Uso de energía solar para el riego presurizado en huertos familiares en el área circunlacustre”.

El Centro Poblado de Pharata Copani del distrito de Ilave, ubicado en la provincia de “El collao”, departamento de Puno, no cuenta con servicio de agua potable y saneamiento por lo que es necesario contar un sistema de abastecimiento de agua potable, ya que no cuenta con este servicio el centro poblado, consumiendo el agua no tratada de pozos de anillo ; por esta razón se plantea utilizar las energías alternativas que sean económicos para la impulsión de agua para este centro poblado y por ser el lugar de terreno llano donde posiblemente se puede aprovechar unas de la fuentes de energía solar fotovoltaica o eólica considerando el contexto geográfico y las características del centro poblado.

Suárez, M. (2010). “Aplicación de la energía solar fotovoltaica a un sistema de bombeo de agua potable: comunidad de san pablo de kantesiya zona rural del cantón san roque provincia de sucumbíos”. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Pontificia universidad católica del ecuador. Facultad de ingeniería. Escuela de civil. Quito, Ecuador. En el primer capítulo se pone en contexto la situación energética actual del Ecuador, con un enfoque en la energía solar fotovoltaica. Por tratarse de una fuente de generación eléctrica hasta ahora poco aprovechada, se define el potencial con el que cuenta el país y la forma de aplicación de la misma.

Aqueveque, E. (2009).” Bombeo de agua para riego en cerro calán utilizando energía solar fotovoltaica”. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Departamento de ingeniería civil. Santiago, Chile. En la parte de introducción considera el objetivo de este trabajo de título proyectar la elevación de agua para riego desde el canal Lo Fontecilla hasta la cima del Cerro Calán para cubrir la necesidad de riego que imponen las especies plantadas. La elevación de agua se hará por medio de energía solar fotovoltaica. Esta decisión se basa en la importancia creciente que está tomando a nivel mundial la elección de formas limpias de energía, sobre todo para proyectos de poca potencia como el que se estudiará en este trabajo, además del ahorro que implica a mediano plazo y de la imagen que da la Universidad de Chile al país como una institución comprometida con el desarrollo de las energías renovables.

Lossio, M. (2012). “Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones.” Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú. En la parte de introducción considera que las zonas rurales de la región costera presentan las condiciones técnicas favorables para que las poblaciones pequeñas y medianas puedan servirse de aguas subterráneas de calidad aceptable, utilizando la energía solar fotovoltaica como alternativa viable por las muchas ventajas, entre las que se encuentran, los costos de operación accesibles a la situación económica de estas poblaciones. Esto es deducible de los diversos estudios y proyectos de abastecimiento de agua que la Universidad de Piura, a través del Instituto de Hidráulica, Hidrología e Ingeniería Sanitaria, viene ejecutando en diversos poblados de la región; los cuales, han permitido conocer de cerca los problemas relacionados con los criterios de diseño que se presentan en la costa norte del Perú y en los que se han aplicado sistemas de abastecimiento de agua por bombeo, utilizando pozos de agua subterránea y norias como fuentes de captación.

Coloma, J. (2012).”Diseño preliminar de un sistema eólico para bombeo de agua en zonas rurales aisladas”. Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial. Madrid, España.

El abastecimiento de agua es una necesidad básica del ser humano. Esta necesidad, en los países desarrollados está sobradamente cubierta; pero no es de la misma forma en los países en vías de desarrollo o incluso en los países del tercer mundo.

Por este motivo, se busca un abastecimiento sostenible para las comunidades rurales aisladas, sitios donde no es posible llevar una canalización de agua. A través de la ONG Energía sin Fronteras, surgió la posibilidad de llevar a cabo este proyecto en una aldea de Kenia, Nyumbani.

Alzamora, E. (2012). “Evaluación Técnica y Financiera de Alternativas Energéticas Renovables no Convencionales para incorporar a la Gestión Energética del Casino de Suboficiales Badilla, III Brigada de la Fuerza Aérea de Chile, Puerto Montt”. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil Industrial. Universidad Austral de Chile. Puerto Montt, Chile. Menciona en su objetivo evaluar proyectos de energías limpias que puedan ser incorporados a la Gestión Energética del Casino de Suboficiales Badilla de la III Brigada Aérea de la Fuerza Aérea de Chile, Puerto Montt.

El proyecto de tesis “Diseño de un Sistema de bombeo Solar – Eólico para consumo de agua en cabañas Ecoturísticas en la Pitaya, Ver”. Menciona en su conclusión el problema del suministro de servicios en zonas alejadas y/o de difícil acceso es común en muchos países, aún en los más desarrollados. Proyectos como el que se expuso en este trabajo de investigación, ayudan a solucionar problemas energéticos y de agua potable que afectan radicalmente el desarrollo de las comunidades, esto sin perder de vista la conservación del medio ambiente.

Organización panamericana de la salud “Criterios básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos rural y de pequeñas ciudades”, Lima, 2006. Considera como objetivo establecer los criterios técnicos básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos rurales y de las pequeñas ciudades. En su parte de sistemas no convencionales, en el caso de emplearse otras soluciones técnicas para pozos equipados con bombas de mano o accionadas por energía eólica, captación de agua de lluvia o protección de manantiales se podrá considerar dotaciones menores de 20 lt/hab/día.

1.5.JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación propone realizar una evaluación y análisis comparativo de las alternativas de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica y energía eólica lo que compromete a la población del distrito con mediante el resultado de análisis del

abastecimiento de agua potable con el tipo de bombeo más rentable, pretende beneficiar a la población y mejorar las condiciones y calidad de vida de los beneficiarios de este proyecto, además contribuir en forma positiva los hábitos de higiene de la población lo que evitara en lo futuro la contaminación del agua y la dotación a la población para consumo humano en condiciones de salubridad que garantice la reducción de enfermedades gastrointestinales como la hepatitis, diarrea, tifoidea, etc.

En la actualidad las comunidades tienen una población total de 158 habitantes, dedicado a las actividades de ganadería, agrícola y pesca, los pobladores no cuentan con servicios básicos, la Municipalidad Provincial, ha establecido plantear el proyecto de saneamiento con el fin de atender la carencia del servicio de agua por medio de bombeo pero que a su vez sea rentable a lo largo del tiempo.

El estudio que se realizó apostara mediante la determinación del tipo de energía en beneficio y solución a la falta del abastecimiento de agua potable en las diferentes zonas que tengan las mismas condiciones del lugar del presente estudio.

1.6.OBJETIVOS DE ESTUDIO

1.6.1. Objetivo general

Evaluar el uso de energía solar fotovoltaica - eólico que nos permita plantear una alternativa que solucione el problema, para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua en un Centro Poblado rural - Ilave.

1.6.2. Objetivo específico

Evaluar el uso de energía solar fotovoltaica para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua en el Centro Poblado de Pharata Copani.

Evaluar el uso de energía eólica para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua potable en el Centro Poblado de Pharata Copani.

Evaluar la factibilidad económica de la energía solar fotovoltaica-eólico frente al uso de energía convencional.

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA

2.1.SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN POBLADOS RURALES

2.1.1. Distribución del agua en la naturaleza

El agua cubre casi tres cuartas partes (71%) de la superficie de la Tierra. Se puede encontrar en prácticamente cualquier lugar de la biosfera y es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

En su uso más común, con agua nos referimos a la sustancia en su estado líquido, encontrándola en forma de pantanos, ríos, mares, océanos, en las nubes de lluvia formada por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación.

En estado sólido (hielo), se encuentra en los casquetes polares y en los glaciares, así como en las superficies en invierno; también en forma de granizo, nieve y escarcha, y en las nubes formadas por cristalitos de hielo.

En estado gaseoso se presenta en forma de gas o vapor de agua, en forma de niebla, vapor y nubes.

2.1.1.1. *Constitución de la hidrósfera*

El total del agua presente en el planeta, en todas sus formas, se denomina hidrósfera.

Podemos considerar que la hidrosfera se reparte en cuatro grandes conjuntos. Ver Tabla N°2.1.

La hidrosfera incluye los océanos, mares, ríos, lagos, agua subterránea, el hielo y la nieve. La Tierra es el único planeta en nuestro Sistema Solar en el que está presente de manera continuada el agua líquida, que cubre aproximadamente dos terceras partes de la superficie terrestre, con una profundidad promedio de 3.5 km, lo que representa el 97% del total de agua del planeta. El agua dulce representa 3% del total y de esta cantidad aproximadamente 98% está congelada, de allí que tengamos acceso únicamente a 0.06% de toda el agua del

planeta. El agua migra de unos depósitos a otros por procesos de cambio de estado y de transporte que en conjunto configuran el ciclo hidrológico o ciclo del agua.

Tabla N° 2.1.

Constitución de la hidrósfera en cuatro grandes conjuntos.

Localización	Volumen (millones de km³)	Proporción (% del total)
Mares y océanos	1350	97.2
Aguas continentales:		
- Glaciares	29.2	2.15
- Aguas subterráneas	8.4	0.62
- Aguas superficiales	0.23	0.017
Atmósfera	0,013	0.001
Biosfera	0,006	0,00 05

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

2.1.1.2.El ciclo hidrológico

Existe un trasvase continuo de agua entre los diferentes compartimentos de la hidrosfera movido por la energía solar y la fuerza de la gravedad, constituyéndose un circuito prácticamente cerrado denominado ciclo hidrológico, que pone en movimiento grandes cantidades de agua y de energía. Ver Figura N° 2.1.

Los procesos que encierra el ciclo hidrológico se pueden explicar de la siguiente manera:

La energía solar produce la evaporación del agua superficial, tanto continental como oceánica, que pasa a la atmósfera y, al evaporarse el agua, acumula una gran cantidad de energía como calor latente. Por otro lado, una pequeña cantidad del vapor de agua procede por transpiración de la biosfera y, a veces, ambos procesos se expresan de manera conjunta, bajo la denominación de evapotranspiración.

Corrientes ascendentes de aire llevan el vapor a las capas superiores de la atmósfera, donde la menor temperatura causa que el vapor de agua se condense y forme las nubes. Las corrientes de aire mueven las nubes sobre el globo, las partículas de nube colisionan, crecen y según el grado de enfriamiento, dan lugar a precipitaciones sólidas o líquidas, que caen sobre la superficie terrestre gracias a la fuerza de la gravedad. Las precipitaciones pueden caer directamente sobre los océanos, o pueden caer sobre los continentes y, en este último caso, el agua puede seguir diversos caminos.

Una parte de las precipitaciones discurre sobre la superficie terrestre (escorrentía superficial), en forma de corrientes de agua líquida o de glaciares, desembocando en el mar.

Otra parte se infiltra en el terreno, pasando a constituir las aguas subterráneas, que también acaban por desembocar en el mar (escorrentía subterránea). También, parte del agua, puede quedar transitoriamente retenida en los continentes de diferentes maneras: incorporada a la biosfera, en los lagos, en glaciares y en aguas subterráneas muy profundas (agua fósil), que representan la herencia de un clima más húmedo en el pasado y cuya explotación, al tratarse de depósitos no recargables, debe hacerse con gran cuidado.

Pero, en último término, el agua de las precipitaciones continentales vuelve a la atmósfera por evapotranspiración, o al mar por escorrentía debida a la gravedad, cerrándose el ciclo.

El volumen de agua evaporada en el mar es mayor que el de las precipitaciones caídas en el mismo, mientras que en los continentes es menor. Es decir, existe un déficit de precipitación en los océanos, que se compensa con el superávit de los continentes, el cual es devuelto al océano mediante la escorrentía.

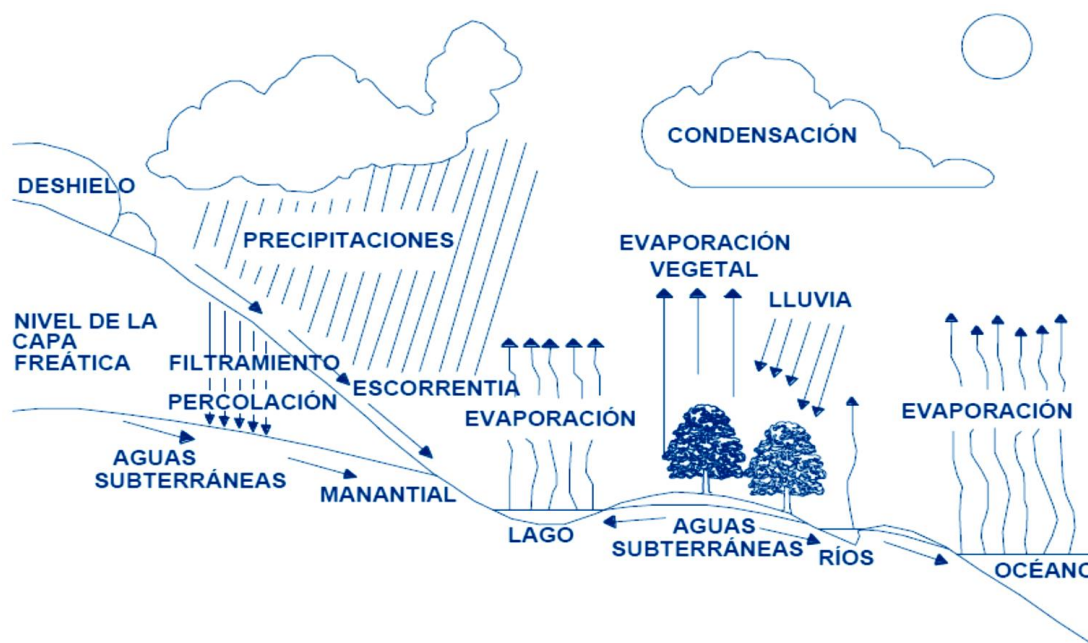


Figura N° 2.1. Esquema del ciclo hidrológico.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

2.1.2. Usos y características del agua potable

2.1.2.1. Usos del agua

El agua es necesaria para el consumo doméstico y para llevar a cabo las diversas actividades económicas como: la agricultura, la ganadería, la industria o la minería. Está presente en todas las actividades humanas, necesitamos el agua para nuestra alimentación, higiene, para nuestros cultivos que aseguran nuestro alimento y para fabricar gran cantidad de productos que hacen más confortable nuestra vida.

El agua ofrece una variedad de usos, dependiendo del tipo y disponibilidad del abastecimiento de agua. Éstos son:

- a) **Uso para consumo doméstico:** Comprende el consumo de agua en nuestra alimentación, en la limpieza de nuestras viviendas, en el lavado de ropa y en nuestra higiene.
- b) **Uso para consumo público:** En la limpieza de las calles de ciudades y pueblos, en las fuentes públicas, ornamentación, riego de parques y jardines, otros usos de interés comunitario, etc.
- c) **Uso en agricultura y ganadería:** En agricultura, para el riego de los campos; en ganadería, como parte de la alimentación de los animales; y, en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado.
- d) **Uso en la industria:** En las fábricas, en el proceso de fabricación de productos, en los talleres y en la construcción.
- e) **Uso como fuente de energía:** Aprovechamos el agua para producir energía eléctrica (en centrales hidroeléctricas situadas en los embalses de agua). En algunos lugares se aprovecha la fuerza de la corriente de agua de los ríos para mover máquinas (molinos de agua, aserradero, etc.).
- f) **Uso como vía de comunicación:** En los mares, ríos y lagos, enormes embarcaciones pueden llevar las cargas más pesadas que no pueden ser transportadas por otros medios.

- g) **Uso recreativo:** En los ríos, en el mar, en las piscinas y lagos, practicamos un gran número de deportes: vela, submarinismo, winsurf, natación, esquí acuático, waterpolo, piragüismo, etc., y pasamos parte de nuestro tiempo libre disfrutando del agua o, simplemente, contemplando y sintiendo su belleza en los ríos, las cascadas, los arroyos, las olas del mar, etc.

Existe una relación entre la calidad del agua y los usos a los que se le destina, estableciéndose dos tipos de uso:

- a) **Uso consuntivo:** Es el que implica que el agua, después de ser empleada, no puede ser usada de nuevo con el mismo fin, ya que su calidad varía. Éste es el caso del consumo doméstico, agropecuario, minero, etc.
- b) **Uso no consuntivo:** El agua puede volver a ser utilizada diversas veces. Éste es el caso del uso de agua como transporte, actividades recreativas, o centrales hidroeléctricas.

En las zonas rurales el agua tiene los siguientes usos:

- a) **Uso doméstico:** Comprende el consumo de agua para bebida, preparación de alimentos, limpieza de viviendas, lavado de ropa e higiene personal.
- b) **Uso en agricultura:** Para el riego de pequeños huertos.
- c) **Uso en ganadería:** Abrevadero del ganado y animales de corral. Alimentación y limpieza debidas a la cría de animales.
- d) Otros usos, incluyendo eliminación de excretas.

Los datos sobre el uso diario del agua por habitante, son importantes para realizar estimados que se aproximen a la demanda de agua de un poblado; es por ello, que se presenta una relación del uso típico del agua con fines domésticos para diferentes tipos de sistemas de abastecimiento de agua en poblados rurales. Ver Tabla N° 2.2.

Tabla N° 2.2.

Uso típico del agua con fines domésticos para diferentes tipos de sistemas de abastecimiento de agua en poblados rurales.

Tipo de sistema de abastecimiento de agua	Consumo típico de agua (lt/hab/día)	Rango de consumo de agua (lt/hab/día)
Punto de agua comunal		
Pozo o fuente de agua del poblado		
Distancia considerable (> 1000 m)	7	5-10
Distancia media (500 - 1000 m)	12	10-15
Distancia pequeña (< 500 m)	20	15-25
Fuente pública comunal		
Distancia pequeña (< 250 m)	30	20-50
Punto de agua domiciliario		
Conexión de patio		
Grifo en el patio de la casa	40	20-80
Conexión a casa		
Grifo simple	50	30-60
Grifo múltiple	120	70-250

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)

Los datos indicados en la Tabla N° 2.2. incluyen aproximadamente un 20% de tolerancia por pérdida de agua y por derroches según (CEPIS, 1983).

El sistema de abastecimiento de agua para las comunidades rurales también satisface otros usos que no son domésticos y que son importantes a la hora de establecer el consumo diario de agua de una población; por ello, es necesario considerar cantidades adicionales de agua para estas categorías. Ver Tabla N° 2.3.

Tabla N° 2.3.

Uso típico del agua con fines no domésticos.

Categoría	Uso típico de agua
Ganado	
Ganado vacuno	25-35 (lt/día/cabeza)
Caballos y mulas	20-25 (lt/día/cabeza)
Ovejas	15-25 (lt/día/cabeza)
Cerdos	10-15 (lt/día/cabeza)
Aves de Corral	
Pollos	15-25 (lt/día/ por 100 cabezas)
Pavos	20-30 (lt/día/ por 100 cabezas)

Fuente: (CEPIS, 1983)

Es importante considerar estas cantidades adicionales de agua en zonas rurales donde la agricultura y crianza de aves y ganado es la principal actividad de subsistencia.

2.1.2.2. *Calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano*

Al seleccionar la fuente de abastecimiento de agua para un proyecto determinado, el proyectista debe tener en cuenta como factor importante no sólo la cantidad, sino también la calidad del agua como criterio técnico para evitar efectos nocivos en la salud de la población; particularmente en sistemas de abastecimiento de agua potable de comunidades rurales donde las alternativas de la fuente y la posibilidad de tratamiento del agua son limitadas.

Habitualmente el agua potable es captada de manantiales o extraída del suelo mediante túneles artificiales o pozos de un acuífero. Otras fuentes de agua son: el agua de lluvia, los ríos y los lagos. Las fuentes de abastecimiento sean superficiales o subterráneas, no pueden ser utilizadas hasta que no se asegure la calidad del agua y esto puede hacerse mediante un análisis de laboratorio.

El agua debe ser tratada para el consumo humano y puede ser necesaria la extracción de sustancias disueltas, de sustancias sin disolver y de microorganismos perjudiciales para la salud.

La calidad del agua se define en función de una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos que indican las características del agua y que la hacen apropiada o no para el uso (bebida, baño, etc.) al que se vaya a destinar.

Cada país regula por ley la calidad del agua destinada al consumo humano. Normas nacionales e internacionales sobre la calidad del agua potable protegen la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas, garantizando su salubridad y limpieza; por ello, no puede contener ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud.

Las características generales que debe tener el agua destinada al consumo humano son:

- a) Debe estar libre de organismos patógenos (causantes de enfermedades gastrointestinales).

- b) No contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo o crónico sobre la salud humana.
- c) Aceptablemente clara (por ejemplo: baja turbiedad, poco color).
- d) No salina (salobre).
- e) Que no contenga compuestos que causen sabor u olor desagradables.
- f) Que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua, ni que mache la ropa lavada con ella.

El parámetro más importante que determina si el agua es apta o no para beber es la calidad bacteriológica. Los parámetros biológicos indican la cantidad y especies de microorganismos en el agua. Los más importantes son las bacterias coliformes, los coliformes totales, estreptococos fecales y clostridios sulforreductores. Los coliformes y los estreptococos fecales, son gérmenes, en principio inofensivos, que se hallan en el intestino de los seres humanos y de los animales. Sin embargo su presencia indica contaminación fecal reciente, que normalmente está asociada con la presencia de gérmenes patógenos. Muchos tipos de bacterias coliformes están presentes en el suelo, como por ejemplo los conocidos como Escherichia-coli (E-coli) y Estreptococo Fecal. El agua debe estar totalmente exenta de estas bacterias o no puede considerarse apta para ser bebida.

Los siguientes criterios de calidad bacteriológica son, por lo general, aplicables a sistemas rurales de abastecimientos de agua potable según CEPIS:

- a) Coliformes (número promedio presente en el agua de bebida muestreada), inferior a 10 por 100 ml.
- b) E. Coli, inferior a 2.5 por 100 ml.

Las concentraciones o valores de los parámetros para considerar que el agua es apta para el consumo humano se muestran en la Tablas N° 2.4, 2.5 y 2.6.

Tabla N° 2.4.

Parámetros que afectan la calidad estética y organoléptica del agua potable.

Parámetro	Unidad de medida	Concentración o valor
Color	mg/l Pt/Co escala	15
Turbiedad	Unidades	
agua superficial	nefelométricas de	5
agua subterránea	turbiedad	10
Olor		inofensivo
Sabor		inofensivo
Ión hidronio (i)	valor de pH	6,5 a 8,5
Conductividad	μS/cm	1500
Sulfato (ii)	mg/l como SO ₄	400
Cloruro	mg/l Cl	400
Calcio (iii)	mg/l como Ca	30 - 150
Magnesio	mg/l como Mg	30 - 100
Sodio	mg/l como Na	200
Alcalinidad (iii)	mg/l como CaCO ₃	25
Dureza total	mg/l como CaCO ₃	100 - 500
Residuo seco total	mg/l	1000 (180°C)
Oxidabilidad	mg/l como O ₂	5
Aluminio (i)	μg/l como Al	200
Hierro (i)	μg/l como Fe	300
Manganeso (i)	μg/l como Mn	100
Cobre (i)	μg/l como Cu	1000
Cinc (i)	μg/l como Zn	5000
Material extractable (i) (éter de petróleo)	μg/l	10
Extracto carbón cloroformo (i)	μg/l residuo seco	200

Fuente: Reglamento de calidad de agua de consumo humano. Perú, 1995.

(i) Parámetro no exceptuable.

(ii) 30 mg/l ó menos si el contenido de sulfato es inferior a 400 mg/l. Para concentraciones de sulfato menor a 200 mg/l se acepta hasta 100 mg/l de magnesio.

(iii) Valor mínimo para aguas con dureza menor a 100 mg/l como CaCO₃.

Tabla N° 2.5.
Parámetros que afectan la salud.

Parámetro	Unidades de medidas	Concentración máxima
Arsénico	mg/l como As	0.1
Cadmio	mg/l como cd	0.005
Cianuro	mg/l como CN	0.1
Cromo total	mg/l como Cr	0.05
Mercurio	mg/l como Hg	0.001
Plomo	mg/l como Pb	0.05
Selenio	mg/l como Se	0.01
Fenoles	mg/l como C ₆ H ₅ OH	0.1
Nitrato	mg/l como N de NO ₃	10
Nitrito	mg/l como N de NO ₂	0.9
Amonio	mg/l como N de NH ₄	0.4
Bario	mg/l como Ba	1
Fluoruro	mg/l como F	1.5

Fuente: Reglamento de calidad de agua de consumo humano. Perú, 1995.

Tabla N° 2.6.
Requisitos biológicos y microbiológicos que debe presentar el agua potable.

Requisitos biológicos	
Parásitos y protozoarios	ausencia
Requisitos microbiológicos	Valor máximo admisible
Recuento total	500 UFC/ml
Coliformes totales	ausencia
Coliformes fecales	ausencia

Fuente: Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC).

2.1.3. Sistemas de abastecimiento de agua potable

La elaboración del diseño de un sistema de abastecimiento de agua exige como elementos básicos: fijación de las cantidades de agua a suministrar, que determinarán la capacidad de las diferentes partes del sistema; estudios sobre cantidad y calidad del agua disponible en las diferentes fuentes; reconocimientos del suelo y subsuelo; reunión de informaciones y antecedentes indispensables para el diseño, para la justificación de las soluciones adoptadas, para la preparación de su presupuesto, etc.

2.1.3.1. Sistema de abastecimiento de agua por gravedad

En estos sistemas el agua cae por acción de la fuerza de la gravedad desde una fuente elevada ubicada en cotas superiores a las de la población a beneficiar. El agua fluye a través de tuberías para llegar a los consumidores finales. La energía utilizada para el desplazamiento es la energía potencial que tiene el agua por su altura.

Las ventajas principales de este tipo de sistema son:

- a) No tienen gastos de bombeo.
- b) El mantenimiento es pequeño porque apenas tienen partes móviles.
- c) La presión del sistema se controla con mayor facilidad.
- d) Robustez y fiabilidad.

Incluso los sistemas bombeados suelen diseñarse para distribuir el agua por gravedad a partir de un punto determinado.

2.1.3.2. Sistema de abastecimiento de agua por bombeo

En los sistemas de agua potable por bombeo, la fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo, siendo necesario transportar el agua mediante sistemas de bombeo a reservorios de almacenamiento y regulación ubicados en cotas superiores al centro poblado.

Generalmente los sistemas bombeados son diseñados para que el agua sea distribuida por la fuerza de la gravedad, saliendo desde un punto determinado. Estos sistemas ayudan a que se pueda distribuir una gran cantidad de agua para cada una de las personas, por un precio que puede ser pagado por toda la comunidad.

2.1.4. Consideraciones a seguir para la selección del sistema de abastecimiento de agua

Los factores que generalmente inciden en la selección apropiada de una solución tecnológica para el abastecimiento de agua son de tipo técnico, económico, social y cultural. La secuencia de su aplicación debe ser analizada de forma tal que permita establecer la opción tecnológica y el nivel de servicio más convenientes y que mejor se ajusten a las condiciones de las comunidades rurales a ser atendidas.

Se define como opción tecnológica a la solución de ingeniería que pueda aplicarse en función de las condiciones físicas, económicas y sociales de la comunidad. Son ejemplos de opción tecnológica los sistemas de abastecimiento de agua con o sin tratamiento y por bombeo o gravedad.

Así mismo, el nivel de servicio se define como el grado de satisfacción en la utilización de las opciones tecnológicas, pudiendo ser familiar o multifamiliar. Son ejemplos de nivel de servicio: el abastecimiento a escala individual o multifamiliar, a partir de pequeñas fuentes de agua de uso exclusivo; de alcance comunitario, por medio de piletas públicas; y a nivel individual, por conexiones domiciliarias enlazadas al servicio público de abastecimiento de agua.

Hay que tener en cuenta determinados factores que constituyen una herramienta indispensable para la toma de decisiones en la implementación de servicios de abastecimiento de agua en el medio rural. Estos factores se refieren básicamente a aspectos técnicos, económicos, sociales y culturales que al interrelacionarse permiten la selección de la opción tecnológica y el nivel de servicio que mejor se ajusten a las necesidades y expectativas de las comunidades evaluadas.

2.1.4.1. Consideraciones técnicas para la selección del sistema de abastecimiento de agua

- a) **Dotación:** La dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas. Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificara su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 200 l/hab/d, en clima frío y de 250 l/hab/d, en clima templado y cálido. Para sistemas de abastecimiento indirecto por surtidores para camión cisterna o piletas públicas, se considerará una dotación entre 30 y 50 l/hab/d respectivamente. (Dirección Regional de Salud Ambiental (DIGESA). Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria. Norma OS.100. 7 p.).
- b) **Fuente:** Es indispensable identificar el tipo y procedencia de las fuentes existentes para analizar cuál de todas es la más conveniente.

- c) **Rendimiento de la fuente:** Determina la cantidad y disponibilidad de agua que puede ser destinada al abastecimiento de agua, y permite definir el nivel de servicio al que puede acceder la comunidad a ser beneficiada.
- d) **Ubicación de la fuente:** La fuente de agua puede estar ubicada por encima o por debajo de la localidad y permite definir si el abastecimiento es por gravedad o por bombeo.

2.1.4.2. Consideraciones sociales para la selección del sistema de abastecimiento de agua

- a) **Categoría de la población:** Se considera como comunidad rural a las localidades cuya población normalmente no es mayor a 2000 habitantes. Sin embargo, el algoritmo puede ser aplicado a localidades con mayor número de habitantes, si su patrón corresponde a la de una localidad rural.
- b) **Características de la población:** La característica está vinculada con la distribución espacial de la población y puede ser:
 - Concentrada: Corresponde a las localidades con viviendas agrupadas formando calles y vías que determinan un crecimiento con tendencia a un núcleo urbano.
 - Dispersa: Son localidades con viviendas distanciadas unas de otras y sin un orden de desarrollo preestablecido.
- c) **Tipo de servicio:** Viene a estar representado por el resultado o la definición de la opción tecnológica y nivel de servicio que mejor se adecúan a las necesidades de la comunidad y que responden a las características físicas, económicas y sociales de la misma. Al efecto, se han considerado tres niveles básicos: familiar, multifamiliar y comunal.
 - Familiar: Permite la atención de una a cinco familias.
 - Multifamiliar: Facilita la atención a grupos que van de cinco a 25 familias.
 - Comunal: Permite la atención de grandes grupos de familia.

2.1.4.3. Consideraciones económicas para la selección del sistema de abastecimiento de agua

La condición económica es un factor muy importante porque permite limitar la opción tecnológica y el nivel de servicio, al afectar directamente el monto de inversión para la construcción del sistema o los gastos de operación y mantenimiento. Teniendo en cuenta los niveles de ingresos económicos de las poblaciones a ser atendidas, puede ser bajo, medio o alto.

- a) Bajo: Cuando los ingresos familiares corresponden a la mitad del valor de la canasta familiar básica.
- b) Medio: Corresponde a ingresos familiares equivalentes al valor de la canasta familiar básica.
- c) Alto: Cuando los ingresos familiares equivalen a dos o más veces el valor de la canasta familiar básica.

2.1.5. Fuentes de abastecimiento de agua potable en zonas rurales

El primer paso para diseñar un sistema de agua potable, es elegir una fuente de agua que tenga buena calidad y que produzca agua en cantidad suficiente como para abastecer a la población que se desea servir.

Las fuentes de abastecimiento de agua pueden ser subterráneas, superficiales y pluviales. Para la selección de la fuente de abastecimiento deben ser considerados los requerimientos de la población, la disponibilidad y la calidad de agua durante todo el año, así como todos los costos involucrados en el sistema, tanto de inversión como de operación y mantenimiento.

El tipo de fuente de abastecimiento influye directamente en las alternativas tecnológicas viables. El rendimiento de la fuente de abastecimiento puede condicionar el nivel de servicio a brindar. La operación y el mantenimiento de la alternativa seleccionada deben estar de acuerdo a la capacidad de gestión de los beneficiarios del proyecto, a costos compatibles con su perfil socio económico.

2.1.5.1. Agua pluvial como fuente de abastecimiento de agua

La captación de agua de lluvia para consumo humano se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad. Está recomendada sólo para zonas rurales o urbano marginales con niveles de precipitación pluviométrica que hagan posible el adecuado abastecimiento de agua de la población beneficiada, es decir, en aquellas zonas donde la precipitación pluvial es de intensidad considerable.

Uno de los requisitos para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es que la demanda de agua debe considerar un mínimo de cuatro litros por persona/día para ser destinada solamente a la bebida, preparación de alimentos e higiene bucal.

La captación de aguas de lluvia se efectúa mediante preparación de un área suficientemente extensa como para coleccionar el agua de lluvia necesaria para el abastecimiento de la localidad a servir. El dimensionamiento de las canalizaciones propias del sistema, debe apoyarse en lo posible en una base pluviográfica de la región. Comúnmente, la captación se efectúa mediante plateas receptoras que impermeabilizan el área en cuestión, dando pendiente que facilite el escurrimiento hacia canaletas y cañerías que conducen el agua hasta las cisternas de almacenamiento, elemento indispensable del sistema.

En cuanto a su calidad, las aguas de lluvia coleccionadas pueden contener sólidos disueltos en bajísima concentración y muy baja turbiedad, especialmente si la explotación de las áreas de colección se efectúa racionalmente.

El sistema de captación de agua de lluvia para consumo humano se compone de cuatro partes: captación, recolección, interceptor, almacenamiento. Ver Figura N° 2.2.

La captación está conformada por el techo de la vivienda, el mismo que podrá ser de tejas, esquisto, hierro galvanizado (corrugado) o aluminio, si es que se sigue las medidas de limpieza y protección. Los techos de paja no son adecuados debido a los riesgos para la salud. Asimismo deberá tener una pendiente no menor al 5% en dirección a las canaletas de recolección del agua de lluvia, de lo contrario, se formarán “lagunitas” que pueden convertirse en lugares de reproducción de mosquitos.

En intervalos en los cuales prácticamente no hay lluvia o hay muy poca lluvia se acumulará en el techo y canaletas, polvo, hojas muertas y deyecciones de aves, por lo que se requiere tomar las medidas adecuadas de limpieza y protección para salvaguardar la calidad físico-química del agua pluvial recolectada. Estos depósitos serán lavados por las primeras nuevas lluvias. Puede ser útil arreglar la tubería de descenso de tal forma que la primera agua de cada lluvia (“el chorro sucio”) pueda ser separada del contenedor o recipiente de agua clara y se le permita correr al desagüe. Además se debe colocar una malla de alambre sobre el tope del tubo de descenso para evitar que se atore con material que haya sido arrastrado por lavado. Ver Figura N° 2.3.

La recolección se da mediante un conjunto de canaletas situadas en las partes más bajas del área de captación con el objeto de recolectar el agua de lluvia y de conducirla hacia el interceptor. Las canaletas podrán ser de PVC, metálicas galvanizadas, bambú o cualquier otro material que no altere la calidad físico – química del agua recolectada. Se recomienda que las canaletas estén fuertemente adosadas a los bordes más bajos del techo y que las uniones entre canaletas sean lo más lisas posibles para evitar el represamiento del agua.

El interceptor es un dispositivo dirigido a captar las primeras aguas de lluvia correspondientes al lavado del área de captación y que pueden contener impurezas de diversos orígenes.

El almacenamiento se realiza en depósitos destinados a la acumulación, conservación y abastecimiento del agua de lluvia con fines domésticos. El volumen del tanque de almacenamiento será determinado a partir de la demanda de agua, de la intensidad de las precipitaciones y del área de captación. Las instalaciones de almacenamiento pueden estar sobre o bajo tierra.

Cualquiera que sea el tipo de almacenamiento que se escoja, debería cercarse para prevenir que cualquier contaminación proveniente de humanos o animales, hojas, polvo, u otros contaminantes ingresen al contenedor de almacenamiento. Una cubierta hermética asegurará condiciones de oscuridad en el almacenamiento, de tal forma que se evite así el crecimiento de algas y la reproducción de larvas de mosquitos. Por lo general los recipientes abiertos o estanques de almacenamiento no son apropiados como fuentes de agua de bebida.

El agua retirada del tanque de almacenamiento podrá ser tratada por medio de filtros de mesa o filtración seguida la cloración o cualquier otro proceso de desinfección.

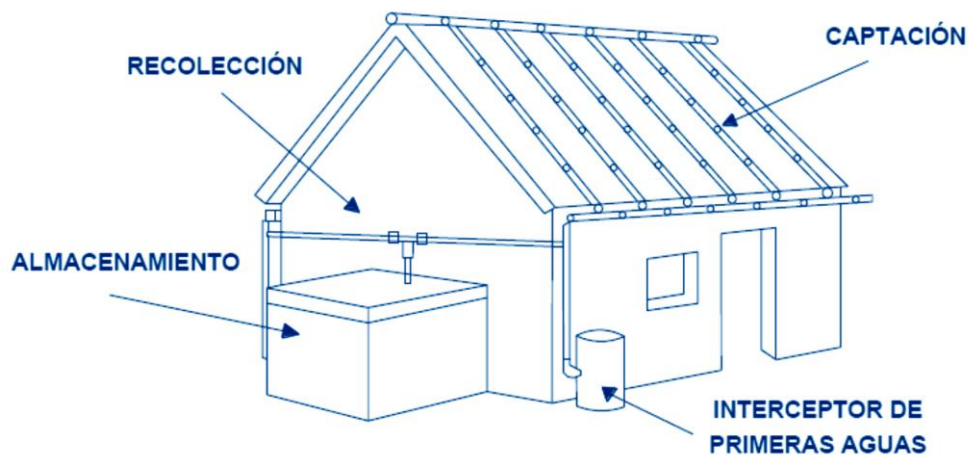


Figura N° 2.2. Componentes de un sistema de captación de agua de lluvia.
Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

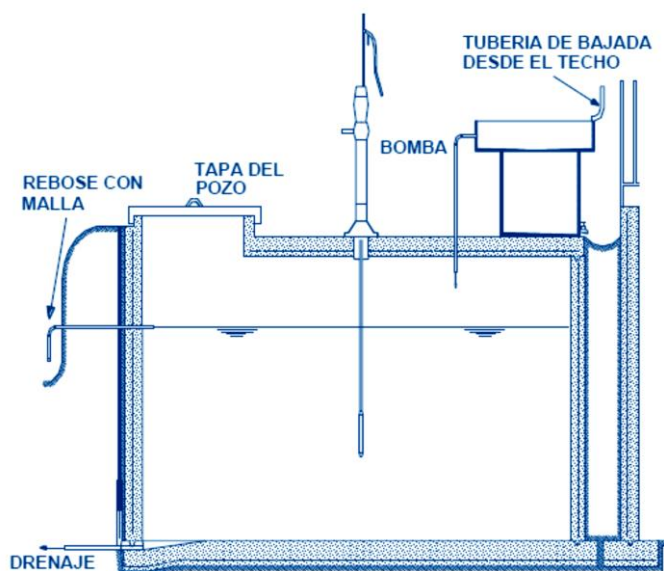


Figura N° 2.3. Arreglo de almacenamiento de agua pluvial.
Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

La escorrentía de agua pluvial también se puede recolectar mediante instalación de captación de agua en el suelo. La cantidad de agua pluvial que puede recolectarse en captaciones en el suelo dependerá de si los elementos de captación son planos o inclinados, y de la impermeabilidad de la capa superior. Mediante la preparación de la superficie del terreno se puede asegurar un flujo de agua lo suficientemente rápido hasta el punto de recolección y almacenamiento con el fin de reducir las pérdidas por evaporación y por filtración (CEPIS, 1983).

La porción de agua de lluvia que se puede recolectar fluctúa aproximadamente entre 30% en captadores permeables tendidos en suelo plano, a casi el 90 % en captadores colocados en hileras inclinadas (con pendiente) y cubiertos con material impermeable (CEPIS, 1983).

2.1.5.2.Fuente superficial

Las aguas superficiales están constituidas por arroyos, ríos, lagos, etc. que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba. Sin embargo a veces no existe otra fuente alternativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua.

Antes de que pueda ser usada para bebida y para propósitos domésticos, el agua superficial deberá ser potabilizada de la siguiente manera:

- a) Floculación: Con productos químicos se la “limpia” de las sustancias que la enturbian.
- b) Decantadores: Se hace sedimentar los coágulos formados en la 1ª instancia mediante un pasaje lento por decantadores.
- c) Filtración: Luego de ser decantada, el agua es filtrada mediante filtros especiales que aseguran que no se contamine ni se vea infectada por ningún agente patógeno.
- d) Desinfección: El agua filtrada pasa a depósitos llamados cisternas para ser depuradas con el agregado de cloro en cantidades permitidas.

La captación de aguas superficiales incluye, como parte fundamental, las obras de toma, destinadas a derivar o extraer de la fuente el agua necesaria para el abastecimiento. Si se trata

de abastecimiento a pequeñas localidades, los caudales a captar serían pequeños por lo que las obras pueden ser relativamente económicas. Sin embargo, muchas veces no es posible construir pequeñas plantas de tratamiento de acuerdo con las técnicas requeridas.

Lo importante es que dentro de su sencillez se proyecten de manera que aseguren la continuidad del servicio.

La calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones provenientes de la descarga de desagües domésticos, residuos de actividades mineras o industriales, uso de defensivos agrícolas, presencia de animales, residuos sólidos, y otros. Como recomendaciones de carácter general, conviene recordar que debe procurarse captar el agua de los niveles superiores, donde es menor el contenido de sólidos en suspensión y que el ingreso del agua debe protegerse con rejas o dispositivos equivalentes contra ingreso de cuerpos gruesos incompatibles con los conductos de toma, sistemas de bombeo, etc.

En caso de la utilización de aguas superficiales para abastecimiento, además de conocer las características físico químicas y bacteriológicas de la fuente, será preciso definir el tratamiento requerido para que cumpla con los requerimientos de calidad para consumo humano.

Para abastecimientos de agua de comunidades pequeñas, siendo poca la cantidad de agua necesaria, a menudo se puede usar estructuras de captación muy simples que consisten en arreglos simples usando tuberías flexibles de plástico (CEPIS, 1983). Ver Figura N° 2.4.

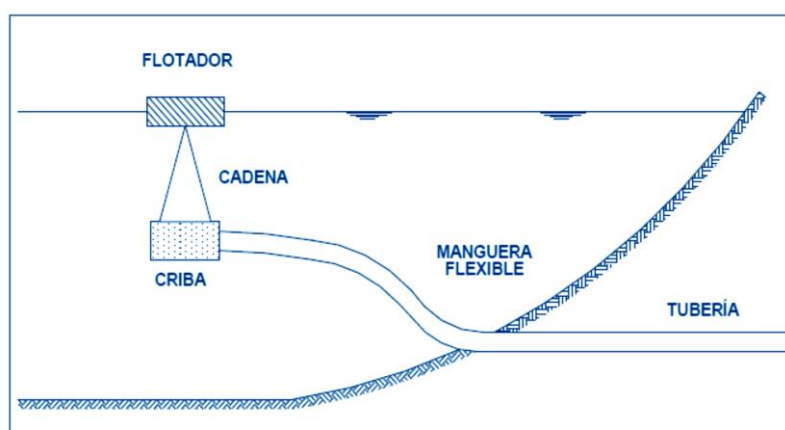


Figura N° 2.4. Esquema de estructura simple de captación de agua superficial.
Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

2.1.5.3.Fuente subterránea

Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La calidad y cantidad del agua subterránea disponible varía de sitio a sitio. La explotación de éstas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.

Los diferentes sistemas de captación de aguas subterráneas pueden dividirse en los siguientes grupos:

- a) Captaciones Horizontales: Correspondiente a zanjas, drenes y galerías.
- b) Captaciones Verticales: Pozos excavados o convencionales y pozos perforados o sondeos mecánicos.
- c) Captaciones Mixtas: Pozo con drenes radiales y galerías con pozos.

En las zonas rurales el agua subterránea constituye la mejor alternativa como fuente de abastecimiento por tener las siguientes ventajas:

- a) Exige pequeñas inversiones iniciales en comparación con las de plantas de filtros para tratamiento de aguas superficiales (gran importancia cuando los capitales son escasos).
- b) Captaciones próximas al consumo sin grandes obras de aducción ni de distribución interna.
- c) Por lo general, no necesita tratamiento especial: pequeña cloración antes de entregar al consumo.
- d) Soluciona problemas de abastecimiento en forma rápida, corto tiempo de construcción.
- e) Permite solucionar problemas locales de regadío sin tener que esperar para acogerse a las grandes soluciones propiciadas por el estado.
- f) Los recursos de agua subterránea se ven poco afectados por años secos individuales (gran capacidad de regulación).
- g) En muchas zonas constituye el único recurso económicamente disponible.

El agua subterránea es una fuente vital de agua para beber y para el riego agrícola. Sin embargo es fácil de agotarla o contaminarla porque se renueva muy lentamente. Si se usa racionalmente, puede sacarse de los acuíferos a través de pozos de gran diámetro o norias durante todo el año. Lógicamente para que sea factible el uso del agua subterránea, habrá que contar con agua en cantidad suficiente, a profundidad no excesiva y de calidad naturalmente potable o fácilmente transformable en agua potable.

El agua subterránea resulta ser de una calidad sanitaria superior. La mayoría de las aguas subterráneas no contiene materia en suspensión, ya que aparecen como naturalmente filtradas y prácticamente están libres de bacterias. Por lo general es clara y sin olor. Estas características contrastan con las del agua superficial, puesto que ésta última es corrientemente turbia y contiene considerable cantidad de bacterias. Su temperatura es relativamente constante, factor muy importante en algunos casos. Por esta razón las aguas subterráneas han sido utilizadas exitosamente como fuente de abastecimiento de agua potable en muchas zonas del país. Resultando de gran aplicación para el caso de las comunidades rurales que nos ocupa.

Es cierto que las fuentes subterráneas protegidas generalmente están libres de microorganismos patógenos y presentan una calidad compatible con los requisitos para consumo humano. Sin embargo, previamente a su utilización es fundamental conocer las características del agua, para lo cual se tendrá que realizar los análisis físico-químicos y bacteriológicos correspondientes.

Las aguas freáticas o de primera napa pueden utilizarse cuando constituyan la única fuente económicamente utilizable. Su nivel oscila grandemente y está directamente influenciado por el régimen de lluvias; su calidad es variable y aunque física y químicamente sea aceptable, existe siempre el peligro de su contaminación microbiológica, sobre todo en zonas pobladas sin redes de desagüe cloacales. Por ello, de resolverse su empleo, habrá que hacerlo mediante pozos excavados o perforados, convenientemente protegidos y ubicados preferentemente fuera de la zona poblada, aguas arriba de la localidad. Se utilizarán equipos de bombeo y se desinfectará el agua, manteniendo estricto y permanente control bacteriológico del agua de consumo.

2.2.ENERGÍA SOLAR

Actualmente, existe una alta demanda de energía eléctrica que tiende a aumentar con el paso de los años mientras que los recursos fósiles más empleados para su producción disminuyen considerablemente. La anterior es la razón principal para que se presente un auge en el aprovechamiento de las energías renovables, especialmente la solar y la eólica.

El principio de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos es la transformación directa de energía solar en energía eléctrica por medio de celdas fotoeléctricas de diversos materiales semiconductores, en especial el silicio.

Entre las principales ventajas que representa el uso de este tipo de energía se encuentran la no contaminación del ambiente, ya que es limpia y renovable, la disminución de costos de instalación y mantenimiento de redes eléctricas, especialmente un zonas aisladas y de difícil acceso, un bajo riesgo de falla y bajo costo de mantenimiento

2.2.1. Origen de la energía solar

La energía solar recibe este nombre ya que es derivada del sol, el cual es una inmensa esfera de gases a alta temperatura, formado fundamentalmente por helio, hidrógeno y carbono. Genera una gran cantidad de energía mediante reacciones de fusión, en las cuales se presenta una pérdida de masa; ésta energía llega a la superficie de la tierra en forma de radiación solar de una manera desigual que varía en función de varios ítems, entre ellos, la distancia de la tierra al sol, la hora del día, la inclinación del globo terráqueo respecto al sol, la zona de la superficie terrestre, entre otros. (Steluta, 2009)

2.2.2. Radiación solar

La radiación solar puede definirse de varias formas, las cuales al final significan exactamente lo mismo, una de ellas es expresar que la radiación es el flujo de energía que recibe la tierra y que es emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias, o en otra versión, es el conjunto de rayos electromagnéticos emitidos por el sol en todas las longitudes de onda existentes.

Para alcanzar la superficie terrestre la radiación solar debe atravesar la atmósfera donde sufre diversos fenómenos: reflexión, absorción y difusión que disminuyen la intensidad de dichas ondas. (Steluta, 2009).

2.2.2.1. Tipos de radiación.

Se pueden distinguir diversos tipos de radiación, en función de cómo ésta es recibida por las superficies, ellos son directa, difusa y reflejada, la suma de las tres da como resultado la radiación global.

A. Radiación directa

Es la radiación que llega directamente del sol sin haber sufrido cambios en su dirección. Es la mayor y la más importante en las aplicaciones fotovoltaicas.

B. Radiación difusa

Es la parte de la radiación que atraviesa la atmósfera y es reflejada y absorbida por las nubes, partículas de polvo atmosférico, moléculas de agua, edificios y suelo. Las superficies horizontales reciben gran parte de esta radiación y las superficies verticales reciben una parte menor.

C. Radiación reflejada

Denominada albedo, es la radiación directa y difusa que llega inicialmente al suelo u otras superficies próximas que generan reflexión para que de este modo llegue a los captadores.

D. Radiación global.

Es la suma de todas las radiaciones descritas anteriormente y adopta éste nombre ya que es la radiación solar total que recibe la superficie de un receptor y por lo tanto la que se debe conocer y cuantificar. Para una mejor comprensión de cada uno de los tipos de radiación mencionados, en la figura N° 2.5, se muestra cada una de ellas.

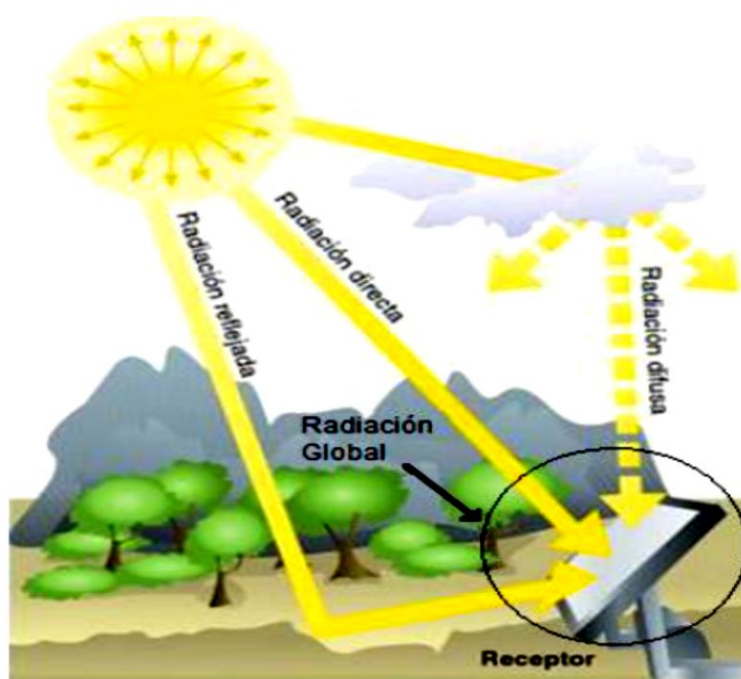


Figura N° 2.5. Tipos de radiación sobre una superficie.

Fuente: SANTAMARÍA, Germán y CASTEJÓN, Agustín. Instalaciones solares fotovoltaicas.

2.2.2.2. Factores que afectan la cantidad de radiación solar disponible en un lugar

Existen cuatro factores fundamentales, el primero, es la latitud del sitio, es decir, su posición al norte o al sur del ecuador; el segundo es la nubosidad, ésta impide el paso directo de la radiación, con lo cual solo hay radiación difusa que puede tener valores cercanos al 10% de la radiación que se pudiera estar percibiendo si fuese directa; en tercer lugar se encuentra la humedad del aire, la cual absorbe la radiación solar, impidiendo su paso hasta las superficies; por último, está la claridad atmosférica, que incluye las nubes, el esmog y el polvo, que obstaculizan el paso de la radiación.

2.2.3. Formas de aprovechar la energía solar

La energía solar en la actualidad está siendo aprovechada para fines energéticos a través de dos vías basadas en principios físicos diferentes. Por un lado la vía térmica. Los sistemas que adoptan esta vía absorben la energía solar y la transforman energía calorífica, la cual es transferida a un fluido y utilizado con fines sanitarios y de climatización, para uso comercial, residencial o industrial. El nivel de temperatura al cual se puede elevar el agua puede llegar a ser tan alto (hasta 300°C) como para producir energía eléctrica a través de turbinas de vapor.

Por otro lado, la vía fotovoltaica. Esta permite la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica mediante las llamadas "células solares" o "células fotovoltaicas". Dichas células hacen posible la producción de electricidad a partir de la radiación solar como consecuencia del efecto fotovoltaico, un efecto por el que se transforma directamente la energía luminosa en energía eléctrica y que se produce cuando la radiación solar entra en contacto con un material semiconductor cristalino. La energía generada se puede utilizar para electrificación de viviendas, aplicaciones agrícolas, comunicaciones, señalización, entre otras. (Salcedo, 2009, pag.105).

2.2.4. Células solares

Las células solares son los elementos encargados de transformar la energía solar en energía eléctrica.

2.2.4.1.Principio de funcionamiento.

La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. Para llevar a cabo esta conversión se utilizan las células solares, constituidas por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante (mediante una unión p-n).

Cuando sobre un semiconductor incide una radiación luminosa con energía suficiente para romper los enlaces de los electrones de valencia y generar pares electrón-hueco, la existencia de una unión p-n separa dichos pares, afluyendo electrones a la zona n y huecos a la zona p, creando en resumen una corriente eléctrica que atraviesa la unión desde la zona n a la p, y que puede ser entregada a un circuito exterior (saliendo por la zona p y entrando por la n). De esta manera, cuando se expone una célula solar a la luz del sol se hace posible la circulación de electrones y la aparición de corriente eléctrica entre las dos caras de la célula (Valentín, 2012, pág. 30-38).

2.2.4.2.Tipos de células solares.

El principal material empleado para la construcción de las células es el silicio, el cual se presenta en diversas estructuras, que a su vez dan origen a una clasificación de dichas células en los siguientes tipos:

- A. Células de silicio monocristalino

Se obtienen a partir de barras o bloques de silicio, el cual se caracteriza por una disposición ordenada y periódica de átomo, de forma que solo tiene una orientación cristalina, es decir, todos los átomos están dispuestos simétricamente. Presentan un color azulado oscuro y con un cierto brillo metálico. Alcanzan rendimientos de hasta el 17%. Según la cantidad de material que se bisela, resultan capas cuadradas, rectangulares o redondas tal como se muestra en la figura N° 2.6.



Figura N° 2.6. Células de silicio monocristalino.

Fuente: VALENTÍN LABARTA, José Luis. Instalaciones solares fotovoltaicas.

B. Células de silicio policristalino

El silicio es depositado sobre otra sustancia en forma de capas; su superficie es irregular debido a que las direcciones de alineación durante la deposición del material van cambiando cada cierta cantidad de tiempo. Tienen menor costo de fabricación que las células de silicio monocristalino y su eficiencia alcanza un 12%. Se fabrican en forma rectangular (figura N° 2.7).



Figura N° 2.7. Células de silicio policristalino.

Fuente: VALENTÍN LABARTA, José Luis. Instalaciones solares fotovoltaicas.

C. Células de silicio amorfo

También llamadas células de capa delgada (figura N° 2.8) ya que se obtienen al depositar una capa fina de silicio amorfo sobre una base de material convencional (por ejemplo cristal). No existe una estructura cristalina ordenada, presenta un color marrón y gris oscuro. Posee una eficiencia baja entre el 6% y el 8% y sufre una rápida degradación por la luz solar; con estas células se pueden obtener láminas flexibles y semitransparentes. Su principal aplicación es la alimentación de relojes y calculadoras.

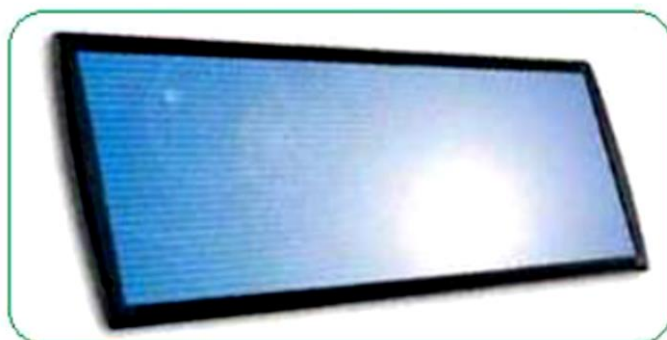


Figura N° 2.8. Células de silicio amorfo.
Fuente. VALENTÍN LABARTA, José Luis. Instalaciones solares fotovoltaicas.

2.2.5. Paneles fotovoltaicos

Los paneles o módulos solares fotovoltaicos son conjuntos de células solares interconectadas eléctricamente y protegidas superficialmente contra la intemperie.

2.2.5.1. Características eléctricas de los paneles fotovoltaicos

Actualmente, los paneles fotovoltaicos están definidos por un conjunto de parámetros que especifican sus características técnicas de operación. Dichos parámetros se pueden expresar en condiciones típicas de operación denominadas TONC (temperatura de operación nominal de la célula) o en condiciones de ensayo dados como STC (condición de prueba estándar).

Los parámetros fundamentales que expresan las características eléctricas de los paneles son:

- **Potencia máxima (P_{max})**, la cual indica el valor máximo de potencia obtenido bajo condiciones específicas y corresponde al producto de los parámetros voltaje y corriente máximos.

- **Tensión de potencia máxima (V_{mp})**, valor de la tensión cuando el panel está suministrando la máxima intensidad de corriente.
- **Intensidad de potencia máxima (I_{mp})**, corriente suministrada a la potencia máxima. Se considera como la representación de la corriente nominal.
- **Corriente de cortocircuito (I_{sc})**, representa la máxima corriente que puede proporcionar el panel bajo condiciones de tensión cero.
- **Tensión de circuito abierto (V_{oc})**, especifica la tensión máxima que puede proporcionar el panel sin carga.

2.2.5.2. Conceptos importantes para el dimensionado y ubicación de los paneles.

Durante el desarrollo de un proyecto con paneles fotovoltaicos, es necesario tener en cuenta algunos conceptos importantes que influyen directamente en los cálculos a realizar para el dimensionado y en la ubicación y orientación de los mismos, ellos son:

A. Irradiancia.

Se define como la potencia instantánea de radiación solar recibida por unidad de superficie, su unidad de medida según el Sistema Internacional de medidas (SI) es el kW/m^2 . Todos los instrumentos de medida de la “radiación” solar, miden en realidad la irradiancia, ya que siempre se mide la cantidad de potencia que es recibida por metro cuadrado, dichas mediciones se realizan cada cierto tiempo, con lo cual, luego de un tratamiento de datos se obtiene la irradiación solar.

B. Irradiación.

Es la energía solar que llega a una superficie determinada durante cierta cantidad de tiempo y se puede obtener al integrar la irradiancia en un periodo determinado. Según el Sistema Internacional de medidas, su unidad es el kWh/m^2 .

C. Hora solar pico.

Las horas solar pico (HSP), se pueden definir como la cantidad de horas del día en las cuales posiblemente se dispone de una irradiancia solar constante de 1000 W/m^2 .

Para calcular su valor, es necesario dividir el valor de la irradiación incidente en el sitio entre el valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándar (STC), que

es 1000 W/m^2 , ya que como se vio anteriormente, es bajo estas condiciones que se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos o paneles solares.

D. Ángulo de incidencia

Es el ángulo con el cual los rayos del sol impactan una superficie. Para el caso de los módulos fotovoltaicos lo ideal es utilizar un seguidor solar para maximizar la cantidad de energía captada, ya que para éstos, un ángulo de incidencia de 90° es lo óptimo, pero solo se alcanza dicho ángulo al medio día si el módulo está fijo en una posición horizontal. La variación del ángulo de incidencia según la trayectoria del sol sobre un panel ubicado horizontalmente se puede apreciar en la figura N° 2.9.

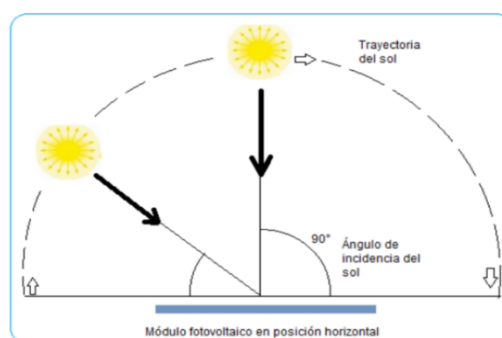


Figura N° 2.9. Ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre un módulo en posición horizontal.

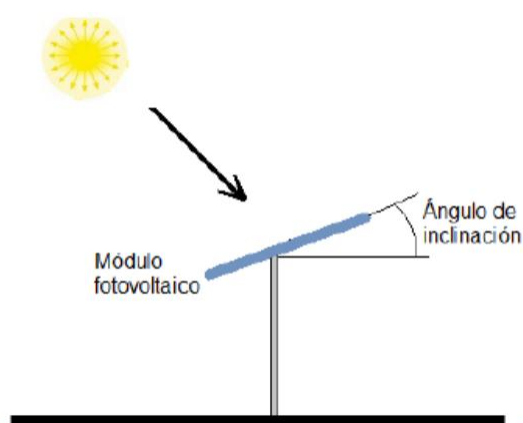
Fuente: Neidaly Sanchez Gallego

Es importante aclarar que los seguidores solo son recomendables cuando se tienen altas potencias (superiores a 5000 Watt), porque de lo contrario, se incrementan costos de instalación y mantenimiento que disminuyen la viabilidad del proyecto; para lograr un buen aprovechamiento de la energía sin excederse en los costos, se debe evaluar de forma correcta el ángulo de inclinación y la orientación del panel, que son los factores fundamentales al momento de la instalación y se describirán a continuación.

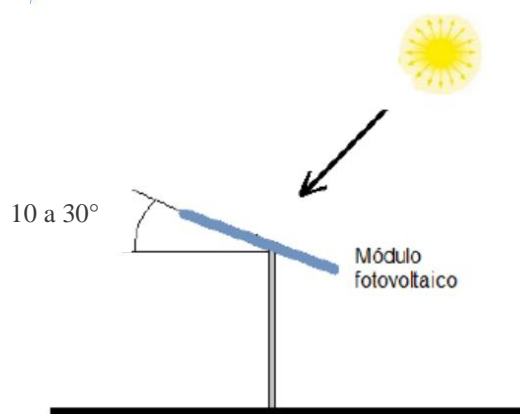
E. Orientación y ángulo de inclinación

En los sistemas de baja potencia, lo ideal es tener una orientación y un ángulo de inclinación fijos, para reducir costos de instalación y mantenimiento. La orientación de los módulos se debe hacer con respecto al ecuador, así, para los sitios ubicados al sur del ecuador se deben orientar hacia el norte geográfico y los ubicados al sur, hacia

el sur geográfico (ver figura N° 2.10 (a)); el ángulo de inclinación depende de la ubicación geográfica del sitio. En la mayoría de las veces, dicho ángulo se elige sumando o restando grados al valor de la latitud, así, para Perú el valor recomendado es el de la latitud del lugar de instalación, siempre y cuando se mantenga un valor entre los 10 y 30°, para evitar estancamientos de agua en el módulo y acumulación de polvo u otras partículas (figura N° 2.10 (b)).



(a)



(b)

Figura N° 2.10. (a) Orientación de los módulos fotovoltaicos para un sitio ubicado al sur, (b) orientación y ángulo de inclinación recomendado para Perú (ubicada en latitud sur)

Fuente: Neidaly Sanchez Gallego

2.2.6. Radiación solar en Perú

Uno de los parámetros más importantes que se debe tener en cuenta para el diseño de sistemas accionados mediante paneles solares fotovoltaicos es la radiación solar, ya que a mayores valores de radiación, mayor es la energía eléctrica obtenida al final del proceso.

La cantidad de radiación solar es variable, razón por la cual se hace necesario realizar mediciones anuales para conseguir valores confiables que puedan ser utilizados por empresas o personas que se dediquen al dimensionamiento e instalación de sistemas solares, ya sea para la producción de energía eléctrica o de calor, los cuales se convierten en una alternativa importante para las zonas no interconectadas que aprovechan dicha energía para la electrificación de viviendas, el bombeo de agua y la calefacción de agua y aire

Por lo anterior, en el 2003, fue publicado el “Atlas de radiación solar de Perú”, en el cual se entrega un conjunto de mapas donde se representa la distribución espacial del potencial energético solar de Perú. En total son 13 mapas, 12 correspondientes a cada mes del año y un mapa final con el promedio anual (figura N° 2.11).

La información de dicho atlas, se utiliza en el presente trabajo como referencia para el dimensionamiento de la parte solar del sistema, pero además se tienen en cuenta los resultados de las mediciones realizadas en el sitio donde se pretende realizar el montaje del sistema, los datos medidos en Pereira por la red Hidroclimatológica del departamento de Risaralda y los datos registrados por la NASA, los cuales se pueden consultar teniendo en cuenta la latitud y la orientación del sitio de la instalación.



Figura N° 2.11. Mapa final con el promedio anual de radiación solar.
Fuente. Atlas de Radiación Solar de Perú.

2.2.7. Proyectos con energía solar en Perú

Con el fin de encontrar soluciones óptimas a los problemas energéticos de algunas zonas del país, en las últimas décadas se ha estado explorando el uso de la energía solar como fuente de energía para diversos fines, tales como la electrificación de viviendas en zonas alejadas o no conectadas a la red, la cocción de alimentos, el calentamiento de agua o como equipo alternativo para la electrificación de hospitales, campus universitarios, entre otros.

En el Perú las empresas españolas Solar Pack y Gestamp Solar, que con una inversión de 500 millones de soles han construido dos plantas fotovoltaicas en territorios de Tacna y Moquegua. La primera está ubicada en la provincia Tacna de Alto de la Alianza y la segunda en el desierto Moquegua, en el sector de Hospicio, cerca al cruce Ilo-Tacna. Estas plantas captarán la radiación solar a través de 151 mil 305 paneles instalados en 121 y 123 hectáreas concesionadas por 20 años, respectivamente, para convertirla en electricidad mediante transformadores. La producción entre ambas centrales será de 40 megavatios (MW), se estima que unas 72 mil viviendas se beneficiarán entre estas regiones. De estos parques se integra la energía al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). La referidas plantas se suman a las otras dos de 40 MW puestas en operación en Arequipa. Con estas, en total el país alcanza a generar 80 MW. Por eso, el Perú se coloca como líder en producir este tipo de energía renovable en Latinoamérica. "La energía es un instrumento social de desarrollo en los pueblos más pobres".

Arequipa tiene los niveles de radiación solar más altos en el Perú seguido de los departamentos de Puno, Cajamarca y Tacna, pero la mayor ventaja es que la Ciudad Blanca presenta sol casi todo el año, siendo pocos días nublados. Actualmente Arequipa es considerada la capital de las termas solares a nivel mundial, cuenta con más de treinta y seis mil termas solares dispuestas en las azoteas, esta cantidad va en se atribuye a los altos costos de energía eléctrica e hidrocarburos como el GLP y kerosene.

2.2.8. Instrumentos de medida de radiación

Para medir la radiación, es necesario precisar que componente de ella se desea medir y el periodo de tiempo en el que se realizaran dichas mediciones, ya que con base en estos dos parámetros se determina el tipo de instrumento que debe utilizarse. Se pueden diferenciar entre mediciones de la duración de la radiación solar, de la cantidad de la radiación global,

la radiación visible (luz), entre otras. A continuación se describen algunos de los instrumentos más utilizados.

2.2.8.1. Piranómetro

También llamado solarímetro, es un medidor de radiación total. Su operación es la siguiente: se expone a la radiación solar una lámina metálica con una superficie reflectante y junto a ella otra cuya superficie es absorbente; la lámina absorbente se calienta más que la reflectante, admitiendo una diferencia de temperatura proporcional a la radiación que es medida mediante un termopar. En el mercado actual existen también otros tipos, los cuales realizan la misma función, pero su principio de funcionamiento se basa en la dilatación diferencial de una lámina bimetálica y otros basados en la señal proporcionada por una célula fotoeléctrica expuesta a la luz. En la figura N° 2.12 se puede apreciar un esquema de este medidor.



Figura N° 2.12. Representación esquemática de un piranómetro de radiación total.
Fuente. JUTGLAR, Lluís. Energía solar.

2.2.8.2. Pirheliómetro

Este instrumento es utilizado para medir la radiación solar directa; en esencia es un piranómetro situado en el fondo de un tubo. Dicho tubo está recubierto por interiormente con una pintura absorbente con el fin de reducir al máximo la reflexión, es lo suficientemente estrecho y largo como para que desde el fondo, se vea el sol y la menor porción posible de cielo (Ver figura N° 2.13).



Figura N° 2.13. Representación esquemática de un pirheliómetro.
Fuente. JUTGLAR, Lluís. Energía solar.

2.2.8.3. Heliógrafo

Se utiliza para medir el número de horas de sol brillante que se produce a lo largo del día, consiste en una bola de cristal transparente que concentra la luz sobre una banda de papel en la cual queda registrada una marca, cuya intensidad es cualitativamente proporcional a la intensidad de la radiación solar (ver figura N°2.14).

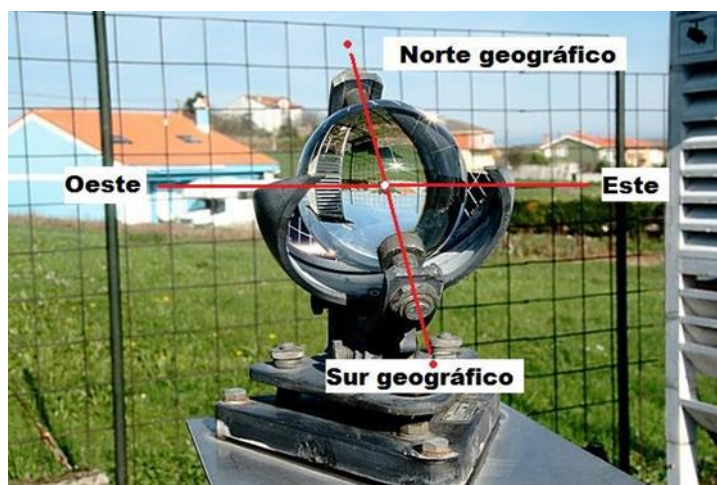


Figura N° 2.14. Representación esquemática de un heliógrafo de Campbell-Stockes.
Fuente. JUTGLAR, Lluís. Energía solar

2.2.9. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una de las energías renovables que se presentan como una alternativa a las fuentes tradicionales como los combustibles fósiles, especialmente desde que instituciones públicas como el Estado Español o diversas comunidades autónomas y municipios ofrezcan subvenciones para facilitar su instalación.

Las placas o módulos solares fotovoltaicos captan los fotones contenidos en los rayos solares, y los materiales semiconductores que los forman los transforman en una corriente continua de electrones, es decir, en electricidad. Posteriormente, de acuerdo al tipo de motor eléctrico de la bomba (sea de corriente continua CC o de corriente alterna CA), se necesitará o no convertir la energía eléctrica. Es decir, si el motor es de CC podrá conectarse directamente con los arreglos fotovoltaicos; mientras que, si es de CA se necesitará incorporar un inversor CC-CA.

El principal uso de las placas o módulos solares fotovoltaicos es la producción de electricidad en zonas rurales aisladas de la red eléctrica. Las necesidades básicas pueden ser cubiertas de esta manera: televisión, una herramienta indispensable para la obtención de información en lugares de difícil acceso por carretera; bombillas y pequeños electrodomésticos; y para el funcionamiento de equipos de bombeo en sistemas de abastecimiento de agua potable.

Hasta la fecha, no se ha aprovechado del todo el potencial de la energía solar para incrementar la productividad agrícola ni para el desarrollo rural en general. Con un medio económico e institucional propicio, los sistemas de energía solar podrían mejorar considerablemente la atención médica y los servicios escolares, el suministro de agua para consumo humano, servicios veterinarios, comunicaciones y turismo, además serían de gran utilidad en irrigación y abrevaderos, así como para la preparación de alimentos y su refrigeración.

Las ventajas de la energía solar fotovoltaica son numerosas. En primer lugar, son sistemas silenciosos, limpios y respetuosos con el medio ambiente, y suponen un gran ahorro en el traslado de energía, puesto que se encuentran cerca del punto de consumo. En definitiva, su uso ofrece un suministro de energía continuo y fiable sin tener que depender de las fuentes de energía convencional.

2.2.10. Bombeo solar

El bombeo solar, respecto a los sistemas convencionales de bombeo, se muestra como una solución efectiva para el abastecimiento de agua en zonas rurales que no disponen de la red eléctrica.

Existen diferentes métodos para proveer agua en lugares apartados, tales como los papalotes y bombas a diesel o gasolina; sin embargo, las bombas solares ofrecen la mejor opción en costo beneficio a largo plazo y a la hora de reducir la necesidad de un operador, además de que los equipos cuentan con la ventaja de ser modulables, adaptándose a las más diversas necesidades y condiciones de instalación.

El sistema de bombeo solar es un sistema de bajo mantenimiento, autónomo y automático. Su fuente de energía es el sol, no consume combustible, arranca y para en función de la radiación solar y el nivel de agua en el pozo y en el tanque de acumulación de agua. Se evita así la necesidad de acarrear con combustibles, como el gasóleo, o el costoso y engorroso mantenimiento del motor.

En el diseño de un sistema de bombeo, la bomba representa la componente más importante. La bomba solar tiene el mismo principio de funcionamiento que las bombas tradicionales, salvo la posibilidad de trabajar a condiciones eléctricas (voltaje y corriente) variables, de acuerdo a la disponibilidad de energía radiante solar. Esto da como consecuencia velocidades de rotación (rpm) variables, y la necesidad de cierto grado de robustez del motor eléctrico.

En los días más largos de verano el sistema bombea más agua debido a que la temporada de más demanda de agua, suele coincidir con la de mayor radiación solar. Las variaciones de la intensidad de la radiación solar se manifiestan en el comportamiento de la bomba que trabaja con diferentes tasas de caudal, siendo éstas mayores cuando mayor es la radiación. Por este motivo las características de la bomba se especifican por la cantidad diaria de agua que puede acumular en un día ($m^3/día$), para un cierto valor promedio de radiación diaria.

Las bombas a corriente continua o bombas solares están diseñadas para trabajar con la electricidad proporcionada por un arreglo fotovoltaico. Debido a la naturaleza de la energía solar este tipo de sistemas tienen que aprovechar al máximo la energía solar, necesitan

maximizar los litros de agua bombeados por watt eléctrico consumido. También deben de ser capaces de bombear agua durante periodos de baja insolación.

2.2.10.1. Componentes de una instalación típica de bombeo solar

Los componentes de una instalación típica de bombeo solar (directamente acoplada) son:

- a) **Arreglo Solar:** Es el conjunto de generadores FV para un sistema de bombeo, y que generalmente se interconectan varios módulos FV. Están montados en instalaciones sobre el terreno; usan marcos simples que sostienen los módulos a un ángulo de inclinación fijo hacia el sol, (generalmente, el ángulo de latitud geográfica del sitio).
- b) **Controlador de la bomba:** Dispositivo usado para que los sistemas operen a potencia óptima, mientras que va mejorando las características eléctricas del arreglo.
- c) **Inversor:** Sólo requerido para las bombas en corriente alterna. Es el dispositivo que convierte la corriente directa proveniente de la batería a corriente alterna. Un inversor puede escogerse para una gran variedad de voltajes, 220 y 110, de una o 3 fases para cargas muy grandes.
- d) **Cable de la bomba y cables de conexión a tierra:** Se usan para conectar la bomba al arreglo solar. Debe dimensionarse apropiadamente para minimizar las pérdidas en la línea. Deben conectarse a tierra todos los equipos ya que las bombas de agua atraen rayos debido a la conexión a tierra que proporcionan.
- e) **Tanque del almacenamiento:** Las bombas directamente acopladas sólo entregan agua cuando hay radiación solar. Esto puede requerir algún tipo de almacenamiento de agua para satisfacer la necesidad cuando el sol no esté disponible.
- f) **Bomba:** Normalmente se usan motores a corriente directa con sistemas FV de bombeo para evitar la pérdida de eficiencia y la complejidad de convertir voltaje de corriente directa a alterna. Estos motores trabajan bien a voltaje variante y velocidad, lo que resulta ideal para operar con una fuente de energía constantemente cambiante como lo es la energía solar

Los componentes de una instalación típica de un sistema fotovoltaico de bombeo de agua se pueden apreciar en la Figura N° 2.15.

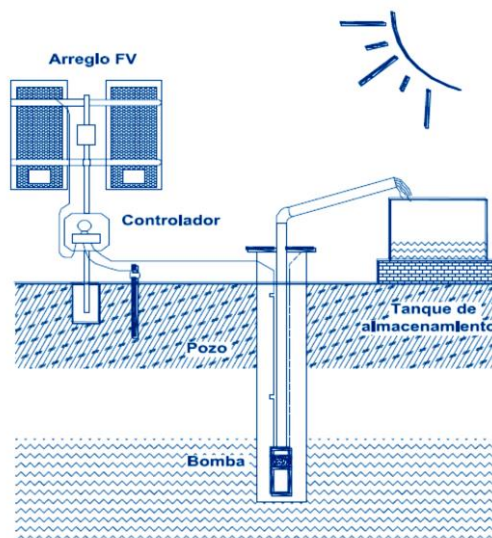


Figura N° 2.15. Esquema de una instalación típica de un sistema FV de bombeo de agua.
Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

2.2.10.2. Tipos de bomba solar

Las bombas comunes disponibles en el mercado han sido desarrolladas pensando en que hay una fuente de potencia constante. Por otro lado, la potencia que producen los módulos FV es directamente proporcional a la disponibilidad de la radiación solar. Es decir, a medida que el sol cambia su posición durante el día y al variar la disponibilidad de potencia también cambia la disponibilidad de potencia para la bomba. Por esta razón se han creado algunas bombas especiales para la electricidad fotovoltaica las cuales se dividen desde el punto de vista mecánico en centrífugas y volumétricas.

a) Bombas centrífugas

Tienen un impulsor que por medio de la fuerza centrífuga de su alta velocidad arrastran agua por su eje y la expulsan radialmente. Estas bombas pueden ser sumergibles o de superficie y son capaces de bombear agua a 60 metros o más, dependiendo del número y tipo de impulsores. Están optimizadas para un rango estrecho de cargas dinámicas totales y la salida de agua se incrementa con su velocidad rotacional. Las bombas de succión superficial (Ver Figura N° 2.16) se instalan a nivel del suelo y tienen la ventaja de que se les puede inspeccionar y dar

servicio fácilmente. Tienen la limitante de que no trabajan adecuadamente si la profundidad de succión excede los 8 metros.

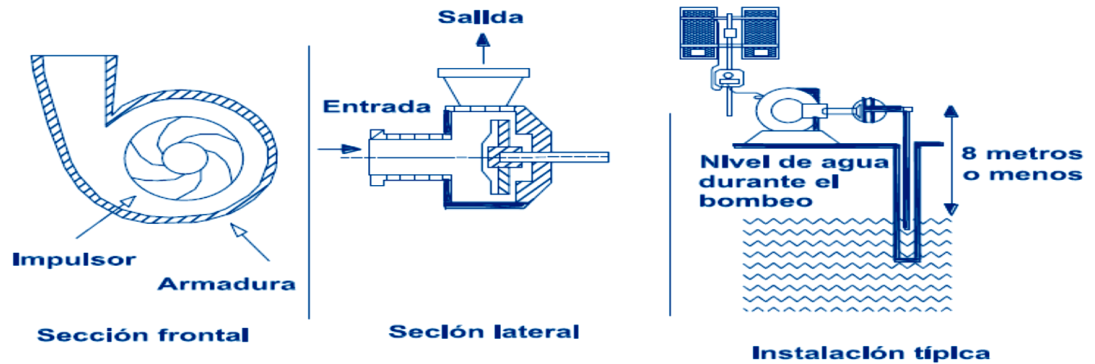


Figura N° 2.16. Esquema de una bomba centrífuga superficial.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

Hay una gran variedad de bombas centrífugas sumergibles (Ver Figura N° 2.17). Algunas de estas bombas tienen el motor acoplado directamente a los impulsores y se sumergen completamente. Otras, tienen el motor en la superficie mientras que los impulsores se encuentran completamente sumergidos y unidos por una flecha. Generalmente las bombas centrífugas sumergibles tienen varios impulsores y por ello, se les conoce como bombas de paso múltiple.

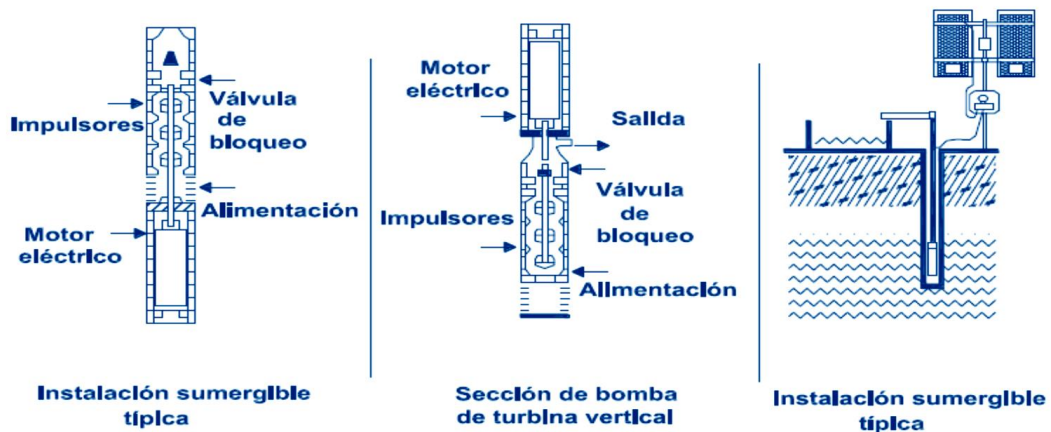


Figura N° 2.17. Esquema de una bomba centrífuga sumergible.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

b) Bombas volumétricas

Las bombas volumétricas o de desplazamiento positivo (Ver Figura N° 2.18), son adecuadas para el bombeo de bajos caudales y/o donde la profundidad es grande. Algunas de estas bombas usan un cilindro y un pistón para mover paquetes de agua a través de una cámara sellada. Otras utilizan un pistón con diafragmas. Cada ciclo mueve una pequeña cantidad de líquido hacia arriba. El caudal es proporcional al volumen de agua. Esto se traduce a un funcionamiento eficiente en un amplio intervalo de cargas dinámicas. Cuando la radiación solar aumenta también aumenta la velocidad del motor y por lo tanto el flujo de agua bombeada es mayor.



Figura N° 2.18. Esquema de una bomba volumétrica de cilindro.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

- **Bombas de cilindro:** Su principio consiste en que cada vez que el pistón baja, el agua del pozo entra a su cavidad y cuando éste sube, empuja el agua a la superficie. La energía eléctrica requerida para hacerla funcionar se aplica sólo durante una parte del ciclo de bombeo. Las bombas de esta categoría deben estar siempre conectadas a un controlador de corriente para aprovechar al máximo la potencia otorgada por el arreglo fotovoltaico.
- **Bombas de diafragma:** Las bombas de diafragma desplazan el agua por medio de diafragmas de un material flexible y resistente. Existen modelos sumergibles y no sumergibles. Las bombas de diafragma son económicas. La vida útil de este tipo de bomba es aproximadamente 5 años del uso.

Como se ha visto, las bombas centrífugas y volumétricas ofrecen diferentes alternativas para diferentes rangos de aplicación. El proceso de selección de la bomba para un proyecto es de suma importancia. Todas las bombas tienen que usar la energía eficientemente ya que en un sistema FV, la energía cuesta dinero. En general, el proyectista debe tener una idea clara de qué tipo de bomba es la más adecuada para su proyecto. Este proceso de selección de la bomba se complica debido a la multitud de marcas y características de cada bomba. Un sólo fabricante puede ofrecer más de 20 modelos de bombas y cada una tiene un rango óptimo de operación.

Las bombas más eficientes son las de desplazamiento positivo de pistón, pero no son recomendables para gastos medianos y grandes a baja carga dinámica total. Por ejemplo, una bomba de palanca puede llegar a tener una eficiencia de más de 40%, mientras que una bomba centrífuga puede tener una eficiencia tan baja como 15%. La Figura N° 2.19 indica el tipo de bomba adecuada que se recomienda en general según la carga dinámica total del sistema de bombeo.

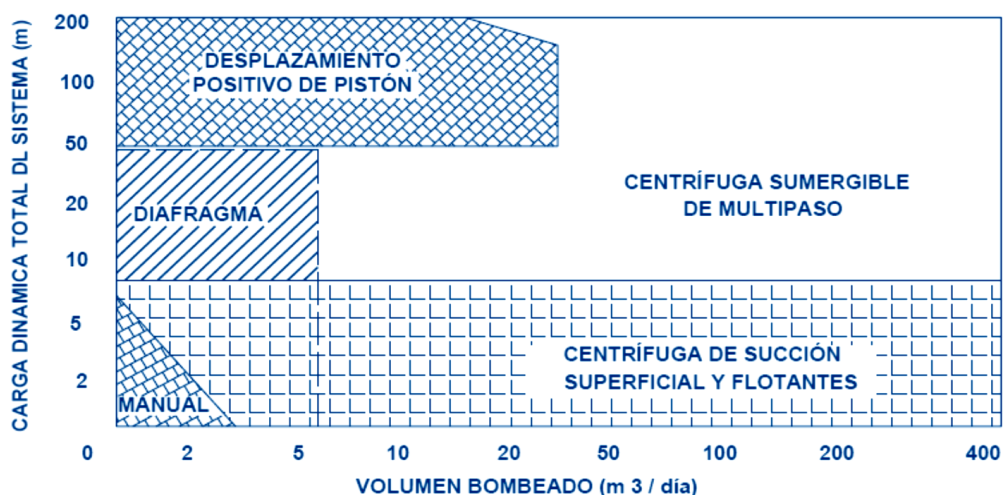


Figura N° 2.19. Intervalos comunes donde se aplica los diferentes tipos de bombas solares.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

2.2.10.3. *Funcionamiento de un sistema de bombeo solar*

El funcionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico es en sí sencillo. Los paneles solares puestos al Sol transforman la luz en electricidad que sirve para alimentar la bomba que extrae el agua del subsuelo.

Cuando los paneles alimentan directamente a la bomba se produce una fluctuación del flujo del agua bombeada en función de la variación de la intensidad de la radiación solar a lo largo del día. Así en las primeras horas el flujo de agua será pequeño e irá aumentando conforme nos acercamos a las horas centrales del día cuando es máxima la radiación. A partir de este momento vuelve a descender hasta que se hace nulo en el momento de anochecer. Ver Figura N° 2.20 y 2.21.

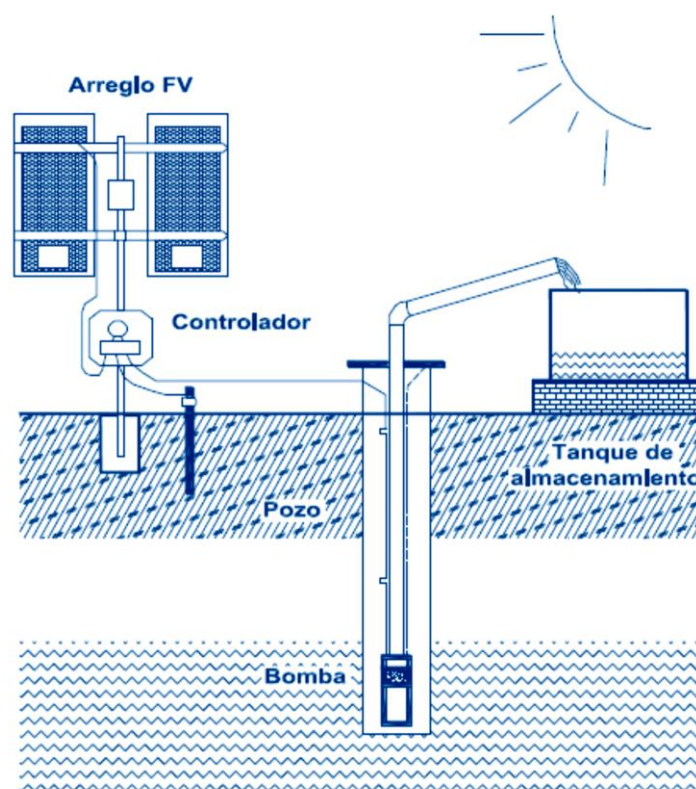


Figura N° 2.20. Con radiación solar débil el panel proporciona poca potencia y la bomba extrae poco caudal.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

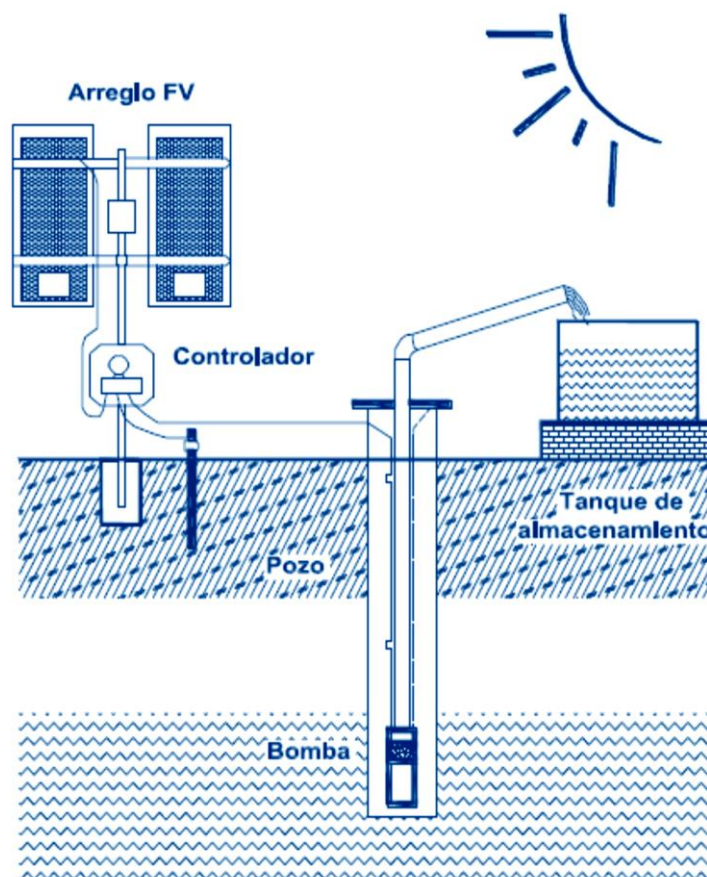


Figura N° 2.21. Con radiación solar fuerte el panel proporciona mucha potencia y la bomba extrae mucho caudal.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

2.2.10.4. *Requerimientos previos para la instalación de un sistema de bombeo solar*

Para poder llevar a cabo con éxito la ejecución y explotación de un sistema de bombeo solar es preciso tener en cuenta determinados aspectos:

- a) Conocer la cantidad de agua necesaria

En primer lugar es importante tener un conocimiento lo más preciso posible del volumen de agua real que es necesario bombear. Es habitual que hasta los propios usuarios desconozcan la cantidad precisa que utilizan. Una mala estimación puede llevar a diseñar una instalación solar para un volumen que puede llegar a resultar insuficiente. Es recomendable contar con un especialista en la materia que ayude a determinar la cantidad de agua adecuada.

Este tipo de instalaciones se dimensionan en función del volumen de agua que se requiere y de la radiación solar disponible. Si el volumen de agua es insuficiente será imposible dejar la bomba más tiempo funcionando ya que no habrá más radiación solar que las horas de Sol que tiene el día.

También puede ser interesante calcular un volumen extra de agua de reserva para los días en los que no pueda haber Sol. Para esto habrá que realizar un dimensionado en función de las estadísticas de días consecutivos sin Sol de la zona donde esté la instalación.

b) Determinar adecuadamente la profundidad del pozo en todas las estaciones

Es importante conocer el nivel del agua en el interior del pozo en los momentos de abundancia (etapas lluviosas) y en los de escasez (sequías). Si no se tiene en cuenta este aspecto puede ocurrir que en los momentos de sequía, con el nivel del agua bajo, la bomba carezca de potencia suficiente para bombear o que se haga en cantidad insuficiente. Es por ello por lo que se debe contar con un experto que determine correctamente las fluctuaciones de la capa freática a lo largo del año y analice también en función de los datos climáticos de la región en los ciclos de sequía de varios años.

c) Conocer la capacidad de recarga de los acuíferos

Es muy importante cerciorarse antes de ejecutar una instalación, de que el acuífero tenga la suficiente capacidad de recarga para obtener de él regularmente la cantidad de agua que se precisa. De no ser así, el acuífero terminará por agotarse y la instalación podría ser totalmente inútil. De nuevo el experto en la materia será el que pueda precisar este punto.

2.2.10.5. Aplicaciones del bombeo solar

El bombeo solar ha probado ser una solución económica, confiable y duradera en situaciones donde el agua se encuentra a grandes distancias, las líneas eléctricas son nulas y ó muy alejadas, y los costos de combustible y mantenimiento de los sistemas de bombeo por medio de motor de combustión interna son altos.

Con el tiempo su uso se ha incrementado hasta el punto que actualmente los sistemas de bombeo solar son una alternativa que está siendo muy utilizada, sobre todo en las zonas rurales, por las ventajas que ofrece frente a otras técnicas para el bombeo de agua.

Las aplicaciones típicas y costeables del bombeo solar son aquellas de relativamente baja demanda como: abrevaderos para ganado, riego de huertos familiares y consumo humano.

El riego de parcelas de cultivo por lo general no es costeable debido a su gran demanda de agua y bajo valor de las cosechas obtenidas. La excepción es cuando se trata de parcelas e invernaderos con sistemas de riego eficientes y para activar mecanismos de sistemas de abastecimiento de agua potable.

2.2.10.6. Ventajas del sistema de bombeo solar

El bombeo solar fotovoltaico ha evolucionado vertiginosamente en los últimos cinco años. Los sistemas solares fotovoltaicos para el bombeo de agua han tomado del mercado la ya probada solidez y confiabilidad de los variadores de velocidad por frecuencia, los cuales combinados con las bombas tradicionales han abierto una posibilidad incalculable. En la actualidad se puede trabajar con sistemas de bombeo solares usando bombas convencionales de cualquier potencia alimentada a 220, 380 o 440 VAC trifásico sin necesidad de usar bancos de baterías ni inversores convencionales.

Entre las ventajas que ofrece este sistema frente a otras tecnologías tradicionales de bombeo (manual, eólico y diesel) están:

- a) Descentralización de la red eléctrica: Centrales eléctricas descentralizadas a pequeña escala reducen la posibilidad de cortes de energía, que a menudo son frecuentes en la red eléctrica.
- b) Fiabilidad: Aun en las más duras condiciones, los sistemas fotovoltaicos mantienen el suministro de energía eléctrica; mientras que, las tecnologías convencionales suelen suspender el suministro de energía en situaciones críticas.
- c) Durabilidad: Tiempo de vida de la instalación largo (los paneles solares duran aproximadamente 30 años). Mediante un buen dimensionado, la instalación está garantizada en cuanto al rendimiento y al funcionamiento.

- d) Seguridad: Los sistemas fotovoltaicos son muy seguros cuando estén diseñados e instalados correctamente. El suministro de agua es seguro y adaptado a las condiciones locales de los poblados a abastecer.
- e) Rendimiento a alturas elevadas: Cuando se utiliza la energía solar, la potencia de salida se optimiza en zonas elevadas. Esto es muy ventajoso para comunidades aisladas en la alta montaña donde generadores Diesel pierden eficacia y potencia de salida.
- f) Resistencia: Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- g) Modularidad fotovoltaica: A diferencia de los sistemas convencionales, más módulos pueden añadirse a los sistemas fotovoltaicos para aumentar la potencia disponible. Se puede producir pequeñas cantidades de energía con un panel o grandes fuentes de energía con cientos de paneles, esto significa que los sistemas pueden ser diseñados para satisfacer las necesidades energéticas inmediatas y luego ser expandidos a medida que los requerimientos energéticos se incrementen.
- h) Mínimos componentes: En cuanto a los pocos componentes de los que se compone una instalación de este tipo. El generador fotovoltaico, un cuadro eléctrico de control, la bomba y protecciones son todos los elementos necesarios para una instalación de bombeo solar.
- i) Minimiza posibles averías de la bomba: Evita el golpe de ariete. Arranque y parada suave.
- j) Fácil instalación: Una vez realizado el dimensionado, en un mínimo periodo de tiempo, la instalación estará funcionando a pleno rendimiento. Puede ser operado por personal no calificado. A partir de unas directrices el equipo de bombeo puede funcionar sin la necesidad de personal cualificado. Instalación en zonas rurales → desarrollo tecnologías propias.
- k) Comodidad: Fácilmente transportable debido a su bajo peso y volumen. Ya no es necesario trasladarse hasta el proveedor, transportar y almacenar el combustible.

- l) Bajo costo de mantenimiento: Los sistemas fotovoltaicos no requieren frecuentes inspecciones o mantenimiento. Un checking del equipo cada cierto tiempo bastará para un adecuado mantenimiento.
- m) Sin costo de combustible: Puesto que no emplean ningún combustible, no es necesario invertir en la compra, almacenamiento o transporte de combustible.
- n) Económicamente rentable: Por la recuperación de la inversión a medio plazo y por la ausencia de averías del sistema y larga vida de la bomba.
- o) Energía no contaminante, energía limpia: La energía fotovoltaica tiene un gran potencial para la generación de energía. No contamina el aire ni el agua; es ecológico, no produce emisiones de CO₂ ni de otros gases contaminantes a la atmósfera. Los sistemas fotovoltaicos operan en silencio y con el mínimo movimiento por lo que no producen contaminación acústica.
- p) Es renovable: Renovables no es equivalente a ecológico, aunque suele estar íntimamente relacionado. Renovables quiere decir que ese recurso no se consume por mucho que lo usemos. Al sol le da igual que utilicemos la energía que llegue a la tierra o no; no se consume. Los combustibles fósiles, sin embargo, sí se agotan.

2.3.ENERGÍA EÓLICA

Al igual que la energía solar, la energía eólica se está desarrollando actualmente en forma exponencial con el fin de disminuir costos y aumentar eficiencias. En algunos países como Alemania, España, Francia, entre otros, se está supliendo parte de la necesidad energética nacional por medio de parques eólicos que constan de grandes turbinas aerogeneradoras.

Comercialmente, se pueden encontrar aerogeneradores de diversos tipos y tamaños, lo cual permite el uso de éstos en diferentes zonas, para diversas aplicaciones y según las características del viento que se presentan en cada región.

Una de las principales ventajas que trae el uso de este tipo de energía es la disminución de la producción de gases contaminantes y el aprovechamiento de un recurso natural renovable, pero su principal inconveniente es el alto nivel de ruido que pueden generar las turbinas de gran tamaño, lo cual no solo es molesto para las personas sino también para los

animales, en especial para las aves, las cuales además se ven afectadas por las turbulencias y cambios de dirección del viento.

2.3.1. Naturaleza de la energía eólica

La energía eólica tiene origen en el movimiento de las masas de aire, es decir, en el viento. Éste es una fuente de energía inagotable y disponible a nivel mundial y que, al igual que la mayoría de las fuentes de energía renovables, proviene del sol, ya que, son las diferencias de temperatura entre las distintas zonas geográficas de la Tierra y sus consecuentes diferenciales de presión, las causas que generan la circulación de aire.

Un sistema de energía eólica, es un sistema de conversión que transforma la energía del viento en energía mecánica o eléctrica. Esta energía se puede usar para diferentes fines, tales como el bombeo de agua, la electrificación de viviendas y de pequeñas comunidades.

2.3.2. El aerogenerador

Es el dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica para su uso directo o transformándola en energía eléctrica.

2.3.2.1. Clasificación de los aerogeneradores.

Existen diversos criterios para la clasificación de los aerogeneradores, entre las principales se encuentran: la clasificación según la posición de su eje con respecto a la velocidad del viento, que da lugar a los aerogeneradores de eje vertical y de eje horizontal. Otro es la posición del equipo respecto al viento: a barlovento (rotor de cara al viento) y a sotavento (rotor en cara opuesta al viento). Finalmente, por el número de palas: monopala, bipala, tripala y multipala, cada una con sus respectivas ventajas, desventajas y aplicaciones.

A. Aerogeneradores de eje vertical.

En este tipo de aerogeneradores, el eje de rotación se encuentra en posición perpendicular al suelo y a la dirección del viento, son máquinas pequeñas en las cuales la torre no tiene que soportar el peso del generador y la caja multiplicadora. Entre sus principales ventajas se encuentran que no requieren un sistema de orientación, su mantenimiento es sencillo en comparación con otros tipos y trabajan con velocidades de viento más bajas; su principal problema es su baja eficiencia.

Dos de los diseños básicos de aerogeneradores verticales son el tipo Savonius y el tipo Darrieus.

- Aerogenerador tipo Savonius: fue desarrollado por el finlandés Sidurd J. Savonius; su principal ventaja es que trabaja con velocidades de viento muy bajas. Está compuesto por dos semicilindros de igual diámetro situados paralelamente al eje vertical del eje de giro. Gira alrededor de su eje gracias a la fuerza que ejerce el viento sobre las caras de los cilindros (una cóncava y otra convexa). Se pueden usar para la producción autónoma de electricidad o para el bombeo de agua. Son los más construidos de manera artesanal (ver figura N° 2.22).
- Aerogenerador tipo Darrieus: fue patentado por el francés Georges J. M. Darrieus. Están formados por dos o tres palas de forma ovalada con perfil aerodinámico, lo cual le da características parecidas a los de eje horizontal; presentan un par de arranque muy pequeño. Actualmente también se desarrollan con palas rectas (en H) o helicoidales, como se muestra en la figura N° 2.23.



Figura N° 2.22. Aerogenerador tipo Savonius.

Fuente: ESCUDERO LÓPEZ, José María. Manual de energía eólica.

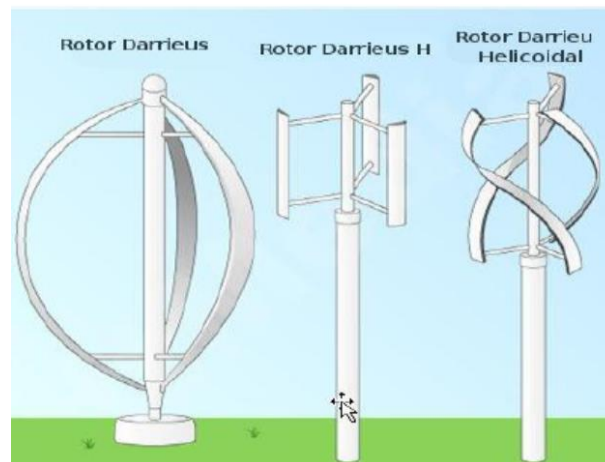


Figura N° 2.23. Aerogenerador tipo Darrieus.
Fuente. LBA Industrial mining. Aerogenerador de eje vertical.

B. Aerogeneradores de eje horizontal.

En estos aerogeneradores, el eje sobre el que van las palas se encuentra en posición paralela al suelo (figura N° 2.24), son usados habitualmente y en ellos se ha centrado el mayor esfuerzo de diseño en los últimos años, el peso de las palas crea distintos momentos de torsión que hacen más complejo el diseño de la torre, tiene que soportar el peso del generador y la caja multiplicadora, y es necesario un sistema de orientación. Son más eficientes que los de eje vertical. Figura 2.20. Aerogenerador tipo Darrieus.



Figura N° 2.24. Aerogenerador de eje horizontal.
Fuente: MORENO FIGUEREDO, Conrado. Tecnología de los pequeños aerogeneradores.

C. Aerogeneradores a barlovento

También llamadas máquinas corriente arriba, tienen el rotor de cara al viento (figura N° 2.25 (a)). Requieren de un sistema de orientación para mantener el rotor en dicha posición, usualmente se utilizan colas de orientación para los aerogeneradores pequeños y servomecanismos para los grandes. El principal problema que presentan es que el rotor necesita ser bastante rígido y estar situado a una cierta distancia de la torre, para evitar que con velocidades de viento altas, el rotor choque con ésta.

D. Aerogeneradores a sotavento

En los aerogeneradores a sotavento o máquinas corriente abajo, no se requiere sistema de orientación, pues las fuerzas de juego tienden a orientar el rotor naturalmente, aunque en máquinas de gran tamaño se recomienda su utilización para evitar oscilaciones perjudiciales para las palas (figura N° 2.25 (b)). Un aspecto importante es que el rotor puede hacerse más flexible, lo que permite que las palas se curven a altas velocidades de viento quitando parte de la carga a la torre.

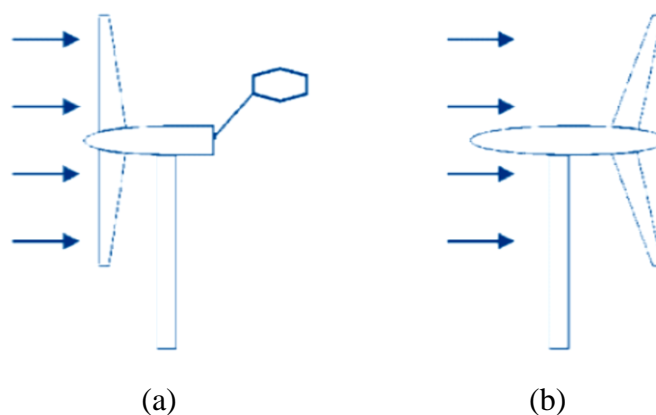


Figura N° 2.25. Esquema de aerogenerador a barlovento (a) y a sotavento (b).
Fuente: MORENO FIGUEREDO, Conrado. La veleta en los molinos de viento.

E. Aerogeneradores monopala

Estos aerogeneradores, al tener una sola pala, requieren un contrapeso en el otro extremo para equilibrar las cargas. Su gran ventaja es la elevada velocidad de giro que manejan. La vida útil de la instalación suele acortarse debido a los esfuerzos variables que se generan en el eje. Suelen ser económicos debido a que la fabricación es sencilla

y la cantidad de materiales muy baja, pero presentan niveles sonoros muy elevados. (Escudero, 2011, pág. 130)

F. Aerogeneradores bipala

En un aerogenerador bipala, las fuerzas que experimentan las palas no están compensadas en todo su radio de giro. Cuando las palas están en posición vertical, la inferior recibe un empuje menor debido a las turbulencias generadas por la torre. Al igual que los monopala, los bipala tienen un régimen de giro alto, pero su nivel de ruido es un poco inferior respecto a éstos. El proceso de orientación se hace de manera inestable, ya que se tiene mayor inercia cuando las palas están en posición horizontal. (Escudero, 2011, pag. 165).

G. Aerogeneradores tripala

Los aerogeneradores con esta configuración son los más utilizados y por ende más fáciles de encontrar a nivel comercial. Su principal ventaja es que las fuerzas que experimentan las palas se distribuyen y compensan mejor entre ellas, además son más silenciosos que los monopala y los bipala, ya que la velocidad de rotación que manejan es relativamente baja; tienen mayor par de arranque y son más estables durante la rotación que se genera para orientarse. (Escudero, 2011, pag. 165).

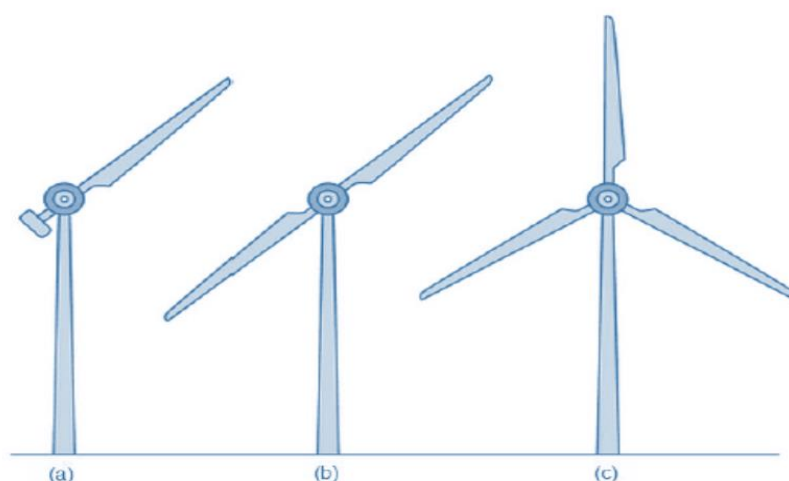


Figura N° 2.26. Aerogeneradores monopala (a), bipala (b) y tripala (c).
Fuente: ESCUDERO LÓPEZ, José María. Manual de energía eólica.

H. Aerogeneradores multipala

Al igual que los tripala, éstos aerogeneradores no tienen problemas debido a las fuerzas que experimentan las palas y son los más utilizados para el bombeo de agua; un ejemplo de este tipo de aerogenerador se puede observar en la figura N° 2.27. Pueden arrancar con velocidades de viento muy bajas, con una elevada fuerza de arranque que los hace aptos para accionar bombas de pistón; además tienen un bajo costo de fabricación. (Escudero, 2011, pág. 165).



Figura N° 2.27. Aerogenerador multipala.

Fuente: MORENO FIGUEREDO, Conrado. Producción de electricidad con energía eólica.

2.3.2.2. Fundamentos aerodinámicos del aerogenerador.

Definido comúnmente como la componente horizontal de la circulación del aire, la aparición del viento está relacionada con el proceso de calentamiento y enfriamiento de masas de aire en diferentes regiones, y con ello en la generación de una energía cinética que se puede calcular mediante la ecuación 2.1:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.1)$$

Dónde:

m masa del aire en kg

v velocidad del viento en m/s

E energía en julios

La carencia de uniformidad de la radiación solar sobre la superficie terrestre provoca movimientos convectivos de aire. El más cálido asciende y su lugar lo ocupan masas de aire más frías, pero, al elevarse, se enfrían, aumenta su densidad y descienden, repitiéndose el proceso.

Conforme a la condición indicada, se dispone una pala en una corriente de aire, con una inclinación determinada con respecto a la dirección de esa corriente, se produce una sobrepresión en su parte delantera y una depresión en la posterior, lo que da lugar a una fuerza de acción aerodinámica, cuya expresión simplificada es:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2.2)$$

Dónde:

P potencia en vatios (W)

ρ densidad del aire en kg/m³

A área barrida por el rotor del aerogenerador en m²

v velocidad del viento en m/s

La velocidad del viento es un parámetro diferente en cada lugar, para el caso de Perú, la información se puede encontrar en el “Atlas de viento y energía eólica de Perú”, en el cual se ha definido su valor de acuerdo a estudios y mediciones realizados en cada una de las regiones del país. La expresión anterior muestra cómo se produce una transformación de la energía cinética del viento en potencial mecánica a entregar al eje de la turbina; pero no tiene en cuenta las pérdidas por la resistencia aerodinámica de las palas, la pérdida de energía como consecuencia de la estela generada en la rotación y otros factores determinantes del rendimiento, lo que ha dado lugar al surgimiento del denominado coeficiente de potencia (C_p), con el que se indica la eficacia de conversión de las turbinas, y que constituye el

parámetro diferenciador entre los modelos comerciales de aerogeneradores. En tal condición, la expresión anterior se transforma en:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p \quad (2.3)$$

Dónde:

C_p Coeficiente de potencia, con un límite de 16/27, según Betz. En la práctica, su valor está situado entre 0.4 y 0.5 para generación de electricidad y entre 0.3 y 0.4 para bombeo de agua.

Otro modo de relacionar la potencia obtenida del aerogenerador con la energía del viento que atraviesa el rotor, es el denominado rendimiento aerodinámico, cuya expresión simplificada es:

$$\eta = \frac{P}{\frac{\rho A v^3}{2}} \quad (2.4)$$

Dónde:

P Potencia del aerogenerador

$\frac{\rho A v^3}{2}$ Potencia del viento

El rendimiento aerodinámico también depende del número de palas del aerogenerador. El parámetro TSR (tip speed ratio) o relación de la velocidad específica, que constituye el parámetro representativo de la velocidad del rotor en rpm, indica el factor multiplicador de la velocidad periférica de las palas con la velocidad del viento.

2.3.2.3. Especificaciones técnicas de los aerogeneradores

Para la selección adecuada de un aerogenerador, se deben tener en cuenta las siguientes características generales:

- Diámetro del rotor. Es el diámetro del círculo que describen las palas, se da en metros.
- Área barrida. Expresa la superficie total en m^2 barrida por las palas del rotor.

- Velocidad de arranque. Indica la velocidad mínima del viento necesaria para que el rotor inicie su giro.
- Velocidad nominal. Revela la velocidad del viento necesaria para obtener la potencia nominal.

2.3.3. Velocidad del viento en Perú

Tal como se evidencia en las ecuaciones anteriores, la velocidad del viento es el parámetro más importante a tener en cuenta en el dimensionamiento de sistemas eólicos, de ahí la importancia de conocer valores confiables para todas las regiones del país.

Al igual que la para la radiación, para la velocidad del viento también se tiene un atlas, generado por las mismas entidades y denominado “Atlas de viento y energía eólica de Perú”. En éste, se presenta una colección de mapas que muestran la distribución espacial del viento en superficie y el potencial eólico de Perú. Dichos mapas presentan el promedio anual de viento (figura N° 2.28).

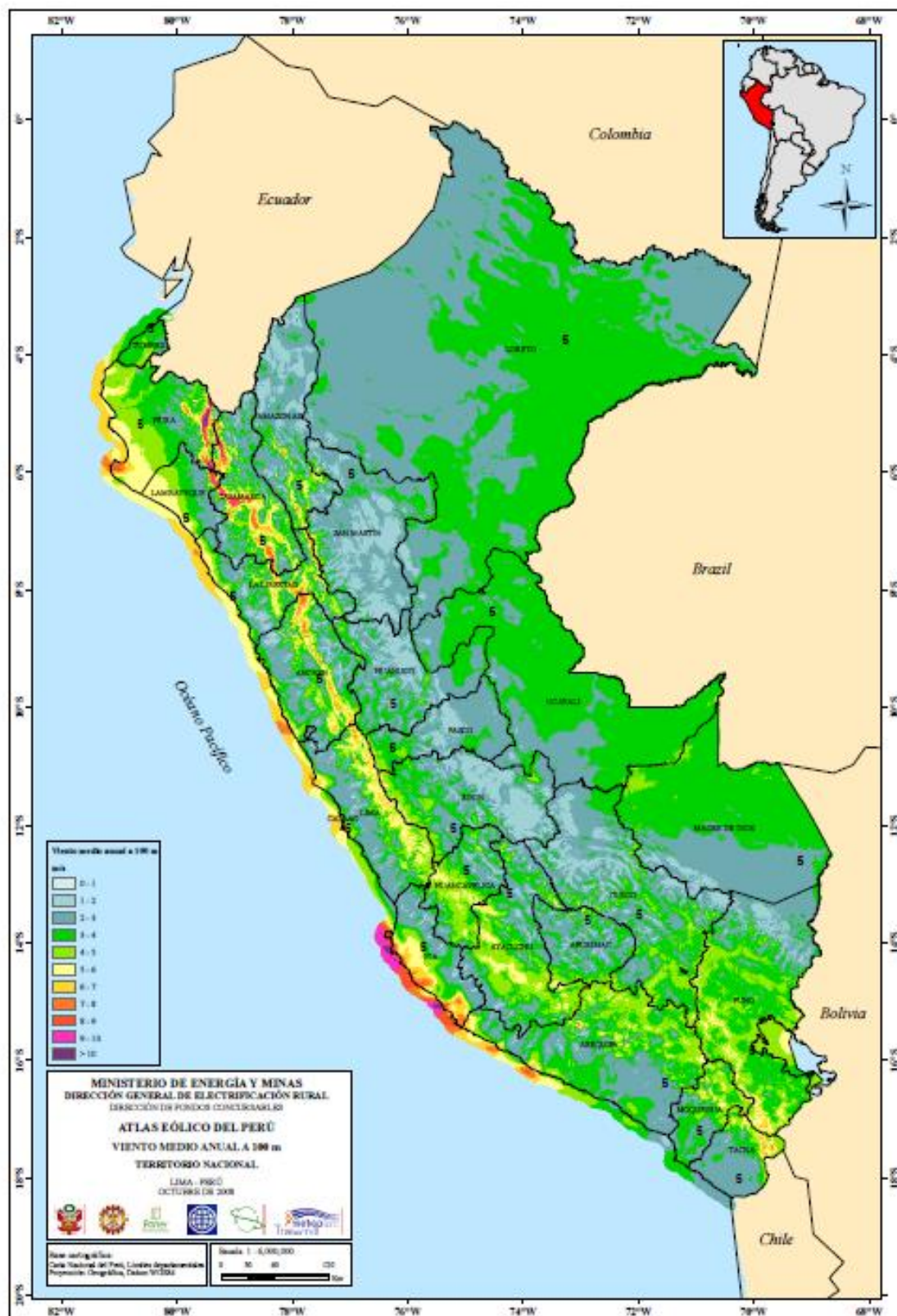


Figura N° 2.28. Promedio anual de viento en el Perú.
 Fuente: Atlas de viento y energía eólica de Perú

CAPITULO III

3. DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN

La metodología constituye la medula del plan la que se refiere al enfoque utilizado, los métodos, el diseño, las técnicas de observación y recolección de datos, los instrumentos, los procedimientos y las técnicas de análisis.

Esta investigación será de carácter descriptiva correlacional debido a que su propósito es utilizar el método de la teoría del valor ganado para la utilización de nuevas tecnologías para la impulsión de agua en un sistema de abastecimiento de agua potable para en zonas rurales de nuestra región de Puno, para ver la mejor forma de utilización de este sistema de impulsión de agua con energías renovables eficientes, mostrar sus ventajas y desventajas con respecto al método Tradicional de impulsión de abastecimiento de agua potable ..

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Investigación descriptiva

Se considera como investigación descriptiva aquella en que, como afirma (Muñoz, 2011, pág.54) “El objetivo de estudio es representar algún hecho, acontecimiento o fenómeno por medio del lenguaje, graficas o imágenes de tal manera que se pueda tener una idea cabal del fenómeno en particular, sus características, sus elementos o propiedades, comportamientos o particularidades”

Como señalan (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 80) “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”.

Para (Cerdeña, 1998, pág. 71) “Se deben describir aquellos aspectos más característicos, distintivos y particulares de estas personas, situaciones o cosas, o sea, aquellas propiedades que las hacen reconocibles a los ojos de los demás”.

Es también aplicada debido a que en la presente investigación se ha aplicado a dos obras que fueron ejecutadas por lo que es un caso real.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Población.

La población para el presente estudio es para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua potable para la zonas rurales, que son parte de los proyectos de saneamiento básico integral de las zonas rurales de la provincia el Collao y en la región de Puno.

3.2.2. Muestra.

La técnica de muestreo utilizada es no probabilística, debido a que es por conveniencia y se ha considerado como muestra para el estudio la zona rural del Centro Poblado de Fharata Copani

3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la obtención de los datos se solicitaron a la alcaldía del centro poblado, la cantidad de población a beneficiarse, la zona de captación de agua, y la zona de ubicación del reservorio.

Se obtuvo información de la NASA y SENAMHI para extraer datos meteorológicos el comportamiento mensual durante el año 2017 como son la irradiación solar y la velocidad del viento en el lugar de estudio.

Se obtuvo información de las características de paneles solares y bombas solares.

3.4. PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Los datos obtenidos servirán para realizar el dimensionamiento del sistema de impulsión de agua potable para el Centro Poblado de Pharata Copani, asimismo haremos un análisis comparativo de la incidencia de la energía solar y eólica.

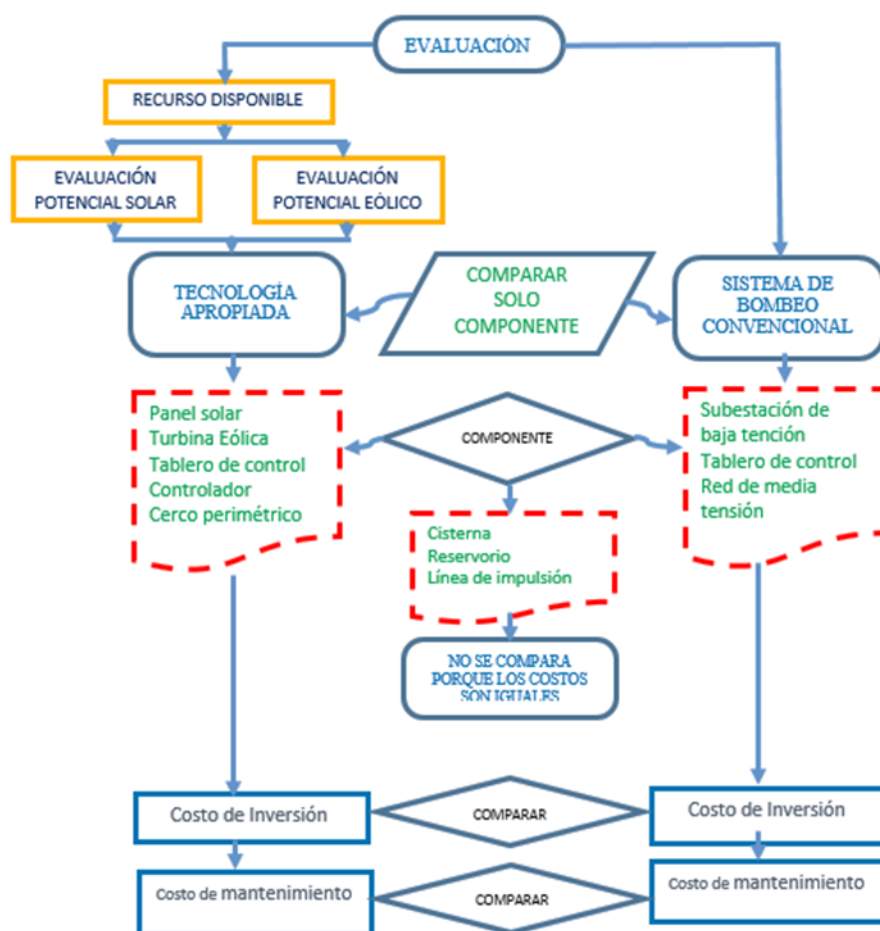


Figura N° 3.1. Esquema Metodológico Básico para la Evaluación de las Alternativas de Bombeo

Fuente: elaboración propia.

3.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

A. Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada de la siguiente manera:

a) Ubicación área geográfica

Coordenadas: UTM 8228474.15 N, 447914.05 E Altitud 3829.00 m.s.n.m.

b) Hidrográfica

Cuenca : lago Titicaca

Vertiente : lago Titicaca

c) Política

Centro Poblado : Fharata Copani

Distrito : Ilave

Provincia : El Collao

Departamento : Puno

B. Vías de comunicación y acceso

El lugar del área del proyecto se encuentra ubicado a 69 kilómetros de la Ciudad de Puno, el acceso se da a través de la Panamericana Sur del tramo Puno – Desaguadero, desviando hacia la zona lago del distrito de Ilave.

Las comunidades incluidas en este proyecto cuentan con una extensión de 10.00 há, que comprende básicamente áreas de cultivo, no cultivada y terrenos erizos. La vía de acceso es por la carretera hacia la zona lago del distrito de Ilave; en una distancia de 15.00 Km. De la ciudad de Puno de 75 minutos en vehículos de transporte público, la cual se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla N° 3.1.

Vías de Acceso a la localidad de Investigación

TRAMO	TIPO DE VÍA	ESTADO	LONGITUD (Km)	TIEMPO (min)
Puno-ilave	Asfaltada	Regular	54	60
Ilave- C.P. fharata copani	Asfaltada	Regular	15	15

Fuente: Elaboración propia.

C. Fisiografía y climatología.

a) Fisiografía

La comunidades de esta zona tienen una topografía predominantemente llana en la parte alta así como en la parte media y en las partes bajas son planas, con un pendiente desde 0% a más de 5 % (parte pampa y alta), de manera que permite la instalación de cultivos en los terrenos agrícolas con presencia de suelos de buen estado, para luego

ser aprovechados los productos para el consumo, venta y para la alimentación de animales en caso de forrajes.

Por otra parte se aprecia en las comunidades una topografía favorable para la construcción de Agua Potable.

b) Clima

Las condiciones climáticas, responden a su ubicación geográfica respectiva.

El clima de la zona es típico del altiplano Frio - seco, por encontrarse sobre una altura de los 3830.10 m.s.n.m., pero se registra dos estaciones principales. El clima Puna Alta que tiene un régimen de estaciones similar al del Altiplano, teniendo como diferencia los meses más fríos entre los meses de mayo a Julio con temperaturas que descienden hasta -10° . Soplan vientos fríos en direcciones variables

El clima del altiplano tiene un período frío entre mayo y agosto, este último es parcialmente un mes con mucho viento; las temperaturas máximas se dan entre octubre y marzo coincidiendo en estos meses con la máxima precipitación y las mínimas precipitaciones entre Junio-Julio.

El clima es frío y semi húmedo, influenciado ligeramente por la zona de convergencia inter tropical (ZCIT) ubicada entre dos núcleos de alta presión, los del Atlántico y del pacífico Sur, frente a los del Atlántico Norte formando una zona de depresión y sus desplazamientos que causan las intensas lluvias en el llano amazónico en los meses de verano y que afectan la vertiente de Puno y de alguna manera la zona del altiplano.

La presencia del lago Titicaca es un factor de regulación de las áreas cercanas al litoral, que logra mantener temperaturas ligeramente más altas que en otras zonas del altiplano.

c) Temperatura

Varía entre 4.6°C . (Junio-Julio) a 9.5°C . (Enero), siendo el promedio mensual de 7.6°C . La temperatura media máxima varia de 13.5°C . (Junio) a 16.1°C . (Noviembre) con una máxima absoluta de 21.2°C . La temperatura media mínima de -10°C . (Mayo) a 5.6°C . (Enero) con una mínima absoluta de -13.8°C .

d) Precipitación

Según los registros; la precipitación anual promedio es de 642 mm. Considerada como precipitación normal de la zona. Los meses más secos son junio y julio.

e) Evaporación

La evaporación en la zona del lago fluctúa entre 163.5 mm. en enero y 122.12 mm., en el mes de junio, estos datos son tomados por Senamhi. Como se aprecia la evaporación es alta en el lago Titicaca.

f) Humedad

La humedad relativa mensual varía entre 47.6 % en Julio a 71.8 % en Enero con un promedio anual de 55.9%. Los promedios de los valores extremos varían de 31% en julio a 95% en marzo. La mayor humedad relativa se presenta en abril, coincidente con las lluvias. La zona es seca, existe poca saturación.

g) Viento

Los vientos en la zona como se aprecia en la escala de Beaufort, son suaves, las velocidades van de 2.1 a 3.1m/seg. Se presentan máximas de hasta 6.6m/seg., que se clasifican como brisa ligera. Los vientos locales o brisas del lago soplan en ambos sentidos durante el día. En la época de lluvias se presentan vientos que soplan del este y en los meses de estiaje del sur y del oeste.

D. Recursos hídricos - fuente de agua - demanda y uso

En la fase de recopilación de información básica, se observó que la fuente de agua a utilizar es varios ojos de agua que están ubicados en la parte baja de las comunidades que por su ubicación se define de ladera y por su afloramiento es concentrado.

E. Características del suelo para cimentación

La comunidades del proyecto presentan suelos de textura franco - limoso, franco - arcilloso y franco - gravoso; profundos estratos de arcilla, arena, arcilla y así sucesivamente; hasta tocar la napa freática, son suelos de color rojizo y marrón.

3.5.1. Características socioeconómicas

A. Actividad principal de la población y nivel de vida

De acuerdo a las diferentes actividades que realizan los pobladores de las comunidades del proyecto se puede distinguir las siguientes actividades principales:

- Agropecuaria: 80%
- Negocios: 15
- Otros: 5%

Los pobladores de las comunidades poseen tierras conducidas bajo secano; donde se desarrolla productos agrícolas como: papa, oca, y cereales; y forrajes como cebada, avena y alfalfa para los animales de crianza como la vacunos, ovinos, porcinos y animales menores.

Con respecto a la ganadería se puede indicar que cada familia cuenta con un número variable de cabezas y de diferentes especies como: vacunos, ovinos, porcinos, animales menores y otros.

La Comunidades de esta zona se tiene una naturaleza económica - primitiva primaria, con predominancia de la actividad agropecuaria. En las comunidades hay una fuerte predominancia por la producción agrícola, y crianza de ganado vacuno para engorde. La escasa tierra existente en poder de cada familia, al mismo tiempo la falta de apoyo técnico para la conducción de esta actividad pecuaria. El comercio es unas actividades económicas complementarias de singular importancia.

B. Infraestructura de servicios básicos de la población

a) Educación

Existe un centro educativo en el que se imparte educación inicial (wawa wasi), cuenta con instituciones educativas Primaria y Secundaria.

b) Salud

En el C. P. Fharata Copani existe una infraestructura para el servicio de salud, puesto de salud.

c) Vivienda

Según la información recopilada se verificó que la mayoría de las viviendas son propiedades de los mismos beneficiarios. Las viviendas están constituidas con paredes de adobe y tapial, piedra asentada con techos de calamina.

d) Vías de comunicación

Por vía lacustre se comunica con las localidades aledañas.

3.5.2. Características agroeconómicas

La actividad agrícola se desarrolla con un nivel tecnológico bajo, a pesar de que desarrollan las labores agrícolas de forma limitada.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales y equipos a utilizar es lo siguiente:

- Soladimetro digital
- Anemómetro digital
- Libreta de apuntes
- Cámara
- 01 Computadora
- 01 Impresora
- Calculadora
- Memoria USB
- Documentación logística (Ley de recursos hídricos, OPS/CEPIS, Senamhi, datos de la NASA, normas de construcción etc.).
- Materiales de escritorio (papel bond de 80gr., cuadernos y tóner para las impresiones)

El Software que se utilizó es el siguiente:

- Google Earth
- Microsoft Office

- S10
- AutoCAD 2013
- Civil 3d 2013

3.7.FACTORES DETERMINANTES EN LA EVALUACIÓN TÉCNICA

Para la evaluación técnica se realiza el siguiente procedimiento para la obtención de parámetros hidráulicos en el sistema de bombeo

3.7.1. Sistema adecuado de captación en zonas rurales

El agua subterránea en condiciones naturales presenta en la mayoría de los casos, características sanitarias que la hacen apta para el consumo. Este hecho es particularmente cierto en los acuíferos constituidos por gravas y arenas en los que se verifica un proceso natural de filtración.

Las aguas subterráneas representan las formaciones más explotadas. Esto debido a que las fuentes de agua superficial tienen mayor probabilidad de estar contaminadas y están más sujetas a la fluctuación estacional. A menudo se puede continuar con las extracciones de agua subterránea mucho después de que las condiciones de sequía hayan agotado los ríos y arroyos.

Para proteger las características naturales del agua subterránea, que se traducen en una protección directa de la salud, se deberán tomar las medidas necesarias de preservación. Es evidente que los resultados serán positivos si el diseño de la captación cumple fielmente ciertos requisitos básicos basados en una serie de premisas de carácter técnico. Se pueden utilizar las aguas subterráneas captándolas directamente de manantiales o perforando el suelo para construir pozos, que constituyen uno de los métodos más antiguos para la obtención de agua.

La construcción de un pozo deberá presentar una adecuada protección sanitaria, se perforará hasta la profundidad indicada por la ubicación del estrato seleccionado, y cuando sea necesario contará con revestimiento y filtro y se proveerá la bomba y demás accesorios para la conducción del agua hasta el lugar de distribución. El diseño también tomará en cuenta el rendimiento probable del pozo, tipo de formaciones geológicas a perforar,

profundidad y espesor de los distintos estratos acuíferos y la cercanía a fuentes de contaminación existentes o probables.

En la zona rural se puede captar el agua subterránea a través de: manantiales, pozos de gran diámetro o norias y pozos tubulares.

Los manantiales son fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas. Estas surgencias suelen ser abundantes en relieves de las regiones andinas del país.

Los pozos tubulares, por lo general, son más adecuados para extraer el agua de los estratos más profundos, en cambio los pozos de gran diámetro a tajo abierto o norias se pueden usar ventajosamente para ubicar los estratos menos profundos de agua subterránea. La noria es un sistema que permite extraer el agua subterránea desde una profundidad inferior a los siete metros

3.7.1.1. Manantiales

Un manantial, es un flujo natural de agua que surge del interior de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal. Se origina en la filtración de agua, de lluvia o de nieve, que penetra en un área y emerge en otra, de menor altitud, donde el agua no está confinada en un conducto impermeable. Más precisamente, se trata de puntos o zonas de un terreno en los que una cantidad apreciable de agua fluye a la superficie de modo natural, procedente de un acuífero o depósito subterráneo. Estas surgencias o brotes naturales de aguas subterráneas se encuentran principalmente en terrenos montañosos o empinados y suelen ser abundantes en relieves kársticos.

Los manantiales son las fuentes de agua natural de mejor calidad. Esto se debe al hecho de que el recurso, antes de surgir a la superficie terrestre, ha viajado por kilómetros de rocas, sedimentos y suelos que sirven como filtros naturales para remover de él todo tipo de contaminantes y, en muchos casos, lo han enriquecido con preciosos minerales y sustancias que los seres humanos necesitan.

A. Clasificación de los manantiales

Los manantiales se pueden clasificar de acuerdo con varios criterios:

- Según el tipo de surgimiento de las aguas, se denominan: rocosos, los que brotan entre rocas basales; y, de vertedero o "vertientes", cuando el lugar de la salida original de

las aguas queda obturado por rocas de desprendimiento que la obligan a brotar en la superficie por un conducto situado generalmente en la parte inferior de la ladera.

- Según la dirección del curso que las aguas subterráneas siguen antes de su salida al exterior, se dividen en: descendentes o de derrame, cuando los valles están situados bajo el nivel de las aguas subterráneas; y ascendentes, cuando las aguas manan por presión hidrostática.
- Según su formación se dividen en: manantiales de estratos, los cuales se forman entre capas impermeables; de desborde, cuando se localizan en el borde de capas impermeables, formando una hondonada de la cual surgen las aguas; y de turbación o de falla, que es cuando las aguas se acumulan y ascienden por fallas o fracturas en que coinciden capas permeables con capas impermeables.
- De acuerdo con la periodicidad de salida de sus aguas se diferencian en: manantiales perennes, pues su flujo es continuo; y episódicos, periódicos o intermitentes, si es que fluyen normalmente en tiempos cortos, de manera más o menos regular, como lo hacen por ejemplo los géiseres.
- Por su modo de emerger a la superficie, tendríamos: manantiales de gravedad, en los que el agua no está confinada en un lecho impermeable; y pozos artesianos, que son manantiales artificiales, provocados por el hombre mediante una perforación a gran profundidad y en la que la presión del agua es tal que la hace emerger a la superficie. Los manantiales artesianos son por lo general continuos y no dependen de la época del año; mientras que los manantiales por gravedad suelen ser periódicos y relacionados con la época del año. En la Figura N° 3.2. Se muestran distintas clases de manantiales.

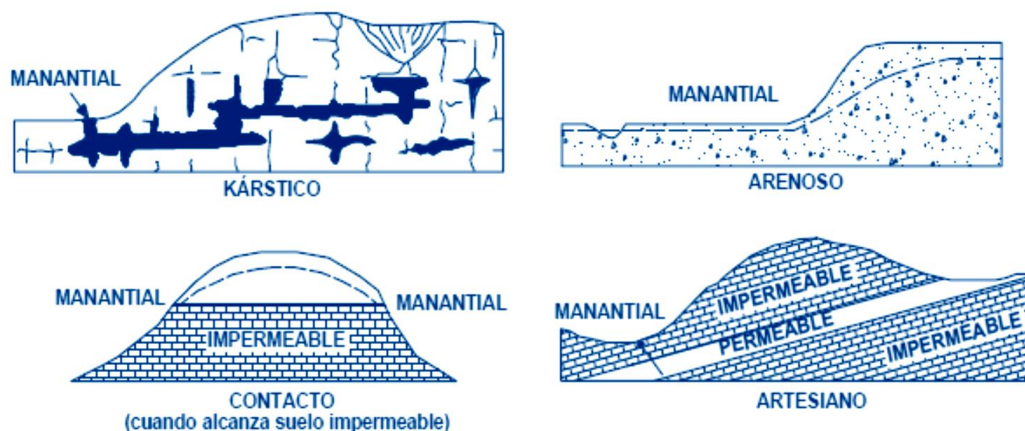


Figura N° 3.2. Distintas clases de manantiales.

Fuente: Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

B. Captación de agua de manantiales

Para la captación de agua de manantiales se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La composición del agua de los manantiales.- Varía según la naturaleza del suelo o la roca de su lecho; por ello, siempre debe controlarse la calidad físico química del agua para asegurar que ésta sea aceptable para el consumo humano.
- El caudal de los manantiales.- Depende de la estación del año y del volumen de las precipitaciones. Los manantiales de filtración se secan a menudo en periodos secos o de escasas precipitaciones; sin embargo, otros tienen un caudal copioso y constante que proporciona un importante suministro de agua local. El manantial deberá abastecer una cantidad mínima de agua durante todo el año.
- No debe haber ninguna fuente importante de contaminación aguas arriba del manantial y la distancia entre el manantial y la comunidad que lo aprovecha no debe ser muy grande.

Las principales condiciones que han de reunir las obras de captación de manantiales, sean de poca o gran importancia, son:

- Imposibilidad de alterar la calidad y cantidad del agua, ni por las disposiciones constructivas, ni por los materiales empleados.

- Imposibilidad de penetración de las aguas exteriores al manantial, así como de cualquier organismo extraño: insectos, animales, etc.
- Conservación de las condiciones físicas del agua captada, especialmente en cuanto a temperatura y gases.
- Regulación automática del caudal a conducir.
- Eliminación de arenas

Elegida la fuente de agua e identificada como el primer punto del sistema de agua potable en el lugar del afloramiento, se construye una estructura de captación que permita recolectar el agua, para que luego pueda ser transportada mediante las tuberías de conducción hacia el reservorio de almacenamiento. La fuente en lo posible no debe ser vulnerable a desastres naturales, en todo caso debe contemplar las seguridades del caso.

El diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación dependerán de la topografía de la zona, de la textura del suelo y de la clase del manantial; buscando no alterar la calidad y la temperatura del agua ni modificar la corriente y el caudal natural del manantial, ya que cualquier obstrucción puede tener consecuencias fatales; el agua crea otro cauce y el manantial desaparece.

Es importante que se incorporen características de diseño que permitan desarrollar una estructura de captación que considere un control adecuado del agua, oportunidad de sedimentación y facilidad de inspección y operación, (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente

(CEPIS/OPS)).

Cuando la fuente de agua es un manantial de ladera y concentrado, la captación constará de tres partes: La primera, corresponde a la protección del afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda para regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger la válvula de control. El compartimiento de protección de la fuente consta de una losa de concreto que cubre toda la extensión del área adyacente al afloramiento de modo que no exista contacto con el ambiente exterior, quedando así sellado para evitar la contaminación. Junto a la pared de la cámara existe una cantidad de material granular clasificado, que tiene por finalidad evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara

y de quietamiento de algún material en suspensión. La cámara húmeda tiene una canastilla de salida para conducir el agua requerida y un cono de rebose para eliminar el exceso de producción de la fuente (CEPIS/OPS, 2004).

Si se considera como fuente de agua un manantial de fondo y concentrado, la estructura de captación podrá reducirse a una cámara sin fondo que rodee el punto donde el agua brota.

Constará de dos partes: La primera, la cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regular el gasto a utilizarse; la segunda, una cámara seca que sirve para proteger las válvulas de control de salida y desagüe. La cámara húmeda estará provista de una canastilla de salida y tuberías de rebose y limpia (CEPIS/OPS, 2004). Ver Figura N° 3.3.

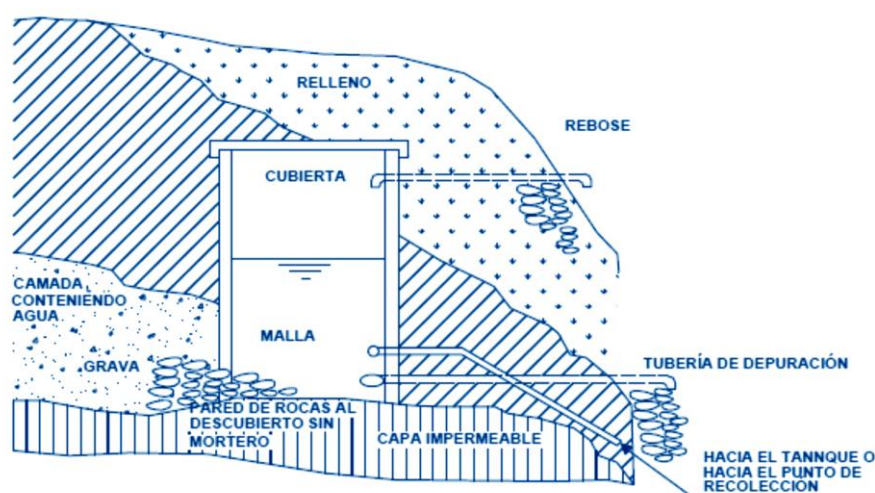


Figura N° 3.3. Esquema de cámaras de almacenamiento de agua de manantial.
Fuente: Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

3.7.1.2. Pozo excavado de gran diámetro o noria

Los pozos excavados se constituyen y explotan para la captación de aguas poco profundas. Se emplean generalmente para la captación de caudales apropiados para suministros pequeños, como en el caso de abastecimiento a comunidades rurales.

La estructura de un pozo excavado de gran diámetro o noria se puede dividir en tres partes:

- La excavación
- La obra de revestimiento

- La unidad de bombeo y sus accesorios

Los pozos excavados se hacen simplemente cavando un hoyo en el suelo. Por lo general, no se requiere equipo o habilidades especiales para su construcción. La ejecución del pozo puede hacerse con elementos tan simples como picos, palas y sistemas de cuerdas y poleas o tornos para la extracción del material removido. En algunos casos para la excavación se utiliza equipo mecánico como cucharas del tipo almeja.

Cuando por las características del terreno puedan producirse derrumbes o desmoronamientos durante la construcción, se deberán utilizar entibados. La entibación será reemplazada por un revestimiento permanente cuando se termine el pozo.

Los pozos deben ser revestidos y por tal motivo a la sección útil del pozo, fijada de acuerdo al diseño, se le sumará el espesor del revestimiento para obtener la sección de excavación. Los revestimientos pueden construirse de mampostería de ladrillos piedra, hormigón y en ciertos casos se han llegado a construir de metal. En la parte inferior del revestimiento, que estará en contacto con el agua, se deberán dejar orificios apropiados para facilitar la penetración del agua.

El revestimiento debe fundarse en terreno resistente. Si el terreno es muy desmoronable se recurre a pozos hincados. Se construyen por medio de anillos de hinca y el revestimiento se va haciendo a medida que avanza la excavación. El descenso se consigue por el propio peso del anillo a medida que se va excavando. Ver Figura N° 3.4.

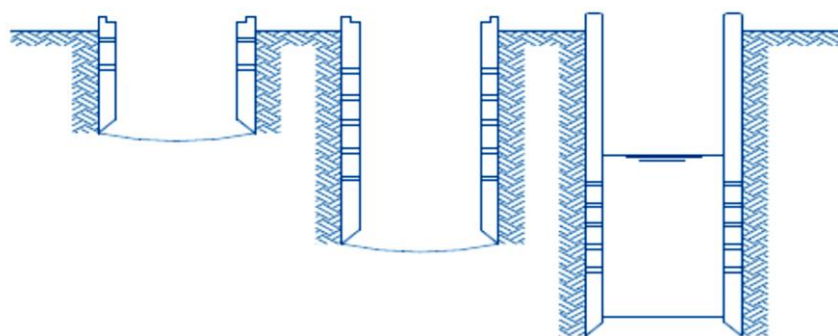


Figura N° 3.4. Excavación de pozos mediante anillos de hinca.
Fuente: Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

La sección más conveniente es la circular, en razón de conseguirse una distribución más uniforme del empuje sobre las paredes del revestimiento y por las características de los esfuerzos a que estará sometido.

Se puede obtener una protección satisfactoria de la seguridad bacteriológica del agua de un pozo, únicamente si la parte superior de éste está completamente sellada con una losa hermética en la cual se monta una bomba para extraer el agua. Ver Figura N° 3.5.

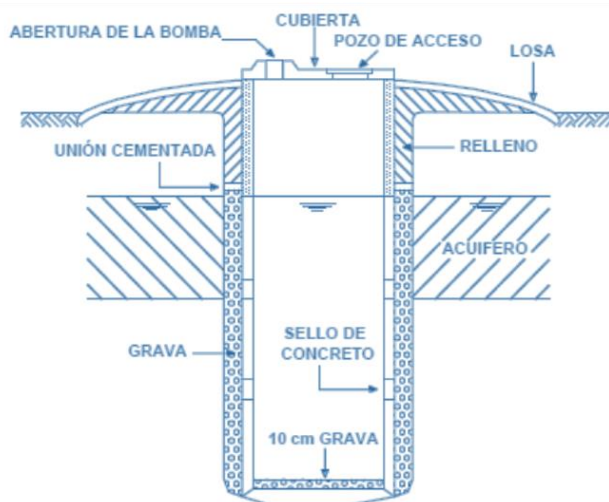


Figura N° 3.5. Pozo excavado sellado herméticamente para protección sanitaria.

Fuente: Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

A. Consideraciones para el diseño de pozos excavados

Para el diseño de pozos excavados se debe tener en cuenta lo siguiente:

a) Ubicación

Asegurarse de que el pozo se localice corriente arriba de las potenciales fuentes de polución como letrinas de hoyo, gasolineras, basurales, recintos funerarios o que se encuentre lejos de cualquier filtración de aguas negras que podrían contaminar el acuífero de donde se surte la noria

b) Profundidad

Se debe hacer ensayos de bomba en pozos de prueba para hallar el caudal que rinde el pozo para esa profundidad, es decir, cuando el descenso de la napa se ha estabilizado. De acuerdo a las necesidades el pozo de prueba puede profundizarse hasta obtener el caudal requerido. Este ensayo debe hacerse

bajo las condiciones más desfavorables, es decir cuando se presume que la producción del acuífero es mínima.

La profundidad a la que se debe y puede cavar un pozo depende del tipo de material perforado y de la fluctuación de la napa freática. En abastecimiento a comunidades rurales la profundidad generalmente oscila entre 6 y 12 metros. Si la permeabilidad del terreno es grande se pueden construir captaciones más profundas que produzcan caudales significativos.

c) Diámetro

En general el diámetro del pozo tiene muy poca relación o influencia sobre el rendimiento del mismo. Si bien el caudal que se puede extraer de un pozo de diámetro pequeño es prácticamente igual a uno de mayor diámetro, el descenso de nivel en el más pequeño es mayor, y por lo tanto la velocidad de entrada al pozo es mayor (puede haber arrastre de arena).

El diámetro de un pozo excavado debe ser de 2 - 3 m si se piensa abastecer a toda una comunidad. El diámetro interior no puede ser inferior a 1.2 m, debido a que la excavación se dificulta al llegar al acuífero, donde se deben emplear equipos de bombeo para su agotamiento.

d) Filtros en pozos excavados o norias

En el fondo del pozo se suele construir un filtro con capas de material de dimensión variable, colocándose el más grueso arriba y el más fino abajo. Este filtro conjuntamente con las perforaciones de la pared lateral, representa la superficie de entrada de agua al pozo.

B. Consideraciones para la construcción de pozos excavados

Para la construcción de pozos excavados se debe tener en cuenta lo siguiente:

a) Seguridad

La excavación de pozos puede ser peligrosa, tanto para los excavadores como para los observadores. Los peligros incluyen:

- Derrumbe de los costados (excavar dentro de anillos de concreto prefabricados si la

- tierra es inestable).
- Objetos o cubos que caen de la superficie.
- Gente o animales que se desploman en el pozo (usar cercos o tapas).
- Falta de oxígeno en el pozo.
- Los gases de escape tóxicos de un generador usado para bombear el agua.
- La entrada y salida descuidadas del pozo (usar un arnés y trípode de seguridad y por lo menos dos ayudantes en la superficie).
- Golpe eléctrico debido al aislamiento inadecuado de la bomba eléctrica o corte del cable de alimentación.
- Desmayo del trabajador debido a la fatiga.
- Condiciones antihigiénicas en el pozo (no permitir que se use el pozo como un retrete durante la excavación).

b) Sustentabilidad

- Asegurarse de que el pozo tenga una profundidad suficiente para proporcionar agua durante la estación seca.
- Usar anillos de concreto prefabricados instalados debajo del nivel de agua que permitan que entre el agua (permeables).
- Poner una capa de arena gruesa en el fondo del pozo para evitar el embancamiento.
- Usar la mezcla correcta de concreto y refuerzos y permitir que se ‘curen’ para asegurar una vida larga.
- Construir una tapa de inspección para permitir el acceso continuado al agua si la bomba se estropea.

3.7.1.3. Pozos tubulares

Un pozo tubular es una obra hidrogeológica de acceso a uno o más acuíferos para la captación de agua subterránea, ejecutada con sonda perforadora en forma vertical con diámetro mínimo de 101,6 mm (4”). En función de la necesidad de extracción y de la geología local podrá ser parcial o totalmente revestido.

Si se piensa en la construcción de un pozo tubular, en primer lugar, se requiere contar con un proyecto base elaborado mediante el estudio de mapas geológicos existentes, registro de datos de pozos perforados en el entorno, prospección geofísica de superficie, etc., y la restricción impuesta por el caudal requerido. En el proyecto estarán contemplados todos los datos posibles: geológicos, hidrogeológicos, características de los materiales para la perforación como también de los materiales para completar, equipamiento de bombeo, potencia a ser instalada, aducción al punto de distribución, control de la producción y esquema de mantenimiento preventivo. Con todos estos datos reunidos se elabora el estudio de viabilidad económica del emprendimiento y se define su viabilidad/ejecutabilidad.

La ubicación, el proyecto y la selección del método de perforación son tres aspectos importantes que destacan en la perforación de un pozo; por lo cual, el proyectista debe estar atento y proveerse de todos los datos disponibles para definirlos con el mayor margen de seguridad posible. Cuando estén definidos el sitio y el proyecto del pozo, el proyectista deberá indicar el método de perforación a adoptarse. La elección del método envuelve factores de orden técnico y económico y depende también del tipo de pozo que se va a perforar y cuáles son sus finalidades.

Se deben usar los pozos tubulares cuando la napa de agua subterránea se encuentre a profundidad considerable por debajo de la superficie del terreno. Estos pozos serán efectivos en acuíferos de espesor suficiente.

La capacidad de los pozos tubulares varía en una gran escala, desde menos de 1 litro/seg para pozos superficiales de diámetro pequeño en acuíferos de arena fina, a más de 100 litros/seg para pozos profundos de diámetro más grande en arena gruesa o en depósitos de roca sedimentaria.

Los pozos entubados son muy adecuados para abastecimientos de agua potable, porque sólo serán necesarias precauciones simples para proteger de la contaminación al agua extraída de esta manera. Algunas veces, se puede usar un grupo de pozos tubulares colocados en serie y a los cuales se bombea como una unidad. Ver Figura N° 3.6.

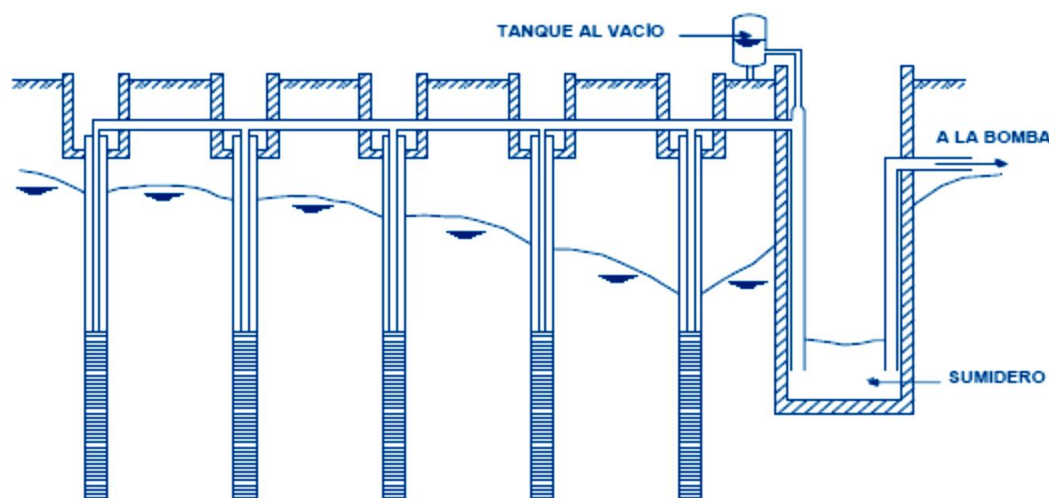


Figura N° 3.6. Grupo de pozos tubulares colocados en serie.
Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

Para abastecimiento a comunidades rurales son adecuados los pozos tubulares de poca profundidad y diámetro. La construcción de estos pozos tubulares se puede realizar mediante el clavado, el uso de chorros a presión, y el taladro. Estas técnicas nos permiten ejecutar los siguientes tipos de pozos tubulares

A. Pozos clavados

Los pozos clavados (Ver Figura N° 3.7) se hacen mediante la introducción de una punta de hincar con filtros (llamada “puntera”) en una formación que contenga agua. Para evitar daños a la puntera cuando se le clava a través de guijarros o capas delgadas de material duro, la punta en el extremo inferior de la criba es hecha de acero sólido, por lo general con diámetro ligeramente mayor que el de la propia criba. La mayoría de las punteras tienen un diámetro dentro de los 30-50 mm. Conforme se prosigue con el clavado y la puntera se hunde en el terreno, se enrosca secciones sucesivas de la tubería en la parte superior, de tal forma que el extremo superior de la envoltura siempre esté sobre la superficie del suelo. La puntera es “clavada” en el terreno usando un mecanismo simple para golpear la parte superior de la tubería. Se puede usar muchos arreglos (Ver Figura N° 3.8).

Si luego de la terminación del pozo clavado se desinfecta completamente el interior, el agua de éste será bacteriológicamente segura y es probable que permanezca así. Sin embargo, el rendimiento de un pozo clavado es pequeño, entre 0.1 y 1 l/seg. Esto será suficiente sólo para uso domiciliario particular o de una comunidad pequeña. Para un abastecimiento mayor de agua, se puede interconectar un número de pozos clavados con una línea central de succión y se les puede bombear como una unidad, pero esta solución es algo cara. En las zonas rurales los pozos clavados tienen la ventaja de ser una instalación fácil y rápida, sin necesidad de equipo o conocimientos especializados.

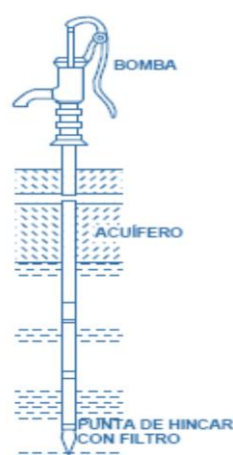


Figura N° 3.7. Pozo Clavado.
Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

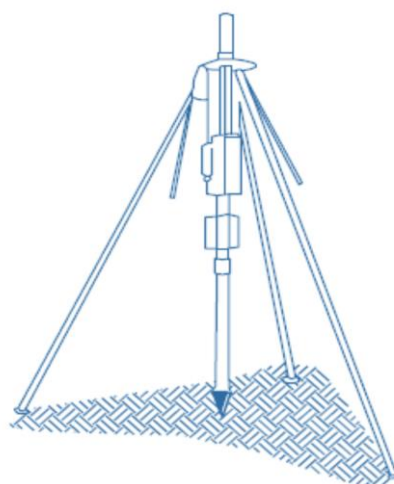


Figura N° 3.8. Arreglo para clavado de pozo.
Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

B. Pozos perforados a chorro

Los pozos perforados a chorro en apariencia no difieren en mucho de los pozos clavados, pero la punta en el extremo inferior de la sección filtrante es hueca en lugar de ser sólida, y el pozo se perfora a través de la acción erosiva de una corriente de agua lanzada desde la punta (Ver Figura N° 3.9).

Comparada con el pozo clavado, la profundidad que se puede obtener es, en cierta forma, mayor para los mismos diámetros de aproximadamente 5-8 cm. Además la perforación de pozos con chorros es mucho más rápida. No se necesita fuerza mecánica, de tal forma que se puede usar plástico en vez de acero para la envoltura y la rejilla.

Obviamente, los pozos de chorro sólo se pueden hundir en formaciones no consolidadas.

Los acuíferos arenosos son más adecuados para este método; puesto que, a menudo la arcilla y la tierra endurecida ofrecen demasiada resistencia al chorro de agua.

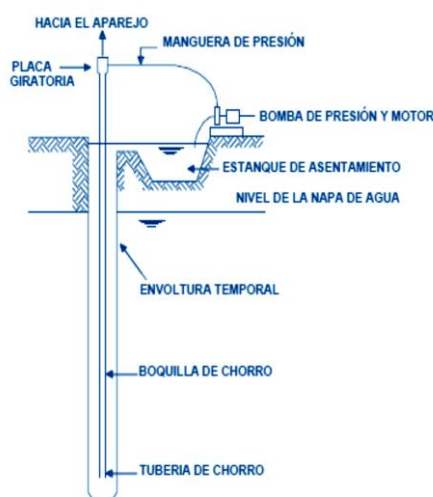


Figura N° 3.9. Pozo perforado a chorro.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

C. Pozos taladrados

La perforación de pozos “taladrados” es una técnica que se presta mejor para uso en terrenos blandos, tales como arena y caliza blanda.

Para profundidades superficiales, se emplea barrenos en espiral (Ver Figura N° 3.10); para profundidades mayores se puede aplicar barrenos de tipo cubeta rotados

nuevamente desde la superficie por medio de un eje de conducción. Este eje se construye de una sección de varilla de acero de 3-6 m de largo y se conecta mediante acoplamientos de acción rápida.

La parte superior se llama vástago cuadrado de transmisión y tiene un corte transversal cuadrado para recibir la torsión necesaria de un tablero giratorio. En el fondo, el barreno está provisto de una cara cortante que penetra en el material del hueco y descarga en la cámara cilíndrica que se encuentra encima. Cuando se llena se saca el barreno a la superficie y se abre el fondo articulado. Cada vez que esto sea necesario, se debe desmontar el eje de conducción y acoplar nuevamente. Es una labor tediosa y que ocupa tiempo.

Por debajo de la napa de agua subterránea el barreno sí rompe las capas de tierra, pero no puede sacar a la superficie el material taladrado, ya que las cortaduras escapan del contenedor cuando se extrae el barreno del fondo del hueco. Se debe emplear un “achicador”, el cual se hace descender en el hueco usando un cable, para recolectar las cortaduras. Se mueve hacia arriba y hacia abajo el “achicador” cerca al fondo del hueco; durante el descenso, las cortaduras son atrapadas mediante una válvula de cierre. Toda la operación aumenta grandemente el tiempo requerido para la perforación de un pozo.



Figura N° 3.10. Equipo de perforación de pozo.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

Para la perforación de pozos tubulares profundos y de mayor diámetro se requiere métodos y tecnologías apropiadas, personal habilitado y equipamiento adecuado; puesto que, servirán para captar grandes cantidades de agua a profundidades mayores, o para captar acuíferos que estén cubiertos por capas de roca dura o formaciones similares de terreno.

En la perforación de los pozos el éxito de los trabajos depende de una serie de factores de orden técnico y geológico, encabezados por la elección del método de perforación adoptado. No debe olvidarse que un pozo es una obra de ingeniería hidrogeológica y geológica y no un hueco a través del cual se capta aguas subterráneas. Aceptado este principio, todas las precauciones deben ser tomadas para que el pozo sea técnicamente bien construido, convirtiéndose en una obra económicamente rentable

3.7.1.4. Aspectos hidráulicos de las fuentes subterráneas

En la Figura N° 3.11 se ilustra un pozo en una formación acuífera. En ella se detallan cada uno de los componentes definidos para el análisis del comportamiento hidráulico de una fuente subterránea.

a) Nivel estático

Es el nivel de agua presente en la formación acuífera antes de comenzar el bombeo. Este nivel se ve afectado por efectos meteorológicos (precipitación, infiltración) estacionales o por cargas adicionales (edificaciones), o por la descarga producida por pozos cercanos.

b) Nivel de dinámico

También llamado nivel de bombeo, porque es producido cuando comienza la descarga del acuífero por el pozo. Este nivel depende del caudal de bombeo, del tiempo de bombeo y de las características hidrogeológicas del acuífero. También se debe tener en cuenta la técnica desarrollada en el diseño de pozo.

c) Abatimiento

Bajo condiciones de extracción o inyección de un pozo, la carga hidráulica inicial en cualquier punto del acuífero cambia. En condiciones de extracción de un pozo, la distancia vertical entre la carga hidráulica inicial en un punto en el acuífero y la

posición baja de la carga hidráulica para el mismo punto es llamado abatimiento. Para un acuífero libre el nivel del agua en el nivel freático está determinado por la distancia $s(x, y, z, t)$, la cual es el abatimiento. Para el caso del acuífero confinado, el abatimiento es definido con respecto a la superficie piezométrica. Este descenso de niveles, define la curva de abatimiento, por lo tanto es claro que el abatimiento presente su menor valor en lejanías del pozo y el mayor valor en el pozo. La dimensión del abatimiento es la longitud [L]. El abatimiento es generalmente expresado en metros de agua.

d) Cono de depresión

Al producirse el descenso del nivel estático del pozo, se establece un gradiente hidráulico entre cualquier punto de la formación y el pozo, originándose un movimiento radial desde todas las direcciones hacia el pozo en una forma simétrica y de tal manera que el caudal Q que se extrae del pozo es igual al caudal que pasa por cualquier sección del acuífero. A medida que la velocidad aumenta mayor será el gradiente hidráulico ya que aumenta la fricción existente entre el fluido y las partículas sólidas en contacto; es por eso que lo que se forma alrededor del pozo se le conoce como cono de depresión que sobre un plano vertical presenta una curva conocida con el nombre de curva de abatimiento. La forma, alcance y profundidad de este cono de depresión dependerá de las condiciones hidrogeológicas (transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero), del caudal y el tiempo de bombeo o inyección. En el acuífero confinado el cono de depresión es la representación de la variación de los niveles piezométricos en tanto que en el acuífero libre es además la forma real de la superficie piezométrica.

e) Capacidad específica

Es la relación que existe entre el caudal que se obtiene de un pozo y el abatimiento producido y se expresa en unidades de caudal por longitud, $[L^3/T/L]$. Este valor es contante para acuíferos confinados y variables para los acuíferos libres; es un término que representa el grado de eficiencia de un pozo ya que de dos pozos perforados en una misma formación acuífera, el de menor capacidad específica tendrá menos eficiencia. El grado de eficiencia de un pozo lo determinaremos con base en la

transmisividad y el coeficiente de almacenamiento de la formación acuífera, (con la cual podremos calcular un valor de la capacidad específica teórica) el valor de la capacidad específica real medida en el pozo.

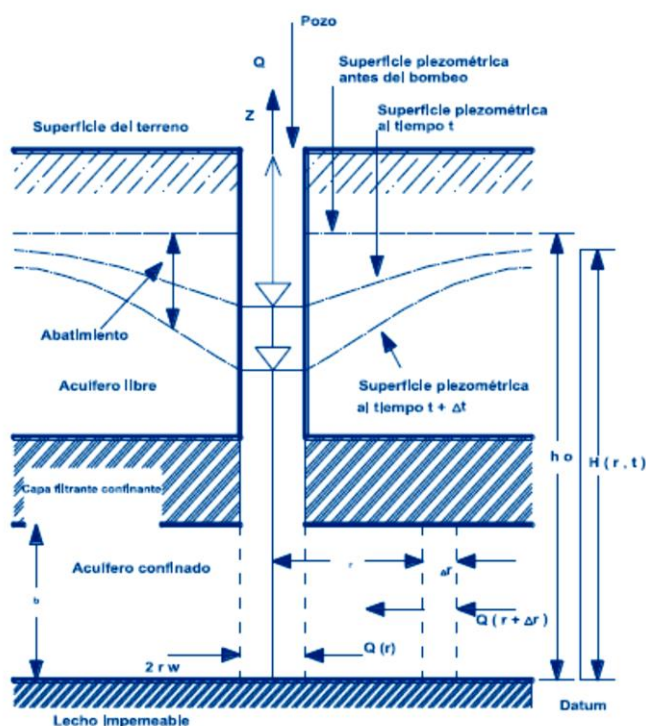


Figura N° 3.11. Esquema representativo del bombeo de un pozo.
Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

3.7.2. Línea de impulsión

La línea de impulsión en un sistema por bombeo, es el tramo de tubería que conduce el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio.

Para el diseño de la línea de impulsión se requiere de:

- a) Información de la población.
- b) Investigación de la fuente: Caudal y temporalidad.
- c) Plano topográfico de la ruta seleccionada.
- d) Estudio de suelos y si es el caso estudio geológico para determinar la estabilidad del terreno.

- e) Calidad fisicoquímica de la fuente.

Para el trazado de la línea de impulsión se tomará en cuenta lo siguiente:

- a) Evitar pendientes mayores del 30% para evitar velocidades excesivas.
- b) En lo posible buscar el menor recorrido siempre y cuando esto no conlleve a excavaciones excesivas u otros aspectos.
- c) Evitar cruzar por terrenos privados o comprometidos para evitar problemas durante la construcción y en la operación y mantenimiento del sistema.
- d) Mantener las distancias permisibles de vertederos sanitarios, márgenes de ríos, terrenos aluviales, nivel freático alto, cementerios y otros servicios.
- e) Utilizar zonas que sigan o mantengan distancias cortas a vías existentes o que por su topografía permita la creación de caminos para la ejecución, operación y mantenimiento.
- f) Evitar zonas vulnerables a efectos producidos por fenómenos naturales y antrópicos.
- g) Tener en cuenta la ubicación de las canteras para los préstamos y zonas para la disposición del material sobrante, producto de la excavación.
- h) Establecer los puntos donde se ubicarán instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación.

3.7.2.1. Criterios y parámetros de diseño

Se debe tener en cuenta en el diseño ciertos criterios y parámetros que permitan dar seguridad y condiciones de servicio a un mínimo costo de inversión. Para la línea de impulsión se toma como base estos criterios y parámetros, partiendo de las condiciones a las que se encontrará sometida la tubería, como su entorno y el tipo de fluido que conducirá.

3.7.2.1.1. Caudal de diseño

El caudal de una línea de impulsión será el correspondiente al consumo máximo diario para el período de diseño. Tomando en cuenta que no resulta aconsejable ni práctico mantener períodos de bombeo de 24 horas diarias, habrá que incrementar el caudal de acuerdo a la

relación de horas de bombeo, satisfaciendo así las necesidades de la población para el día completo. Ver expresión 3.1.

$$Q_b = Q_{md} \frac{24}{N} \quad (3.1)$$

Dónde:

Q_b Caudal de bombeo, l/s

Q_{md} Caudal medio diario, l/s

N Número de horas de bombeo.

3.7.2.1.2. *Diámetro de la tubería*

Los criterios de elección del diámetro de la tubería se basan en un análisis técnico - económico.

a) Criterio Técnico

La elección de la dimensión del diámetro depende de la velocidad en el conducto, velocidades muy bajas permiten sedimentación de partículas y velocidades altas producen vibraciones en la tubería, así como pérdidas de carga importantes, lo que repercute en un costo elevado de operación.

b) Criterio Económico

El cálculo económico, está basado en:

- Datos de inversión inicial.
- Costo de la tubería instalada por metro lineal.
- Costo del equipo de bombeo instalado por cada HP o KW.
- Datos de inversión por explotación.
- Costo anual de operación.
- Valor presente de operación en 10 años.

Un procedimiento para la selección del diámetro más adecuado (económico), es usando la fórmula de Bresse, que se aplica mediante la expresión 3.2 siguiente:

$$d = K\sqrt{Q} \quad (3.2)$$

Donde:

d Diámetro económico de la tubería, m.

K Coeficiente de Bresse, de 0.9 a 1.5.

Q Caudal de flujo en m³/s.

Determinado d, se escogen dos diámetros comerciales en torno al valor de Bresse. El análisis de costos que involucra tuberías, equipo y costos de operación y mantenimiento permitirá seleccionar el diámetro de mínimo costo.

3.7.2.1.3. *Velocidad y presión*

Es muy importante calcular la velocidad y presión de agua en las tuberías. Cuando se trata de un sistema rural de abastecimiento de agua es aceptable tener velocidades menores a 0.6 m/s para minimizar las pérdidas por fricción y se deberá mantener una presión de por lo menos 5 m en los puntos críticos, tal como lo recomiendan las normas generales del Ministerio de Salud.

La velocidad del flujo a través de la tubería se obtiene mediante la expresión 3.3 siguiente:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (3.3)$$

Donde:

V Velocidad del flujo a través de la tubería, m/s.

Q Caudal del flujo, m³/s.

A Área de la sección transversal de la tubería, m².

3.7.2.1.4. *Clase y material de tuberías*

Habría que determinar las clases de tubería capaces de soportar las presiones de servicio y contrarrestar el golpe de ariete.

El material de la tubería es escogido por factores económicos, así como de disponibilidad de accesorios, y características de resistencia, ante esfuerzos que se producirán en el momento de su operación.

La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse.

Se evaluará el material de tubería a utilizar cuando la corrosividad sea especialmente agresiva, es decir para cuando el contenido de sales solubles, ion sulfatos y ion cloruros del terreno sean superiores a 1000 ppm y el PH del subsuelo esté fuera de los límites comprendidos entre 6 y 8.

3.7.2.2. Pérdida de carga en las tuberías

La pérdida de carga en una tubería es la pérdida de energía dinámica del fluido debida a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene. Pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, accidental o localizada, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.

Se calculará las pérdidas por fricción mediante la expresión 3.4 (fórmula de Hazen-Williams) siguiente:

$$S_f = \frac{0.54 \sqrt{Q}}{\sqrt{0.2788 C_H d^{2.63}}} \quad (3.4)$$

Donde:

S_f Pendiente de fricción, m/m.

Q Caudal, (m³/s).

C_H Coeficiente de Hazen -Williams.

d Diámetro de la tubería, m.

En la Tabla 3.2 se muestran los valores del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales.

Tabla N° 3.2.
Coefficiente de Hazen-Williams para algunos materiales.

Material	C
Asbesto cemento	140
Latón	130-140
Ladrillo de saneamiento	100
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83
Concreto	120-140
Cobre	130-140
Hierro dúctil	120
Hierro galvanizado	120
Vidrio	140
Plomo	130-140
Plástico (PE, PVC)	140-150
Tubería lisa nueva	140
Acero nuevo	140-150
Acero	130
Acero rolado	110
Lata	130
Madera	120
Hormigón	120-140

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

La pérdida de carga en una tubería se calcula mediante la expresión 3.5 siguiente:

$$h_f = S_f L \quad (3.5)$$

Se puede considerar que las pérdidas locales en los accesorios equivalen a un 10 % de las pérdidas por fricción.

La pérdida de carga total en la tubería será la suma de las pérdidas por fricción y las pérdidas locales. Ver expresión 3.6.

$$h_{f\text{total}} = h_f + h_{\text{local}} \quad (3.6)$$

La altura geométrica, esto es la diferencia de nivel entre captación-reservorio (altura estática total). Se calcula mediante la expresión 3.7 siguiente:

$$H_g = H_s + H_d \quad (3.7)$$

Donde:

H_g Altura geométrica, m.

H_s Altura de aspiración o succión, esto es, altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior, m.

H_d Altura de descarga, o sea, la altura del nivel superior con relación al eje de la bomba, m.

El conjunto elevador deberá vencer la diferencia de nivel entre captación-reservorio, más las pérdidas de carga en todo el trayecto (pérdida por fricción a lo largo de la tubería, pérdidas locales debidas a las piezas y accesorios) y adicionarle la presión de llegada. Ver Figura N° 3.12.

La altura dinámica total (HDT) se calcula mediante la expresión 3.8 siguiente:

$$HDT = H_g + H_{ftotal} + H_{escurr} \quad (3.8)$$

Donde:

HDT Altura dinámica total, m.

H_g Diferencia de niveles entre captación y reservorio, m.

H_{ftotal} Pérdidas de cargas totales, m.

H_{escurr} Altura libre de escurrimiento, m.

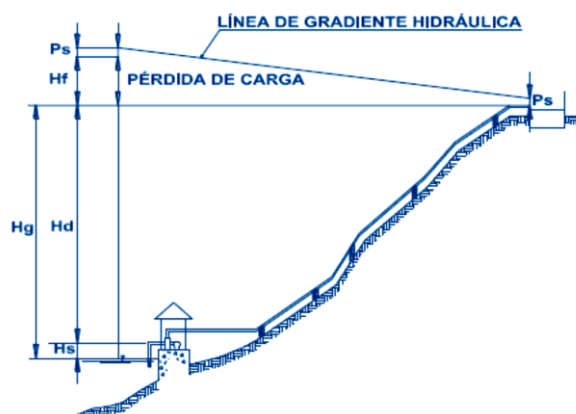


Figura N° 3.12. Línea de gradiente hidráulica de la línea de impulsión.
Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

3.7.2.3. Golpe de ariete

Cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido. Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido, reduciendo su volumen, y dilata ligeramente la tubería. Cuando todo el fluido que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y, por tanto, ésta tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal. Conjuntamente, estos efectos provocan otra onda de presión en el sentido contrario. El fluido se desplaza en dirección contraria pero, al estar la válvula cerrada, se produce una depresión con respecto a la presión normal de la tubería. Al reducirse la presión, el fluido puede pasar a estado gaseoso formando una burbuja mientras que la tubería se contrae. Al alcanzar el otro extremo de la tubería, si la onda no se ve disipada, por ejemplo, en un depósito a presión atmosférica, se reflejará siendo mitigada progresivamente por la propia resistencia a la compresión del fluido y a la dilatación de la tubería.

El fenómeno del golpe de ariete, también denominado transitorio, se puede resumir como la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad.

3.7.2.3.1. Valor de la celeridad

La celeridad (a) es la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería. La expresión 3.9 propuesta por Allievi, permite una evaluación rápida del valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{E}}} \quad , \quad \left(K = \frac{10^6}{E} \right) \quad (3.9)$$

Donde:

- a Celeridad en la conducción de agua a presión, m/s.
- E Módulo de elasticidad del material, Kg/cm².

- K Factor adimensional.
- D Diámetro interior de la tubería, mm.
- e Espesor de la tubería, mm.

En la Tabla N° 3.3 se presentan distintos valores de K para hallar la celeridad, dependiendo del material de la tubería.

Tabla N° 3.3.
Valores de K para hallar la celeridad.

Material de la tubería	E (Kg/m²)	K
Palastros de hierro y acero	2x10 ¹⁰	0.5
Fundición	10 ¹⁰	1
Hormigón (sin armar)	2x10 ⁹	5
Fibrocemento	1.85x10 ⁹	5.5 (5-6)
PVC	3x10 ⁸	33.3 (20-50)
PE baja densidad	2x10 ⁷	500
PE alta densidad	9x10 ⁷	111.11

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

En el caso de que la conducción esté constituida por tramos de tubos de diferentes características (diámetro, espesor, timbraje, material, etc.), la celeridad media se calculará como la media ponderada de la celeridad de cada tramo. Si L₁, L₂, L₃,..., son las longitudes de los tramos de distintas características y a₁, a₂, a₃,..., las celeridades respectivas, el tiempo total L/a que tarda la onda en recorrer la tubería será la suma de los tiempos parciales: L/a = L₁/a₁ + L₂/a₂ + L₃/a₃ +...

Luego, para calcular la celeridad media, se utilizará la expresión 3.10 siguiente:

$$a = \frac{L}{\sum \frac{L_i}{a_i}} \tag{2.10}$$

3.7.2.3.2. Tiempo de cierre de la válvula y tiempo de parada de bombas. Cierre lento y cierre rápido

Se define el tiempo (T) como el intervalo entre el inicio y el término de la maniobra, sea cierre o apertura, total o parcial, ya que durante este tiempo se produce la modificación de régimen de movimiento del fluido. Este concepto es aplicable tanto a conducciones por gravedad como a impulsiones, conociéndose en el primer caso como tiempo de cierre de la válvula y como tiempo de parada en el segundo.

El tiempo de cierre de una válvula puede medirse con un cronómetro, es un tiempo físico y real; por el contrario, en el caso de las bombas, el tiempo de parada no puede medirse de forma directa y es más difícil de controlar.

La expresión 3.11 es propuesta por Mendiluce para el cálculo del tiempo de parada

$$T = C + \frac{K.L.V}{g.H_m} \quad (2.11)$$

Donde:

T Tiempo de parada, s.

C y K Coeficientes de ajuste empíricos.

L Longitud de la tubería, m.

V Velocidad del fluido en la tubería, m/s.

g Aceleración de la gravedad, m/s².

H_m Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo, m.

La altura manométrica puede obtenerse mediante la expresión 3.12 siguiente:

$$H_m = H_g + hf_T \quad (3.12)$$

Donde:

H_m Altura manométrica, m.

H_g Altura geométrica o presión estática, m.

hf_T Pérdidas totales, m.

La altura geométrica o presión estática (H_g) se mide siempre inmediatamente aguas arriba de la bomba, por lo que la profundidad del agua en el pozo debe tenerse en cuenta en el caso de bombas sumergidas.

El coeficiente C es función de la pendiente hidráulica (m), siendo $m = H_m/L$. Ver Figura N° 3.12.

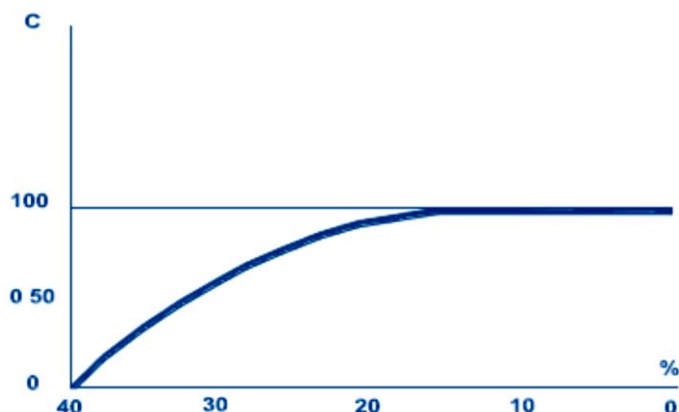


Figura N° 3.13. Valores del coeficiente C en función de la pendiente hidráulica (m).
Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

En la Tabla N° 3.4 se presenta los valores del coeficiente C según Mendiluce para diferentes pendientes.

Tabla N° 3.4.

Valores del coeficiente C según Mendiluce.

Pendiente (m = Hm/L)	Coeficiente C
Hm/L < 0.20	C = 1
Hm/L ≥ 0.40	C = 0
Hm/L ≈ 0.30	C = 0.60

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

El coeficiente K depende de la longitud de la tubería y puede obtenerse a partir de la Tabla N° 3.5. propuesta por Mendiluce. Este autor recomienda la utilización de los valores de K redondeados siempre del lado de la seguridad y por ser de más sencillo manejo.

Tabla N° 3.5.

Valores del coeficiente K según Mendiluce

L	K
L < 500	2
L ≈ 500	1.75
500 < L < 1500	1.5
L ≈ 1500	1.25
L > 1500	1

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

3.7.2.3.3. Método práctico para el cálculo del golpe de ariete

Se necesita calcular previamente la velocidad del agua y, en impulsiones, la altura manométrica del grupo de bombeo.

Se obtiene el tiempo de parada con la ecuación de Mendiluce (ver expresión 3.10). En el caso de abastecimientos por gravedad, el tiempo de cierre de la válvula será conocido.

Se calcula la celeridad “a” mediante la fórmula de Allievi indicada anteriormente (ver expresión 3.8).

Se calcula la longitud crítica “Lc”, que es la distancia que separa el final de la impulsión del punto crítico o de coincidencia de las fórmulas de Michaud y Allievi. En la Lc rige la expresión 3.13 siguiente, propuesta por Michaud:

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} \tag{3.13}$$

Donde:

Lc Longitud crítica, m.

a Celeridad en la conducción de agua a presión, m/s.

T Tiempo calculado según Mendiluce, s.

Para hallar la sobrepresión por golpe de ariete (ΔH), se comparan las longitudes L y Lc según Tabla N° 3.6.

Tabla N° 3.6.

Indicadores para hallar la sobrepresión por golpe de ariete.

$L < L_c$	Impulsión corta	$T > \frac{2L}{a}$	Cierre lento	Michaud	$\Delta H = \frac{2LV}{gT}$
$L > L_c$	Impulsión larga	$T < \frac{2L}{a}$	Cierre rápido	Allieve	$\Delta H = \frac{aV}{g}$

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

El tipo de cierre, lento o rápido, también puede conocerse comparando el tiempo de parada de la bomba, con el tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa, es decir, con 2 caso de las tuberías de conducción y se basa también en dos situaciones: Cierre rápido y Cierre lento.

- a) Cierre rápido

Si el cierre o apertura de la válvula es brusco, es decir, si el tiempo de cierre es menor que el tiempo que tarda la onda en recorrer la tubería ida y vuelta, el golpe de ariete máximo se calcula mediante la expresión 3.14 siguiente:

$$P_g = a \cdot \frac{V}{g}, \quad \left(\text{si } T < \frac{2L}{a} \right) \quad (3.14)$$

Donde:

- P_g Golpe de ariete máximo.
 a Celeridad en la conducción de agua a presión, m/s.
 V Velocidad del fluido, m/s.
 g Aceleración de la gravedad, m/s².
 T Tiempo de cierre, s.
 L Longitud de la tubería, m.

b) Cierre lento

Si el cierre o apertura de la válvula es lento, es decir, si el tiempo de cierre es mayor que el tiempo que tarda la onda en recorrer la tubería ida y vuelta, el golpe de ariete máximo se calcula mediante la expresión 3.15 siguiente:

$$P_g = \frac{2LV}{g\tau}, \quad \left(\text{si } T < \frac{2L}{a} \right) \quad (3.15)$$

Donde:

- P_g Golpe de ariete máximo.
 L Longitud de la tubería, m.
 V Velocidad del fluido, m/s.
 g Aceleración de la gravedad, m/s².
 τ Tiempo de maniobras, s.
 T Tiempo de cierre, s.
 L Longitud de la tubería, m.

- a Celeridad en la conducción de agua a presión, m/s.

En impulsiones, se colocan las válvulas de retención necesarias para mantener la línea de sobrepresión debida al golpe de ariete por debajo de la línea piezométrica. Con las válvulas de retención se desplaza la línea de máximas presiones del golpe de ariete.

Las medidas para evitar el golpe de ariete son:

- a) Limitación de la velocidad en las tuberías.
- b) Cierre lento de válvulas y registros, construcción de piezas que no permitan la obstrucción muy rápida.
- c) Empleo de válvulas y dispositivos mecánicos especiales, válvulas de alivio.
- d) Utilización de tuberías que puedan soportar sobrepresiones ocasionadas por el golpe de ariete.
- e) Construcción de pozos de oscilación capaces de absorber los golpes, permitiendo la oscilación de agua. Esta solución es adoptada siempre que las condiciones topográficas sean favorables y las alturas geométricas pequeñas. Los pozos de oscilación deben ser localizados tan próximos como sea posible de la casa de máquinas.
- f) Instalación de cámaras de aire comprimidas que proporcionen el amortiguamiento de los golpes. El mantenimiento de estos dispositivos requiere ciertos cuidados, para que se mantenga el aire comprimido en la cámara.

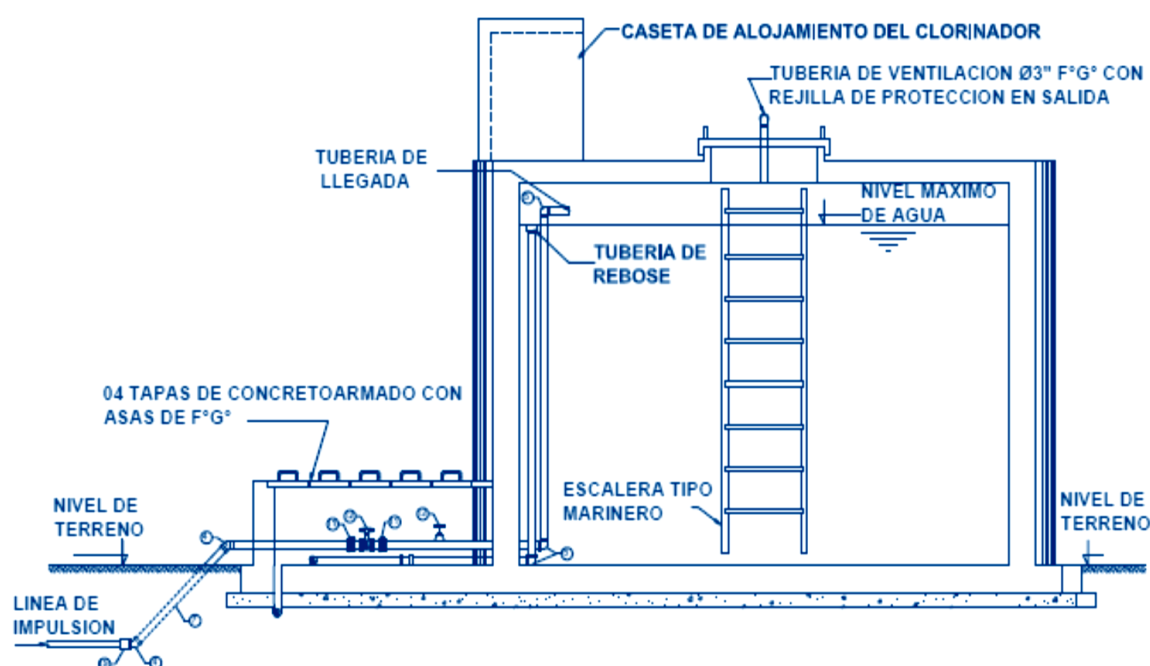
3.7.3. Almacenamiento y regulación del agua

Los sistemas de almacenamiento tienen como función suministrar agua para consumo humano a las redes de distribución, con las presiones de servicio adecuadas y en cantidad necesaria que permita compensar las variaciones de la demanda. Asimismo deberán contar con un volumen adicional para suministro en casos de emergencia como incendio, suspensión temporal de la fuente de abastecimiento y/o paralización parcial de la planta de tratamiento.

Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados, que pueden tomar la forma esférica, cilíndrica, y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc.; los apoyados, que principalmente tienen forma

rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo; y los enterrados, de forma rectangular y circular, son construidos por debajo de la superficie del suelo (cisternas). Cada uno de éstos dotado de dosificador o hipoclorador para darle tratamiento al agua y volverla apta para el consumo humano.

Para capacidades medianas y pequeñas, como es el caso de los proyectos de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, resulta tradicional y económica la construcción de un reservorio apoyado (Ver Figura N° 3.14) de forma cuadrada o circular cuando el terreno presenta zonas altas y seguras. Este es el caso de las comunidades rurales



en estudio.

Figura N° 3.14. Esquema de reservorio apoyado.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché.

3.7.3.1. Consideraciones para el diseño de reservorios de almacenamiento

Para el diseño de reservorios de almacenamiento se debe contar con información de la zona elegida, como fotografías aéreas, estudios de topografía, mecánica de suelos, variaciones de niveles freáticos, características químicas del suelo y otros que se considere necesario.

Además se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) El volumen deberá determinarse con las curvas de variación de la demanda horaria de las zonas de abastecimiento o de una población de características similares.
- b) Los reservorios deberán ubicarse lo más cerca posible y a una elevación mayor al centro poblado que permita mantener la presión en la red dentro de los límites de servicio garantizando presiones mínimas en las viviendas más elevadas y presiones máximas en las viviendas más bajas.
- c) Debe priorizarse el criterio de ubicación tomando en cuenta la ocurrencia de desastres naturales. Los reservorios no deberán estar ubicados en terrenos sujetos a inundación, deslizamientos u otros riesgos que afecten su seguridad.
- d) Los reservorios deben estar alejados de focos de contaminación, como pozas de percolación, letrinas, botaderos; o protegidos de los mismos.
- e) Los reservorios se deben ubicar en áreas libres. El proyecto deberá incluir un cerco que impida el libre acceso a las instalaciones.
- f) Las válvulas, accesorios y los dispositivos de medición y control, deberán ir alojados en casetas que permitan realizar las labores de operación y mantenimiento con facilidad.
- g) Se debe prever que las labores de mantenimiento sean efectuadas sin causar interrupciones prolongadas del servicio. La instalación debe contar con un sistema de “by pass” entre la tubería de entrada y salida o doble cámara de almacenamiento.
- h) Los reservorios elevados en zonas cercanas a pistas de aterrizaje deberán cumplir las indicaciones sobre luces de señalización impartidas por la autoridad competente.
- i) Los reservorios de agua deberán estar dotados de tuberías de entrada, salida, rebose y desagüe.
- j) En las tuberías de entrada, salida y desagüe se instalará una válvula de interrupción ubicada convenientemente para su fácil operación y mantenimiento. Cualquier otra válvula especial requerida se instalará para las mismas condiciones.
- k) Las bocas de las tuberías de entrada y salida deberán estar ubicadas en posición opuesta, para permitir la renovación permanente del agua en el reservorio.

- l) La tubería de salida deberá tener como mínimo el diámetro correspondiente al caudal máximo horario de diseño.

3.7.3.2. Capacidad mínima de almacenamiento y regulación del agua

Para determinar la capacidad del reservorio, es necesario considerar la compensación de las variaciones horarias de consumo, emergencia para incendios, previsión de reservas para cubrir daños e interrupciones en la línea de conducción y que el reservorio funcione como parte del sistema.

El reservorio debe permitir que la demanda máxima que se produce en el consumo sea satisfecha a cabalidad, al igual que cualquier variación en el consumo registrado en las 24 horas del día.

Para el cálculo del volumen de almacenamiento se utilizan métodos gráficos y analíticos. Los primeros se basan en la determinación de la “curva de masa” o de “consumo integral”, considerando los consumos acumulados; para los métodos analíticos, se debe disponer de los datos de consumo por horas y del caudal disponible de la fuente, que por lo general es equivalente al consumo promedio diario.

En las zonas rurales, las normas recomiendan para los proyectos de agua potable mediante sistemas de bombeo, una capacidad de regulación del reservorio del 30% del consumo promedio diario anual (Q_m); mientras que, para sistemas por gravedad 25%.

Con el valor del volumen (V) se define un reservorio de sección circular cuyas dimensiones se calculan teniendo en cuenta la relación del diámetro con la altura de agua (d/h), la misma que varía entre 0.50 y 3.00. En el caso de un reservorio de sección rectangular, para este mismo rango de valores, se considera la relación del ancho de la base y la altura (b/h).

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE REQUERIMIENTOS Y RECURSOS DISPONIBLES

Antes de empezar el dimensionamiento del sistema, es importante evaluar los requerimientos hídricos del sitio en donde se desea instalar el sistema de bombeo, esto permite calcular la cantidad de metros cúbicos de agua que se necesitan diariamente para luego, evaluando diferentes aspectos, elegir un tiempo de bombeo óptimo que dé como resultado un caudal diario transportado del sitio de captación de agua al sitio requerido.

Otro aspecto importante a considerar son las fuentes o nacimientos de agua disponibles para el Centro Poblado del Pharata Copani para el abastecimiento del líquido, este factor puede o no estar presente, o estarlo, pero no ser suficiente.

Finalmente el factor a considerar es el potencial eólico y solar en el lugar de donde se va ubicar este sistema para el abastecimiento de agua del Centro Poblado de Fharata Copani, especialmente de las zonas cercanas a las viviendas beneficiadas y/o a las fuentes hídricas disponibles para reducir pérdidas en el transporte de la energía eléctrica generada. Dicho factor permite conocer valores reales de radiación y velocidad de viento, variables que son especialmente útiles como base para el correcto dimensionamiento del sistema y genera confiabilidad en caso de una posible construcción física del mismo.

4.1.1. Necesidad hídrica del centro poblado

Las comunidades beneficiadas, que incluye 40 viviendas habitadas por un total de 158 personas, dado que se debe diseñar para el caso más crítico, se diseñará en base a la dotación para zonas rurales ya que no existe el consumo diario de la población rural de Centro poblado de Fharata.

Esta información es fundamental para determinar el caudal diario que debe ser impulsado por el sistema.

4.1.2. Evaluación de la altura de bombeo.

Con el fin de determinar la altura total que debe bombear el sistema se procedió de la siguiente manera: se realizó la medición la posible distancia de la altura de terreno total que hay entre la cisterna y el tanque de regulación y almacenamiento 60 m. ya que la superficie donde se encuentra la captación está por debajo del nivel de almacenamiento.

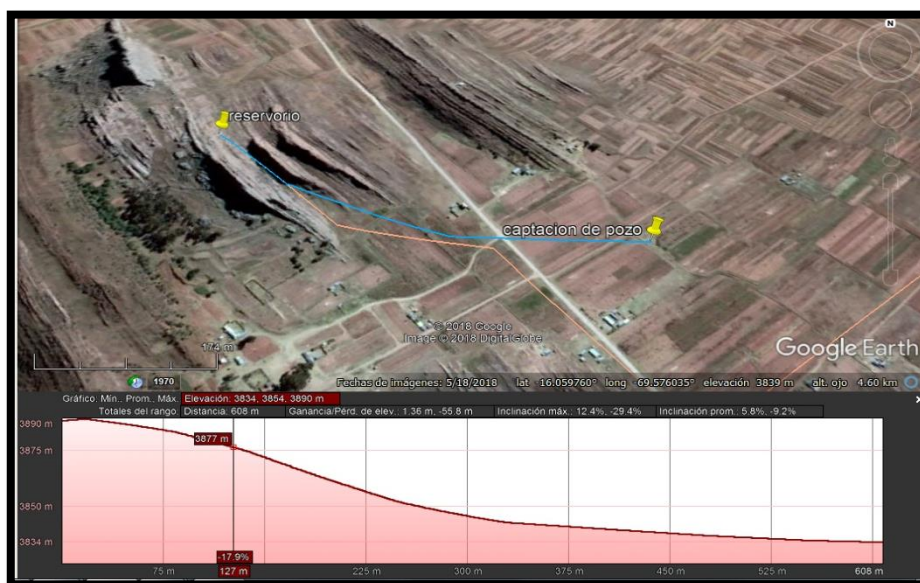


Figura N° 4.1. Mapa del lugar de instalación de sistema de impulsión de agua potable.
Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Fuentes de agua disponibles

En el Centro Poblado de Fharata Copani, está compuesto por 40 viviendas y posee una fuente hídrica de la cual actualmente se abastecen las viviendas ubicadas de pozos de anillos, no cuentan con la disponibilidad de agua; de ahí la importancia de evaluar la cantidad de agua con la que actualmente cuenta esta fuente y así determinar si es suficiente para satisfacer dichas necesidades.

La medición del caudal se realizó utilizando el método volumétrico más sencillo, el cual consiste en medir el tiempo de recuperación que tarda el agua en llenarse al nivel del pozo conocido. En este caso, debido a que el caudal de agua del nacimiento es bajo, se midió el tiempo de recuperación que tardaba en llegar a su mismo nivel.



Figura N° 4.2. Captación de agua para la impulsión.

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Potencial eólico y solar

La evaluación del potencial eólico y solar disponible en la comunidad del Centro Poblado de Fharata Copani para la cual se diseña este sistema fue medido directamente en el sitio disponible para la instalación, con el fin de tener unos datos que se puedan comparar y/o contrastar con los valores encontrados en los mapas de radiación y velocidad de viento disponibles en los atlas respectivos.

4.1.4.1. Potencial solar.

Antes de empezar a revelar los valores medidos en la comunidad, es importante que se haya entendido de manera clara la diferencia entre radiación, irradiancia e irradiación, que son conceptos fundamentales que se nombrarán a continuación y fueron definidos en el capítulo anterior.

La evaluación del potencial solar se realizó por medio de un medidor digital de energía solar, el cual mide la irradiancia.

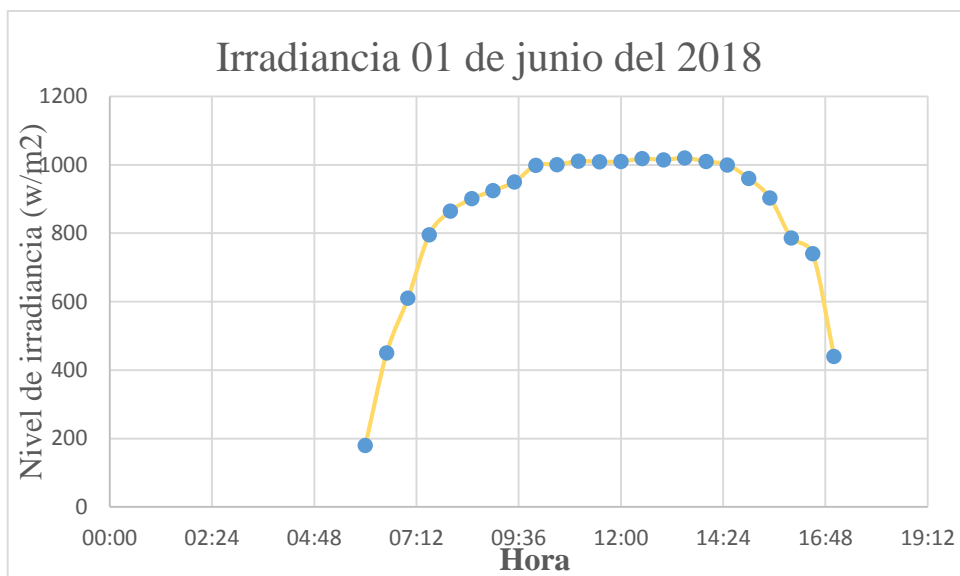
Con el fin de obtener datos que aporten al presente trabajo, se realizaron mediciones de irradiancia cada 30 minutos, desde las 6:00 a.m. hasta las 5:00 p.m durante tres días seguidos; la totalidad de los valores obtenidos se pueden apreciar en la tabla N° 4.1.

Tabla N° 4.1.

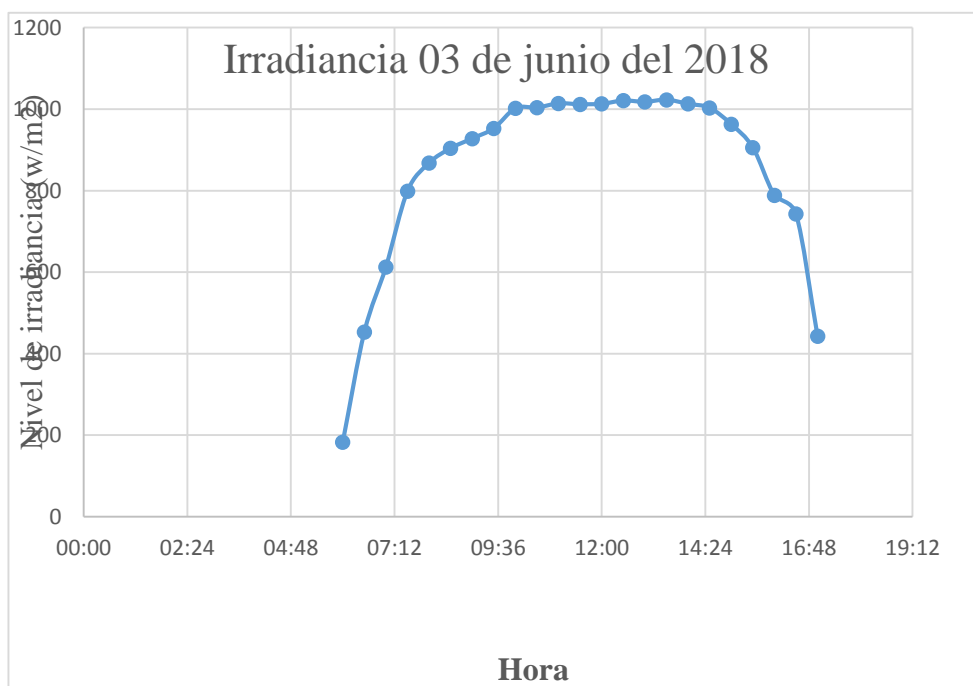
Irradiancia medida en la zona de Impulsión (a) para el 01 de Julio, (b) para el 03 de Julio y (c) para el 04 de Julio.

ITEM	HORA	01/07/2018	03/07/2018	04/07/2018
		IRRADIANCIA (W/m ²)	IRRADIANCIA (W/m ²)	IRRADIANCIA (W/m ²)
1	06:00	180	183	187
2	06:30	450	453	457
3	07:00	610	613	617
4	07:30	796	799	803
5	08:00	865	868	872
6	08:30	901	904	908
7	09:00	925	928	932
8	09:30	950	953	957
9	10:00	999	1002	1006
10	10:30	1001.00	1004	1008
11	11:00	1011.00	1014	1018
12	11:30	1009.00	1012	1016
13	12:00	1010.00	1013	1017
14	12:30	1018.00	1021	1025
15	13:00	1015.00	1018	1022
16	13:30	1020.00	1023	1027
17	14:00	1010.00	1013	1017
18	14:30	1000.00	1003	1007
19	15:00	960.00	963	967
20	15:30	903.00	906	910
21	16:00	786.00	789	793
22	16:30	740.00	743	747
23	17:00	440.00	443	447

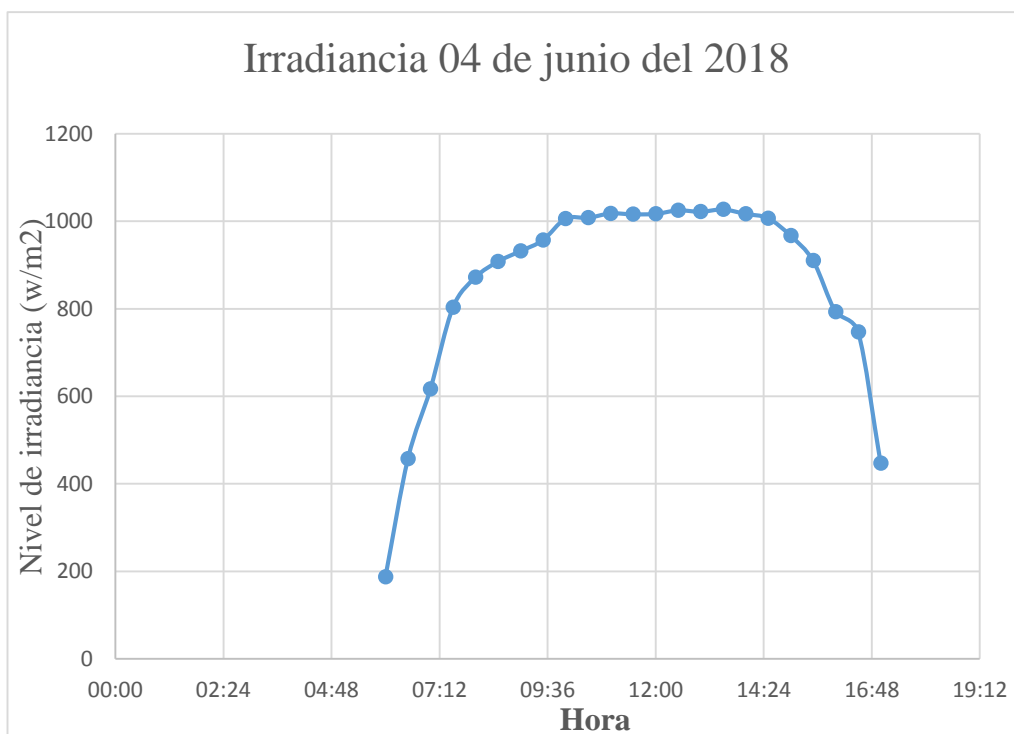
Fuente: elaboración propia



(a)



(b)



(c)

Figura N° 4.3. Valores de irradiancia para las diferentes horas del día; (a) para el 1 de julio, (b) para el 3 de julio y (c) para el 4 de julio.

Fuente: Elaboración propia

El área bajo la curva se calculó mediante el método de trapezios, cuya expresión es la siguiente:

$$\text{Irradiación} = \sum_1^{n-1} \left(\frac{\text{Irradiación}_i + \text{Irradiación}_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

La expresión anterior se utilizó para cada uno de los días, obteniendo como resultado la irradiación diaria para el centro poblado de Fharata (ver Figura N° 4.4), luego se realizó un promedio de estos con el fin de realizar el cálculo de las hora solar pico obtenidas en los días

medidos, dato que servirá de comparación con los obtenidos de otras fuentes, pero que no se tendrá como criterio de diseño, ya que son muy pocos los días en los que se midió irradiancia.

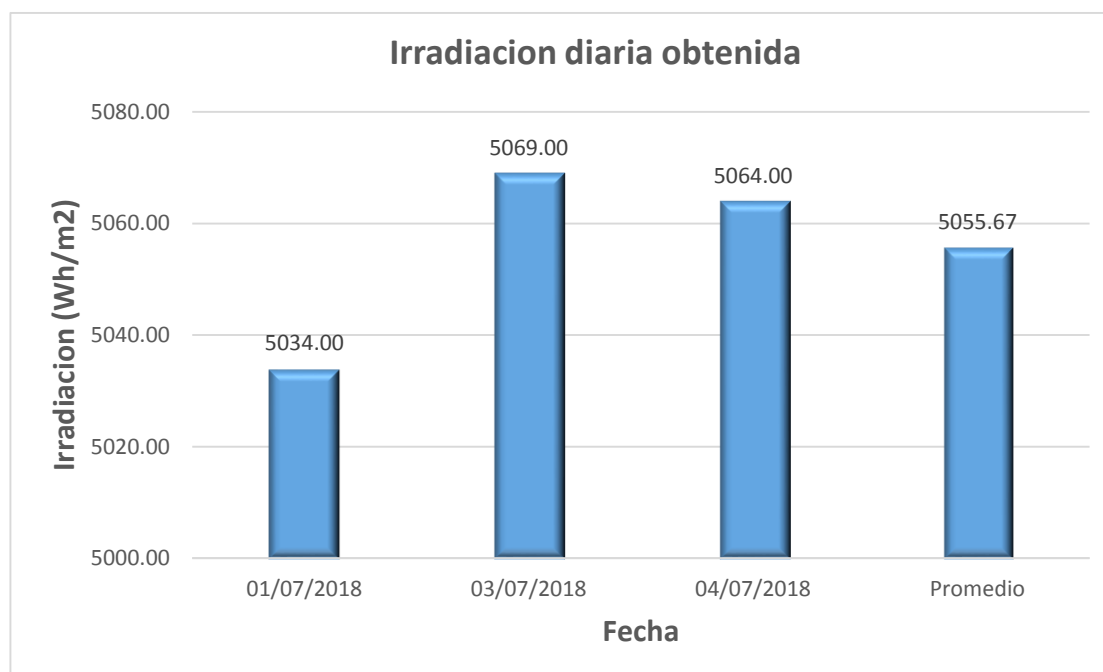


Figura N° 4.4. Valores de irradiación obtenidos a partir de la irradiancia diaria.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la gráfica anterior, el valor de la irradiación es 5055.67 Wh/m², por lo tanto el número de horas pico solar es 5.06 ya que como se vio en el capítulo anterior, las horas pico solar se obtienen dividiendo el valor de la irradiación diaria por 1000 Wh/m², que es el criterio estándar bajo el cual se dan las características técnicas de los paneles, después de realizar las mediciones necesarias.

4.1.4.1.1. Radiación solar en el distrito de Ilave según el mapa del atlas de radiación solar de Perú.

Para obtener valores de irradiación en el distrito de Ilave en los mapas del atlas, es necesario que en primer lugar, se localice el distrito en el mapa, lo cual se realizó mediante comparación de uno de los mapas de Puno que incluye la división política y la ubicación del distrito de Ilave; luego, teniendo en cuenta las convenciones, se encontró que la irradiación promedio multianual es de aproximadamente 5.46 kWh/m². El procedimiento descrito anteriormente se muestra en la figura N° 4.5.

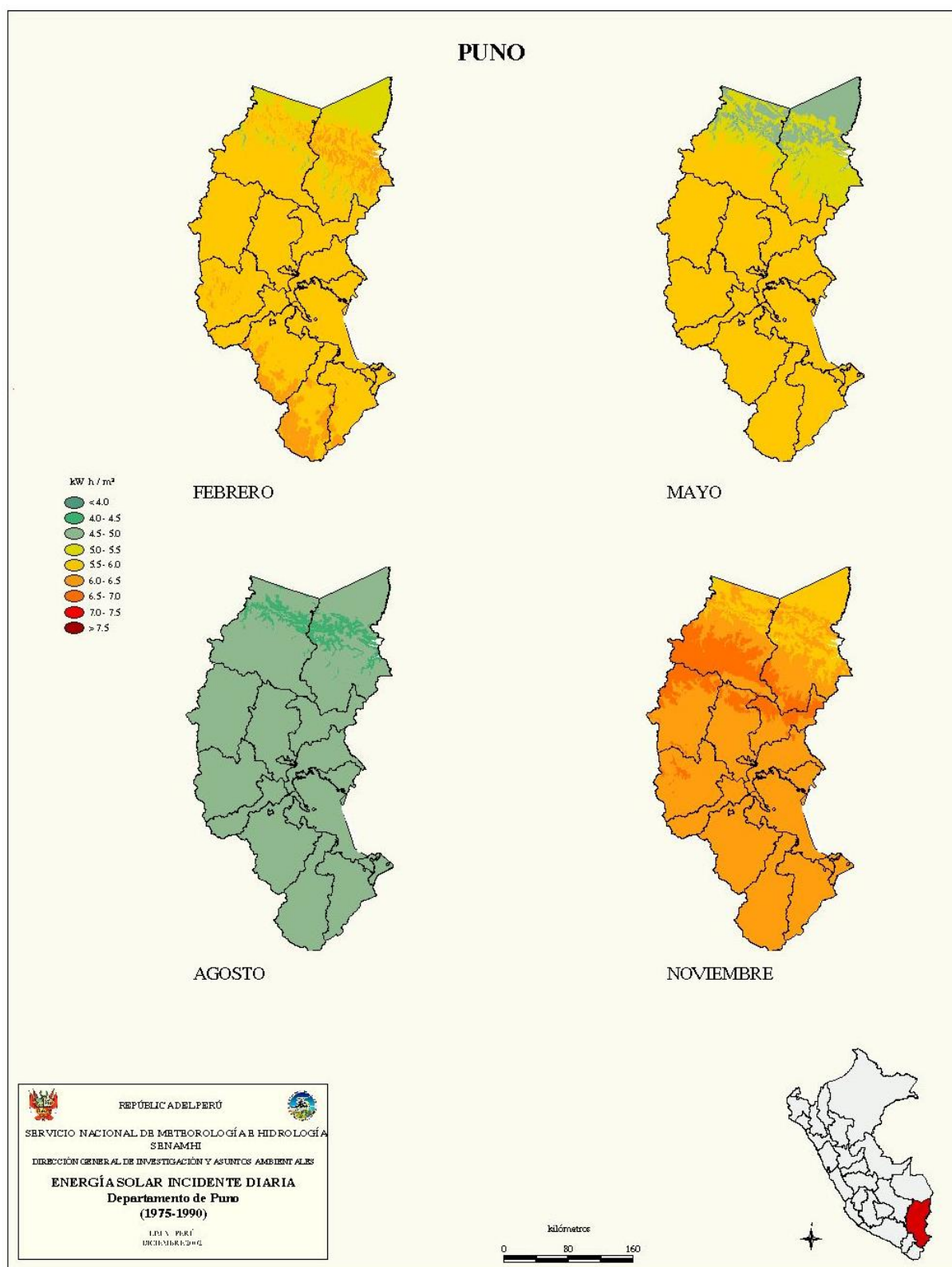


Figura N° 4.5. Mapa de atlas de energía solar incidente en la región de Puno.
 Fuente: Atlas de energía solar y eólica del Perú

Dado que es importante conocer el mes de menor irradiación, se hallaron estos valores para cada uno de los meses siguiendo el mismo procedimiento que se llevó a cabo para hallar el valor de la irradiación promedio multianual, obteniendo como resultado los valores de la tabla 4.2, por medio de la cual se determina que los meses de menor irradiación fueron junio, julio y diciembre, con un valor de 4.75 kWh/m²; por lo tanto, se obtiene un valor de 4.75 horas solar pico según el atlas mencionado.

Tabla N° 4.2.

Valores de irradiación en todos los meses del año.

Mes	Irradiación [kWh/m ²]
Enero	5.25
Febrero	6.25
Marzo	6.25
Abril	5.25
Mayo	5.75
Junio	4.75
Julio	4.75
Agosto	4.75
Septiembre	5.75
Octubre	5.75
Noviembre	6.25
Diciembre	4.75
Promedio	5.46

Fuente. Adaptado del atlas de radiación solar de Perú

4.1.4.1.2. Horas solar pico (*hsp*).

Teniendo en cuenta la irradiación solar para el Distrito de Ilave según el atlas de radiación solar de Perú, el valor de las horas solar pico sería 4.75 horas; pero teniendo en cuenta que las mediciones realizadas en dicho atlas están sujetas a desviaciones debidas a la geografía propia de cada sitio y a su distancia con respecto a la ubicación de los medidores, antes de realizar los cálculos se revisaran otras fuentes.

Otra fuente consultada para determinar el valor de la hora pico solar fue la de la NASA, en la cual, con introducir los valores de latitud y longitud de la localidad de estudio, se obtienen valores de diversos parámetros, en este caso, al revisar la radiación sobre una superficie plana se obtuvo la información de la siguiente tabla:

Tabla N° 4.3.

Valores de irradiación para el distrito de Ilave según la NASA.

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m ² /day)-2017														
LAT	LON	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
-16.05919	-69.5773	5.09	5.33	5.39	6.63	8.02	8.19	8.2	7.66	7.7	7.38	7.3	6.3	6.94

Fuente. NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables.

Como se puede observar en la tabla anterior, para el distrito de Ilave (zona de instalación de los paneles solares) se tiene una irradiación promedio anual de 6.94 kWh/m²/día, lo que genera un valor de HSP de 6.94 horas, pero como siempre se debe diseñar para el peor mes, según la tabla, sería 5.09 horas, que corresponden al mes de enero.

Al comparar los valores de las diversas fuentes, se puede concluir que la diferencia entre éstos es mínima, por lo que, posteriormente en los cálculos se podrá analizar si se presenta una alta variación al utilizar cada uno de ellos, o si dicha diferencia no afecta de forma significativa el resultado final de dichos cálculos.

4.1.4.2. Potencial eólico.

El potencial eólico en el distrito de Ilave se estimó mediante mediciones de velocidad del viento realizadas con un anemómetro digital. Dichas mediciones se realizaron cada hora durante cinco días distribuidos aleatoriamente en dos semanas (del 21 julio de 2018 al 02 de agosto del mismo año) a una altura de 2 metros. Los valores obtenidos se muestran en la tabla N°4.4.

Con el fin de realizar una mejor visualización de los datos de dicha tabla, a continuación, se presenta una sola gráfica (ver Figura N° 4.6) que muestra la variación de la velocidad del viento a determinadas horas para todos los días en los que se realizó la medición.

Tabla N° 4.4.
Velocidad de viento medida en la zona de Impulsión.

Hora	Velocidad de viento (m/s)				
	Fechas				
	21-jul	23-jul	25-jul	30-jul	02-ago
7	0.1	0.2	0.1	0.2	0.5
8	0.6	0.6	0.3	0.4	0.4
9	1.6	0.7	0.5	0.5	1.1
10	1.7	1.1	0.7	1.3	1.8
11	2.5	1.5	0.9	1.9	2.7
12	3.9	2.1	1.2	2.7	3.7
13	4.5	3.2	2.5	3.8	4.5
14	4.6	3.8	3.9	5.4	3.6
15	3.5	4.3	4.8	6.1	5.8
16	3.2	4.8	5.1	5.6	4.9
17	3.2	3	3.2	3.8	3.7
18	1.2	1.2	1.4	2.1	3.1

Fuente: Elaboración propia

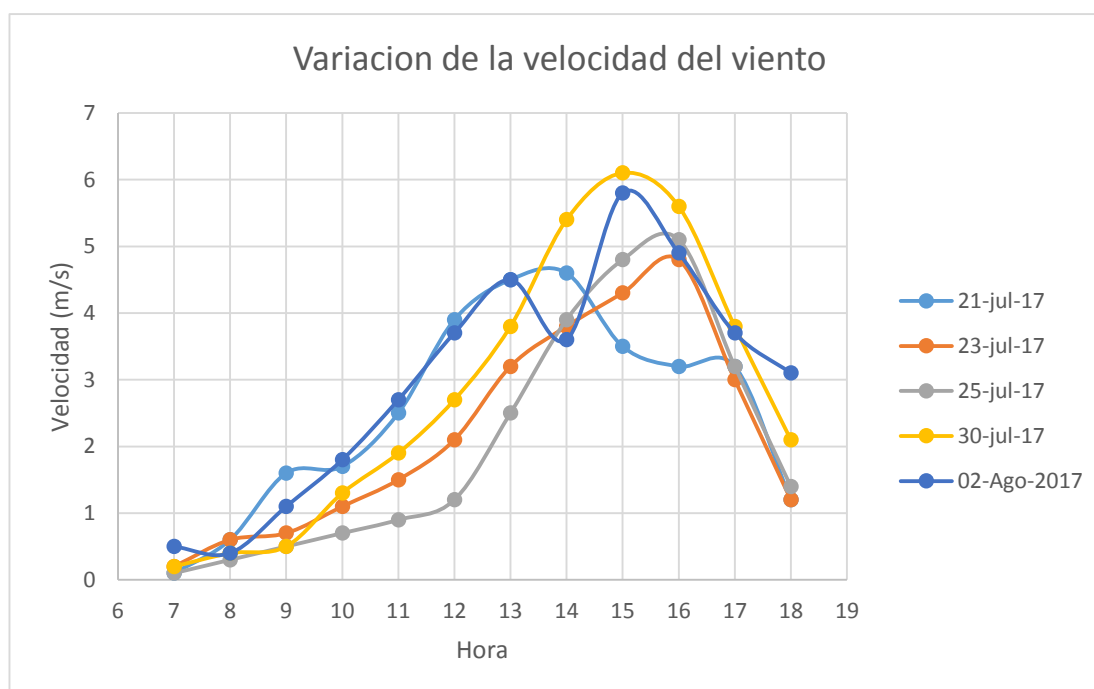


Figura N° 4.6. Comparación de la variación de la velocidad del viento durante los días que se realizó la medición.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la gráfica anterior, la velocidad del viento máxima medida fue de 6.1 m/s y se presentó el 30 de julio a las 3 de la tarde (15 horas), razón por la cual, se

debe tener en cuenta para la selección del aerogenerador una velocidad de arranque similar a éste valor, para así garantizar que dicho dispositivo funcione correctamente.

Para todos y cada uno de los días, los picos de velocidad de viento se producen entre las 13 p.m. y las 5 p.m., esto indica que esas son las horas en las que se puede tener un mayor aprovechamiento del aerogenerador.

Es importante tener en cuenta que las mediciones se realizaron cada hora, pero en este lapso de tiempo, se presentaron vientos con velocidades superiores a las registradas en la tabla 4.4, las cuales no se incluyeron, porque se pretendía realizar unas mediciones ordenadas cada hora y dichas velocidades de viento se alcanzan de forma esporádica y sin ningún tipo de orden; además, no se contaba con un instrumento analógico que permitiera realizar mediciones en lapsos más cortos (cada minuto por ejemplo), sino con un instrumento digital, el cual se utilizó solamente cada hora por cuestiones de tiempo y desplazamiento hasta el lugar donde se pretende instalar el sistema.

Debido a las razones expuestas en el párrafo anterior, estos datos solo se tendrán como una referencia, más no se utilizarán como criterio fundamental para el dimensionado del aerogenerador; para tal fin se estimará la velocidad de viento promedio para la región disponible en el Atlas de viento y energía eólica de Perú y los datos registrados por la NASA para este sitio.

4.1.4.2.1. Velocidad del viento en la región según el atlas de viento y energía eólica de Perú.

Al situar al distrito de Ilave en el mapa de velocidad del viento promedio anual del atlas, se obtuvo como resultado una velocidad que oscila entre los 3.5 y los 4.5 m/s, que es el valor correspondiente según las convenciones de dicho mapa para el color azul más claro (figura N° 4.7).

Examinando cada uno de los meses, se obtiene que en la mayoría de ellos el valor de la velocidad es de 3.5 a 4.5 m/s y que el mes de menos favorable es enero y muestra una velocidad entre 3 y 4 m/s, se puede concluir que la velocidad a tener en cuenta para el

dimensionado del aerogenerador es de 3 m/s según este atlas, ya que por seguridad se toma en cuenta el valor del mes más desfavorable.

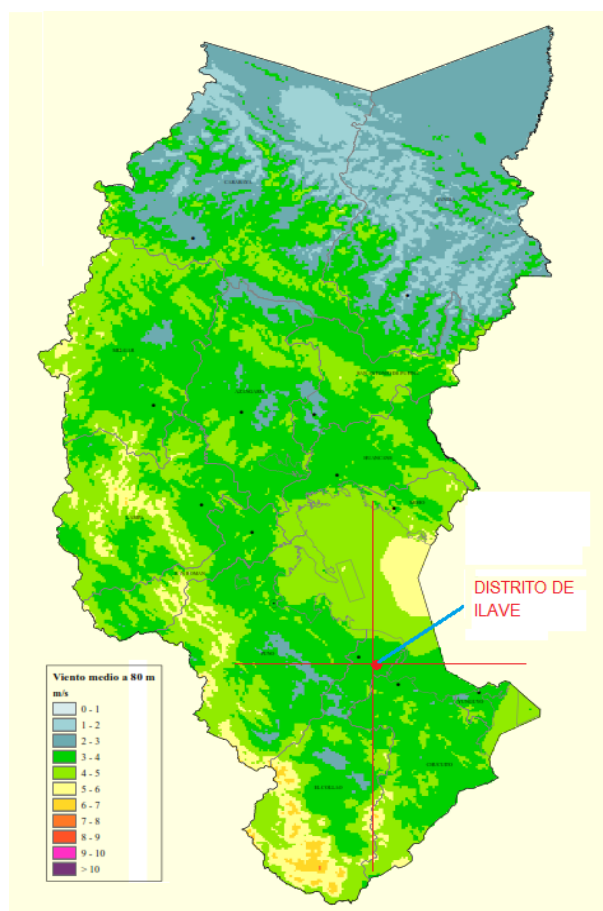


Figura N° 4.7. Velocidad promedio anual del viento para el distrito de llave de la región de Puno.

Fuente. Adaptado del atlas de viento y energía eólica de Perú

4.1.4.2.2. Velocidad del viento según la nasa.

Otra fuente confiable de donde se puede obtener el valor de la velocidad del viento para el sitio de la instalación es la NASA, la cual ha recopilado la información por medio de sus satélites durante los últimos diez años; en la tabla 4.5 se pueden apreciar dichos valores promedio para todos los meses del año y finalmente un valor promedio anual.

Tabla N° 4.5.

Velocidad de viento en el sitio de instalación según la NASA.

Monthly Averaged Wind Speed At 10m Above the Surface of The Earth -2017														
LAT	LON	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
-16.05919	-69.5773	3.38	3.49	3.3	2.8	2.53	2.71	2.9	2.86	2.9	2.91	3.02	3.3	3.01

Fuente. NASA surface meteorology and solar energy: RETScreen data.

4.1.4.2.3. Energía obtenida a partir del viento.

Además de la velocidad del viento, se necesita conocer la cantidad de energía generada por la turbina eólica a partir de la velocidad que posee el viento cuando la impacta, para lograr esto, se debe calcular la potencia generada con cada una de las velocidades mediante la ecuación 2.2 ($P = \frac{1}{2}\rho Av^3$), donde la densidad del aire se toma como 1 kg/m^3 y el área como 1 m^2 para poder realizar comparaciones con la cantidad de energía generada por un metro cuadrado de panel fotovoltaico.

Dado que el día con mayor promedio de velocidad (2.98 m/s) fue el 2 de agosto, se calculó la potencia para las velocidades de ese día tal como lo muestra la figura N° 4.8, luego, a partir de ella se determinó el área bajo la curva obteniendo así una energía total generada durante el día de 296.86 Wh/día .



Figura N° 4.8. Velocidad y potencia del viento el 2 de agosto.
Fuente: Elaboración propia

Si comparamos la energía total generada por la turbina a partir de la velocidad del viento (296.86 Wh/día) con la energía generada por el panel fotovoltaico (4750 Wh/día), se puede concluir que la generación eólica no es viable en esta zona, especialmente si se tiene en cuenta que es un proyecto que pretende reducir costos a la población beneficiada y que es menos costoso aumentar el número de paneles fotovoltaicos para suplir los requerimientos de la bomba que conseguir o construir un aerogenerador o turbina que genere parte de esta energía con las bajas velocidades del viento que se tienen. Además, es importante tener en cuenta que este cálculo se hizo sin incluir las pérdidas en los dispositivos de captación y conversión, con lo cual se reduciría la cantidad de energía generada.

4.2. TECNOLOGÍAS APROPIADAS A SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

En la Región Puno, según INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda, alrededor del 71.1 % de la población rural alejada de las zonas urbanas, no cuentan con los servicios básicos de agua y electricidad, por ser zonas de difícil acceso en su mayoría y casi siempre con recursos económicos limitados. Además el abastecimiento de agua se ve impedido muchas veces debido a la imposibilidad del gobierno de suministrar agua, en cantidad y calidad suficiente y a la no disponibilidad de fuentes de energía o tecnologías aplicables y acordes a la realidad socioeconómica de los poblados.

La extracción del agua subterránea requiere de una cantidad importante de energía. Con frecuencia para el funcionamiento de equipos para elevación de agua se utilizaba la energía de combustibles hidrocarburos. Con la aparición de la electricidad se dispuso de una fuente de energía abundante y de una serie de avances técnicos como la bomba hidráulica eléctrica que hizo accesible el empleo del agua subterránea a muchas más personas.

Sin embargo, en las zonas rurales, la utilización de fuentes de energía como los combustibles hidrocarburos y la electricidad no resultan ser opciones adecuadas ya que generan problemas de almacenamiento, transporte y distribución de combustibles, además de generación de desechos que contaminan el ambiente. Esto no garantiza un funcionamiento continuo y confiable de los equipos del sistema de abastecimiento de agua potable y genera elevados costos.

Es fundamental encontrar otras fuentes de energía, a la vez económicas e inocuas para el medio ambiente, con el fin de incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales. La búsqueda de soluciones ha llevado a las

Organizaciones locales a proponer sistemas básicos de agua y luz, accionados por celdas fotovoltaicas, por ser una solución técnicamente viable para suministrar la energía necesaria a las comunidades rurales aisladas.

La energía solar puede convertirse directamente a electricidad usando generadores fotovoltaicos. El proceso involucrado en la transformación de energía puede considerarse como una tecnología madura, de alta confiabilidad, larga vida y que en algunos casos, resulta ser económicamente competitiva si se compara con los costos de adquisición, operación y mantenimiento de otras opciones de generación de electricidad.

Los sistemas FV ofrecen ventajas comparadas con tecnologías convencionales de bombeo como lo son un generador a diesel o una turbina eólica. Se ha encontrado una adecuada aceptación por parte de la población, debido a las ventajas de: bajo mantenimiento de los sistemas, costos aceptables respecto al sistema tradicional de mecheros y velas y alta calidad y confiabilidad del servicio. La desventaja mayor del sistema FV es el costo inicial del mismo, pero con el desarrollo de las tecnologías comercialmente disponibles, se siguen abatiendo los costos de las instalaciones necesarias. El costo de la instalación es el único desembolso importante que se hará, ya que el mantenimiento que requiere este tipo de sistemas es mínimo y su funcionamiento, al emplear la energía del Sol, es gratuito.

Debido al gran potencial de empleo que tiene la energía solar en las zonas rurales de la sierra sur del Perú; por presentar dichas zonas, condiciones adecuadas de radiación solar, y, analizando las ventajas que ofrece esta energía frente a otros tipos de energía, se enfoca este estudio a mejorar el servicio de agua en localidades rurales en donde no existe sistema de abastecimiento establecido y en donde se requiere efectuar el bombeo del líquido para la obtención de agua para consumo humano.

El potencial de aplicación de estas tecnologías en el medio rural es muy grande ya que nuestro país cuenta con amplios recursos renovables; por lo que, en sitios en donde no se tiene la red eléctrica convencional, estos sistemas son la alternativa para generar electricidad in situ y obtener los beneficios de ésta.

Desde ya hace algunos años se ha dotado a varias comunidades rurales del servicio de agua potable con sistemas de bombeo accionados con energía fotovoltaica. Un caso específico es el presentado en el presente proyecto de tesis, en el que se ha implementado un sistema de agua potable en las comunidades del Centro Poblado de Fharata Copani del Distrito de Ilave, Provincia de El Collao, departamento de Puno.

Este sistema emplea una bomba eléctrica que es alimentada por un arreglo fotovoltaico (paneles solares), desde las primeras horas de la mañana hasta el atardecer. El volumen diario bombeado depende de la cantidad de luz (directa y difusa) incidente sobre éstos a lo largo del día. A efectos prácticos, el sistema se pone en marcha en promedio de 9:00 a.m. hasta las 3:00 pm (incluso en días constantemente nublados pero con menor producción). El tamaño y costo del sistema dependerá de la cantidad de agua requerida por día.

El tiempo de funcionamiento de los sistemas de bombeo solar dependerá de la cantidad de radiación solar promedio del día (número de horas efectivas de sol h_{sol}) que se presenta en la zona de influencia del proyecto de abastecimiento de agua. Lo importante será que valor de irradiación se tiene en ese intervalo de horas (irradiancia = radiación solar). A manera de ejemplo se presenta un gráfico donde se reflejan valores de radiación solar promedio en Ilave, en el año 2003, para los meses de noviembre a febrero. Esto con el fin de analizar el comportamiento de la irradiación solar durante el día, que muestra mayores valores de radiación solar en un rango de 4.75 – 6.25 KWh/m² en horas cercanas al medio día (10am – 3pm). El comportamiento es similar para los años siguientes llegando a tener valores promedios de radiación de 7.38 – 7.66 KWh/m² en los meses de invierno.

4.3. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POR BOMBEO CON ENERGÍA SOLAR

Para el dimensionado de la bomba, se calculó la altura total de bombeo y la potencia total requerida para su funcionamiento después de analizar cuál es el caudal óptimo a bombear de tal manera que se trabaje bajo una eficiencia alta y unas pérdidas mínimas

4.3.1. Aspectos poblacionales

4.3.1.1. Análisis del crecimiento poblacional

El tamaño del proyecto está íntimamente ligado al crecimiento poblacional y al período de diseño que se analice. Debido a factores imprevisibles, una población no puede ser extrapolada con seguridad a más de 20 años, pues durante períodos más largos, podrían ocurrir fenómenos de crecimiento que distorsionen en alto grado la magnitud del proyecto que se vaya a adoptar.

La tasa de crecimiento poblacional es el aumento (o disminución) de la población por año en un determinado período debido al aumento natural y a la migración neta, expresado como porcentaje de la población del año inicial o base. Para proyectar la población, la elección final del método depende de la experiencia del diseñador y del conocimiento que se tenga acerca de las condiciones socioeconómicas y características de salud de la población. De esta manera se puede tomar una tasa de crecimiento con diferentes hipótesis, las cuales pueden ser altas, medias y bajas según los datos que se tengan ya sea de la INE, de la alcaldía de la región, etc.

En la Figura N° 4.9 se observa el crecimiento de una población considerando diferentes hipótesis de diseño.

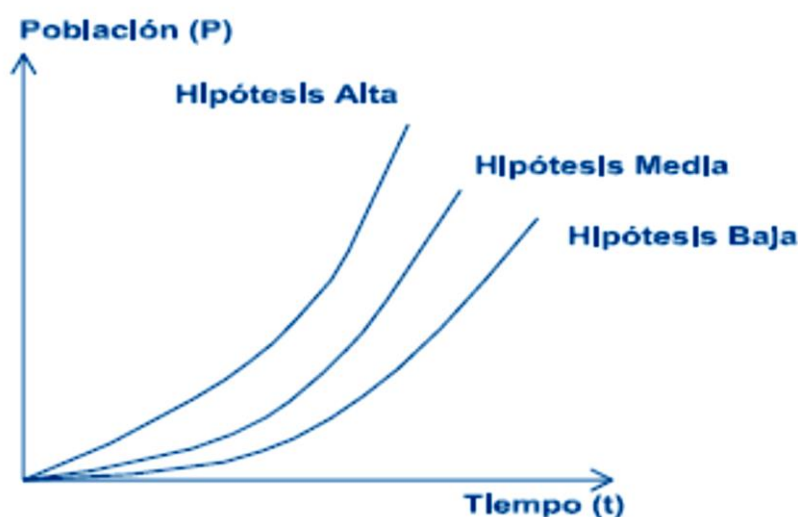


Figura N° 4.9. Crecimiento poblacional según diferentes hipótesis.

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

4.3.1.2. Período de diseño

Definimos como período de diseño, el lapso que transcurrirá entre la puesta en servicio de un sistema o parte del mismo y el momento en que por su uso o por falta de capacidad para prestar eficiente servicio, se sobrepasan las condiciones establecidas en el proyecto.

El período de diseño estará influenciado por diversos factores entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- a) Vida útil de los equipos electromecánicos.
- b) Duración probable de las instalaciones civiles e hidromecánicas.
- c) Monto de la inversión que requiere la ejecución de las obras.
- d) Población futura a servir.

En la Tabla N° 4.6 se muestran algunos valores estimados del período de diseño de los diversos elementos de los sistemas rurales de abastecimiento de agua.

Tabla N° 4.6.
Períodos de diseño de elementos de los sistemas rurales de abastecimiento de agua.

Elemento del sistema	Período de diseño
Obras de captación	20 a 30 años
Pozos	20 a 30 años
Planta de tratamiento, reservorios	20 a 30 años
Tuberías de conducción y distribución	20 a 30 años
Equipos de bombeo	5 a 10 años

Fuentes: Ministerio de Salud (Perú). “Abastecimiento de Agua y Saneamiento para poblaciones Rurales y Urbano Marginales”

No todos los elementos del sistema consideran un mismo período de diseño, por lo que es preferible asumir un único período para el cálculo de todo el sistema. Dicho período estará en función de la duración de los materiales y equipos.

Según la experiencia del Instituto de Hidráulica, Saneamiento e Hidrología de la UDEP en la elaboración y evaluación de sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales, se recomienda asumir un período de diseño de 15 años para todos los elementos del sistema. El período recomendado es el adecuado ya que conjuga la duración de las estructuras de concreto y los equipos de bombeo. Además no es recomendable elegir largos períodos

porque hay que considerar la presencia de eventos climáticos de extraordinaria magnitud que podrían hacer colapsar la infraestructura construida.

4.3.1.3. Poblacional actual

En todo proyecto de abastecimiento de agua potable, uno de los parámetros más importantes de evaluación es la población actual, por lo que es necesario hacer un estudio de la misma. Se pueden usar los datos de los censos, si son recientes y confiables, de lo contrario es mejor tomar los datos en campo. (Universidad de Buenos Aires. Abastecimiento de agua potable a comunidades rurales, 1971).

La población a servir del Centro poblado de Fharata Copani se muestra en la Tabla N° 4.7.

Tabla N° 4.7.

Población actual a servir.

Descripción	Población Actual
C.P. Fharata Copani	158
Total	158

Fuente: Elaboración propia

Los datos de la Tabla N° 4.7 se han tomado en base a los datos proporcionados por los tenientes gobernadores de las comunidades, que dan una población conformada por 40 familias con una densidad poblacional de 4 habitantes por vivienda, resultando una población total de 158 habitantes al año 2018.

4.3.1.4. Cálculo de la población de diseño

Una de las dificultades más importantes que puede enfrentar el proyectista para estimar la población futura es que en muchos casos no contará con datos precisos de la evolución demográfica ni del desarrollo económico de la localidad. En esta situación no podrá hacer un cálculo sistemático y deberá proceder con suma prudencia, basándose en su experiencia personal y en la evolución de localidades de similares características para establecer la población futura.

Dada la magnitud de las poblaciones que se encuentran en las comunidades rurales, se utilizará procedimientos simples para la estimación de la población futura, tratando siempre de trabajar con valores razonables enunciados acordes a las realidades de las zonas en estudio.

Los procedimientos más corrientemente utilizados son:

- a. Extrapolación lineal considerando un crecimiento aritmético de la población.
- b. Crecimiento geométrico partiendo de la hipótesis de que la población crece cada año de acuerdo a un coeficiente fijo de aumento.

El Ministerio de Salud del Perú (MINSA) recomienda el cálculo de la población de diseño mediante la fórmula del crecimiento lineal, dado que en el medio rural es posible efectuar un censo local de la población actual. Este método se utiliza para el cálculo de poblaciones bajo la consideración de que éstas van cambiando en la forma de una progresión aritmética y que se encuentran cerca del límite de saturación (Ezerskii, 2005).

La ecuación de crecimiento aritmético, se escribe mediante la expresión 4.1 siguiente:

$$P_f = P_a(1 + r * t) \quad (4.1)$$

Dónde:

P_f Población futura o población de diseño, hab.

P_a Población actual, hab.

r Tasa de crecimiento, %.

t Período de diseño, años.

Se asume una tasa de crecimiento anual de 1.10 % (según INEI), por ser este valor compatible con lo establecido en las normas de diseño para proyectos de agua potable en zonas rurales.

Para disminuir el riesgo de un error en la estimación de la población futura y la posibilidad de que la capacidad de las instalaciones sea superada rápidamente en un lapso muy corto, se adoptará como período de diseño 15 años (establecido según lo descrito en el acápite 4.4.1.2.), contados a partir del año 2018

El resultado de la estimación de la población futura, para un período de diseño de 15 años y una tasa de crecimiento de 1.1%, se presenta en la Tabla N° 4.8.

Tabla N° 4.8.

Estimación de la población futura al año 2033.

Descripción	Población Futura	Población Futura
	Año 2018 (hab.)	Año 2033 (hab.)
C.P. Fharata copani	158	184
Total	158	184

Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla N° 4.8, población representando es la comunidad de Fharata de la población futura total, al año 2033.

4.3.2. Criterios de diseño del sistema rural de abastecimiento de agua

El dimensionamiento de cada una de las estructuras que integran un sistema de abastecimiento de agua potable, nos exige calcular los volúmenes de agua que la instalación debe tratar, elevar, almacenar o distribuir, según se trate de planta de tratamiento, equipos de bombeo, tanques o cisterna y redes.

Para la determinación de dichos volúmenes debemos calcular la población a servir y la dotación a suministrar. En el caso especial de la red, que es una de las partes del sistema de difícil ampliación, el cálculo ha de hacerse considerando la población y dotación futura, para el período de diseño que se haya estimado; para garantizar así un servicio eficiente para un determinado número de años durante los cuales crecerán paulatinamente la población servida y los consumos unitarios.

4.3.2.1. Dotaciones

El consumo diario “per cápita” o dotación es la cantidad media de agua utilizada diariamente por un habitante, que generalmente se expresa en litros. Este consumo sólo puede determinarse en base a estadísticas permanentes.

La dotación promedio diario anual por habitante, se fijara en base a un estudio de consumo técnicamente justificado, sustentado, en informaciones estadísticas comprobadas.

Para sistemas rurales se considerara la dotación que se muestra según el Tabla N° 4.9.

Tabla N° 4.9.

Dotación de Agua para Ámbito Rural.

Ítem	Criterio	Costa	Sierra	Selva
1	Letrinas sin Arrastre hidráulico	50-60	40-50	60-70
2	Letrinas con Arrastre Hidráulico	90	80	100

Fuente: Jorge Guibo. (Setiembre 2012). Curso Formulación y Evaluación en PIP del Sector Saneamiento.

La Dotación para el presente estudio se considerara 80 Lit. /Hab./Día, por ser un proyecto Ubicado en zona Rural y ser un proyecto integral en agua y saneamiento.

Esta dotación adoptada permitirá el dimensionamiento de los diferentes elementos que forman parte del sistema de abastecimiento de agua acorde con las realidades socioeconómicas de los poblados.

Finalmente la dotación asumida permitirá un eficiente servicio, siempre y cuando el sistema opere sobre la base de mantener el servicio en buen estado de funcionamiento.

Muchos son los factores que afectan el consumo de agua de las comunidades, unos de orden general y otros específicos, es decir relacionados con el propio abastecimiento de agua.

A. Factores genéricos que afectan el consumo de agua

Entre los factores genéricos que afectan el consumo de agua, se destacan:

- a) Tamaño y nivel de vida de la población. - El consumo por habitante será mucho mayor en ciudades grandes donde se disfruta de un nivel de vida elevado, requiriendo el uso del agua para diversos fines; mientras que, en pequeñas localidades, el uso del agua se limita a atender las necesidades primarias de uso doméstico.
- b) Características culturales, económicas y sociales de la población. - No cabe duda de que será diferente el consumo “per cápita” en ciudades que en pequeñas comunidades rurales, debido a que el consumo es grandemente afectado por el desarrollo social, cultural y de actividades económicas como la industria, comercio, entre otras.
- c) Clima de la zona. - Influye en el consumo de agua, elevándolo en aquellas comunidades situadas en regiones tórridas y secas, y reduciendo su valor en las regiones templadas o frías.

- d) Hábitos de higiene de la población. - Es evidente que en una población sanitariamente educada el consumo será mayor, ya que el agua es un elemento fundamental para la higiene individual y del medio ambiente.

B. Factores específicos que afectan el consumo de agua

Entre los factores específicos que afectan el consumo de agua, se destacan:

- a) Modalidad del abastecimiento. - Es evidente que el consumo de agua en comunidades servidas por un sistema público de abastecimiento es mayor que en aquellas donde se cuenta con un sistema rudimentario. En el primer caso se tratará de agua potable, sanitariamente segura, disponible en cantidades satisfactorias para atender las necesidades; mientras que, en los abastecimientos rudimentarios, el agua se obtiene con dificultad, en muchos casos a precio relativamente alto, generalmente de aspecto desagradable y peligrosa para la salud.
- b) Calidad del agua suministrada. - El agua potable tiene mucha mayor oportunidad de ser utilizada que otra turbia, dura, con olor o sabor desagradable. Cuando es mejorada la calidad del agua por medio de tratamientos, se observa un inmediato aumento del consumo.
- c) Presión en la red de distribución. - La presión en la red afecta grandemente el consumo a través de los derroches y las pérdidas.
- d) Control de consumo. - Cuando el uso del agua es controlado por medio de medidores o de reguladores de gasto, siendo la tarifa progresiva en función del propio consumo, el valor del mismo “per cápita” es inferior al registrado en localidades con servicio “por canilla libre”.

4.3.2.2. Variaciones de consumo

Los consumos de agua de un poblado muestran variaciones mensuales, diarias y horarias.

Durante un período (semana, mes, etc.) se puede observar que ocurren días de máximo y mínimo consumo (Ezerskii, 2005).

Adicionalmente, esta distribución es acorde con la propuesta del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) para zonas rurales.

Los coeficientes de variaciones de consumo son: el coeficiente de variación diaria (K_1) y el coeficiente de variación horaria (K_2).

A. Coeficiente de variación diaria (k_1)

El coeficiente de variación diaria (K_1), es la relación entre el consumo máximo diario y el consumo promedio diario anual (Ezerskii, 2005), que se puede escribir mediante la expresión 4.2 siguiente:

$$K_1 = \frac{Q_{m.d}}{Q_p} \tag{4.2}$$

Donde:

- K_1 Coeficiente de variación diaria.
- $Q_{m.d}$ Consumo máximo diario, l/s.
- Q_p Consumo promedio diario anual, l/s.

La Tabla N° 4.10 presenta los valores de coeficientes de variación diaria (K_1), aplicables a sistemas de abastecimiento de agua potable para zonas rurales.

Tabla N° 4.10.
Valores de K_1 aplicables a sistemas de abastecimiento de agua potable para zonas rurales.

Normas del MINSa	K_1
• Normas 1964	1.20 del Q_p
• Normas 1982	
- Convencionales	1.20 a 1.50, recomendable 1.30
- No convencionales	Asumir caudal promedio diario anual (Q_p) o caudal de rendimiento de la fuente (Q_r)
• Investigación MINSa	1.17 del Q_p

Fuente: Ezerskii, Nikolai; Meléndez, Gorki; Flores, Martín. Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades rurales.

B. Coeficiente de variación horaria (k_2)

El coeficiente de variación horaria (K_2), es la relación entre el consumo máximo horario y el consumo promedio diario anual (Ezerskii, 2005), que se puede escribir mediante la expresión 4.3 siguiente:

$$K_2 = \frac{Q_{m.h.}}{Q_p} \tag{4.3}$$

Donde:

K_2 Coeficiente de variación horaria.

$Q_{m.h.}$ Consumo máximo horario, l/s.

Q_p Consumo promedio diario anual, l/s.

La Tabla N° 4.11 presenta los valores de coeficientes de variación horaria (K_2), aplicables a sistemas de abastecimiento de agua potable para zonas rurales.

Tabla N° 4.11.
Valores de K_2 aplicables a sistemas de abastecimiento de agua potable para zonas rurales.

Normas del MINSA	K_2
• Normas 1964	
Poblaciones:	
- < 1000 hab.	4.00
- 1000 a 2000 hab.	3.00
• Normas 1982	
- Convencionales	1.30 poblaciones dispersas y 1.50 poblaciones concentradas
- No convencionales	Asumir caudal promedio (Q_p)
• Investigación MINSA	1.70 para S.A.P. por gravedad

Fuente: Ezerskii, Nikolai; Meléndez, Gorki; Flores, Martín. Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades rurales.

Teniendo en cuenta las limitaciones para determinar las variaciones de consumo en las condiciones actuales, se adoptarán las siguientes variaciones diarias y horarias para el cálculo de las demandas futuras:

- a) Máximo anual de la demanda diaria (K_1) = 1.3
- b) Máximo anual de la demanda horaria (K_2) = 2.0

Los coeficientes de variación, para infraestructura rural, han sido tomados de las Normas de Diseño OS-100 y del Ministerio de Salud, entidad encargada de la vigilancia y control de los servicios de saneamiento básico.

4.3.2.3. Caudal de diseño

El caudal promedio diario anual (Q_p) es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio. Este caudal estará en función de la población de diseño y la dotación (Ezerskii, 2005), tal como se indica en la expresión 4.4 siguiente:

$$Q_p = \frac{P \cdot \text{Dot}}{86400} \quad (4.4)$$

Donde:

Q_p Caudal promedio diario anual, l/s.

P Población de diseño, hab.

Dot. Dotación, l/hab./día.

Las variaciones de consumo pueden expresarse en función del consumo promedio diario (Q_p) y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: obras de captación, línea de conducción, red de distribución, etc.

El consumo máximo diario ($Q_{m.d.}$) es un factor importante utilizado en el diseño de captaciones, líneas de conducción e impulsión y reservorios de los sistemas de abastecimiento de agua potable. La ecuación del consumo máximo diario se indica en la expresión 4.5 siguiente:

$$Q_{m.d.} = K_1 * Q_p \quad (4.5)$$

El consumo máximo horario ($Q_{m.h.}$) se utiliza para el diseño de líneas de aducción y redes de distribución de los sistemas de abastecimiento de agua potable. La ecuación del consumo máximo horario se indica en la expresión 4.6 siguiente:

$$Q_{m.h.} = K_2 * Q_p \quad (4.6)$$

La Tabla N° 4.12 presenta los caudales de la población a servir; es decir, las demandas futuras de agua, tomándose en cuenta la población futura a 15 años (2033), contados a partir del año 2018. Además, para el cálculo de estas demandas futuras de agua, dependiendo si son diarias o, horarias, se considerará los coeficientes K_1 y K_2 respectivamente.

Tabla N° 4.12.

Resultados de cálculo de las demandas futuras de agua.

Descripción	Dotación (l/hab/día)	Población Futura (hab.)	Q.Prom. Diario (l/s)	Q.Máx. Diario (l/s)	Q.Máx. Horario (l/s)
C.P. Fharata Copani	80	184	0.17	0.22	0.34
Tota		184	0.17	0.22	0.34

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.4. Tratamiento del agua

En los abastecimientos de agua hay que tener la seguridad de que el agua que se suministra es en todo instante potable, es decir que no sólo presenta buenas condiciones físicas y químicas, sino también que no contiene bacterias patógenas.

No basta que un agua sea perfectamente límpida para considerarla como pura. Puede muy bien encontrarse, a pesar de ello, contaminada con bacterias patógenas, es decir peligrosas para la salud humana; por ello, es necesario desinfectar el agua mediante un tratamiento químico que garantice su buena calidad.

El cloro es el material más usado como desinfectante del agua. Además de su capacidad destructora de gérmenes, su capacidad oxidante es muy grande y su acción también es muy beneficiosa en la eliminación del hierro, manganeso, sulfhídricos, sulfuros y otras sustancias reductoras del agua.

La hipótesis más aceptada de cómo actúa y destruye el cloro estos microorganismos patógenos es que produce alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la membrana o pared protectora de las células ocasionando el fin de sus funciones vitales.

El cloro se presenta puro en forma líquida (hipoclorito de sodio) o compuesto como hipoclorito de calcio y es la sustancia química que más económicamente y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección.

El cloro puede resultar irritante para las mucosas y la piel; por ello, su utilización está estrictamente vigilada. La dosis de cloro a emplear debe regularse de manera que no llegue el agua al consumidor con excesivo gusto a cloro o sus compuestos, que harían que aquél la rechazara.

El tratamiento debe hacerse de modo que el cloro se encuentre en contacto con toda la masa de agua por lo menos por unos 30 minutos. Por lo general la dosis se regula de manera que el agua llegue al consumidor con 0.05 a 0.10 mg/l de cloro libre residual.

Toda instalación que ha de ser puesta en funcionamiento por primera vez cualquiera sea su sistema: pozos, galerías, cisternas o tanques, cañerías de distribución y aún las mismas bombas de impulsión o elevación del agua, deben someterse a un proceso intenso de desinfección con cloro.

Se recomienda, además, para mayor seguridad, realizar siempre algunas pruebas bacteriológicas, siembras de muestras de agua extraída después de la desinfección, teniendo presente que la dosis de cloro a aplicar dependerá principalmente de la materia orgánica presente

4.3.3. Diseño de los elementos del sistema de impulsión de abastecimiento de agua potable con energía fotovoltaica

El sistema de impulsión de abastecimiento de agua proyectado para el Centro Poblado de Fharata Copani, requiere la construcción de la infraestructura que a continuación se detalla:

- a) Estructura de captación tipo fondo- cisterna.
- b) Línea de impulsión: captación –cisterna - reservorio apoyado de almacenamiento y regulación.
- c) Sistema de bombeo con utilización de la energía solar fotovoltaica.
- d) Reservorio apoyado de almacenamiento y regulación.

4.3.3.1. Diseño de la estructura de captación tipo fondo

Con las evaluaciones realizadas al acuífero subterráneo durante la etapa de exploración, se determinó la ubicación de la estructura de captación tipo manantial para el sistema de abastecimiento de agua, a inmediaciones de la margen izquierda en la comunidad de Anicho.

El acuífero fluye a través de un subsuelo compuesto de arcillas sobre consolidadas y rocas fracturadas de baja permeabilidad, que hacen que el caudal de flujo sea reducido, por lo que se justifica la construcción de un sistema de captación tipo manantial, por ser la estructura

más apropiada debido a su gran área y profundidad, sirviendo para la captación y el almacenamiento de agua subterránea.

Gracias a la capacidad de almacenamiento que tiene este tipo de estructura, se puede extraer agua en una proporción mayor al flujo de recarga del acuífero, siendo muy importante en horas de máxima demanda de agua, donde los usuarios extraen agua a un mayor ritmo al que se recarga el acuífero.

Para el diseño de este tipo de manantial se ha tenido en cuenta aspectos como: capacidad del acuífero, demanda de agua de las localidades beneficiadas y posibles problemas de inundación que pudieran darse como consecuencia de las lluvias que se presentan en la zona sur del país.

Durante la fase de exploración de campo, se realizaron pruebas en los pozos de sondeo, resultando un caudal de infiltración de ingreso al acuífero subterráneo de 0.35 l/s. Con este caudal de infiltración el volumen de agua que se puede almacenar durante un día se obtiene mediante la expresión 4.7 siguiente:

$$V_{\text{almac.}} = \frac{Q_i * 86400}{1000} \quad (4.7)$$

Donde:

$V_{\text{almac.}}$ Volumen de almacenamiento diario, m³.

Q_i Caudal de infiltración de ingreso del acuífero subterráneo, l/s.

Reemplazando los datos de Q_i en la expresión 4.7 se obtiene:

$$V_{\text{almac.}} = \frac{0.35 * 86400}{1000} = 30.24 \text{ m}^3$$

El volumen de demanda de agua por día para las localidades beneficiadas se obtiene mediante la expresión 4.8 siguiente:

$$V_{\text{dem/día.}} = \frac{Q_p * 86400}{1000} \quad (4.8)$$

Donde:

$V_{\text{dem/día.}}$ Volumen de demanda de agua por día, m³.

Q_p Caudal promedio diario, l/s.

Reemplazando en la expresión 4.8, el valor de Q_p total hallado en la Tabla 4.12 para los cuatro caseríos, se obtiene:

$$V_{\text{dem/día}} = \frac{0.17 * 86400}{1000} = 14.69 \text{ m}^3$$

El volumen de demanda de agua por día para las localidades del Centro Poblado de Fharata Copani resulta de 14.69 m^3 , por lo que se concluye que el acuífero subterráneo es capaz de abastecer suficientemente de agua a dichas localidades por haberse determinado un volumen de almacenamiento superior a lo requerido.

Considerando las dimensiones de la estructura de captación de lado cuadrado de 3.50 m y un espesor de 0.20 m, la altura de columna de agua para la obtención del volumen de demanda diario será 1.27 m.

Se debe tener en cuenta los siguientes aspectos para determinar las dimensiones de la cisterna:

- a) El nivel de succión de las bombas debe estar 0.50 m por encima del fondo efectivo de almacenamiento de la cisterna.
- b) La separación entre el nivel estático y el nivel del terreno determinada durante la fase exploratoria es de 0.50m.

Considerando la altura de columna de agua para la obtención del volumen de demanda diario, más los aspectos anteriormente descritos, se tendrá una altura total la cisterna de 2.45 m.

A continuación, se presenta un resumen de cotas determinadas:

- a) Cota de techo de la cisterna 3826.33 msnm
- b) Cota de terreno 3826.00 msnm
- c) Cota del nivel freático 3825.55 msnm
- d) Cota de nivel de succión de las bombas 3824.73 msnm
- e) Cota de fondo de cisterna 3823.68 msnm

4.3.3.2. Diseño de la línea de impulsión: estructura de captación- reservorio apoyado de regulación y almacenamiento

El tiempo de bombeo de agua en un sistema basado en la utilización de la energía solar fotovoltaica es de 5.09 hrs. por día, según estimaciones realizadas en base a los datos registrados de la NASA en la zona del proyecto.

El caudal de bombeo que será conducido a través de la línea de impulsión se calcula mediante la expresión 3.1, escrita en el ítem 3.7.2.1. Por consiguiente, introduciendo los datos del caudal promedio diario (Q_p) total hallado en la Tabla 4.8 para el Centro poblado y número de horas de bombeo (N), se obtiene:

$$Q_b = \frac{0.17 * 24}{5.09} = 0.80 \text{ l/s}$$

La línea de impulsión, desde la estación de bombeo hasta el reservorio apoyado de regulación y almacenamiento, tiene una longitud de 570.87 m.

Para satisfacer el total de la demanda de agua de las poblaciones beneficiadas, es necesaria la utilización de 1 bombas sumergibles, puesto que, en el mercado local no se encuentran bombas sumergibles de capacidad de succión e impulsión mayores a 15 m³/día.

A. Cálculo del diámetro y velocidad en la tubería

El diámetro económico de la tubería se calcula mediante la fórmula de Bresse (Ver expresión 3.2, escrita en el ítem 3.7.2.1). Por consiguiente, reemplazando el valor de Q_b obtenido anteriormente y considerando un valor para el coeficiente de Bresse de 1.3, se obtiene:

$$d = 1.3 \sqrt{\frac{0.80}{1000}} = 0.037 \text{ m} = 36.78 \text{ mm}$$

El diámetro de la línea de impulsión asumido será de 54.2 mm equivalente a 2 pulgadas.

La velocidad del flujo a través de la tubería se obtiene mediante la expresión 3.3 escrita en el ítem 3.7.2.1. Por consiguiente, reemplazando los valores obtenidos de Q_b y d , se obtiene:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{\frac{0.80}{1000}}{\pi \frac{0.0542^2}{4}} = 0.35 \text{ m/s}$$

Con este diámetro verificamos la pérdida de carga en el recorrido de la tubería, que va desde la estructura la captación hasta el reservorio apoyado de almacenamiento y regulación.

B. Cálculo de las pérdidas

La pendiente de fricción en la tubería de PVC se obtiene mediante la expresión 3.4 escrita en el ítem 3.7.2.2. Se utilizan los siguientes datos: $Q= 0.80$ l/s, $CH= 140$ (ver Tabla 3.1), $d= 0.0542$ m y $L=570.87$ m.

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{0.80/1000}{0.2788 \times 140 \times 0.0542^{2.63}}} = 0.003 \text{ m/m}$$

Con la expresión 3.5 escrita en el ítem 3.7.2.2 y los valores de L y S_f , resulta una pérdida de carga en la tubería de PVC de:

$$h_f = 0.003 \times 570.87 = 1.71 \text{ m}$$

Se ha considerado que las pérdidas locales en los accesorios equivalen a un 10% de las perdidas por fricción, es decir $h_{local}=0.171$

La pérdida de carga total en la tubería como ya se vio en la expresión 3.6, escrita en el ítem 3.7.2.2, será la suma de las pérdidas por fricción y pérdidas locales:

$$H_f \text{ total} = 1.71 + 0.171 = 1.88 \text{ m}$$

Luego la altura dinámica total (HDT) se calculará reemplazando los valores de $H_f \text{ total} = 1.88$, $H_g = 61.85$ y $H_{esc} = 2.00$ en la expresión 3.8 escrita en el ítem 3.7.2.2.

$$\text{HDT} = 1.88 + 61.85 + 2.00 = 65.73 \text{ m}$$

C. Cálculo del golpe de ariete

Como ya se mencionó en el ítem 3.7.2.3, la apertura o cierre de válvulas en la línea de impulsión origina una modificación brusca en la velocidad de circulación del agua, produciendo el golpe de ariete, que se conoce como el aumento anormal de la presión sobre las paredes de la tubería que conduce agua.

Para la selección de la clase de tubería se debe considerar como criterio importante las máximas presiones que ocurren en la tubería, es decir, la tubería deberá resistir la presión más elevada que pueda producirse. La presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar las válvulas de control en las tuberías.

En la Tabla N° 4.13, se presenta las clases comerciales de tuberías PVC con sus respectivas cargas de presión.

Tabla N° 4.13.

Clase de tubería PVC y máxima presión de trabajo.

Clase	Presión máxima de Prueba (m)	Presión máxima de trabajo (m)
A – 5	50	35
A – 7.5	50	50
A – 10	105	70
A – 15	150	100

Fuente: Moira M. Lossio Aricoché

Se puede partir de válvula abierta en la realización de la maniobra, pero ello no es obligatoriamente necesario. Hay determinadas circunstancias en que se puede realizar maniobras de cierre partiendo de válvula parcialmente cerrada que son las que producen el golpe de ariete máximo.

Para continuar con el diseño de la línea de impulsión se tiene los siguientes datos:

Longitud: 570.87 m

Desnivel: 63.85 m.

Tiempo de cierre de la válvula: 10.00 s.

Para encontrar el tiempo de recorrido de la onda de presión por la tubería se calcula primero la celeridad (a).

Para tuberías de PVC, tenemos: $E = 30000 \text{ Kg/cm}^2$, $D = 54.20 \text{ mm.}$, $e = 0.29 \text{ cm.}$, reemplazando estos valores en la expresión 3.9 del ítem 3.7.2.3 resulta:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.33x \frac{5.42}{0.29}}} = 382.12$$

Luego, el tiempo de recorrido de la onda de presión por la tubería será:

$$T = \frac{2L}{a} = \frac{2x570.87}{382.12} = 2.99 \text{ s}$$

El tiempo de cierre (10 s.) es mayor que el empleado por la onda de presión en el recorrido de ida y vuelta (2.99 s.); por lo tanto, se trata de un cierre lento.

El golpe de ariete máximo se produce cuando la maniobra de la válvula se inicia a partir de la apertura total y se puede calcular según expresión 3.15 del ítem 3.7.2.3. Por lo tanto:

$$P_g = \frac{2x570.87 x 0.35}{9.81x10} = 4.07 \text{ m}$$

La presión total de golpe de ariete se obtiene mediante la expresión 4.9 siguiente:

$$P_t = \Delta \text{niveles} + P_g \quad (4.9)$$

Teniendo $\Delta \text{ niveles} = 63.85$ y $P_g = 3.03$ se obtiene:

$$P_t = 63.85 + 4.07 = 67.92 \text{ m}$$

Por lo tanto, según la tabla 4.13, la tubería para contrarrestar el efecto del golpe de ariete será de clase A – 10.

En conclusión, según los cálculos efectuados, la línea de impulsión será de tubería PVC _SAP de 60 mm que equivale a 2 pulgadas, con una longitud aproximada de 571.94 m, de clase A-10.

4.3.4.3. Diseño del sistema de bombeo con utilización de la energía solar fotovoltaica.

A. Requerimientos del sistema de bombeo

Los requerimientos de agua para abastecer al Centro Poblado de Fharata Copani, en el distrito de Ilave, provincia de El Collao son:

- a) Altura dinámica total = 65.73 m.
- b) Volumen diario de bombeo de agua = 14.69 m³/día ≈ 15.00 m³/día.

Las condiciones de bombeo que se requieren en el presente proyecto, si pueden ser satisfacer una sola bomba accionada por un sistema de potencia fotovoltaica.

B. Componentes del sistema de bombeo solar

a) Bomba

Se ha elegido la marca de bombas solares Grundfos, porque poseen una tecnología confiable y consolidada en el tiempo, además de ser una marca muy conocida en nuestro medio y en el mundo.

Para satisfacer una altura dinámica total de 65.73 m y un volumen diario de bombeo de agua de 15 m³/día se ha seleccionado la bomba centrífuga sumergible modelo SQF 3A-10. El suministro de energía de esta bomba puede ser dado por paneles solares, una turbina eólica o un generador eléctrico. Los datos técnicos de dicha bomba se encuentran en el Anexo B.

El número de horas solares pico (h_{sol}) en la zona de estudio es de 5.09 h/día, por ello el cálculo del caudal promedio de diseño o caudal de bombeo instantáneo (Q_i) será calculado mediante la expresión 4.10 siguiente:

$$Q_i = \frac{V_b}{h_{sol}} \quad (4.10)$$

Donde:

- Q Caudal promedio de diseño o caudal de bombeo instantáneo, m³/h.
- V_b Volumen diario de bombeo de agua, m³/día.
- h_{sol} Número de horas solares pico al día, h/día.

Reemplazando los datos de V_b y h_{sol} en la expresión 4.10 se obtiene:

$$Q_i = \frac{15}{5.09} = 2.95 \text{ m}^3/\text{h}$$

De la curva característica de la bomba solar Grundfos modelo SQF 3A-10 (Ver Anexo C), con un caudal de bombeo instantáneo de $2.95 \text{ m}^3/\text{h}$ y una altura dinámica de 65.73 m , se puede deducir que se necesita una potencia aproximada de 1290 W para accionar la bomba.

b) Módulos fotovoltaicos

Para el diseño del sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica se tienen los siguientes datos. Ver Tabla N° 4.14.

Tabla N° 4.14.
Datos para el diseño del sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica.

Magnitud	Valor y/o unidad
V_b	$15 \text{ m}^3/\text{día}$
h_{sol}	5.09 h/día
H	65.73 m
Q_i	$2.95 \text{ m}^3/\text{h}$
P_{bs}	1.290 kW
f_{se}	0.95
f_{mf}	0.95
f_{mT}	0.87

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la potencia del sistema de generación de energía (P_{ss}), se utilizará la expresión 4.11 siguiente:

$$P_{ss} = \frac{P_{bs}}{f_{se} \cdot f_{mf} \cdot f_{mT}} \quad (4.11)$$

Donde:

P_{ss} Potencia del sistema de generación de energía, kW.

P_{bs} Potencia requerida por cada bomba solar, kW.

f_{se} Factor de pérdidas en el sistema eléctrico.

f_{mf} Factor de reducción de potencia del módulo fotovoltaico.

f_{mT} Factor de reducción de potencia por temperatura.

Reemplazando los datos de f_{se} , f_{mf} , f_{mT} y P_{bs} en la expresión 4.11 se obtiene:

$$P_{ss} = \frac{1.290}{0.95 \times 0.95 \times 0.87} = 1.643 \text{ KW}$$

La potencia de salida del generador fotovoltaico debe ajustarse a las ofertas comerciales disponibles. Para el presente proyecto se consideran los módulos fotovoltaicos de la firma ISOFOTON modelo IS – 150/12 de 150 W_p cada uno, cuyas características eléctricas (1000 W/m^2 , 25°C célula, AM 1.5) se muestran en la Tabla N° 4.15.

Tabla N° 4.15.

Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.

Magnitud	Valor y/o unidad
Potencia máxima (P_{MAX})	150 W_p +/- 5%
Corriente de máxima potencia (I_{MAX})	8.7 A
Tensión de máxima potencia (V_{MAX})	17.3 V
Corriente de corto circuito (I_{SC})	9.3 A
Corriente de corto circuito (I_{SC})	21.6 V

Fuente: Elaboración propia

El número de módulos fotovoltaicos requeridos para satisfacer la demanda de potencia se calculará mediante la expresión 4.12 siguiente:

$$N_m = \frac{P_{ss}}{P_{mf}} \tag{4.12}$$

Donde:

N_m Número de módulos fotovoltaicos.

P_{ss} Potencia del sistema de generación de energía, W.

P_{mf} Potencia de los módulos fotovoltaicos, W.

Reemplazando los datos de P_{ss} y P_{mf} en la expresión 4.12 se obtiene:

$$N_m = \frac{1643}{150} = 10.95 \approx 11 \text{ módulos}$$

La potencia disponible del generador fotovoltaico se obtiene mediante la expresión 4.13 siguiente:

$$P_g = P_{mf} \cdot N_m \quad (4.13)$$

Reemplazando los datos de P_{mf} y N_m en la expresión 4.13 se obtiene

$$P_g = 150 * 11 = 1650 \text{ W}_p$$

Para la bomba sumergible SQF 3A-10 su motor eléctrico puede operar a un voltaje comprendido entre 30 y 300 Vcc y con una corriente máxima de 8.4 A. Entonces, tomando en cuenta las características eléctricas del módulo solar IS – 150/12, la corriente de máxima potencia es 8.7 A. Por lo tanto, los módulos fotovoltaicos sólo podrán conectarse en serie.

El voltaje de operación vendrá dado por la expresión 4.14 siguiente:

$$V_{oper} = T_{MAX} \cdot N_m \quad (4.14)$$

Reemplazando los datos de T_{MAX} y N_m en la expresión 4.14 se obtiene:

$$V_{oper} = 17.3 * 11 = 190.3 \text{ V}$$

Por lo tanto, el voltaje de operación se encuentra dentro del rango de voltaje aceptado por el motor eléctrico de la bomba.

Para el cálculo de la corriente máxima potencia del sistema de bombeo solar se utilizará la expresión 4.15 siguiente:

$$I_s = \frac{P_g}{V_{oper}} \quad (4.15)$$

Reemplazando los datos de P_g y V_{oper} en la expresión 4.15 se obtiene:

$$I_s = \frac{1650}{190.3} = 8.67 \text{ A}$$

Para calcular el número de grupos en paralelo se utilizará la expresión 4.16 siguiente:

$$N^{\circ}\text{mod. paralelo} = \frac{I_s}{I_{MAX}} \quad (4.16)$$

Reemplazando los datos de I_s y I_{MAX} en la expresión 4.16 se obtiene:

$$\text{N}^{\circ}\text{mod. paralelo} = \frac{8.67}{8.7} = 0.997 \approx 1 \text{ grupo}$$

En conclusión, el generador fotovoltaico estará constituido por 11 módulos solares conectados eléctricamente en serie. El voltaje de operación (V_{oper}) será de 190.3 V y la corriente máxima potencia del sistema será de 8.67 A.

En la Figura N° 4.10 se ilustra la conexión eléctrica en serie de los módulos.

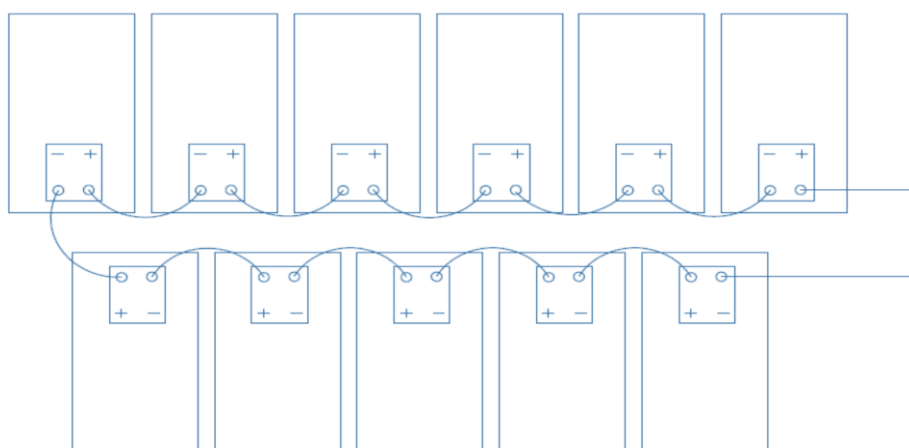


Figura N° 4.10. Conexión eléctrica en serie de los módulos fotovoltaicos.
Fuente: Elaboración propia

c) Caja de conexiones IO 101 SQFlex

IO 101 SQFlex es un interruptor on/off (arranque/parada) para conectar y desconectar la tensión de alimentación del sistema manualmente, por ejemplo, cuando no se necesita agua o hay que reparar el sistema.

La caja de conexiones IO 101 está diseñada especialmente para los sistemas solares SQFlex, de la firma Grundfos. Permite la conexión de un suministro de reserva con generador en el caso de irradiación solar insuficiente. Hay que hacer el cambio entre la energía solar y el generador manualmente. Los datos técnicos del controlador IO 101 SQFlex se encuentran en el Anexo D. En la Figura N° 4.11 se muestran las dimensiones del controlador IO 101 SQFlex.

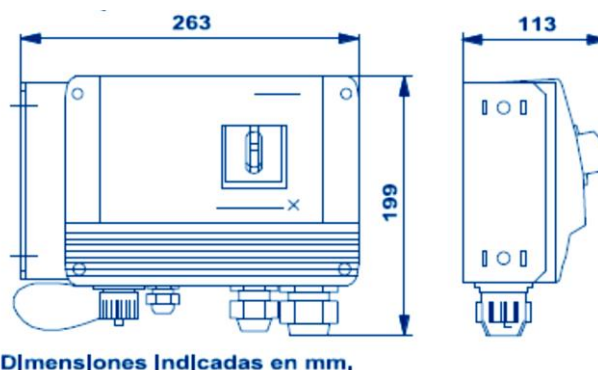


Figura N° 4.11. Dimensiones del controlador IO 101 SQFlex.
Fuente: Manual de Grundfos.

d) Cable de alimentación sumergible

La sección del cable se define mediante la expresión 4.17 siguiente:

$$S = \frac{2\rho \cdot L \cdot I}{\Delta V} \times 10^6 \quad [\text{mm}^2] \quad (4.17)$$

Donde:

S Sección del conductor eléctrico, mm².

ρ Resistividad del cobre, Ω.m.

L Longitud del conductor, m.

I Intensidad de corriente, A.

ΔV Caída de tensión, V.

Los datos utilizados para hallar la sección del conductor eléctrico se muestran en la Tabla N° 4.16.

Tabla N° 4.16.
Datos para hallar la sección del conductor eléctrico.

Magnitud	Valor y/o unidad
Resistividad del cobre ρ	1.7 x 10 ⁻⁸ Ω.m
Longitud del conductor L	40 m
Intensidad de corriente I	8.67 A
Caída de Tensión (3% V _{oper})	5.71 V

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando los datos en la expresión 4.17 se obtiene:

$$S = \frac{2(1.7 \times 10^{-8}) \cdot (40) \cdot (8.67)}{5.71} \times 10^6 = 2.065 \text{ mm}^2$$

Debido a las condiciones de trabajo se recomienda utilizar un cable de alimentación de mayor calibre para satisfacer el requerimiento de resistencia mecánica del conductor eléctrico. Se sugiere un conductor tipo TTRF-70 (NMT) 3x10 AWG 300/500V.

- e) Conductor eléctrico del generador fotovoltaico a la caja de conexión

El conductor eléctrico deberá soportar las condiciones de intemperie como humedad, ozono, luz solar y calor.

Los datos utilizados para determinar la sección del conductor se muestran en la Tabla N° 4.17.

Tabla N° 4.17.

Datos para hallar la sección del conductor eléctrico del generador fotovoltaico a la caja de conexión.

Magnitud	Valor y/o unidad
Resistividad del cobre ρ	$1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$
Longitud del conductor L	15 m
Intensidad de corriente I	8.67 A
Caída de Tensión (3% V_{oper})	5.71 V

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando los datos de la Tabla 4.17 en la expresión 4.17 se obtendrá la sección del conductor eléctrico.

$$S = \frac{2(1.7 \times 10^{-8}) \cdot (15) \cdot (8.67)}{5.71} \times 10^6 = 0.774 \text{ mm}^2$$

Debido a las condiciones de trabajo anteriormente mencionadas se recomienda utilizar un conductor eléctrico de mayor calibre para satisfacer el requerimiento de resistencia mecánica del mismo. Se sugiere un conductor tipo TTRF-70 (NMT) 3x10 AWG 300/500V.

- f) Estructura de montaje

Se deberá montar 11 paneles solares en 2 estructuras metálicas de hierro galvanizado ancladas al terreno en dados de concreto. Cada estructura albergará 6 módulos solares colocados en una configuración de 2x6. Por lo tanto, las dimensiones de cada estructura serán aproximadamente de 3360 mm de largo x 5460 mm de ancho. El arreglo se colocará con un ángulo de inclinación de 25° viendo hacia el Norte como se muestra en la Figura N° 4.12.

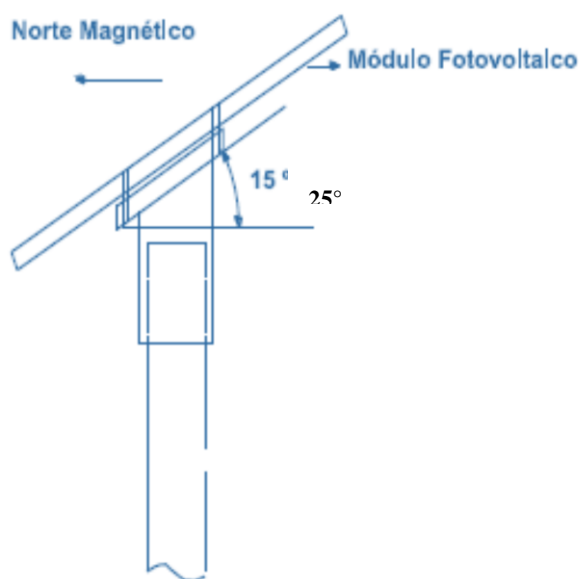


Figura N° 4.12. Ángulo de inclinación del arreglo y su orientación.
Fuente: Manual de Grundfos.

g) Sistema de puesta a tierra

Los marcos de aluminio de los paneles solares, las carcasas de la bomba, las dos estructuras de montaje, así como los gabinetes; si son metálicos, deberán conectarse a tierra. El electrodo y el conductor de tierra deberán soportar la corrosión y tener una adecuada resistencia mecánica. Se recomienda que el electrodo sea una varilla de cobre de 2.4 m de longitud y el conductor de tierra sea de tipo THW-90 6 AWG 450/750V. Para disminuir la resistividad del terreno se puede utilizar un producto como tierra gel. En la Figura N° 4.13 se presenta un esquema del sistema de puesta a tierra de la instalación.

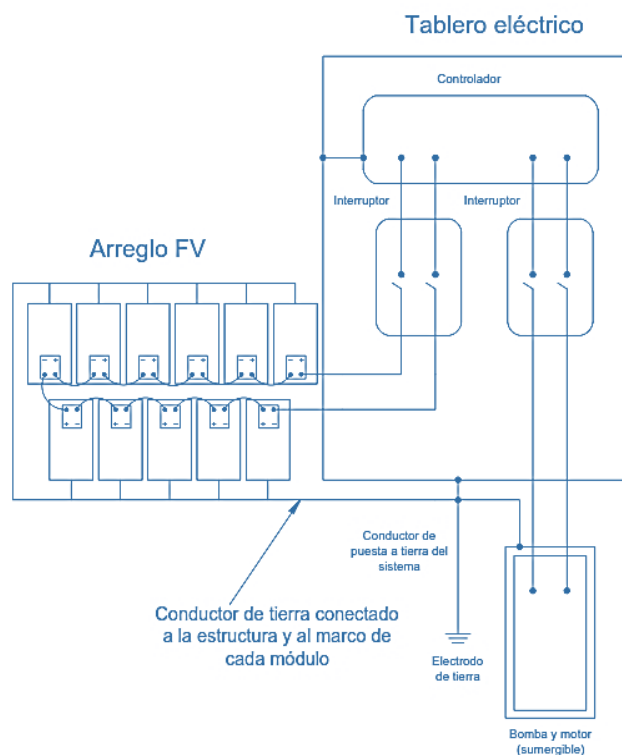


Figura N° 4.13. Sistema de puesta a tierra.

Fuente: Elaboración propia

h) Interruptores

Debido al tipo de cajas de conexiones, IO 101 SQFlex, se deberá proporcionar tres interruptores termo magnéticos de 40 A por cada tablero eléctrico. Uno para el generador fotovoltaico, otro para la bomba y el tercero para el grupo electrógeno en caso se desee conectar.

i) Pararrayos

Se deberá proteger las tres estructuras de montaje contra descargas. Por lo tanto, se recomienda instalar dos pararrayos tetra puntuales en cada una de las estructuras de soporte de los extremos. Cada pararrayos se conectará a una varilla de cobre de 2.4 m de longitud en su propio pozo de tierra a través de un conductor de cobre desnudo de 25 mm².

4.3.4.4. Diseño del reservorio apoyado de almacenamiento y regulación

La construcción de un reservorio apoyado de almacenamiento y regulación de agua compensa la tasa de bombeo frente a la demanda de agua de la población de las localidades beneficiarias del proyecto.

Para el cálculo del volumen del reservorio se debe tener en cuenta la variación porcentual de consumo de la localidad beneficiada; sin embargo, para este proyecto se desconoce dicha variación, por lo cual se adoptará un volumen de regulación equivalente al 40% de volumen máximo diario de agua durante el periodo de diseño, valor que ha sido tomado en base a estudios y proyectos ejecutados en la zona rural de la parte sur del país en donde se utiliza un sistema de bombeo accionado por energía solar fotovoltaica. De este modo tenemos:

- a) Población de diseño: 184 hab.
- b) Caudal Máximo Diario : 0.22 l/s (19.00 m³/día)
- c) Volumen del Reservorio : 7.60 m³

Siguiendo este análisis, tomaremos como volumen del reservorio apoyado de regulación y almacenamiento 8 m³. El reservorio será de tipo cuadrado y altura de nivel máximo de agua de 2.50 m y 1.45 m respectivamente. Las paredes tendrán un espesor de 0.15 m.

Según los cálculos hidráulicos realizados, las cotas aproximadas para el reservorio serán las siguientes:

- a) Cota del terreno natural: 3886.00 m.s.n.m.
- b) Cota de fondo de cuba del reservorio: 3886.00 m.s.n.m.
- c) Nivel Máximo de agua: 3887.46 m.s.n.m.
- d) Cota de llegada de Línea de Impulsión: 3887.45 m.s.n.m.
- e) Cota de techo de reservorio: 3888.15 m.s.n.m.

Para garantizar la calidad sanitaria del agua a ser distribuida, se ha dispuesto la construcción de una caseta para el alojamiento de un hipoclorador de flujo difuso, el cual estará ubicado en el reservorio apoyado de regulación y almacenamiento y servirá para la

desinfección del agua. Se utilizará este sistema por ser relativamente sencillo y de fácil operación y mantenimiento en zonas rurales.

4.3.4.4.1. Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación.

A. Generalidades

a) Objetivo del estudio

Es la realización de un estudio de suelo geotécnico con fines de cimentación de reservorio del proyecto de tesis presentado “Evaluación del uso de energía solar fotovoltaica-eólica para la impulsión de un sistema de abastecimiento de agua en un Centro Poblado Rural-Ilave”

Para ese fin se programó la realización de las siguientes actividades:

Evaluación geológica del área de estudio

Recopilación de la información existente en la zona

Ubicación y Ejecución de calicatas de forma manual

Toma de muestras alteradas e inalteradas

Ejecución de ensayos de laboratorio

Interpretación de los ensayos de laboratorio

Elaboración del perfil estratigráfico del terreno

Análisis de la cimentación

El objetivo del estudio de suelos fue el de evaluar las características del terreno de cimentación con el fin de establecer las profundidades de cimentación, la capacidad portante admisible del suelo

b) Ubicación del área de estudio

El proyecto para la cimentación del reservorio se encuentra ubicado en la comunidad de Yuncuta del distrito de Ilave, Provincia El Collao, departamento de Puno. La altura del área de estudio es de 3886.00 m.s.n.m.

El terreno tiene un área de aproximada de 20 m². Y un área de construcción de 10.24 m².

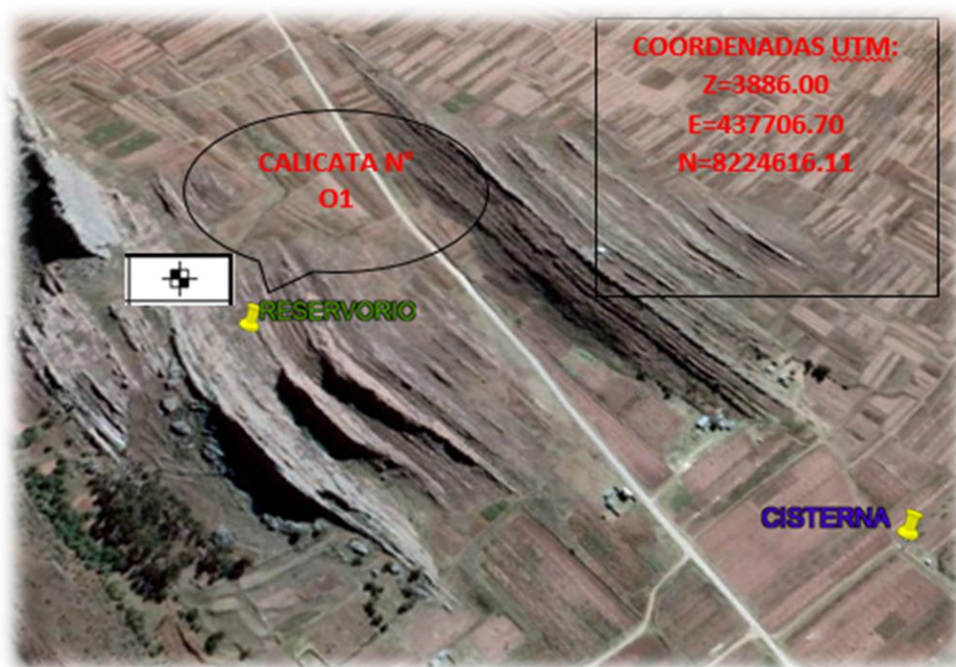


Figura N° 4.14. Ubicación de la calicata.

Fuente: Elaboración propia

c) Características del proyecto:

El Proyecto contempla la infraestructura el cual consiste en la construcción de reservorio con una capacidad de 8m^3 de forma cuadrado de espesor de 15 cm, lado de 2.80m. Conformado con caseta de válvulas, caseta de cloración por goteo, muros y techo de concreto armado, previsto con cimentación tipo platea de forma cuadrado.

B. Condiciones climáticas

El clima de la zona es típico del altiplano Frio - seco, por encontrarse sobre una altura de los 3886.00 m.s.n.m., pero se registra dos estaciones principales. El clima Puna Alta que tiene un régimen de estaciones similar al del Altiplano, teniendo como diferencia los meses más fríos entre los meses de mayo a Julio con temperaturas que descienden hasta -10° . Soplan vientos fríos en direcciones variables

El clima del altiplano tiene un período frío entre mayo y agosto, este último es parcialmente un mes con mucho viento; las temperaturas máximas se dan entre octubre y marzo coincidiendo en estos meses con la máxima precipitación y las mínimas precipitaciones entre Junio-Julio.

C. Geología y sismicidad

a) Geología del área de estudio

La zona es de formación calizas ayabacas, son rocas sedimentarias de origen marino de coloración plomo claro a oscuro pertenecen a la era mesozoica del sistema cretácico medio, estos afloramientos rocosos se encuentran por alrededores de la ciudad de Ilave. Son rocas con alto contenido de carbonatos y son muy buenas como mineral no metálico para fabricar cemento.

La formación del grupo Ayabacas está cubierto de depósitos aluviales recientes sueltos o poco consolidados de la naturaleza heterogénea y heterométrica, compuesto de grava arenosas, arena limosa y material orgánico de colores pardo negruzco a rojo pálidos. Se presentan en los lechos de los ríos, en las planicies de inundación en las terrazas bajas.

b) Geodinámica externa

La geodinámica externa de la zona en estudio no presenta peligro de huaycos, deslizamientos de escombros o inundaciones.

c) Sismicidad

Desde el punto de vista sísmico, el territorio Peruano, pertenece al Círculo Circumpacífico, que comprende las zonas de mayor actividad sísmica en el mundo y por lo tanto se encuentra sometido con frecuencia a movimientos telúricos. Pero dentro del territorio nacional, existen varias zonas que se diferencian por su mayor o menor frecuencia de estos movimientos, así tenemos que las Normas Sismo - Resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, divide al país en cuatro zonas.

La localidad en estudio, se encuentra en la Zona 3, de alta sismicidad. A pesar de ello, en sus características estructurales no se identifican rasgos sobre fenómenos de tectonismo que hayan influido en la estructura geológica de la zona.

De acuerdo al reglamento nacional de construcciones y a la Norma Técnica de edificación E-030-Diseño Sismo resistente, se deberá tomar los siguientes valores:

(a) Factor de Zona $Z = 0.35$ (*)

(b) Categoría de la Edificación

A

(c) Factor de Uso

U = 1.5

* El área en estudio, corresponde a la zona 3, el factor de zona se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Nota: no se hará el análisis estructural por la capacidad de almacenamiento del reservorio.

D. Investigación de campo

Con el objeto de determinar las características del subsuelo, se realizó su exploración mediante la ejecución de 01 calicatas, las mismas que fueron ubicadas convenientemente y con profundidades suficientes.

Este sistema de exploración nos permite analizar directamente los diferentes estratos encontrados, así como sus principales características físicas y mecánicas, tales como: granulometría, humedad, plasticidad, etc.

La excavación alcanzó las siguientes profundidades:

Tabla N° 4.18.
Especificaciones de la excavación.

PUNTO DE INVESTIGACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE EXCAVACIÓN
C-1	3	MANUAL

Fuente: elaboración propia



Figura N°4.15. Fotografía de la calicata C-01
Fuente: Elaboración propia

Las cotas en la superficie de la calicata corresponden al nivel del terreno natural. En la excavación no se apreció la existencia del nivel freático.

Se tomaron una muestra alteradas disturbadas de un estrato atravesada a 2 mestros de profundidad, de las cuales se ensayaron las más representativas en el laboratorio, realizándose ensayos confines de identificación y clasificación.

E. Ensayos de laboratorio

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO, siguiendo las normas establecidas por la American Societyfor Testing and Materials (ASTM).

a) Ensayos estándar

Con las muestras representativas extraídas se realizaron los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-4222).
- Límite Líquido (ASTM D-4318).
- Límite Plástico (ASTM D4318).
- Contenido de Humedad (ASTM D-2216).

b) Ensayos especiales:

Se realizó el siguiente ensayo:

- Corte Directo (ASTM D-3080)

Tabla N° 4.19.

Análisis granulométrico por tamizado

Tamiz		Peso Parcial	Peso Parcial	%	%	%
-	(mm)	Retenido	Retenido	Parcial	Acumulado	Acumulado
		(gr)	Corregido	Retenido	Retenido	Que Pasa
			(gr)	(%)	(%)	(%)
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	09.500	16.40	16.40	1.21	1.21	98.79
No 004	04.750	24.29	24.29	1.79	2.99	97.01
No 010	02.000	29.20	29.20	2.15	5.14	94.86
No 020	00.850	27.67	27.67	2.04	7.18	92.82
No 040	00.425	39.79	39.79	2.93	10.11	89.89
No 060	00.250	200.75	200.75	14.77	24.88	75.12
No 100	00.150	219.49	220.91	16.26	41.13	58.87
No 200	00.075	124.55	124.55	9.16	50.30	49.70
Platillo		4.67	675.44	49.70	100.00	0.00
Total		686.81	1359.00	100.00	-	-

Fuente: Elaboración propia

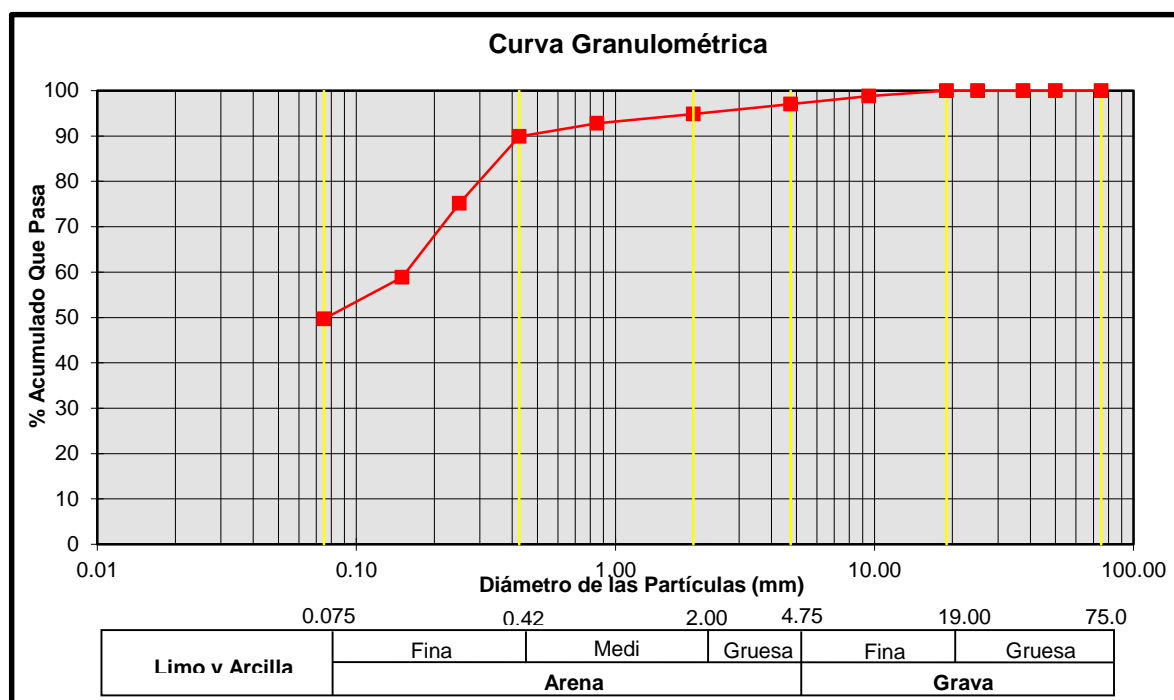


Figura N°4.16. Curva granilometrico por tamizado
Fuente: elaboración propia



Figura N°4.17. Fotografias de tamices para realización de ensayo granolometrico
Fuente: elaboración propia

Tabla N° 4.20.
Contenido de humedad promedio

CONTENIDO DE HUMEDAD (w)		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
1	No recipiente	M-77	M-23	M-22
2	W recipiente (gr)	15.10	16.69	15.45
3	W recipiente sw (gr)	105.61	82.41	90.01
4	W recipiente s (gr)	92.85	73.28	79.24
5	W w : 3-4 (gr)	12.76	9.13	10.77
6	W s : 4-2 (gr)	77.75	56.59	63.79
7	w : 100*5/6 (%)	16.41	16.13	16.88
8	PROMEDIO w (%)		16.48	

Fuente: elaboración propia



Figura N° 4.18. Fotografía de las muestras en tara para el ensayo contenido de humedad
Fuente: elaboración propia

Tabla N° 4.21.
Peso específico promedio

	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	PESO ESPECIFICO (g/cm3)
MUESTRA 1	69.84	138.16	1.98
MUESTRA 2	69.84	141.79	2.03
MUESTRA 3	69.84	133.34	1.91
PROMEDIO		1.97	

Fuente: elaboración propa

Tabla N° 4.22.
Limite líquido (LL)

LIMITE LIQUIDO (LL)					
1	No recipiente	M-70	M-22	M-32	M-30
2	No golpes	35	28	23	14
3	W recipiente (gr)	16.86	16.50	17.21	17.15
4	W recipiente sw (gr)	116.01	120.55	105.36	64.04
5	W recipiente s (gr)	97.07	99.44	87.13	54.12
6	W w : 4-5 (gr)	18.94	21.11	18.23	9.92
7	W s : 5-3 (gr)	80.21	82.94	69.92	36.97
8	w : 100*6/7 (%)	23.61	25.45	26.07	26.83
9	LL (%)	25.20			

Fuente: elaboracion propia

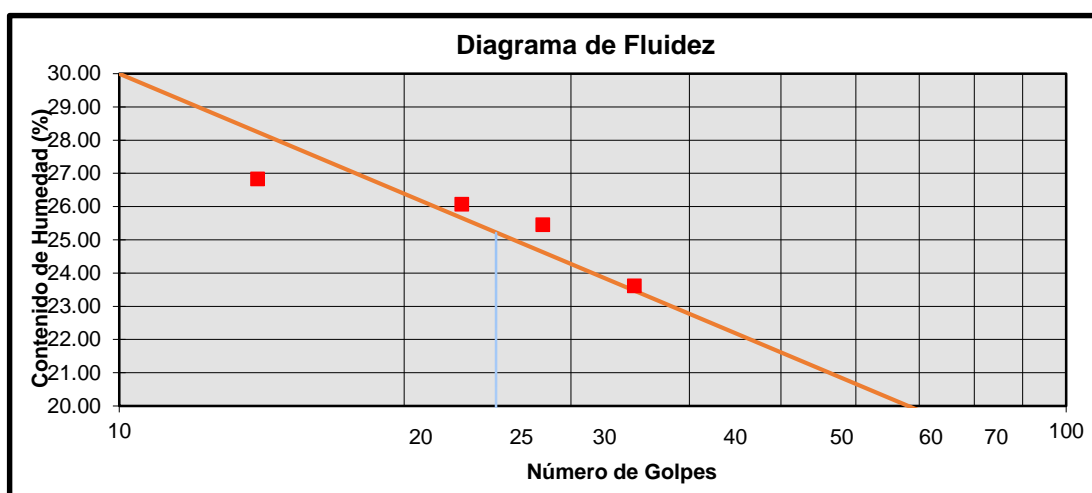


Figura N° 4.19. Diagrama de fluidez

Fuente: elaboracion propia



Figura N° 4.20. Fotografías del ensayo Límite líquido

Fuente: elaboracion propia

La prueba de corte directo, se realizó solamente al estrato 2, con la intención de obtener el ángulo de fricción interna ϕ , que es uno de los parámetros para la determinación de la capacidad de carga.

La prueba de corte directo funciona básicamente con dos marcos, uno móvil y uno fijo, la muestra de suelo se coloca dentro de los marcos y es confinada mediante una placa donde se aplica una fuerza normal σ . La parte móvil desplaza a una velocidad constante, aplicando una fuerza rasante, que induce en el material un esfuerzo cortante τ , que provoca la falla del material sobre un plano bien definido.



Figura N°4.21. Fotografías de ensayo de corte directo
Fuente: elaboración propia

Se realizaron distintas pruebas, con distintas cargas normales. La línea de falla del material se define por la gráfica $\sigma - \tau$ de las diferentes pruebas. Como se puede observar en el anexo N.

Tabla N°4.23.

Deformación tangencial y esfuerzo de corte

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 01	
Deformacion tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Deformacion tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Deformacion tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)
0.00	0.038	0.00	0.038	0.00	0.038
0.10	0.044	0.10	0.084	0.10	0.253
0.20	0.050	0.20	0.118	0.20	0.259
0.30	0.072	0.30	0.151	0.30	0.264
0.40	0.084	0.40	0.185	0.40	0.298
0.60	0.095	0.60	0.248	0.60	0.366
0.80	0.129	0.80	0.332	0.80	0.457
1.00	0.150	1.00	0.434	1.00	0.547
1.25	0.180	1.25	0.524	1.25	0.694
1.50	0.214	1.50	0.592	1.50	0.557
1.75	0.242	1.75	0.638	1.75	0.897
2.00	0.276	2.00	0.677	2.00	0.931
2.25	0.293	2.25	0.694	2.25	0.943
2.50	0.321	2.50	0.696	2.50	0.931
2.75	0.332	2.75	0.696	2.75	0.926
3.00	0.333	3.00	0.683	3.00	0.909
3.50	0.338	3.50	0.660	3.50	0.880
4.00	0.332	4.00	0.643	4.00	0.852
4.50	0.332	4.50	0.632	4.50	0.818
5.00	0.332	5.00	0.626	5.00	0.801
5.50	0.332	5.50	0.626	5.50	0.779
6.00	0.327	6.00	0.621	6.00	0.773
6.50	0.321	6.50	0.615	6.50	0.773
7.00	0.319	7.00	0.609	7.00	0.767
7.50	0.315	7.50	0.604	7.50	0.762
8.00	0.310	8.00	0.604	8.00	0.756

Fuente: elaboración propia

ESFUERZO VS DEFORMACION

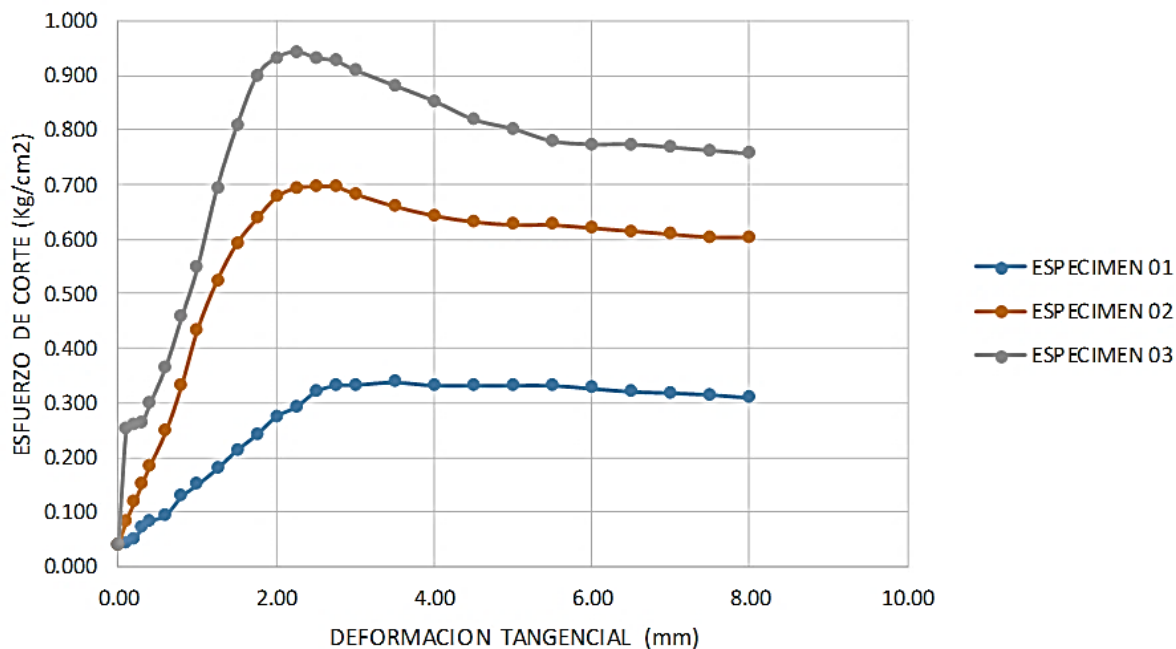


Figura N° 4.22. Esfuerzo y demormacion

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 4.24.

Esfuerzo de corte y Esfuerzo normal

Esfuerzo Normal (kg/cm²)	Esfuerzo de Corte (kg/cm²)
1.00	0.338
2.00	0.696
4.00	0.943

Fuente: elaboración propia

ESFUERZO DE CORTE VS ESFUERZO NORMAL (CRITERIO DE LA FALLA DE MORH COULOMB)

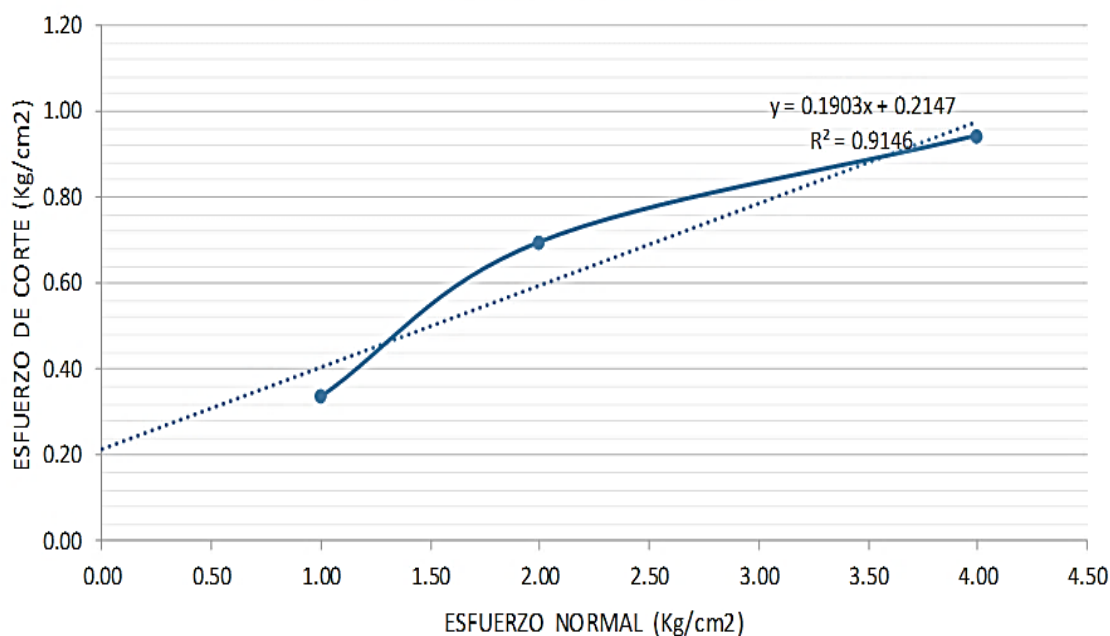


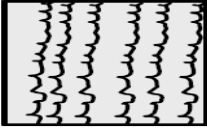
Figura N° 4.23. Grafica esfuerzo de corte y esfuerzo normal
Fuente: elaboración propia

La ecuación de la envolvente de falla de la prueba de corte directo es $y=0.1903x+0.2147$, obteniendo el ángulo a partir de la pendiente de la recta obtenemos un ángulo de fricción $\phi=11^\circ$ y una cohesión de 0.2147 kg/cm^2 , siendo necesario estos datos para el cálculo de la capacidad portante del suelo a cimentar.

F. Perfil estratigráfico

Se ha elaborado el perfil representativo del terreno, utilizando la información tomada de la calicata P-01 ejecutada, predomina el material arena arcillosa, como indica en el siguiente cuadro:

Tabla N° 4.25.
Perfil Estratigráfico.

PROF. (m)	SUCS	CLASIFIC. MUESTRA (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Wn. (%)	LIMITES ATTERBERG				gt (g/cm ³)		
						L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRADACIÓN ARENAS FINOS (%)			
0.00				Suelos organicos								
0.50		Pt	0.00-0.50									
3.00		SC	0.50-2.50	Arena arcillosa pobremente graduada fina, presentan un color rojo parduzco a grisáceo suelos de grano fino de color pardo rojizo fuertemente consolidado y con poca humedad, presentan un consistencia y una estabilidad mediana.	16.4	25.2	0.0	25.2	3.0%	47.3%	49.7%	1.97

Fuente: Elaboración Propia

Los estratos está conformado por suelos de arena arcillosas SC con un espesor que varía de 0.50 m a 2.50m con cobertura de suelo orgánico de 0.50 m, presentan un color rojo pardusco, suelos de grano fino de color pardo rojizo fuertemente consolidado y con poca humedad, presentan un consistencia y una estabilidad mediana.



Figura N° 4.24. Excavación de la calicata P-01.
Fuente: Elaboración propia.

G. Análisis de la cimentación

En esta sección se realiza el análisis de la cimentación para el área estudiada y se proponen la capacidad de carga admisible.

a) Profundidad de cimentación

De acuerdo al análisis de cimentación, trabajo de campo, ensayos de laboratorio, descripción de los perfiles estratigráficos y características del proyecto se ha considerado un tipo de cimentación de platea una profundidad de 0.50 m en material del material arena arcillosa (SC).

b) Tipo de cimentación

Dada la naturaleza del terreno se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como cimentación tipo platea de forma cuadrada.

c) Cálculo de la capacidad portante admisible

Se ha calculado la capacidad admisible de carga para el área estudiada en base a las características del subsuelo. Para tal efecto se han utilizado el criterio de Terzaghi-Peck (1967), modificado por Vesic (1973), según el cual la capacidad última de carga se expresa por la siguiente ecuación 4.9:

Para zapatas/plateas cuadradas conectadas:

$$q_{ult} = S_c C N_c + S_q q N_q + 0.5 S_\gamma \gamma B N_\gamma \quad (4.9)$$

Siendo la capacidad admisible de carga: $q_{adm} = q_{ult}/FS$, donde: FS = Factor de Seguridad = 3

N_c, N_q, N_γ = Factores de Capacidad de Carga

S_c, S_q, S_γ = Factores de Forma

q = Presión de Sobrecarga (Ton/m²) = $\gamma d = 1.04 \times 0.5 = 0.52$

γ = Peso Unitario del Suelo (Ton/m³) = 1.97

d = Profundidad de Cimentación (m) = 0.50

B = Ancho de la Cimentación (m)

En las calicatas C-1 de 3.00 m. de profundidad, se realizó el ensayo de Corte Directo en especímenes Remoldeados y saturados del estrato más desfavorable encontrado

en el área en estudio, del tipo arena arcillosa (SC), baja plasticidad y de consistencia firme a dura.

De acuerdo a este ensayo, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Ángulo de Fricción Interna: $\varphi = 11^\circ$
- Cohesión (Kg/cm^2): $c = 0.21$
- Densidad Húmeda Inicial (gr/cm^3): 1.97
- Contenido de Humedad Inicial (%): 16.54

Para el estrato arena arcillosa, del tipo SC, medianamente plástico y de consistencia firme a dura.

Asimismo, para $\varphi = 11^\circ$, los factores de capacidad de carga correspondientes son: $N_c = 8.80$, $N_q = 2.71$, $N_\gamma = 1.44$

FALLA POR CORTE

Considerando zapatas cuadradas conectadas de ancho $B = 2.80$ m., los factores de forma correspondientes: $S_c = 1.31$, $S_q = 1.19$, $S_\gamma = 0.60$

$$q_{ult} = 1.31 \times 0.21 \times 8.80 + 1.19 \times 0.052 \times 2.71 + 0.5 \times 0.6 \times \left(\frac{1.97}{1000}\right) \times 280 \times 1.44$$

$$q_{ult} = 2.42 + 0.18 + 0.24$$

$$q_{ult} = 0.95$$

La capacidad de carga admisible es:

$$q_{admisible} = \frac{q_{ult}}{F.S.}$$

$$q_{admisible} = \frac{0.95}{3} = 0.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{admisible} = 3.20 \text{ t/m}^2$$

H. Resumen de las condiciones de cimentación

Se ha de tener en cuenta para desarrollar el Estudio en la especialidad de Estructuras de la obra en referencia lo siguiente:

Condiciones de cimentación:

- Tipo de cimentación: tipo platea
- Estrato de apoyo de cimentación: arena arcilloso
- Profundidad mínima de cimentación $D_f = 0.50\text{m}$
- Presión admisible del terreno 0.32 Kg./cm^2
- Factor de seguridad de corte 3.00
- Agresividad del suelo no detectada
- Fabricación de concreto con cemento Portland tipo I.

I. Conclusiones y recomendaciones

Tipo de cimentación: Dada la naturaleza del terreno a cimentar se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como cimentación en base a zapatas aisladas para que no se produzcan asentamientos diferenciales.

La cimentación sea realizada mediante una losa de concreto armada en dos sentidos, se colocará un anillo perimetral de concreto armado

La capacidad de carga última de las platea de cimentación es de 0.32 Kg./cm^2 .

No debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte, relleno sanitario o relleno artificial y estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la edificación y ser reemplazados con materiales adecuados debidamente compactados.

No existe nivel freático en la profundidad investigada.

Se deberá contar con un drenaje apropiado, de tal forma de mantener la humedad a la cual se realizaron los ensayos de este estudio y no variar las condiciones mecánicas del suelo de fundación.

4.3.4.4.2. Diseño estructural del reservorio

Para el diseño estructural de reservorios de pequeñas y medianas capacidades se recomienda utilizar el método de Portland Cement Association, que determina momentos y

fuerzas cortantes como resultado de experiencias sobre modelos de reservorios basados en la teoría de Plates and Shells de Timoshenko, donde se consideran las paredes empotradas entre sí.

De acuerdo a las condiciones de borde que se fijan existen tres condiciones de selección, que son:

- Tapa articulada y fondo articulado.
- Tapa libre y fondo articulado.
- Tapa libre y fondo empotrado.

En los reservorios apoyados o superficiales, típicos para poblaciones rurales, se utiliza preferentemente la condición que considera la tapa libre y el fondo empotrado. Para este caso y cuando actúa solo el empuje del agua, la presión en el borde es cero y la presión máxima (P), ocurre en la base (ver Figura N°4.25).

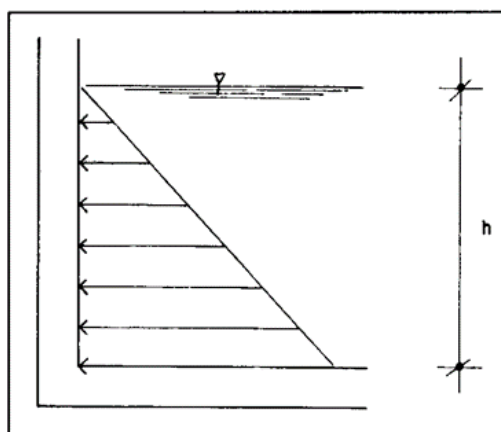


Figura N°4.25. Presión de agua sobre la pared del reservorio
Fuente: elaboración propia

$$P = \gamma_a \times h$$

El empuje de agua es:

$$v = \frac{\gamma_a h^3 b}{2}$$

Donde:

γ_a Peso específico del agua.

H Altura del agua.

B Ancho de la pared.

Para el diseño de la losa de cubierta se consideran como cargas actuantes el peso propio y la carga viva estimada; mientras que para el diseño de la losa de fondo, se considera el empuje del agua con el reservorio completamente lleno y los momentos en los extremos producidos por el empotramiento y el peso de la losa y la pared.

$$\text{Volumen (V)} = 8 \text{ m}^3.$$

$$\text{Ancho de la pared (b)} = 2.50 \text{ m}.$$

$$\text{Altura de agua (h)} = 1.30 \text{ m}.$$

$$\text{Borde libre (B.L.)} = 0.30 \text{ m}.$$

$$\text{Altura total (H)} = 1.60 \text{ m}.$$

$$\text{Peso específico del agua } (\gamma_a) = 1000 \text{ Kg/m}^3.$$

$$\text{Peso específico del terreno a cimentar } (\gamma) = 1970 \text{ Kg/m}^3.$$

$$\text{Capacidad de carga del terreno } (\sigma_t) = 0.32 \text{ Kg/cm}^2$$

A) CALCULO DE MOMENTOS Y ESPESOR (E)

- Paredes

El cálculo se realiza cuando el reservorio se encuentra lleno y sujeto a la presión del agua. Para el cálculo de los momentos se utilizan los coeficientes (k) que se muestran en el Anexo O se ingresa mediante la relación del ancho de la pared (b) y la altura de agua (h). Los límites de la relación de b/h son de 0.5 a 3.0.

Siendo:

$$h = 1.30$$

$$b = 2.50$$

Resulta:

$$b/h = 2.5/1.30 = 1.92$$

Para la relación $b/h = 2.50$, se presentan los coeficientes (k) para el cálculo de los momentos, cuya información se muestra en la tabla N° 4.26

Tabla N° 4.26.
Coefficientes (k) para el cálculo de momentos de las paredes de reservorios cuadrados - tapa libre y fondo empotrado

B/H	X/H	Y = 0		Y = B/4		Y = B/2	
		MX	MY	MX	MY	MX	MY
1.92	0	0.0000	0.0270	0.0000	0.0090	0.0000	-0.0600
	0.25	0.0130	0.0230	0.0060	0.0100	-0.0120	-0.0590
	0.5	0.0150	0.0160	0.0100	0.0100	0.0100	-0.0490
	0.75	-0.0080	0.0030	-0.0020	0.0030	-0.0050	-0.0270
	1	-0.0860	-0.0170	-0.0590	-0.0120	0.0000	0.0000

Fuente: elaboracion propia

Los momentos se determinan mediante la siguiente formula:

$$M = K \times \gamma_a \times h^3 \tag{4.10}$$

Conocidos los datos se calcula:

$$\gamma_a \times h^3 = 1000 \times (1.3)^3$$

$$\gamma_a \times h^3 = 2197 \text{kg}$$

Para Y= 0 y reemplazando valores de K en la ecuación se tiene:

$$M_{x0} = 0$$

$$M_{x1/4} = 0.013 \times 2197 = + 28.56 \text{ Kg-m.}$$

$$M_{x1/2} = 0.015 \times 2197 = + 32.96 \text{ Kg-m.}$$

$$M_{x3/4} = - 0.0080 \times 2197 = - 17.58 \text{ Kg-m.}$$

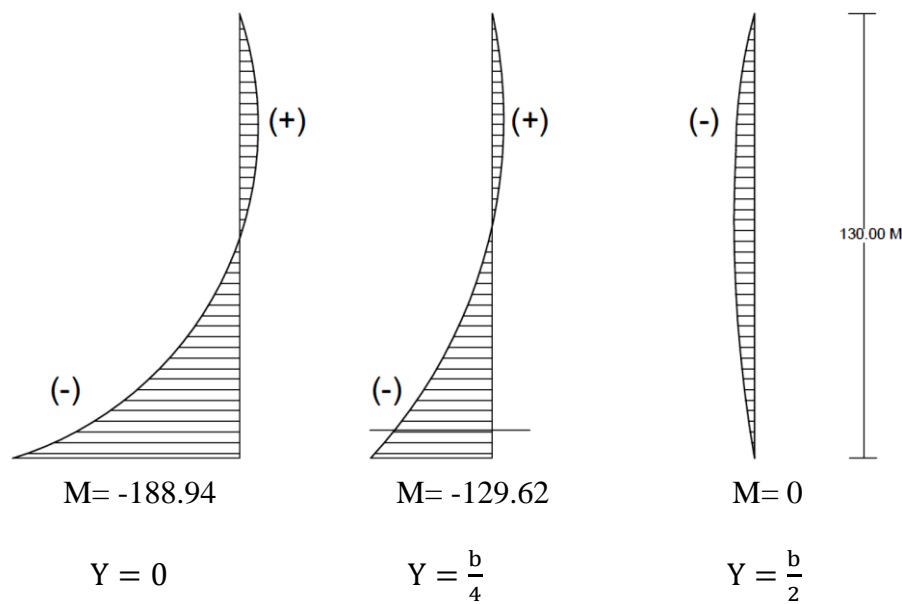
$$M_{x1} = - 0.0860 \times 2197 = - 188.94 \text{ Kg-m}$$

Siguiendo el mismo procedimiento se calculan los momentos Mx y My para los valores de y, cuyos resultados se presentan en la tabla N° 4.27 y en la figura N° 4.26.

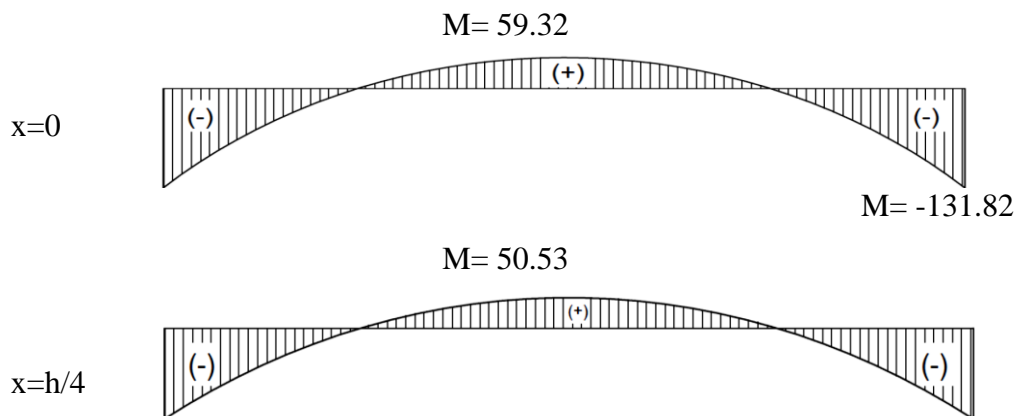
Tabla N° 4.27.
Momentos (kg-m.) debido al empuje del agua

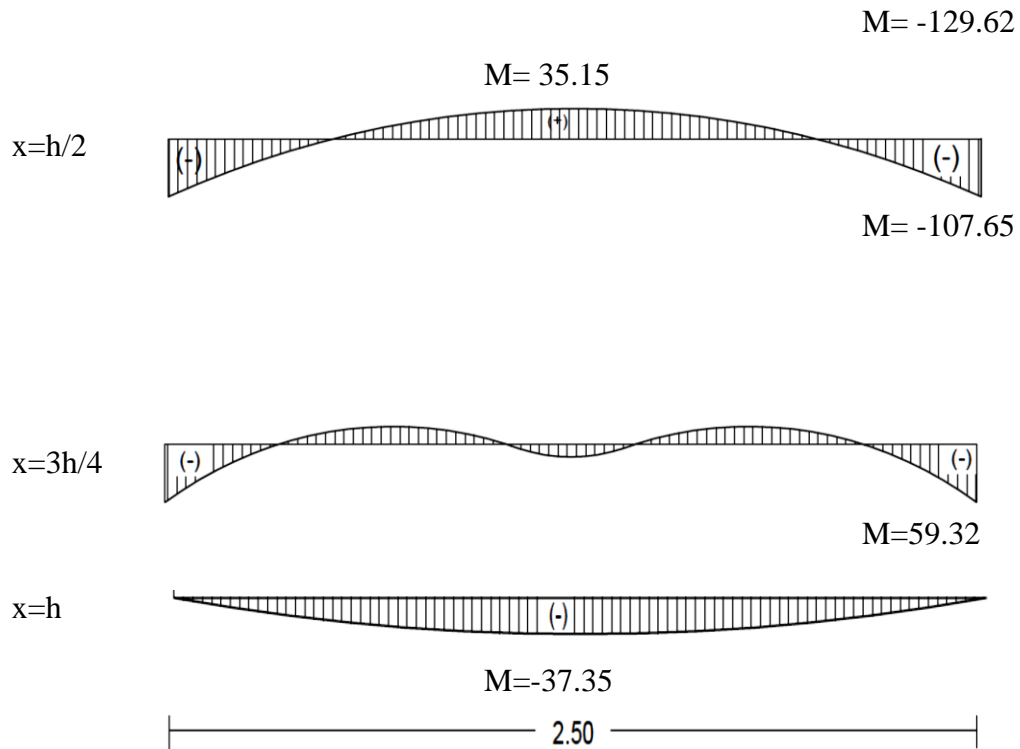
B/H	X/H	Y = 0		Y = B/4		Y = B/2	
		MX	MY	MX	MY	MX	MY
	0	0.00	59.32	0.00	19.77	0.00	-131.82
	0.25	28.56	50.53	13.18	21.97	-26.36	-129.62
1.92	0.5	32.96	35.15	21.97	21.97	21.97	-107.65
	0.75	-17.58	6.59	-4.39	6.59	-10.99	-59.32
	1	-188.94	-37.35	-129.62	0.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia



a) Diagrama de momentos verticales (kg-m)





b) Digrama de momentos horizontales(kg-m)

Figura N° 4.26. Diagrama de momentos verticales y horizontales (kg-m)
Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 4.27, el maximo momento absoluto es $M= 188.9 \text{ Kg-m}$

El espesor de la pared (e) originado por un momento "M" y el esfuerzo de traccion por flexion (ft) en cualquier punto de la pared (ver Figura N°4.27), se determina mediante el metodo elastico sin agrietamiento, cuyo valor se estima mediante:

$$e = \left[\frac{6M}{ft \times b} \right]^{1/2} \tag{4.11}$$

Donde:

$$ft = 0.85 (f'c)^{1/2} = 11.25 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$M = 188.9 \text{ Kg-m.}$$

$$b = 100\text{cm.}$$

Reemplazando el dato:

$$e = 10.04 \text{ cm}$$

Para el diseño se asume un espesor: $e = 15 \text{ cm}$.

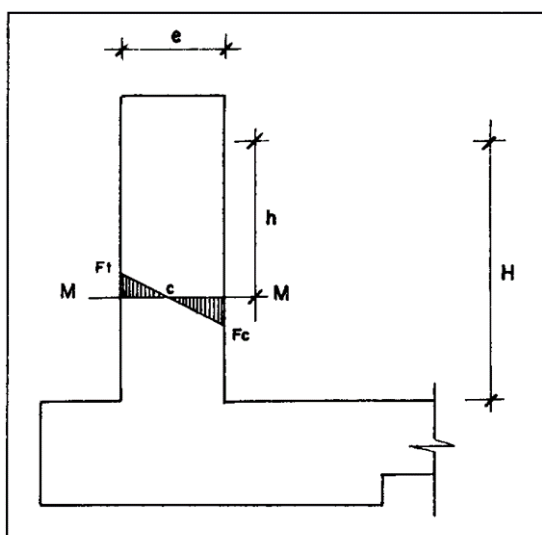


Figura N°4.27. Maximo momento originado por el empuje del agua
Fuente elaboración propia

- **Losa de cubierta**

La losa de cubierta será considerada como una losa armada en dos sentidos y apoyada en sus cuatro lados.

Calculo del espesor de la losa:

$$\text{Espesor de los apoyos} = 0.15 \text{ cm.}$$

$$\text{luz interna} = 2.50 \text{ m.}$$

$$\text{luz de calculo (L)} = 2.5 + \frac{2(0.15)}{2}$$

$$L = 2.65 \text{ m.}$$

$$\text{espesor } e = \frac{L}{36} = 0.07 \approx 0.10 \text{ m.}$$

Según el Reglamento Nacional de Construcciones para losas macizas en dos direcciones, cuando la relación de las dos es igual a la unidad, los momentos flexionantes en las fajas centrales son:

$$M_A = M_B = CWL^2 \tag{4.12}$$

Donde $C = 0.036$

Peso propio = $0.10 \times 2400 = 240 \text{ Kg/m}^2$

Carga viva = 150 Kg/m^2

$W = 390 \text{ Kg/m}^2$

Reemplazando en la ecuación 4.12, se tiene:

$MA = MB = 98.60 \text{ Kg-m}$

Conocidos los valores de los momentos, se calcula el espesor útil "d" mediante el método elástico con la siguiente relación:

$$d = \left[\frac{M}{Rb} \right]^{1/2} \quad (4.13)$$

Siendo:

$M=MA=MB=98.60 \text{ Kg-m}$.

$b = 100 \text{ cm}$.

$R=1/2 \times f_c \times j \times k$

$n=10.17$

$k=0.365$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 0.878$$

Resultando $R = 12.65$ y reemplazando los valores en la ecuación 6.13, se obtiene: $d = 2.80 \text{ cm}$.

El espesor total igual a 6.57 cm .

- **Losa de fondo**

Asumiendo el espesor de la losa de fondo igual a 0.15 m . y conocida la altura de agua de 1.30 m ., el valor de P sera:

Peso propio del agua $1.30 \times 1000 = 1300 \text{ Kg/m}^2$.

Peso propio del concreto $0.15 \times 2400 = 360 \text{ Kg/m}^2$.

$$W = 1660 \text{ Kg/m}^2.$$

La losa de fondo será analizada como una placa flexible y no como una placa rígida, debido a que el espesor es pequeño en relación a la longitud; además la consideraremos apoyada en un medio cuya rigidez aumenta con el empotramiento. Dicha placa estará empotrada en los bordes.

Debido a la acción de las cargas verticales actuantes para una luz interna de $L = 2.50$ m., se originan los siguientes momentos:

Momento de empotramiento en los extremos:

$$M = -\frac{WL^2}{192} = -54.04 \text{ Kg - m}$$

Momento en el centro:

$$M = \frac{WL^2}{384} = 27.02 \text{ Kg - m}$$

Para losas planas rectangulares armadas con armaduras en dos direcciones, Timoshenko recomienda los siguientes coeficientes:

Para un momento en el centro = 0.0513

Para un momento de empotramiento = 0.529

Momentos finales:

Empotramiento (M_e) = $0.529 \times (-54.04) = -28.59 \text{ Kg-m}$.

Centro (M_c) = $0.0513 \times 27.02 = 1.39 \text{ Kg-m}$.

Chequeo del espesor:

El espesor se calcula mediante el método elástico sin agrietamiento considerando el máximo momento absoluto ($M = 28.59 \text{ Kg-m}$) con la siguiente relación:

$$e = \left[\frac{6M}{ft \cdot b} \right]^{1/2}$$

Siendo: $f_t = 0.85 (f'_c)^{1/2}$, $f_t = 11.244$ para $f'_c=175 \text{ Kg/cm}^2$ resulta $e = 3.91 \text{ cm}$.
Dicho valor es menor que el espesor asumido (15 cm.) y considerando el recubrimiento de 4 cm. resulta:

$$d = 7.91 \text{ cm}$$

Asumiendo $d=10 \text{ cm}$

B) Distribución de armadura

Para determinar el valor del área de acero de la armadura de la pared, de la losa de cubierta

y de fondo, se considera la siguiente relación:

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} \quad (4.14)$$

Donde:

M Momento máximo absoluto en Kg-m.

f_s Fatiga de trabajo en Kg/cm².

j Relación entre la distancia de la resultante de los esfuerzos de compresión al centro de gravedad de los esfuerzos de tensión.

d Peralte efectivo en cm.

Con el valor del área acero (A_s) y los datos indicados en la tabla N° 4.22, se calculará el área efectiva de acero que servirá para definir el diámetro y la distribución de armadura.

Los valores y resultados para cada uno de los elementos analizados se muestran en la tabla N° 4.28.

- Pared

Para el diseño estructural de la armadura vertical y horizontal de la pared del ejemplo se considera el momento máximo absoluto, por ser una estructura pequeña que dificultaría la distribución de la armadura y porque el ahorro en términos económicos no sería significativo.

Para la armadura vertical resulta un momento (M_x) igual a 188.94 kg-m. y para la armadura horizontal el momento (M_y) es igual a 131.82 Kg-m. Dichos valores se observan en la tabla N° 4.28.

Para resistir los momentos originados por la presión del agua y tener una distribución de la armadura se considera $f_s=900\text{Kg/cm}^2$ y $n = 9$

Conocido el espesor de 15 cm. y el recubrimiento de 7.5 cm. se define un peralte efectivo $d = 7.5$ cm. El valor de j es igual a 0.85 definido con $k = 0.441$.

La cuantía mínima se determina mediante la siguiente relación:

$$A_s \text{ min} = 0.0015 b \times e = 2.25 \text{ cm}^2 \quad \text{para } b=100 \text{ y } e=15\text{cm}$$

La información adicional, los resultados, la selección del diámetro y la distribución de la armadura se muestran en la tabla N° 4.28.

- **Losa de cubierta**

Para el diseño estructural de armadura se considera el momento en el centro de la losa cuyo valor permitirá definir el área de acero en base a la ecuación 4.14.

Para el cálculo se consideran:

$$M = 208.11 \text{ Kg-m.}$$

$$f_s = 1400 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$j = 0.879.$$

$$d = 7.5 \text{ cm.}$$

Los valores de

M , f_s , j y d fueron desarrollados en el ítem 4.3.3.2a.

La cuantía mínima recomendada es:

$$A_s \text{ min.} = 0.0017 b \times e = 1.70 \text{ cm}^2. \quad \text{para: } b = 100 \text{ y } e = 10 \text{ cm.}$$

Los resultados se muestran en la tabla N° 4.22.

- **Losa de fondo**

Como en el caso del cálculo de la armadura de la pared, en la losa de fondo se considera el máximo momento absoluto de 54.04 Kg-m. cuyo valor, al igual que el peralte ($d= 11$ cm.), fue determinado en el ítem 4.3.3.2a.

Para determinar el área de acero se considera $f_s=900\text{Kg/cm}^2$ y $n = 9$.

El valor de j es 0.85 definido por $k=0.441$.

Se considera una cuantía mínima de:

$$A_s \text{ min.} = 0.0017 \times b \times e = 2.55 \text{ cm}^2. \quad \text{para } b = 100 \text{ y } e = 15 \text{ cm.}$$

Los resultados se observan en en la tabla N° 4.28.

En todos los casos, cuando el valor de área de acero (A_s) es menor a la cuantía mínima ($A_s \text{ min.}$), para la distribución de la armadura se utilizará el valor de dicha cuantía.

c) Chequeo por esfuerzo cortante y adherencia

El chequeo por esfuerzo cortante tiene la finalidad de verificar si la estructura requiere estribos o no; y el chequeo por adherencia sirve para verificar si existe una perfecta adhesión entre el concreto y el acero de refuerzo.

A continuación se presenta el chequeo en la pared y losa de cubierta.

- Pared

Esfuerzo cortante:

La fuerza cortante total máxima (V), será:

$$V = \frac{\gamma_a h^2}{2} \quad (4.15)$$

$$V = \frac{1000 \times 1.3^2}{2}$$

$$V = 845.00 \text{ Kg}$$

El esfuerzo cortante nominal (v), se calcula mediante:

$$v = \frac{V}{j b d} \quad (4.16)$$

Conocidos los valores y reemplazando $j = 7/8$ en la ecuación 4.16, tenemos:

$$v = 1.29 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo permisible nominal en el concreto, para muros no excederá a:

$$V_{\text{max}} = 0.02 f'c = 3.5 \text{ Kg/cm}^2. \quad \text{para } f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2.$$

Por lo tanto, las dimensiones del muro por corte satisfacen las condiciones de diseño.

Adherencia:

Para elementos sujetos a flexión, el esfuerzo de adherencia en cualquier punto de la sección se calcula mediante:

$$u = \frac{V}{\sum_o j d} \quad (4.17)$$

Siendo:

$$\sum_o \text{ para } \varnothing 3/8" @ 11 \text{ cm.} = 27.30$$

$$V = 845.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$u = 4.72 \text{ Kg/cm}^2.$$

El esfuerzo permisible por adherencia (u_{\max}) para $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$, es:

$$u_{\max} = 0.05 f'c = 8.75 \text{ Kg/cm}^2$$

Siendo el esfuerzo permisible mayor que el calculado, se satisface la condición de diseño.

- **Losa de Cubierta**

Esfuerzo Cortante:

La fuerza cortante máxima (V) es igual a:

$$V = \frac{W S}{3} = 325 \text{ Kg/m}$$

Donde la luz interna (S) es igual a 2.5 m. y el peso total (W), es igual 390 Kg/m^2 . El esfuerzo cortante unitario (v) se calcula con la siguiente ecuación:

$$v = \frac{V}{b d} = 0.43 \text{ kg/cm}^2$$

El máximo esfuerzo cortante unitario (v_{\max}) es:

$$v_{\max} = 0.29 (175)^{1/2} = 3.83 \text{ Kg/cm}^2$$

El valor de v_{\max} . muestra que el diseño es el adecuado.

Adherencia:

$$u = \frac{V}{\sum_o j d} = 4.11 \text{ kg/cm}^2, \text{ para } \sum_o = 12$$

Siendo $u_{\max} = 0.05 f'c = 8.75 \text{ Kg/cm}^2$, se satisface la condición de diseño.

Tabla N° 4.28.
Resumen del cálculo estructural y distribución de armadura

DESCRIPCIÓN	PARED		LOSA DE CUBIERTA	LOSA DE FONDO
	VERTICAL	HORIZONTAL		
MOMENTOS "M" (Kg.m)	188.942	131.82	98.6	28.59
Espeso útil "d" (cm)	7.5	7.5	7.5	11
fs (Kg/cm ²)	900	900	1400	900
n	9	9	10	9
Fc (Kg/cm ²)	79	79	70	79
$k = \frac{1}{1+fs/(n fc)}$	0.441	0.441	0.365	0.441
j=1-(k/3)	0.875	0.875	0.878	0.875
Área de Acero: $As = \frac{100 \times M}{b \times j \times d}$ (cm ²)	3.20	2.23	1.07	0.33
C	0.0015	0.0015	0.0017	0.0017
b(cm)	100	100	100	100
e(cm)	15	15	10	15
Cuantía mínima: $As \text{ min.} = C \times b \times c$ (cm ²)	2.25	2.25	1.7	2.55
Area efectiva de As (cm ²)	3.55	2.84	2.13	2.84
Area efectiva de As min.(cm ²)	2.84	2.84	2.84	2.84
Distribución (3/8")	0.20	0.25	0.30	0.25

Fuente: elaboración propia

(1) Resultado de: $n = Es/Es = (2.1 \times 10^6)/(W^{1.5} \times 4200 \times (fc)^{1/2})$ para $W = 2.4 \text{ Tn/m}^3$ y $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$.

(2) Area efectiva de As se determina considerando en el anexo P.

(3) la distribución (3/8") se calcula considerando el valor mayor del área efectiva, pudiendo ser As o As min.

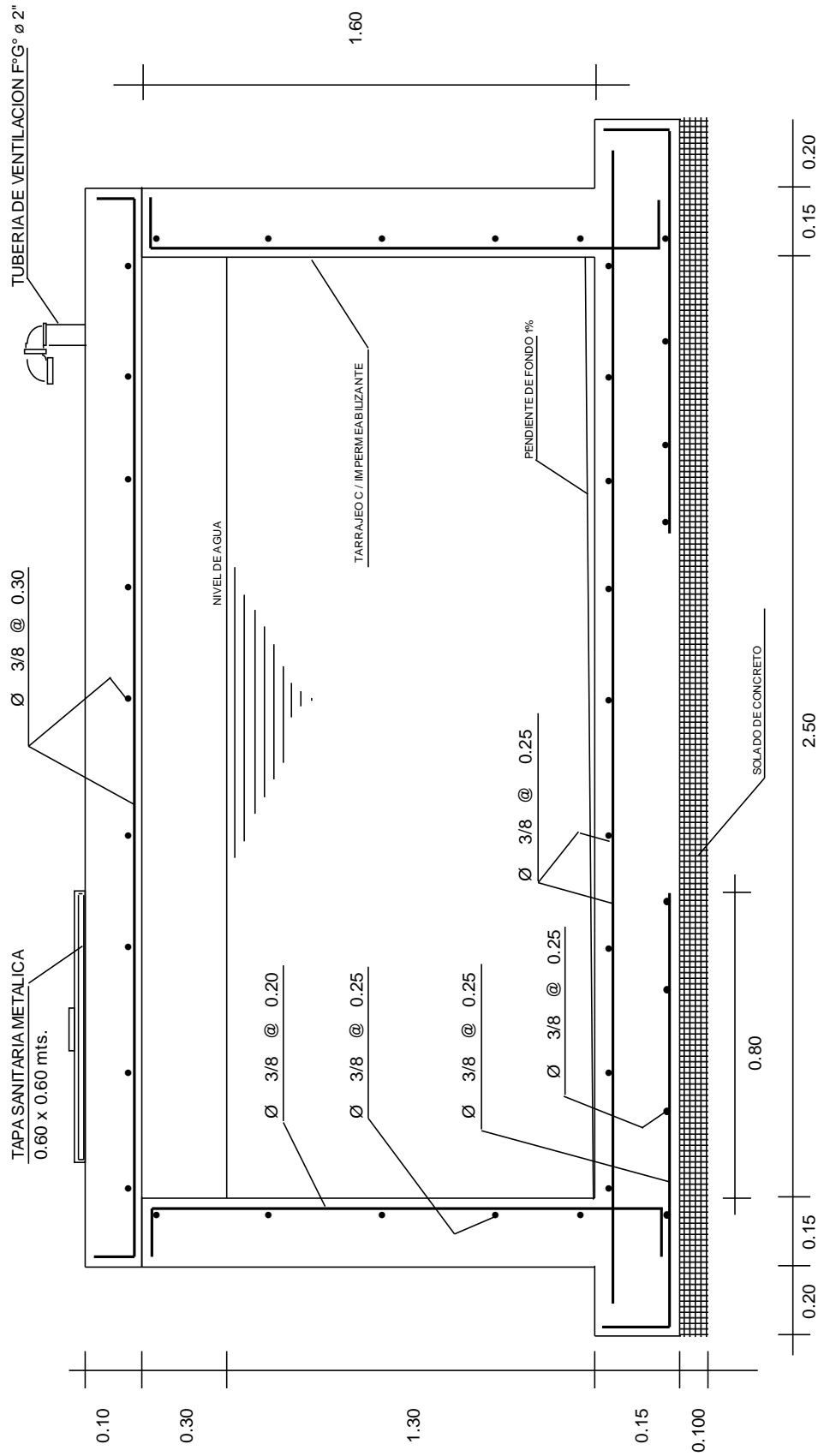


Figura N° 4.28. Distribución de acero del reservorio apoyado de 8 m³
Fuente: elaboración propia

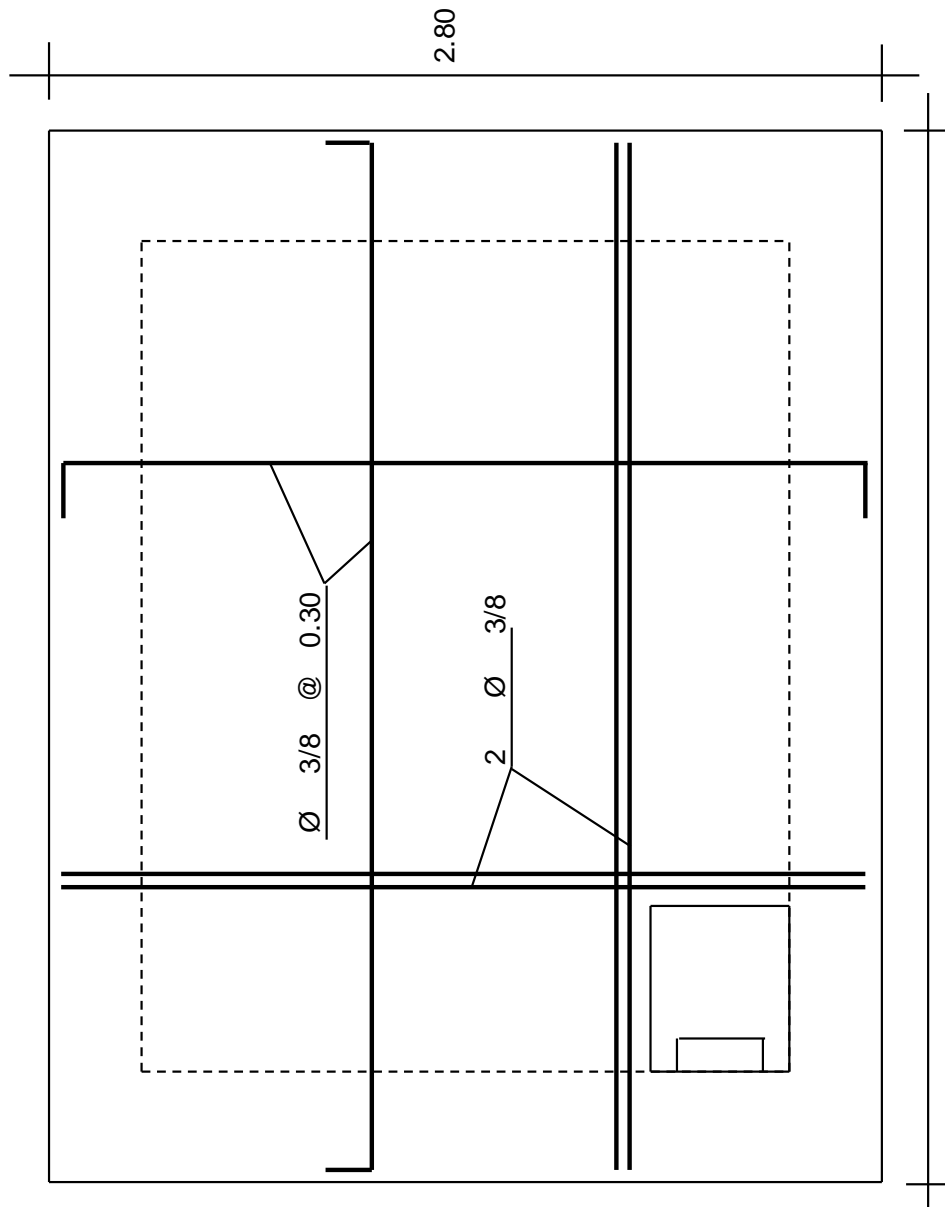


Figura N° 4.29. Tapa distribución de acero del reservorio apoyado.
Fuente: elaboración propia

D) Comprobación del equilibrio con el suelo

Debe realizarse un cálculo para determinar si las cargas transmitidas al suelo no exceden la capacidad admisible del mismo. Para ello se determina que:

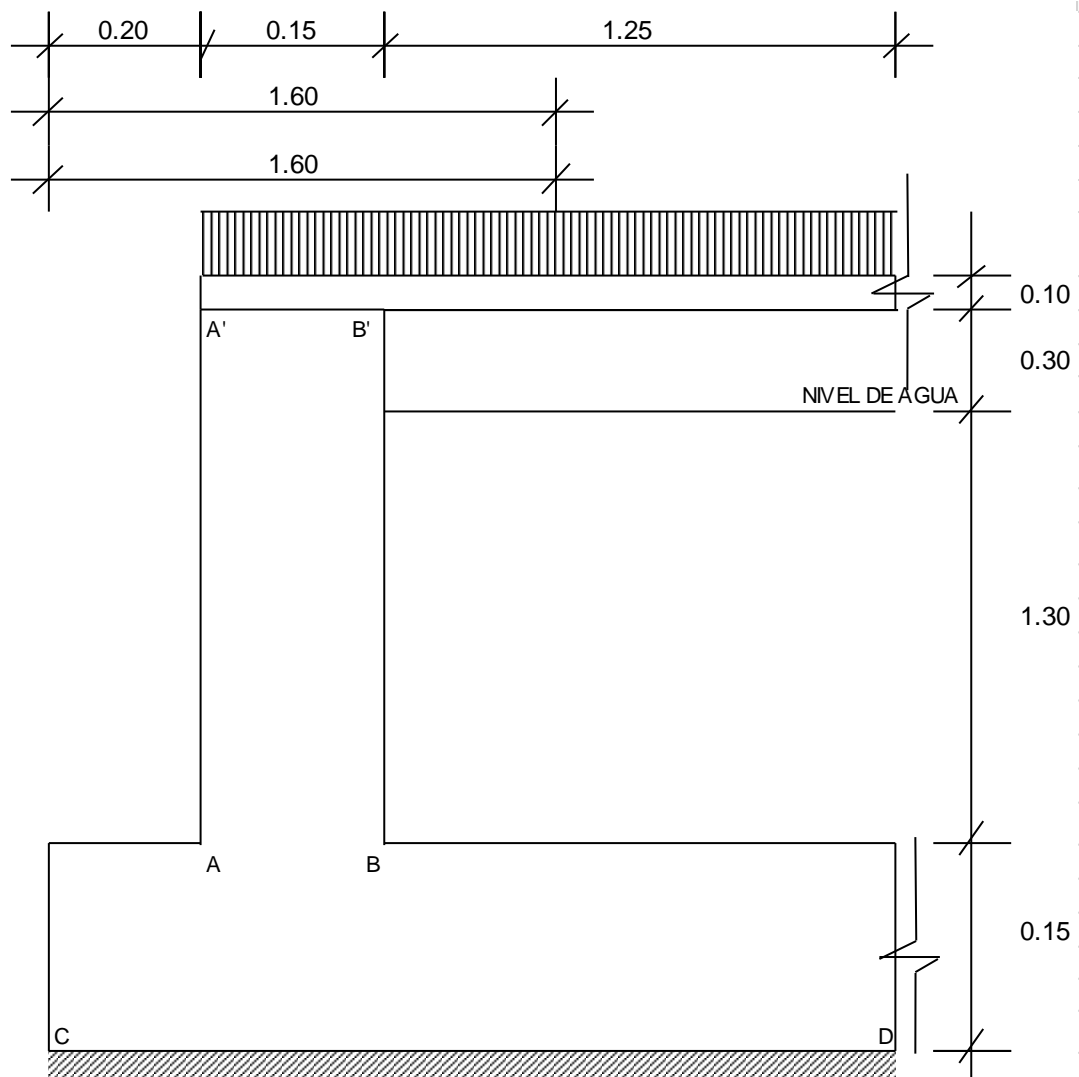


Figura N°4.30. Vista de corte simétrico de reservorio apoyado de 8 m^3
Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 4.29.
Peso total del reservorio apoyado de 8m3

DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS	Peso específico	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	PESO (Kg)
Losa tapa	2400	2.80	2.80	0.10	1881.60
Pared	2400	area =1.59		1.60	6105.60
Losa fondo	2400	3.20	3.20	0.15	3686.40
Agua	1000	2.50	2.50	1.30	8125.00
Total					19798.60
Total carga muerta					27718.04
Sobrecarga (150 kg/cm ²)		2.80	2.80		1176.00
Total carga viva					1999.20
Peso total (kg)					29717.24

Fuente: elaboración propia.

$$q_{suelo} = \frac{P_{total}}{A_0} = \frac{29.72 \text{ tn}}{10.24 \text{ m}^2}$$

$$q_{suelo} = 2.9 \frac{t}{m^2} < q_{adm} = 3.2 \frac{t}{m^2}$$

Se comprueba que el suelo resiste y no fallará debido a las cargas aplicadas sobre él.

4.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POR BOMBEO CON ENERGÍA SOLAR FRENTE A UNA ENERGÍA CONVENCIONAL

El parámetro que permite evaluar diferentes alternativas de solución para suministrar energía es el costo de la misma, es decir, el costo del kW-h a lo largo de la vida útil del sistema.

La alternativa del suministro de energía de la red primaria es radicalmente diferente al uso de un sistema solar fotovoltaico pues en el primero se requiere el costo de consumo de energía a pagar mensualmente, adicionalmente requiere el monitoreo, mantenimiento especializado y repuesto. En el caso del sistema solar fotovoltaica la dificultad está en la elevada inversión inicial que normalmente estos sistemas requieren, aunque este aspecto se ve compensado por el hecho de que estos sistemas requieren poco mantenimiento.

La vida útil del sistema es de 20 años, esto según datos de los fabricantes de paneles fotovoltaicos, sin embargo es importante mencionar que a partir de los 10 años de operación los paneles pueden empezar a perder algo de su capacidad de producir energía, pero según datos de fabricantes esto no debe exceder el 10%, por lo tanto se considerará para el presente cálculo que no existe necesidad de reemplazar los paneles durante los 20 años de operación estimados del sistema.

4.4.1. Evaluación económica del sistema solar

4.4.1.1. Inversión inicial de proyecto

Los costos de instalación o presupuesto del proyecto de acuerdo al expediente técnico ascienden a la suma de S/. 130,713.00, el cual se tomará como costo inicial o de inversión inicial para los cálculos de costo total del ciclo de vida del proyecto.

Tabla N° 4.30.

Presupuesto del proyecto de impulsión de abastecimiento de agua.

SISTEMA DE AGUA POTABLE CON ENERGÍA SOLAR		
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO S/.
01.01	OBRAS PROVISIONALES	6,550.00
01.02	CAPTACIÓN TIPO FONDO	4,376.67
01.03	CISTERNA DE 15 M3 (01 UND)	13,745.01
01.04	CASETA DE BOMBEO (01 UND)	32,762.58
01.05	RESERVORIO (V=8.00 M3)	15706.09
01.06	LÍNEA DE IMPULSIÓN	12,150.24
01.07	SISTEMA DE BOMBEO SOLAR	25,483.14
COSTO DIRECTO		110,773.73
GASTOS GENERALES (18%)		19,939.27
TOTAL DE PRESUPUESTO		130,713.00

Fuente: elaboración propia

El costo total de la instalación determinado en la Tabla N° 4.30 representa la inversión inicial del sistema de energía solar fotovoltaica para suministro de energía.

A lo largo de la vida útil del sistema deberá considerarse el cambio de bombas cada 10 años, entonces cada 10 años se incurrirá en un costo adicional de S/. 7,500.00, todos estos costos deben ser llevados al presente, es decir al momento en que se hace la inversión inicial. De esta forma será posible conocer el costo de operación del sistema a lo largo de su vida útil estimada de 20 años y conociendo la energía que suministra el sistema en esos 20 años será factible conocer el costo de la energía de este sistema.

4.4.1.2. La vida útil de los componentes del sistema FV

Los componentes principales del sistema fotovoltaico, la vida útil varía dependiendo de la calidad de los componentes y condiciones de operación. La vida útil de los componentes principales y el mantenimiento que requieren se estiman basados en experiencia previa o información contenida en manuales de fabricante, si esta información no está disponible, se pueden usar los siguientes valores aproximados:

Tabla N° 4.31.

Años de la vida útil del equipo de sistemas FV

Componentes	Vida Útil (años)	mantenimiento
Arreglo FV y estructura	20 +	Ninguno
Controlador de Potencia FV	10+	Ninguno
Motor/ bomba centrífuga sumergible	7-10	Ninguno o limpiar los Impulsores
Bomba centrífuga superficial	7 -10	Ninguno

Fuente: Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica patrocinado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (USDOE) y la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID) manejados de los Laboratorios Sandia (SNL)

4.4.1.3. Inversión en el tiempo del proyecto

El dinero varía en su poder adquisitivo a través del tiempo al ser afectado por dos factores, la Tasa de Interés y la Inflación.

El tener conocimiento de estos factores permite calcular el valor de una inversión futura en el momento de interés, por ejemplo al momento de realizar la inversión inicial. Esto comúnmente se conoce como llevar al año cero las inversiones futuras o también como Valor Presente Neto VPN).

$$VP = VF \cdot \left[\frac{1 + f}{1 + i} \right]^n$$

Donde:

VP Valor presente

VF Valor futuro

f Tasa de inflación por período de tiempo.

i Tasa de interés por período considerado. Por ejemplo, anual.

n Número de períodos de tiempo considerados.

La tasa de inflación anual puede ser considerada en 10% anual y la tasa de interés es la que corresponde a la ofrecida por los bancos y oscila entre 4 y 5% anual en S/.

a) Costo de operación y mantenimiento (ANUAL)

Los costos de mantenimiento también son anuales tanto de limpieza de paneles, monitoreo y reparaciones y repuestos.

Tabla N° 4.32.

Costos de operación, mantenimiento mensual y anual del bombeo con energía.

Descripción	Unid	Cant.	C. U.	C. T. /mes	C. T. /año
Operador del Sistema					
Limpieza de Paneles	mes	1.0	300.0	300.0	3,600.0
Monitoreo General					
Reparación y Repuestos	Glb	1.0	150.0	150.0	1,800.0
Total S/.				450.0	5,400.0

Fuente: Elaboración propia

Costo operacion y Manteniemento

$$= 5,400 * \left[\left(\frac{1 + 0.1}{1 + 0.05} \right) + \left(\frac{1 + 0.1}{1 + 0.05} \right)^2 + \dots + \left(\frac{1 + 0.1}{1 + 0.05} \right)^{20} \right]$$

Costo operacion y Manteniemento = 182,420.23

b) Costo de Grupos Adicionales (CADA 10 AÑOS, en los años 10)

Considerando un periodo de vida de 10 años para la bomba sumergible, entonces en los años 10 se deberá adquirir otro otra bomba:

$$\text{costo de la bomba sumergible} = 7,500 * \left[\left(\frac{1 + 0.1}{1 + 0.05} \right)^{10} \right]$$

costo de la bomba sumergible = 11,942.50

Por lo tanto, en el año cero, el Valor Presente Neto (VPN) es:

$$\text{VPN} = I_0 + \text{Costo Operacion y Mantenimiento} + \text{Costo Grupos}$$

$$\text{VPN} = 130,713.00 + 182,420.23 + 11,942.50$$

$$\text{VPN} = 325,075.75$$

4.4.2. Evaluación económica del sistema convencional

En este punto se analizará la alternativa de emplear el suministro de red primaria de energía eléctrica, en vez del sistema solar que se ha seleccionado y se ha venido analizando, con el objeto de comparar el costo de la energía generada entre ambos sistemas de diferentes fuentes de generación de energía.

Las consideraciones para poder dimensionar los transformadores a baja tensión del sistema 380/220 que en la mayor parte de zonas rurales existe este tipo de sistema son:

El mayor valor de potencia demandada de manera continua de la bomba sumergible es de 2 hp que es de 1491.4 W

4.4.2.1. Inversión inicial del proyecto

La inversión inicial I_0 será costo de instalación del total del proyecto del sistema de impulsión de agua potable tal como se describe en el proyecto considerando los componentes del sistema de impulsión con energía convencional.

Tabla N° 4.33.

Presupuesto del proyecto de impulsión de abastecimiento de agua

SISTEMA DE AGUA POTABLE CONVENCIONAL		
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO S/.
1.01	OBRAS PROVISIONALES	6,550.00
1.02	CAPTACIÓN TIPO FONDO	4,376.67
1.03	CISTERNA DE 15 M3 (01 UND)	13,745.01
1.04	CASETA DE BOMBEO (01 UND)	32,762.58
1.05	RESERVORIO (V=8.00 M3)	15,706.09
1.06	LÍNEA DE IMPULSIÓN	12,150.24
1.07	SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	32,032.60
COSTO DIRECTO		117,323.19
GASTOS GENERALES (18%)		21,118.17
TOTAL DE PRESUPUESTO		138,441.36

Fuente: Elaboración propio

4.4.2.2. Inversión en el tiempo del proyecto

- a) Costo de operación y mantenimiento (ANUAL)

Los costos de mantenimiento también son anuales tanto de limpieza de paneles, monitoreo y reparaciones y repuestos.

Tabla N°4.34.

Costos de operación y mantenimiento mensual y anual del bombeo con energía convencional.

Descripción	Unid	Cant.	C. U.	C. T. /mes	C. T. /año
Operador del Sistema					
Monitoreo General	mes	1.0	930.00	930.00	11,160.00
Reparación y Repuestos	Glb	1.0	150.00	150.00	1,800.00
Total S/.				1,080.00	12,960.00

Fuente: Elaboración propio

$$\text{Costo operacion y Mantenimiento} = 12,960 * \left[\left(\frac{1+0.1}{1+0.05} \right) + \left(\frac{1+0.1}{1+0.05} \right)^2 + \dots + \left(\frac{1+0.1}{1+0.05} \right)^{20} \right]$$

$$\text{Costo operacion y Mantenimiento} = 437,808.60$$

b) Costo de la energía eléctrica de consumida anualmente

Teniendo en cuenta que el motor debe operar durante 8 horas para llenar el tanque de

15 m³ requiriendo una potencia de 1491.4 W, entonces la demanda de energía para disponer de agua es de: 1491.4 W x 8 h = 11931.2 W-h/día.

El consumo de energía diario de alumbrado es de 100x4=400 W-h/día.

La demanda total de energía diaria es la suma de la energía requerida para abastecimiento de agua y concepto de iluminación.

Tabla N°4.35.

Consumo Diario de Energía total

Sector	Energía Demandada al día (W-h)
Sistema de Bombeo	11,931.2
Alumbrado interior	400.00
TOTAL	12,331.2

Fuente: Elaboración propio

Esto representa una demanda o necesidad de energía (E_D) al año de:

$$E_D = (365 \text{ días/año}) \cdot (12331.2 \text{ W} - \text{h/día}) = 4500.89 \text{ kW} - \text{h/año}$$

Tabla N° 4.36.

Costo total de energía eléctrica.

Descripción	Unid	Cant.	C. U.	C. T. /año
Costo de energía	KW - h/año	4,500.89	0.30	1,350.27
Total S/.				1,350.27

Fuente: Elaboración propio

Consumo de energia electrica

$$= 1,350.27 * \left[\left(\frac{1 + 0.1}{1 + 0.05} \right) + \left(\frac{1 + 0.1}{1 + 0.05} \right)^2 + \dots + \left(\frac{1 + 0.1}{1 + 0.05} \right)^{20} \right]$$

$$\text{Consumo de energia electrica} = 45,614.18$$

c) Costo de Grupos Adicionales (CADA 10 AÑOS, en los años 10)

Considerando un periodo de vida de 10 años para la bomba sumergible, entonces en los años 10 se deberá adquirir otro otra bomba:

$$\text{costo de la bomba sumergible} = 7,500 * \left[\left(\frac{1 + 0.1}{1 + 0.05} \right)^{10} \right]$$

$$\text{costo de la bomba sumergible} = 11,942.50$$

Por lo tanto, en el año cero, el Valor Presente Neto (VPN) es:

$$\text{VPN} = I_0 + \text{Costo Operacion y Mantenimiento} \\ + \text{consumo de energia electrica} + \text{Costo Grupos}$$

$$\text{VPN} = 138,441.36 + 437,808.60 + 45,614.18 + 11,942.50$$

$$\text{VPN} = 633,806.64$$

4.4.3. Costo total de inversión

En el siguiente cuadro se puede observar el costo total de las alternativas de bombeo de agua potable.

Tabla N° 4.37.
Costo total de inversión de los sistemas de bombeo.

	AÑO	ENERGÍA SOLAR	ENERGÍA CONVENCIONAL
Inv. Inicial	0	130,713.00	138,441.36
costo de instalación más costo de operación y mantenimiento	1	136,370.14	153,433.07
	2	142,296.67	169,138.67
	3	148,505.42	185,592.16
	4	155,009.82	202,829.15
	5	161,823.96	220,886.95
	6	168,962.57	239,804.64
	7	176,441.12	259,623.17
	8	184,275.80	280,385.45
	9	192,483.55	302,136.40
	10	213,024.65	336,865.61
	11	222,032.70	360,737.41
	12	231,469.71	385,745.96
	13	241,356.10	411,945.39
	14	251,713.27	439,392.41
	15	262,563.64	468,146.43
	16	273,930.70	498,269.69
	17	285,839.04	529,827.40
	18	298,314.45	562,887.85
	19	311,383.92	597,522.61
	20	325,075.75	633,806.64

Fuente: Elaboración propia

En el presente cuadro se puede observar el costo total de inversión de las alternativas siendo el valor de inversión con energía a solar de S/. 325,075.75 soles y el de energía convencional S/. 633,806.64 soles pudiéndose observar que el costo de inversión total de un sistema de bombeo con energía a convencional es mayor en un periodo de 20 años siendo este un ciclo de vida útil de dicho proyecto.

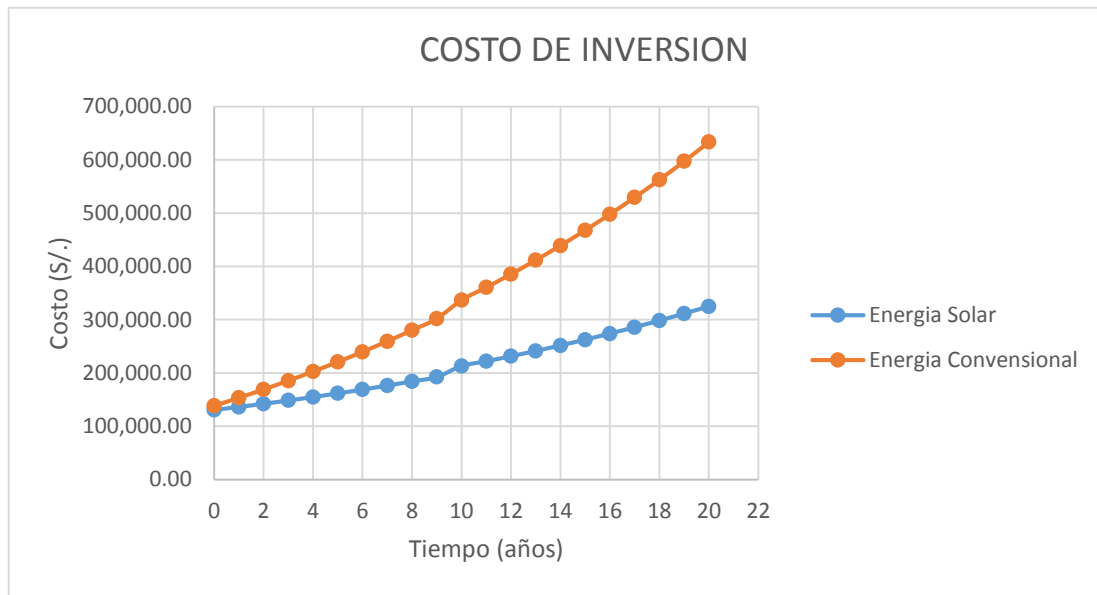


Figura N° 4.31. Grafica del costo de inversión total a largo del tiempo
Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Costo de la energía solar

En vista que el panel tiene una vida útil de 20 años sin considerar las baterías

Siendo $I_0 = S/. 25,483.14$ la inversión inicial.

Por lo tanto, en 20 años la inversión total llevada al año cero representa:

$$VPN = S/. 25,483.14$$

Finalmente, la salida de energía de un panel solar al día (ES) se puede evaluar mediante la ecuación (4.10). La salida anual se hallará multiplicando por 365 el valor anterior. En la tabla N° 4.38 se muestran las salidas eléctricas diarias y anuales evaluadas para las opciones de paneles solares.

$$E_s = 0.9 \times E_s = (0.9) \cdot (\text{Potencia pico de panel}) \cdot (\text{HSP}) \quad (4.10)$$

Tabla N° 4.38.

Salida Eléctrica del Paneles Solares

Panel Solar	Potencia Pico (Wp)	Radiación Promedio kW-h/m ² · día	HSP (horas al día)	Salida de Energía al día (kW-h / día)	Salida de Energía al año (kW-h / año)
ISOFOTON modelo IS – 150/12	150	5.09	5.09	0.69	251.85

Fuente: Elaboración propia

La salida de energía total (E_T)

$$E_T = 11 * 251.85 = 2770.35 \text{ (kW-h / año)}$$

Se determinó la Energía Total que suministra el sistema (E_T) igual a 2770.35 kW-h/año. Por lo tanto en 20 años el sistema suministra una energía igual a $E_T \cdot (20 \text{ años})$ lo cual equivale a 55407 kW-h. Entonces el costo de la energía generada en 20 años es:

$$\text{Costo Energia} = \frac{\text{S/. } 25,483.14}{(2770.35 \text{ kW} - \text{h/año}) \cdot (20 \text{ años})} = 0.46 \text{ S/. /kW} - \text{h}$$

4.4.5. Costo de la energía convencional

En vista que los paneles tiene una vida útil de 20 años el suministro de energía eléctrica

Siendo $I_0 = \text{S/. } 138441.36$ la inversión inicial.

Consumo de energia electrica = 45,614.18

$VPN = 32,032.60 + 45,614.18 = 77,646.78$

Esto representa una demanda o necesidad de energía (E_D) al año de:

$$E_D = (365 \text{ días/año}) \cdot (12331.2 \text{ W} - \text{h/día}) = 4500.89 \text{ kW} - \text{h/año}$$

$$\text{Costo Energia} = \frac{\text{S/. } 77,646.78}{(4500.89 \text{ kW} - \text{h/año}) \cdot (20 \text{ años})} = 0.86 \text{ S/. /kW} - \text{h}$$

4.5. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ADECUADA PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

Según las los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas tanto técnico como económico del presente estudio se puede observar que la alternativa solución para el abastecimiento de agua potable por bombeo para un sector de C.P de Fharata Copani es la Utilización de la energía Solar debido a que con la utilización de energía solar la operación y mantenimiento es más sencilla que el otro sistema convencional y no requiere de muchos gastos económicos para el mantenimiento a lo largo de su vida útil como se puede apreciar en los siguientes cuadros.

Tabla N° 4.39.

Cuadro de indicadores de evaluación.

Indicadores de Evaluación	Energía Solar
I. Instalación	
Costos de Instalación	Elevado (S/. 130,713.00 nuevos soles)
Instalación del Sistema de bombeo	Requiere de técnicos Especialistas
2.- Operación	
Tiempo de Operación (Ciclo de Vida)	20 años (Paneles solares)
Combustible (Diesel)	no requiere
Aceite para el generador	no requiere
Filtros de la bomba	no requiere
Impacto Ambiental	no tiene
Abastecimiento en Periodos Nublados	requiere abastecer en gran cantidad para suministrar agua esos días
Radiación Solar	necesita radiación solar diario
Reemplazo de la Bomba	cada 10 años
3.- Operación del Sistema	
Operación del Sistema	diario
Cambio de Aceite	no requiere
Cambio de Filtros	no requiere
Revisión de la Bomba	cada 5 años
Limpieza del Tanque	cada 2 semanas
Limpieza Total del Generador de Energía	limpieza del polvo de los paneles solares
Monitoreo General	anual
4.- Organización	
Junta administradora del servicio de saneamiento (JASS)	si se requiere

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

La principal conclusión de este trabajo es el haber demostrado que el uso de energías alternativas, solar y eólico en el presente caso, representan una opción altamente competitiva para sistemas de impulsión de abastecimiento de agua potable para las zonas rurales.

- El resultado de la evaluación técnicas de las alternativas elegidas de sistema de bombeo en la zona rural urbano del centro poblado se concluye que lo más recomendable y apropiado para el abastecimiento de agua para la zona, es la utilización de la energía solar al contar con suficiente radiación solar que haciende a $5.09 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$, además la región de Puno es la segunda región que recibe una fuerte radiación. Además ya que no requiere de mano de obra calificada en las fases de operación y mantenimiento, como son: operación del sistema diario, limpieza de los paneles semanal, limpieza del tanque cada dos semanas, monitoreo general anual, revisión de la bomba cada 5 años. La selección de la bomba para este tipo de impulsión son las bombas solares sumergible que son de corriente continua que funcional directamente proporcional con la radiación solar, donde se elegido modelo Grungfos 3A-10 que estas en función de la altura dinámica total de 65.73 con caudal de bombeo instantáneo de $2.95 \text{ m}^3/\text{h}$ con una potencia de 1290 W , generando con una potencia de panel solar de 1650 Wp .
- Al comparamos la energía total generada por la turbina a partir de la velocidad del viento (296.86 Wh/día) con la energía generada por el panel fotovoltaico (4750 Wh/día), se puede concluir que la generación eólica no es factible en esta zona, especialmente si se tiene en cuenta que es un proyecto que pretende reducir costos a la población beneficiada y que es menos costoso aumentar el número de paneles fotovoltaicos para suplir los requerimientos de la bomba que conseguir o construir un aerogenerador o turbina que genere parte de esta energía con las bajas velocidades del viento que se tienen. Además es importante tener en cuenta que este cálculo se hizo sin incluir las pérdidas en los dispositivos de captación y conversión, con lo cual se reduciría la cantidad de energía generada. Dado que el volumen diario requerido es bajo, la bomba que se requiere es pequeña, con una capacidad de $15 \text{ m}^3/\text{día}$, la cual va a operar bajo las condiciones de la radiación solar para satisfacer la demanda y bajo

una eficiencia alta para este tipo de equipos (60%). El potencial solar del cual se dispone en el sitio de instalación es suficiente para llevar a cabo el proyecto de una manera adecuada, donde se optimice la cantidad de los paneles y se tenga una viabilidad económica para este tipo de proyectos. El potencial eólico por su parte, es tan bajo en la zona que no alcanza la velocidad mínima de arranque de los aerogeneradores comerciales, por lo tanto, no es viable su utilización ni siquiera haciendo un híbrido con la energía solar, ya que es mucho más económico utilizar un panel que genere la energía que se debería suplir con el aerogenerador que el aerogenerador mismo.

- Desde el punto de evaluación económica, teniendo las dos alternativas con un ciclo de vida de 20 años, económicamente la mejor alternativa es el bombeo de agua con energía solar fotovoltaica frente a una energía convencional donde su costo total de ciclo de vida asciende a un monto de S/. 325,075.75 que a diferencia del bombeo con energía convencional a energía eléctrica su costo es de S/. 633,806.64 teniendo una diferencia el monto de S/. 308,730.89 el cual representa el 48.71 % en exceso.

Evaluar la factibilidad económica de la energía solar fotovoltaica-eólico frente al uso de energía convencional. Los costos de energía para el caso de un sistema con energía solar fotovoltaica (0.46 S/./kW-h) es inferior frente al uso de energía convencional (0.86 S/./kW-h).

Por lo tanto la energía solar fotovoltaica es la más factible frente al uso de cualquier energía convencional que se pudiera instalar en la zona del proyecto.

CAPITULO VI

6. RECOMENDACIONES

Por la larga experiencia del socio local en proyectos anteriores ya ejecutados, todos los sistemas instalados funcionan bajo el cuidado de sus pobladores y necesitan poco mantenimiento y el coste de ajuste es muy bajo. La actitud responsable de los pobladores para afrontar el mantenimiento de los equipos se fortalece mediante el programa de educación sanitaria y sensibilización, que con especial énfasis se hace con las madres y líderes de la localidad, ya que la mujer será la encargada de hacer un efecto multiplicador de la información impartida. Además, su participación también será útil para verificar la transmisión de buenas prácticas de salud e higiene a su familia y comunidad.

Las investigaciones y evaluaciones realizadas en zonas aledañas al proyecto ayudaron a determinar parámetros de diseño tales como caudales, dotaciones, tasa de crecimiento, entre otros, que permitieron diseñar un sistema técnicamente eficiente y sostenible en el tiempo, manejado por las mismas comunidades beneficiarias.

Al evaluar los sistemas de abastecimiento de agua potable por impulsión con energía solar fotovoltaica se puede realizar el reemplazo de los sistemas convencionales ya que también se puede acondicionar el sistema fotovoltaico todos los proyectos ejecutados con energía convencional ya que muchas veces esta sin operación por el costo de energía eléctrica.

Se recomienda mayores estudios y evaluaciones de sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales con el fin de obtener otros parámetros (variaciones de consumo) y particularidades técnicas, que permitan el diseño más realista de futuros sistemas en estas zonas.

CAPITULO VII

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIAS

- Arocha,S.(1990).”*Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño*”. 1990
- CEPIS/OPS. (2004).” *Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados*”, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS/CEPIS/04.108. Pag. 35.Lima.
- Ministerio de Salud.(1994). “*Abastecimiento de Agua y Saneamiento para poblaciones Rurales y Urbano Marginales*”. Norma Técnica.Pag. 33. Perú.
- Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería.(1971).” *Abastecimiento de agua potable a comunidades rurales*”. Buenos Aires.
- Meléndez, T. & Gorki, I.(2000). “*Estudio del sistema de abastecimiento de agua en dos zonas rurales de la costa norte del Perú*”. Tesis. Piura: Universidad de Piura.
- Ezerskii, N & Meléndez, G. & Flores, M.(2005). “*Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades rurales*”. Piura: EDIGRAP S.R.L..
- CEPIS. (2000). ”*Evaluación de los servicios de agua potable y saneamiento*”. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente .Perú.
- Pingo, M.(2004).”*Factibilidad técnico económica de la fuente de abastecimiento de agua de la localidad de El Alto*”. Tesis. Piura: Universidad de Piura.
- Nedelcu, S.(2009). “*Suministro de energía eléctrica a una vivienda rural aislada mediante fuentes de energía renovables*”. Trabajo de grado (ingeniería Técnica Industrial especialidad Electricidad). Universidad Rovira i Virgili. Departamento de ingeniería electrónica, eléctrica y automática. Disponible en: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1430pub.pdf>
- Perales, T.(2006). “*Guía del instalador de energías renovables: energía fotovoltaica, energía térmica, energía eólica, climatización*”. Pag.23-142. México: Limusa.
- Santamaría, G. & castejón, A.(2010). “*Instalaciones solares fotovoltaicas*”. Pag.15. Madrid: editex S.A.

- Style, O.(2012). "*Energía solar autónoma: planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo*". Pag. 14-18. Estados Unidos: ITACA Appropriate Technology.
- Salcedo, R.(2009). "*La energía solar en edificación; un estudio de los diferentes tipos de energía solar aplicable a edificación*". Caso estudio del tipo de energía solar térmica para su dimensionado, instalación y cuantificación del ahorro de energía convencional. Pag. 105. Ciudad de México: Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ingeniería. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/1039?show=full>
- Blog sobre energía solar. Disponible en línea: <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/celulas-solares.html>
- Jutglar, L. (2004). "*Energía solar*". Pag.23-26. España: CEAC.
- Escudero, J. (2011). "*Manual de energía eólica*". Segunda edición.Pag. 130-138. España: ediciones Mundi-Prensa.
- LBA Industrial mining. "*Aerogenerador de eje vertical*". Disponible en línea: [<http://www.lbaindustrial.com.mx/que-es-un-aerogenerador/>]
- Moreno, C. (2015). "*Tecnología de los pequeños aerogeneradores*". Disponible en línea: <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/Energia39/HTML/articulo03.htm>
- Moreno, C. (2015). "*La veleta en los molinos de viento*". Disponible en línea: <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/Energia58/HTML/articulo02.htm>
- Moreno, C. (2015). "*Producción de electricidad con energía eólica*". Disponible en línea: <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/Energia40/HTML/articulo06.htm>
- Mataix, C. (2003). "*Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*". Segunda edición.Pag.190-230 y 369-397. México: acabados editoriales incorporados S.A.
- NASA. (2018). "*Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables Parameters for Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications: Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m²/day)*". Disponible

en línea: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>

CEPIS.(1983). *“Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades”*, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. La Haya..

OPS.(2015). *“Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable”*, Organización Panamericana de la salud. Lima.

NOCA.(1995). *“Reglamento de calidad de agua de consumo humano”*, Normas oficiales de la calidad de agua. Perú.

ITINTEC.(1987). *“Agua Potable – Requisitos”*, Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. Perú.

DIGESA.(2005).”*Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria”*, Dirección Regional de Salud Ambiental.Pag.7. Norma OS.100..

CEPIS/OPS. (2004). *“Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales”*, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS/CEPIS/04.107.Pag. 25. Perú.

ANEXOS

ANEXO A: Lugar de captación y aforamiento.

ANEXO B: Especificaciones técnicas de la bomba SQF 3A-10

ANEXO C: Diagrama de selección de la bomba SQF 3A-10

ANEXO D: Especificación técnicas de la caja de conexiones IO 101 SQFlex

ANEXO E: Especificación técnica de tuberías PVC

ANEXO F: Especificación técnicas del módulo fotovoltaico IS-150/12

ANEXO G: Fotografías de instalaciones de paneles solares

ANEXO H: Presupuesto de abastecimiento con energía solar

ANEXO I: Análisis de precios unitarios

ANEXO J: Metrado y presupuesto de energía convencional

ANEXO K: Armado red de suministro eléctrico de subestación biposte

ANEXO L: Calculo de armadura de reservorio

ANEXO M: Clasificación de suelos

ANEXO N: Ensayo de corte directo

ANEXO Ñ: Factores de forma (Vesic. 1973)

ANEXO O: Valores de los coeficientes (k) para el calculo de momentos – tapa libre y fondo empotrado

ANEXO P: Características de las varillas del refuerzo

ANEXO Q: Datos meteorológicos de radiación solar diario de senamhi-puno

ANEXO R: Datos meteorológicos de irradiación solar promedio mensual extraído de Senamhi.

ANEXO S: Datos meteorológicos de velocidad del viento mensual extraído de Senamhi.

ANEXO T: Especificaciones técnicas del anemómetro de cucharas Windmaster 2

ANEXO U: Especificaciones técnicas de Mac-Solar (SLM018c-2).

ANEXO W: Planos de los elementos del sistema de abastecimiento de agua potable con energía solar fotovoltaico



ANEXO A

LUGAR DE CAPTACIÓN Y AFORAMIENTO.



Foto N° 01: Captación de agua



Foto N° 02: Comunida de Anicho y recurso hidrico



ANEXO B

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BOMBA SQF 3A-10

Company name: -
 Created by: -
 Phone: -
 Fax: -
 Date: -

Description	Value
General information:	
Product name:	SCF 3A-10
Position:	
Product No.:	96275336
EAN number:	5700834760099
Price:	On request
Technical:	
Approvals on motor nameplate:	CE, CTICK, TR, MARK
Pump No.:	9627534
Stages:	10
Valve:	pump with built-in non-return valve
Materials:	
Pump:	Stainless steel DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
Impeller:	Stainless steel DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
Rotor:	DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
Stator:	DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
Installation:	
Maximum ambient pressure:	15 bar
Pump outlet:	R ₀ 1,25
Minimum borehole diameter:	102 mm
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Maximum liquid temperature:	40 °C
Liquid temp.:	20 °C
Density:	998.2 kg/m ³
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s
Electrical data:	
Motor type:	MSF3
Power input - P1:	1.4 kW
Rated voltage ac:	1 x 90-240 V
Rated voltage dc:	30-300 V
Start. method:	direct-on-line
Rated current:	8.4 A
Power factor:	1.0
Rated speed:	500-3600 rpm
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	F
Motor protec.:	Y
Thermal protec.:	internal
Length of cable:	2 m
Motor No.:	96275336
Others:	
Minimum efficiency index, MEI z:	0.70
Net weight:	9.5 kg
Gross weight:	11 kg
Shipping volume:	0.028 m ³
Sales region:	Europe/South America/Japan

Printed from Grundfos Product Centre (2015.03.047)

24

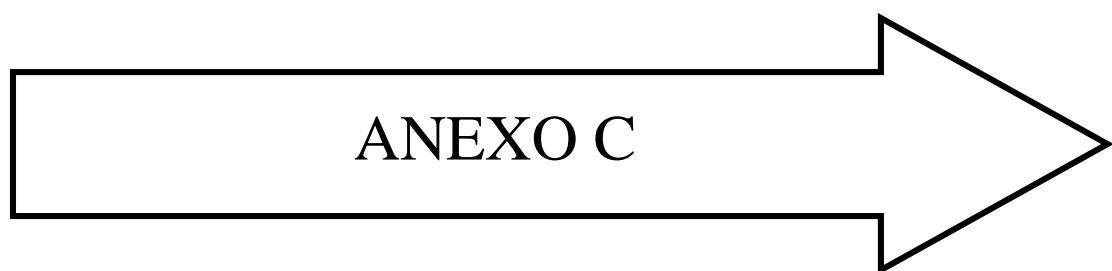
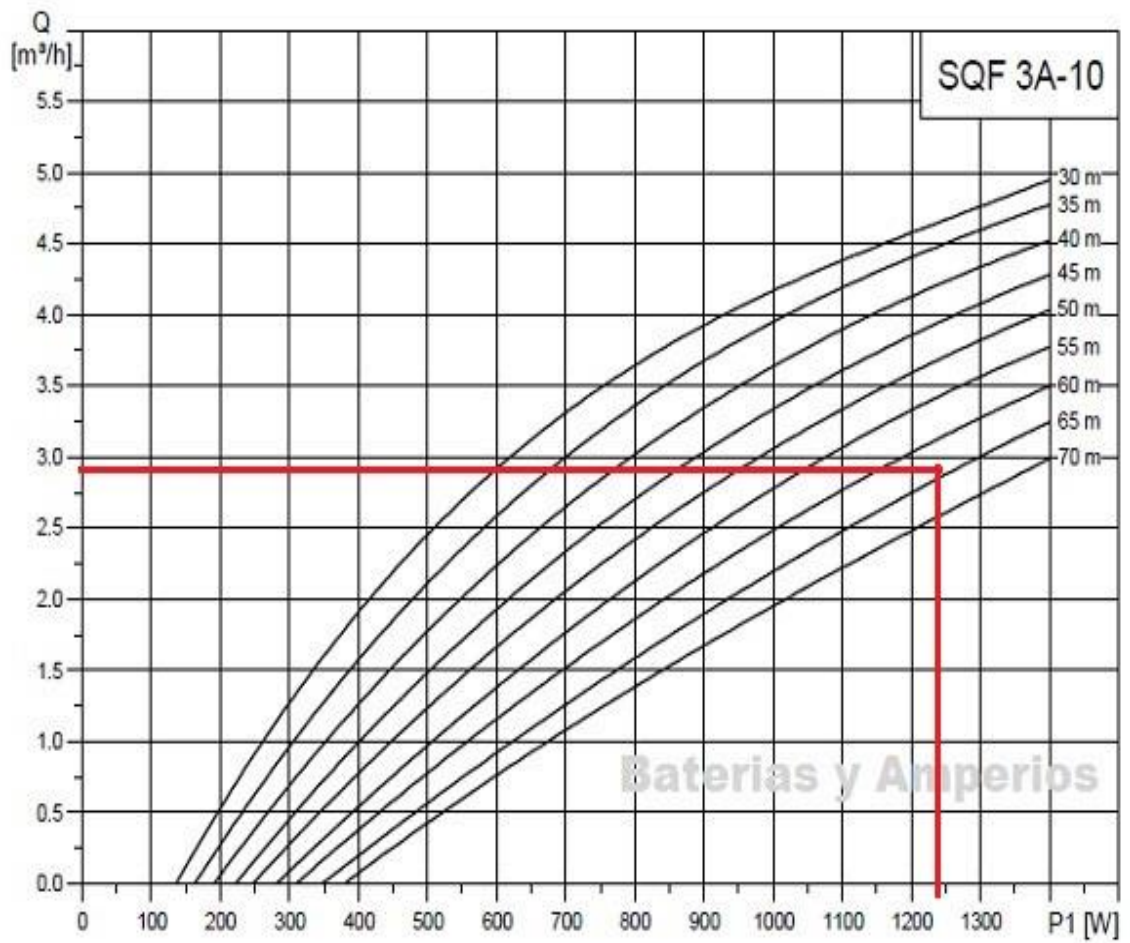


DIAGRAMA DE SELECCIÓN DE LA BOMBA SQF 3A-10

SQF 3A-10





ANEXO D

ESPECIFICACIÓN TÉCNICAS DE LA CAJA DE CONEXIONES
IO 101 SQFLEX.

Caja de conexiones IO 101 SQFlex

230 VCA - 15 %/+ 10 %, 50/60 Hz (relé interno).
Máximo 225 VCC, 8,4 A.
Máximo 255 VCA, 8,4 A.

Tensión

115 VCA - 15 %/+ 10 %, 50/60 Hz (relé interno).
Máximo 225 VCC, 8,4 A.
Máximo 125 VCA, 8,4 A.

Grado de protección IP55.

Temperatura ambiente Durante el funcionamiento: -30 °C a +50 °C.
Durante el almacenaje: -30 °C a +60 °C.

Marcado CE.



ANEXO E

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TUBERÍAS PVC

TUBERIA Y CONEXIONES DE PVC

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PARA AGUA FRÍA CON ROSCA NPT 399.166 : 2008

Diámetro Exterior		Longitud			Rosca NPT		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 Bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Rosca (mm)	Util (Metros)	Hilos	Número	Espesor (mm)	Peso Aprox. (Kg x tubo)
1/2"	21.0	5.00	17.2	4.98	14	14	2.9	1.277
3/4"	26.5	5.00	17.5	4.98	14	14	2.9	1.663
1"	33.0	5.00	21.8	4.98	11½	11½	3.4	2.443
1¼"	42.0	5.00	22.4	4.98	11½	11½	3.6	3.353
1½"	48.0	5.00	22.8	4.98	11½	11½	3.7	3.975
2"	60.0	5.00	23.7	4.98	11½	11½	3.9	5.303

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PARA AGUA FRÍA PRESIÓN NTP 399.002 : 2015

Diámetro Exterior		Longitud			Clase 5 SDR 41 72 PSI (5 bar)		Clase 7.5 SDR 27.7 108 Psi (7.5 bar)		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 bar)		Clase 15 SDR 14.3 215 PSI (15 bar)		
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Util (metros)	Espesor (mm)	Peso (kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (kg x tubo)	Espesor (mm)	Peso (kg x tubo)	Espesor (mm)	Peso (kg x tubo)
1/2" (I)	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	1.8	0.841	1.8	0.841	1.8	0.841
3/4" (I)	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.082	1.8	1.082	1.8	1.082
1"	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.365	2.3	1.717	2.3	1.717
1¼"	42.0	5.00	4.96	-	-	1.8	1.758	2.0	1.943	2.9	2.755	3.3	3.584
1½"	48.0	5.00	4.96	-	-	1.8	2.020	2.3	2.554	2.9	4.021	4.2	5.692
2"	60.0	5.00	4.95	1.8	2.544	2.2	3.088	2.9	4.021	3.5	5.905	5.1	8.407
2½"	73.0	5.00	4.94	1.8	3.111	2.6	4.444	3.5	5.905	4.2	8.593	6.2	12.385
3"	88.5	5.00	4.93	2.2	4.608	3.2	6.625	4.2	8.593	5.4	14.244	8.0	20.597
4"	114.0	5.00	4.90	2.8	7.562	4.1	10.944	5.4	14.244	8.0	31.099	11.7	44.432
6"	168.0	5.00	4.86	4.1	16.326	6.1	23.995	8.0	31.099	10.4	52.713	15.3	75.730
8"	219.0	5.00	4.82	5.3	27.519	7.9	40.521	13.0	82.130	13.0	82.130	19.0	117.269
10"	273.0	5.00	4.77	6.7	43.353	9.9	63.290	15.4	98.105	15.4	98.105	22.5	164.301
12"	323.0	5.00	4.73	7.9	60.487	11.7	75.585						

(I) Sello Sedapal para 21mm y 26.5mm según especificación técnica SEDAPAL.



ANEXO F

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

IS-150/12

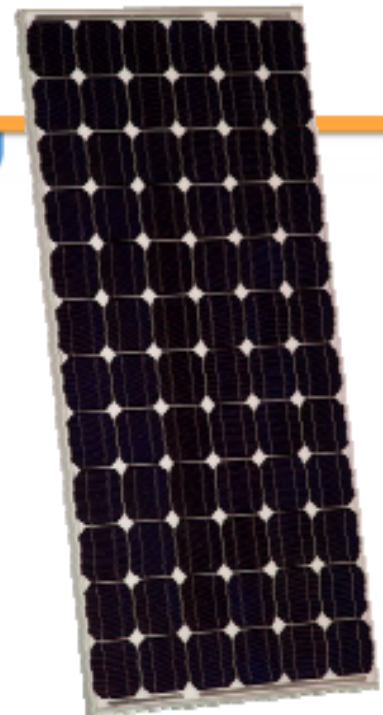
MÓDULO FOTOVOLTAICO IS-150 / 12

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

DIMENSIONES	1.590 x 790 x 39,5 mm
PESO	14,4 Kg
CONDICIONES DE EMBALAJE	4 módulos por caja
TAMAÑO CAJA EMBALAJE	1.720 x 910 x 230 mm

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (1.000 W / m², 25° C célula, AM 1.5)

POTENCIA MÁXIMA (P _{max})	150 Wp +/- 5%
CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA (I _{max})	8,7 A
TENSIÓN DE MÁXIMA POTENCIA (V _{max})	17,3 V
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I _{sc})	9,3 A
TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (V _{oc})	21,6 V
TONC (800 W / m ² , 20° C, AM 1.5, 1 m / s)	47° C
MÍNIMO VALOR DEL FUSIBLE EN SERIE	10 A
TENSIÓN MÁXIMA DEL SISTEMA	760 V



CAJA DE CONEXIÓN

MEDIDAS (LARGO X ANCHO X ALTURA)	100 x 110 x 30 mm
CAJAS DE CONEXIÓN	1 x IP 65 con diodo de bypass
TERMINAL DE CONEXIÓN	Bornera atornillable con posibilidad de soldadura
CABLES (*)	400 mm (+); 1.000 mm (-); 4 mm ²

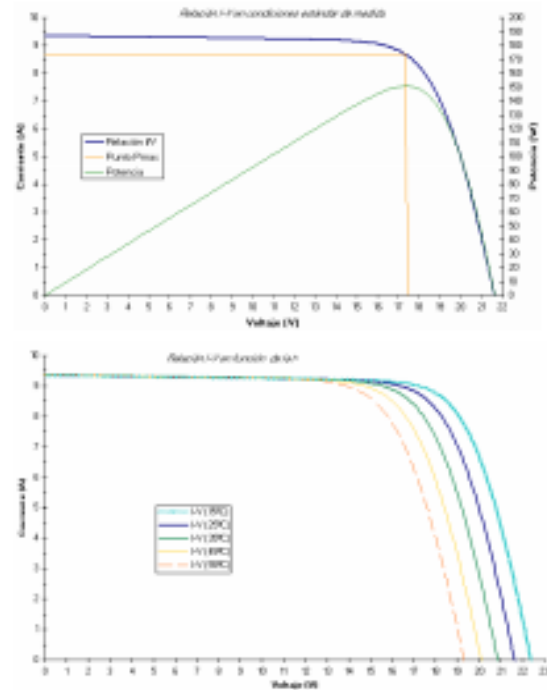


(*) Multicontact MC4 opcional. Medidas estándares. En caso de necesitarse otras medidas, por favor, póngase en contacto con Isofotón.

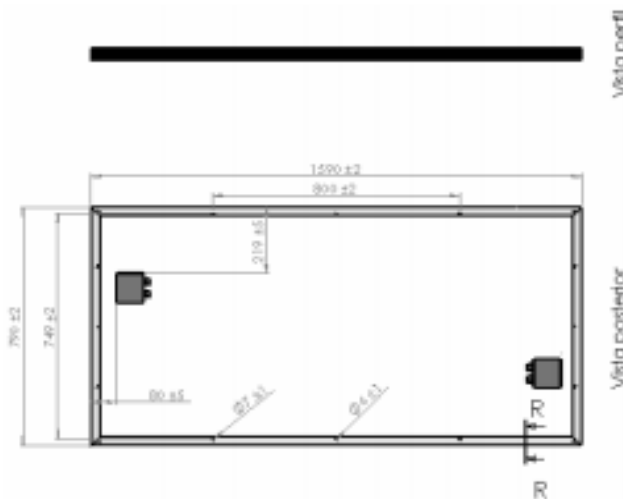
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

TIPO DE CÉLULA: SI MONOCRISTALINO, TEXTURADA Y CON CAPA ANTIRREFLEXIVA	125 x 125 mm
CONTACTOS	Contactos redundantes, múltiples, en cada célula
Nº DE CÉLULAS EN SERIE	36
Nº DE CÉLULAS EN PARALELO	2
LAMINADO	EVA (etilen – vinil acetato)
CARA POSTERIOR	Protegida con Tedlar de varias capas
CARA FRONTAL	Vidrio templado y microestructurado de alta transmisividad
MARCO	Aluminio anodizado
TOMA DE TIERRA	Si
CERTIFICACIONES	IEC 61215, Clase II mediante certificado TÜV, CE

CURVAS



DIMENSIONES



Sección R-R

• La cota longitudinal y transversal no incluye la proyección máxima de la cabeza de los remaches.

OBSERVACIONES

- Todos los módulos Isotón están garantizados por 25 años (garantía de potencia).
- Todas las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

Edición: Junio 2006



ANEXO G

FOTOGRAFÍAS DE INSTALACIONES DE PANELES SOLARES



Foto N° 01: Instalaciones de paneles fotovoltaicos en la zona norte de captación de provincia El Collao- Ilave



Foto N° 02: Instalaciones de paneles fotovoltaicos en la captación del Centro Poblado de Piñutani de la Provincia el Collao –ilave



Foto N° 03: Registro de datos con el soladimetro



Foto N° 04: Registro de datos con el soladimetro escalado a los panes solares



ANEXO H

PRESUPUESTO DE ABASTECIMIENTO CON ENERGÍA SOLAR

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**
 Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSIÓN DE AGUA**
 Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO** Costo al **01/09/2018**
 Lugar **PUNO - PUNO – PUNO**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SISTEMA DE AGUA POTABLE				110,773.73
01.01	OBRAS PROVISIONALES				6,550.00
01.01.01	CARTEL DE OBRA DE 3.60m X 2.40m	und	1.00	1,100.00	1,100.00
01.01.02	TRANSPORTE DE MATERIAL A OBRA	vje	1.00	2,000.00	2,000.00
01.01.03	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	glb	1.00	3,450.00	3,450.00
01.02	CAPTACIÓN TIPO FONDO				4,376.67
01.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES				6.09
01.02.01.01	TRAZO DE NIVELES Y REPLANTEO	m2	6.21	0.98	6.09
01.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				241.30
01.02.02.01	EXCAVACIÓN MANUAL BAJO AGUA	m3	2.90	51.76	150.10
01.02.02.02	REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO NORMAL	m2	5.33	0.59	3.14
01.02.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE (d=30m. Promedio)	m3	8.94	9.85	88.06
01.02.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				280.81
01.02.03.01	CONCRETO F'C=175 KG/CM2	m3	1.00	280.81	280.81
01.02.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				2,211.20
01.02.04.01	CONCRETO EN MURO Y TAPA C°:F'C=210 KG/CM2	m3	2.17	344.06	746.61
01.02.04.02	ACERO GRADO 60 EN CAPTACIÓN	kg	69.32	4.09	283.52
01.02.04.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO MUROS	m2	26.60	38.30	1,018.78
01.02.04.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO LOSA TAPA	m2	5.07	32.01	162.29
01.02.05	REVOQUES, ENLUCIDOS Y MOLDURAS				823.46
01.02.05.01	TARRAJEO EN INTERIORES C/IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2, e=1.5c.	m2	14.04	32.69	458.97
01.02.05.02	TARRAJEO EN EXTERIORES	m2	14.65	24.88	364.49
01.02.06	PINTURAS				105.33
01.02.06.01	PINTURA LATEX EN EXTERIORES	m2	14.65	7.19	105.33
01.02.07	FILTRO				55.99
01.02.07.01	FILTRO DE ARENA	m3	0.65	46.60	30.29
01.02.07.02	FILTRO DE GRAVA	m3	0.87	29.54	25.70
01.02.08	VÁLVULAS Y ACCESORIOS				652.49
01.02.08.01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS DE CAPTACIÓN	und	1.00	514.79	514.79
01.02.08.02	TAPA METÁLICA DE INSPECCIÓN DE 0.60X0.60 M.	und	1.00	71.35	71.35
01.02.08.03	TAPA METÁLICA DE INSPECCIÓN DE 0.40X0.40 M.	und	1.00	66.35	66.35
01.03	CISTERNA DE 15 M3 (01 UND)				13,745.01
01.03.01	TRABAJOS PRELIMINARES				46.50
01.03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	16.40	0.98	16.07
01.03.01.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	20.70	1.47	30.43
01.03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				790.20
01.03.02.01	EXCAVACIÓN MASIVA MANUAL TIERRA COMPACTA	m3	26.75	29.54	790.20
01.03.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				29.29
01.03.03.01	CONCRETO 1:10 PARA SOLADOS E=4"	m2	1.48	19.79	29.29
01.03.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				8,729.64
01.03.04.01	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 C/IMPERMEABILIZANTE	m3	11.67	308.82	3,603.93
01.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO MUROS EN RESERVORIO	m2	80.90	38.30	3,098.47
01.03.04.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TAPA EN RESERVORIO	m2	16.20	32.01	518.56

01.03.04.04	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2 EN RESERVORIO	kg	368.87	4.09	1,508.68
01.03.05	REVOQUES Y ENLUCIDOS				1,794.31
01.03.05.01	TARRAJEO EN INTERIORES C/IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2, E=1.5 CM.	m2	42.56	32.69	1,391.29
01.03.05.02	TARRAJEO EN EXTERIORES, MORTERO C:A 1:5, E=1.5 CM.	m2	33.28	12.11	403.02
01.03.06	PINTURAS				313.70
01.03.06.01	PINTURA EN EXTERIORES AL LATEX	m2	43.63	7.19	313.70
01.03.07	VARIOS				2,041.37
01.03.07.01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS EN CAJA DE VÁLVULAS, TANQUE CISTERNA	glb	1.00	1,584.29	1,584.29
01.03.07.02	SUMINISTRO Y COLOCADO DE ESCALERA DE FIERRO GALVANIZADO	und	1.00	242.22	242.22
01.03.07.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN TUB. VENT. F°G° DE 2"	und	1.00	59.93	59.93
01.03.07.04	TAPA METÁLICA PARA CISTERNA DE 0.60 X 0.60 m	und	1.00	71.35	71.35
01.03.07.05	PRUEBA HIDRÁULICA Y DESINFECCIÓN, CISTERNA	glb	1.00	83.58	83.58
01.04	CASETA DE BOMBEO (01 UND)				32,762.58
01.04.01	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				1,641.14
01.04.01.01	CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	m3	1.88	313.36	589.12
01.04.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	8.72	41.26	359.79
01.04.01.03	ACERO GRADO 60	kg	169.25	4.09	692.23
01.04.02	MUROS Y TABIQUES				3,082.72
01.04.02.01	MUROS DE LADRILLO K.K. DE ARCILLA DE SOGA	m2	41.44	74.39	3,082.72
01.04.03	REVOQUES, ENLUCIDOS Y MOLDURAS				1,566.44
01.04.03.01	TARRAJEO EN INTERIORES Y EXTERIORES	m2	75.93	20.63	1,566.44
01.04.04	CARPINTERÍA METÁLICA				453.12
01.04.04.01	PUERTA METÁLICA DE 0.80 X 1.80 M.	und	1.00	312.69	312.69
01.04.04.02	VENTANA METÁLICA DE 1.85m X 0.25 m.	und	1.00	140.43	140.43
01.04.05	PINTURAS				380.99
01.04.05.01	PINTURA LATEX EN INTERIORES	m2	27.63	6.31	174.35
01.04.05.02	PINTURA LATEX EN EXTERIORES	m2	28.74	7.19	206.64
01.04.06	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO				15,701.29
01.04.06.01	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
01.04.06.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ELECTROBOMBA	und	1.00	10,701.29	10,701.29
01.04.07	CERCOS DE PROTECCIÓN				9,936.88
01.04.07.01	EXCAVACIÓN MANUAL	m3	0.82	16.88	13.84
01.04.07.02	REFINE NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN	m2	1.62	0.59	0.96
01.04.07.03	DADOS DE CONCRETO F'C=140 KG/CM2	m3	0.82	267.90	219.68
01.04.07.04	POSTE DE FIERRO GALVANIZADO DE Ø 2"	und	18.00	55.88	1,005.84
01.04.07.05	MALLA METÁLICA CON ALAMBRE N° 12 COCADAS DE 2"	m2	103.88	60.94	6,330.45
01.04.07.06	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ALAMBRE DE PÚAS	m	54.00	4.26	230.04
01.04.07.07	FIERRO ANGULAR DE 2"X2"	m	167.88	11.39	1,912.15
01.04.07.08	PUERTA DE MALLA METÁLICA	und	1.00	223.92	223.92
01.05	RESERVORIO (V=8.00 M3)				15,706.09
01.05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				28.52
01.05.01.01	TRAZO DE NIVELES Y REPLANTEO	m2	11.64	0.98	11.41
01.05.01.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	11.64	1.47	17.11
01.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				159.98
01.05.02.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO NORMAL	m3	5.68	14.77	83.89
01.05.02.02	NIVELACIÓN Y APISONADO PARA SOLADO	m2	11.64	1.40	16.30
01.05.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE (d=30m. Promedio)	m3	6.07	9.85	59.79
01.05.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				225.18

01.05.03.01	SOLADO PARA LOSA DE POZA E=0.10 m.	m2	10.24	21.99	225.18
01.05.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				5,166.07
01.05.04.01	Concreto F' C.= 210Kg/Cm2 Manual	m3	6.01	308.82	1,856.01
01.05.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	54.67	41.26	2,255.68
01.05.04.03	ACERO fy=4200 kg/cm2	kg	260.34	4.05	1,054.38
01.05.05	REVOQUES, ENLUCIDOS Y MOLDURAS				1,164.81
01.05.05.01	TARRAJEO EN EXTERIORES	m2	31.05	24.88	772.52
01.05.05.02	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE	m2	18.00	15.36	276.48
01.05.05.03	ACABADO DE PISOS DE CONCRETO FONDO	m2	6.25	18.53	115.81
01.05.06	PINTURAS				229.29
01.05.06.01	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES	m2	31.89	7.19	229.29
01.05.07	ACCESORIOS				1,302.02
01.05.07.01	VÁLVULAS Y ACCESORIOS EN RESERVORIO	und	1.00	1,302.02	1,302.02
01.05.08	VARIOS				2,349.82
01.05.08.01	TUBERÍA DE VENTILACIÓN DE F° G° DE 3"	und	1.00	37.11	37.11
01.05.08.02	TAPA METÁLICA DE 0.60x0.60m.	und	2.00	71.35	142.70
01.05.08.03	CLORACIÓN POR GOTEÓ	und	1.00	2,170.01	2,170.01
01.05.09	CERCOS DE PROTECCIÓN				5,080.40
01.05.09.01	EXCAVACIÓN MANUAL	m3	0.41	16.88	6.92
01.05.09.02	REFINE NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN	m2	0.81	0.59	0.48
01.05.09.03	DADOS DE CONCRETO F' C=140 KG/CM2	m3	0.41	267.90	109.84
01.05.09.04	POSTE DE FIERRO GALVANIZADO DE Ø 2"	und	9.00	55.88	502.92
01.05.09.05	MALLA METÁLICA CON ALAMBRE Nº 12 COCADAS DE 2"	m2	51.94	60.94	3,165.22
01.05.09.06	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ALAMBRE DE PÚAS	m	27.00	4.26	115.02
01.05.09.07	FIERRO ANGULAR DE 2"X2"	m	83.94	11.39	956.08
01.05.09.08	PUERTA DE MALLA METÁLICA	und	1.00	223.92	223.92
01.06	LÍNEA DE IMPULSIÓN				12,150.24
01.06.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	km	0.57	845.14	481.73
01.06.02	EXCAVACIÓN DE ZANJA EN TERRENO NORMAL	m	570.87	3.93	2,243.52
01.06.03	REFINE, NIVELACIÓN Y FONDOS TUBERÍA HASTA 6"	m	570.87	0.99	565.16
01.06.04	CAMA DE APOYO PARA TUBERÍAS MENORES DE 6"	m	570.87	2.09	1,193.12
01.06.05	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO S/EQUIPO	m3	142.72	14.77	2,107.97
01.06.06	SUMINISTRO Y TENDIDO DE TUBERÍA PVC C-10 DE 2"	m	610.83	8.36	5,106.54
01.06.07	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS PVC LÍNEA DE CONDUCCIÓN	glb	1.00	166.76	166.76
01.06.08	PRUEBA HIDRÁULICA Y DESINFECCIÓN EN REDES DE AGUA	m	570.87	0.50	285.44
01.07	SISTEMA DE BOMBEO SOLAR				25,483.14
01.07.01	SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE POTENCIA				15,760.77
01.07.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	34.68	0.98	33.99
01.07.01.02	EXCAVACIÓN MASIVA MANUAL	m3	4.70	14.77	69.42
01.07.01.03	CONCRETO F' C = 210 KG/CM2	m3	3.97	313.36	1,244.04
01.07.01.04	ESTRUCTURA METÁLICA 6.05x2.40 m2	jgo	1.00	4,015.79	4,015.79
01.07.01.05	PANELES FOTOVOLTAICOS 0.15KW	und	11.00	945.23	10,397.53

01.07.02	MONTAJE DE EQUIPO DE PROTECCION IONIZANTE				1,402.94
01.07.02.01	INSTALACIÓN Y MONTAJE DE PARARRAYO TIPO FRANKLIN	jgo	1.00	1,402.94	1,402.94
01.07.03	INSTALACIÓN DE POZO A TIERRA				840.45
01.07.03.01	INSTALACIÓN DE POZO A TIERRA - PAT2	jgo	1.00	840.45	840.45
01.07.04	INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES				7,478.98
01.07.04.01	FERRETERÍA Y ACCESORIOS	glb	1.00	7,478.98	7,478.98
	COSTO DIRECTO				110,773.73
	GATOS GENERALES				19,939.27
					=====
	TOTAL DE PRESUPUESTO				130,713.00

SON : CIENTO TREINTA MIL SETECIENTOS TRECE Y 00/100 NUEVOS SOLES



ANEXO I

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1003001	EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE					Fecha presupuesto	01/09/2018
Subpresupuesto	001	SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA						
Partida	01.01.01	CARTEL DE OBRA DE 3.60m X 2.40m						
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und			1,100.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Materiales							
0290150029	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 2.40 X 3.60 m.	und		1.0000	1,100.00	1,100.00	1,100.00	
Partida	01.01.02	TRANPORTE DE MATERIAL A OBRA						
Rendimiento	vje/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : vje			2,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Materiales							
0203020002	FLETE TERRESTRE	glb		1.0000	2,000.00	2,000.00	2,000.00	
Partida	01.01.03	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO						
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb			3,450.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Subcontratos							
04000100010015	EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL	glb		1.0000	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
04000100010016	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb		1.0000	800.00	800.00	800.00	
04000100010017	CAPACITACION AL PERSONAL EN SEGURIDAD Y SALUD	glb		1.0000	900.00	900.00	900.00	
04000100010018	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS	glb		1.0000	750.00	750.00	750.00	
							3,450.00	
Partida	01.02.01.01	TRAZO DE NIVELES Y REPLANTEO						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m2			0.98	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	8.82	0.14	0.14	
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0480	7.17	0.34	0.34	
							0.48	
	Materiales							
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0200	7.00	0.14	0.14	
0231020002	MADERA PARA ENCOFRADOS	p2		0.0200	5.00	0.10	0.10	
							0.24	
	Equipos							
0301000020	ESTACION TOTAL	hm	1.0000	0.0160	8.50	0.14	0.14	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.48	0.01	0.01	
0301030011	WINCHA DE 50 m. STANLY	und		0.0030	35.00	0.11	0.11	
							0.26	
Partida	01.02.02.01	EXCAVACION MANUAL BAJO AGUA						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 2.5000	EQ. 2.5000	Costo unitario directo por : m3			51.76	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	1.6000	8.82	14.11	14.11	
0101010005	PEON	hh	1.0000	3.2000	7.17	22.94	22.94	
							37.05	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	37.05	1.11	1.11	
0301040004	MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	0.5000	1.6000	8.50	13.60	13.60	
							14.71	

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-LAVE**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.02.02.02 REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL**

Rendimiento **m2/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000** Costo unitario directo por : m2 **0.59**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	7.17	0.57
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.57	0.02
						0.02

Partida **01.02.02.03 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE (d=30m. Promedio)**

Rendimiento **m3/DIA MO. 6.0000 EQ. 6.0000** Costo unitario directo por : m3 **9.85**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.3333	7.17	9.56
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	9.56	0.29
						0.29

Partida **01.02.03.01 CONCRETO F'C=175 KG/CM2**

Rendimiento **m3/DIA MO. 15.0000 EQ. 15.0000** Costo unitario directo por : m3 **280.81**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	8.82	4.70
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	7.72	4.12
0101010005	PEON	hh	8.0000	4.2667	7.17	30.59
						39.41
Materiales						
02070100010005	PIEDRA SELECCIONADA DE 3/4" max.	m3		0.7660	35.00	26.81
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5910	35.00	20.69
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.3790	23.00	192.72
						240.22
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	39.41	1.18
						1.18

Partida **01.02.04.01 CONCRETO EN MURO Y TAPA Cº:F'C=210 KG/CM2**

Rendimiento **m3/DIA MO. 9.0000 EQ. 9.0000** Costo unitario directo por : m3 **344.06**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.7778	8.82	15.68
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.7778	7.72	13.72
0101010005	PEON	hh	10.0000	8.8889	7.17	63.73
						93.13
Materiales						
02070100010005	PIEDRA SELECCIONADA DE 3/4" max.	m3		0.6930	35.00	24.26
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5040	35.00	17.64
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.9670	23.00	206.24
						248.14
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	93.13	2.79
						2.79

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.02.04.02 ACERO GRADO 60 EN CAPTACION

Rendimiento kg/DIA MO. 250.0000 EQ. 250.0000 Costo unitario directo por : kg 4.09

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	8.82	0.28
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	7.72	0.25
0.53						
Materiales						
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0600	4.00	0.24
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0300	3.20	3.30
3.54						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.53	0.02
0.02						

Partida 01.02.04.03 ENCOFRADO Y DEENCOFRADO MUROS

Rendimiento m2/DIA MO. 10.0000 EQ. 10.0000 Costo unitario directo por : m2 38.30

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	8.82	7.06
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	7.72	6.18
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.4000	7.17	2.87
16.11						
Materiales						
02040100010003	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.1200	4.00	0.48
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.2200	4.00	0.88
0231020002	MADERA PARA ENCOFRADOS	p2		4.0700	5.00	20.35
21.71						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.11	0.48
0.48						

Partida 01.02.04.04 ENCOFRADO Y DEENCOFRADO LOSA TAPA

Rendimiento m2/DIA MO. 15.0000 EQ. 15.0000 Costo unitario directo por : m2 32.01

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	8.82	4.70
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	7.72	4.12
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.2667	7.17	1.91
10.73						
Materiales						
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.1000	4.00	0.40
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.1400	4.00	0.56
0231020002	MADERA PARA ENCOFRADOS	p2		4.0000	5.00	20.00
20.96						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	10.73	0.32
0.32						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.02.05.01 TARRAJEO EN INTERIORES C/IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2, e=1.5c.

Rendimiento m2/DIA MO. 6.0000 EQ. 6.0000 Costo unitario directo por : m2 32.69

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	8.82	11.76
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.6667	7.17	4.78
16.54						
Materiales						
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0150	4.00	0.06
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0147	35.00	0.51
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.2362	23.00	5.43
02221500010022	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	kg		0.2700	35.00	9.45
15.45						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.54	0.50
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.0200	10.00	0.20
0.70						

Partida 01.02.05.02 TARRAJEO EN EXTERIORES

Rendimiento m2/DIA MO. 12.0000 EQ. 12.0000 Costo unitario directo por : m2 24.88

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	8.82	11.76
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.6667	7.17	4.78
16.54						
Materiales						
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0220	4.00	0.09
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0160	35.00	0.56
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1170	23.00	2.69
3.34						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.54	0.50
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.0250	10.00	0.25
0301340001	ANDAMIO METALICO	día	10.2000	0.8500	5.00	4.25
5.00						

Partida 01.02.06.01 PINTURA LATEX EN EXTERIORES

Rendimiento m2/DIA MO. 33.0000 EQ. 33.0000 Costo unitario directo por : m2 7.19

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	8.82	2.14
2.14						
Materiales						
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0450	30.00	1.35
0240020016	PINTURA IMPRIMANTE PARA MUROS	gal		0.1300	28.00	3.64
4.99						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.14	0.06
0.06						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE
Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.02.07.01 FILTRO DE ARENA

Rendimiento m3/DIA MO. 6.0000 EQ. 6.0000 Costo unitario directo por : m3 46.60

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.3333	7.17	9.56
9.56						
Materiales						
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		1.0500	35.00	36.75
36.75						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	9.56	0.29
0.29						

Partida 01.02.07.02 FILTRO DE GRAVA

Rendimiento m3/DIA MO. 18.0000 EQ. 18.0000 Costo unitario directo por : m3 29.54

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4444	7.17	3.19
3.19						
Materiales						
02070200010003	FILTRO DE GRAVA	m3		1.0500	25.00	26.25
26.25						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.19	0.10
0.10						

Partida 01.02.08.01 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS DE CAPTACION

Rendimiento und/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : und 514.79

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	8.82	70.56
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	7.72	61.76
132.32						
Materiales						
02050900020007	CODO PVC SAP DE 2" x 90°	und		2.0000	7.00	14.00
02051300010012	TRANSICION PVC SAP DE 2"	und		2.0000	6.00	12.00
02150100010010	TUBERIA PVC SAP PRESION C-10 DE 2"	m		5.0000	35.00	175.00
0215050003	UNION SIMPLE PVC SAP DE 2"	und		1.0000	8.00	8.00
0241030002	CINTA TEFLON	pza		3.0000	1.50	4.50
0253180011	VALVULA DE ESFERA PVC DE 2"	und		1.0000	110.00	110.00
0261070002	CANASTILLA DE BRONCE DE 2"	und		1.0000	30.00	30.00
0267110023	CONO DE REBOSE PVC 4"x2"	und		1.0000	25.00	25.00
378.50						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	132.32	3.97
3.97						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.02.08.02 TAPA METALICA DE INSPECCION DE 0.60X0.60 M.**

Rendimiento **und/DIA MO. 5.0000 EQ. 5.0000** Costo unitario directo por : und **71.35**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	8.82	14.11
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.6000	7.17	11.47
25.58						
Materiales						
02903200090039	TAPA METALICA DE 0.60 x 060 m.	und		1.0000	45.00	45.00
45.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	25.58	0.77
0.77						

Partida **01.02.08.03 TAPA METALICA DE INSPECCION DE 0.40X0.40 M.**

Rendimiento **und/DIA MO. EQ.** Costo unitario directo por : und **66.35**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh		1.6000	8.82	14.11
0101010005	PEON	hh		1.6000	7.17	11.47
25.58						
Materiales						
02340800010002	CANDADO FORTE 50 mm	und		1.0000	15.00	15.00
02903200090040	TAPA METALICA DE 40X40 CM.	und		1.0000	25.00	25.00
40.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	25.58	0.77
0.77						

Partida **01.03.01.01 TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR**

Rendimiento **m2/DIA MO. 500.0000 EQ. 500.0000** Costo unitario directo por : m2 **0.98**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	8.82	0.14
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0480	7.17	0.34
0.48						
Materiales						
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0200	7.00	0.14
0231020002	MADERA PARA ENCOFRADOS	p2		0.0200	5.00	0.10
0.24						
Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL	hm	1.0000	0.0160	8.50	0.14
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.48	0.01
0301030011	WINCHA DE 50 m. STANLY	und		0.0030	35.00	0.11
0.26						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001** EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto **001** SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.03.01.02** LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL

Rendimiento **m2/DIA** MO. **40.0000** EQ. **40.0000** Costo unitario directo por : m2 **1.47**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.2000	7.17	1.43
1.43						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.43	0.04
0.04						

Partida **01.03.02.01** EXCAVACION MASIVA MANUAL TIERRA COMPACTA

Rendimiento **m3/DIA** MO. **2.0000** EQ. **2.0000** Costo unitario directo por : m3 **29.54**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	4.0000	7.17	28.68
28.68						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	28.68	0.86
0.86						

Partida **01.03.03.01** CONCRETO 1:10 PARA SOLADOS E=4"

Rendimiento **m2/DIA** MO. **80.0000** EQ. **80.0000** Costo unitario directo por : m2 **19.79**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.2000	8.82	1.76
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	7.72	0.77
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.6000	7.17	4.30
6.83						
Materiales						
0207030001	HORMIGON	m3		0.1180	25.00	2.95
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.3780	23.00	8.69
11.64						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6.83	0.20
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.1120	10.00	1.12
1.32						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001** EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto **001** SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.03.04.01** CONCRETO F^c=210 KG/CM² C/IMPERMEABILIZANTE

Rendimiento **m3/DIA** MO. **22.0000** EQ. **22.0000** Costo unitario directo por : m3 **308.82**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.7273	8.82	6.41
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.7273	7.72	5.61
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.9091	7.17	20.86
32.88						
Materiales						
02070100010005	PIEDRA SELECCIONADA DE 3/4" max.	m3		0.7500	35.00	26.25
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5770	35.00	20.20
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.3870	23.00	215.90
262.35						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	32.88	0.99
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.1200	10.00	1.20
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.3636	9.34	3.40
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11p3	hm	1.0000	0.3636	22.00	8.00
13.59						

Partida **01.03.04.02** ENCOFRADO Y DEENCOFRADO MUROS EN RESERVORIO

Rendimiento **m2/DIA** MO. **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : m2 **38.30**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	8.82	7.06
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	7.72	6.18
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.4000	7.17	2.87
16.11						
Materiales						
02040100010003	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.1200	4.00	0.48
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.2200	4.00	0.88
0231020002	MADERA PARA ENCOFRADOS	p2		4.0700	5.00	20.35
21.71						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.11	0.48
0.48						

Partida **01.03.04.03** ENCOFRADO Y DEENCOFRADO TAPA EN RESERVORIO

Rendimiento **m2/DIA** MO. **15.0000** EQ. **15.0000** Costo unitario directo por : m2 **32.01**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	8.82	4.70
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	7.72	4.12
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.2667	7.17	1.91
10.73						
Materiales						
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.1000	4.00	0.40
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.1400	4.00	0.56
0231020002	MADERA PARA ENCOFRADOS	p2		4.0000	5.00	20.00
20.96						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	10.73	0.32
0.32						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.03.04.04 ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2 EN RESERVORIO**

Rendimiento **kg/DIA MO. 250.0000 EQ. 250.0000** Costo unitario directo por : kg **4.09**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	8.82	0.28
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	7.72	0.25
0.53						
Materiales						
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0600	4.00	0.24
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0300	3.20	3.30
3.54						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.53	0.02
0.02						

Partida **01.03.05.01 TARRAJEO EN INTERIORES C/IMPERMEABILIZANTE C:A 1:2, E=1.5 CM.**

Rendimiento **m2/DIA MO. 6.0000 EQ. 6.0000** Costo unitario directo por : m2 **32.69**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	8.82	11.76
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.6667	7.17	4.78
16.54						
Materiales						
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0150	4.00	0.06
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0147	35.00	0.51
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.2362	23.00	5.43
02221500010022	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	kg		0.2700	35.00	9.45
15.45						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.54	0.50
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.0200	10.00	0.20
0.70						

Partida **01.03.05.02 TARRAJEO EN EXTERIORES, MORTERO C:A 1:5, E=1.5 CM.**

Rendimiento **m2/DIA MO. 12.0000 EQ. 12.0000** Costo unitario directo por : m2 **12.11**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	8.82	5.88
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.3333	7.17	2.39
8.27						
Materiales						
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0220	4.00	0.09
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0160	35.00	0.56
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1170	23.00	2.69
3.34						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	8.27	0.25
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.0250	10.00	0.25
0.50						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001** EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto **001** SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.03.06.01** PINTURA EN EXTERIORES AL LATEX

Rendimiento **m2/DIA** MO. **33.0000** EQ. **33.0000** Costo unitario directo por : m2 **7.19**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	8.82	2.14
2.14						
Materiales						
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0450	30.00	1.35
0240020016	PINTURA IMPRIMANTE PARA MUROS	gal		0.1300	28.00	3.64
4.99						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.14	0.06
0.06						

Partida **01.03.07.01** SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS EN CAJA DE VALVULAS, TANQUE CISTERNA

Rendimiento **glb/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **1,584.29**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	8.82	70.56
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	7.72	61.76
132.32						
Materiales						
0212030003	CODO DE FIERRO GALV. DE 2 1/2"x90°	und		2.0000	30.00	60.00
0241030002	CINTA TEFLON	pza		9.0000	1.50	13.50
0249030010	NIPLE DE FIERRO GALV. DE 2"x1 1/2"	und		6.0000	12.00	72.00
02490400010014	TEE DE FIERRO GALV. DE 2"	und		2.0000	28.00	56.00
02490400010015	TEE DE FIERRO GALV. DE 2 1/2"	und		2.0000	40.00	80.00
02490400010016	TUBERIA DE FIERRO GALV. DE 2 1/2"	m		7.5000	31.00	232.50
02490400010017	TAPON DE FIERRO GALV. DE 2 1/2"	und		2.0000	7.00	14.00
02490600010006	UNION UNIVERSAL DE FIERRO GALVANIZADO DE 2"	und		6.0000	15.00	90.00
02530200090002	VALVULA DE CHECK DE BRONCE DE 2"	und		2.0000	110.00	220.00
02530200090003	VALVULA DE PIE C/CANASTILLA DE 2 1/2"	und		2.0000	140.00	280.00
0253100007	VALVULA ESFERICA DE 2"	und		3.0000	110.00	330.00
1,448.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	132.32	3.97
3.97						

Partida **01.03.07.02** SUMINISTRO Y COLOCADO DE ESCALERA DE FIERRO GALVANIZADO

Rendimiento **und/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : und **242.22**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	8.82	70.56
0101010005	PEON	hh	0.5000	4.0000	7.17	28.68
99.24						
Materiales						
0204260002	ESCALERA DE GATO DE Fº Gº DE 3/4"	und		1.0000	140.00	140.00
140.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	99.24	2.98
2.98						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.03.07.03 SUMINISTRO Y COLOCACION TUB. VENT. FºGº DE 2"

Rendimiento und/DIA MO. 8.0000 EQ. 8.0000 Costo unitario directo por : und 59.93

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	8.82	8.82
0101010005	PEON	hh	0.2500	0.2500	7.17	1.79
10.61						
Materiales						
0212030004	CODO DE FIERRO GALV. DE 2" x 90º	und		2.0000	10.00	20.00
0249030011	NIPLE DE FIERRO GALV. DE 2"x2"	und		1.0000	15.00	15.00
02490400010018	TUBERIA DE Fº Gº DE 2"	m		0.5000	28.00	14.00
49.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	10.61	0.32
0.32						

Partida 01.03.07.04 TAPA METALICA PARA CISTERNA DE 0.60 X 0.60 m

Rendimiento und/DIA MO. 5.0000 EQ. 5.0000 Costo unitario directo por : und 71.35

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	8.82	14.11
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.6000	7.17	11.47
25.58						
Materiales						
02903200090039	TAPA METALICA DE 0.60 x 060 m.	und		1.0000	45.00	45.00
45.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	25.58	0.77
0.77						

Partida 01.03.07.05 PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION, CISTERNA

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb 83.58

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	8.0000	7.17	57.36
57.36						
Materiales						
0279010048	HIPOCLORITO DE SODIO	kg		1.7500	14.00	24.50
24.50						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	57.36	1.72
1.72						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.04.01.01 CONCRETO F'c = 210 KG/CM2**

Rendimiento **m3/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000** Costo unitario directo por : m3 **313.36**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	8.82	7.06
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	7.72	6.18
0101010005	PEON	hh	8.0000	3.2000	7.17	22.94
36.18						
Materiales						
02070100010005	PIEDRA SELECCIONADA DE 3/4" max.	m3		0.7500	35.00	26.25
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5770	35.00	20.20
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.3870	23.00	215.90
262.35						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	36.18	1.09
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1 1/2" X 4" X 10"	und		0.1200	10.00	1.20
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.4000	9.34	3.74
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11p3	hm	1.0000	0.4000	22.00	8.80
14.83						

Partida **01.04.01.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**

Rendimiento **m2/DIA MO. 10.0000 EQ. 10.0000** Costo unitario directo por : m2 **41.26**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	8.82	7.06
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	7.72	6.18
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.8000	7.17	5.74
18.98						
Materiales						
02040100010003	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.1200	4.00	0.48
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.2200	4.00	0.88
0231020002	MADERA PARA ENCOFRADOS	p2		4.0700	5.00	20.35
21.71						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	18.98	0.57
0.57						

Partida **01.04.01.03 ACERO GRADO 60**

Rendimiento **kg/DIA MO. 250.0000 EQ. 250.0000** Costo unitario directo por : kg **4.09**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	8.82	0.28
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	7.72	0.25
0.53						
Materiales						
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0600	4.00	0.24
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0300	3.20	3.30
3.54						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.53	0.02
0.02						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.04.02.01 MUROS DE LADRILLO K.K. DE ARCILLA DE SOGA

Rendimiento m2/DIA MO. 9.4600 EQ. 9.4600 Costo unitario directo por : m2 74.39

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8457	8.82	7.46
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.4228	7.17	3.03
10.49						
Materiales						
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0220	4.00	0.09
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0310	35.00	1.09
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.2180	23.00	5.01
02160200070004	LADRILLO KING KONG 18 HUECOS 9x14x24 cm.	und		39.0000	1.40	54.60
60.79						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	10.49	0.31
0301340001	ANDAMIO METALICO	día	5.2976	0.5600	5.00	2.80
3.11						

Partida 01.04.03.01 TARRAJEO EN INTERIORES Y EXTERIORES

Rendimiento m2/DIA MO. 12.0000 EQ. 12.0000 Costo unitario directo por : m2 20.63

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	8.82	11.76
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.6667	7.17	4.78
16.54						
Materiales						
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0220	4.00	0.09
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0160	35.00	0.56
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1170	23.00	2.69
3.34						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.54	0.50
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.0250	10.00	0.25
0.75						

Partida 01.04.04.01 PUERTA METALICA DE 0.80 X 1.80 M.

Rendimiento und/DIA MO. 2.5000 EQ. 2.5000 Costo unitario directo por : und 312.69

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	3.2000	8.82	28.22
0101010005	PEON	hh	1.0000	3.2000	7.17	22.94
51.16						
Materiales						
0204030005	PUERTA METALICA DE 0.80X1.80M	und		1.0000	260.00	260.00
260.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	51.16	1.53
1.53						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.04.04.02 VENTANA METALICA DE 1.85m X 0.25 m.

Rendimiento und/DIA MO. 3.0000 EQ. 3.0000 Costo unitario directo por : und 140.43

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.6667	8.82	23.52
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	2.6667	7.72	20.59
44.11						
Materiales						
0204030006	VENTANA METALICA DE 1.85 X 0.25 m.	und		1.0000	95.00	95.00
95.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	44.11	1.32
1.32						

Partida 01.04.05.01 PINTURA LATEX EN INTERIORES

Rendimiento m2/DIA MO. 30.0000 EQ. 30.0000 Costo unitario directo por : m2 6.31

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	8.82	2.35
2.35						
Materiales						
02380100030003	LIJAR N° 100	plg		0.0100	1.50	0.02
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0450	30.00	1.35
0240020016	PINTURA IMPRIMANTE PARA MUROS	gal		0.0900	28.00	2.52
3.89						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.35	0.07
0.07						

Partida 01.04.05.02 PINTURA LATEX EN EXTERIORES

Rendimiento m2/DIA MO. 33.0000 EQ. 33.0000 Costo unitario directo por : m2 7.19

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	8.82	2.14
2.14						
Materiales						
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0450	30.00	1.35
0240020016	PINTURA IMPRIMANTE PARA MUROS	gal		0.1300	28.00	3.64
4.99						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.14	0.06
0.06						

Partida 01.04.06.01 MONTAJE ELECTROMECANICO

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb 5,000.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales						
02901000010003	MONTAJE ELECTROMECANICO INC. MATERIALES, ACCESORIOS Y EQUIPOS	glb		1.0000	5,000.00	5,000.00
5,000.00						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.04.06.02 SUMINISTRO E INSTALACION DE ELECTROBOMBA

Rendimiento und/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : und 10,701.29

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	8.82	70.56
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	7.72	61.76
						132.32
Materiales						
02050700020024	TUBERIA PVC C-10 DN 2" EN HIDRO	m		3.0000	190.00	570.00
0215050004	UNION UNIVERSAL PVC DN 2" EN HIDRO	und		5.0000	19.00	95.00
0253180012	VALVULAS Y ACCESORIOS P/INSTALACION DE ELECTROBOMBA.	glb		1.0000	2,400.00	2,400.00
0258040020	ELECTRO BOMBA SOLAR SUMERGIBLE SEGUN / DISEÑO	und		1.0000	7,500.00	7,500.00
						10,565.00
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	132.32	3.97
						3.97

Partida 01.04.07.01 EXCAVACION MANUAL

Rendimiento m3/DIA MO. 3.5000 EQ. 3.5000 Costo unitario directo por : m3 16.88

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.2857	7.17	16.39
						16.39
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.39	0.49
						0.49

Partida 01.04.07.02 REFINE NIVELACION Y COMPACTACION

Rendimiento m2/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000 Costo unitario directo por : m2 0.59

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	7.17	0.57
						0.57
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.57	0.02
						0.02

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.04.07.03 DATOS DE CONCRETO F'c=140 KG/CM2

Rendimiento m3/DIA MO. 25.0000 EQ. 25.0000 Costo unitario directo por : m3 267.90

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	8.82	5.64
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.6400	7.72	4.94
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.5600	7.17	18.36
28.94						
Materiales						
02070100010005	PIEDRA SELECCIONADA DE 3/4" max.	m3		0.7770	35.00	27.20
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5980	35.00	20.93
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		7.8230	23.00	179.93
228.06						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	28.94	0.87
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.3200	9.34	2.99
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11p3	hm	1.0000	0.3200	22.00	7.04
10.90						

Partida 01.04.07.04 POSTE DE FIERRO GALVANIZADO DE Ø 2"

Rendimiento und/DIA MO. 8.0000 EQ. 8.0000 Costo unitario directo por : und 55.88

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	8.82	8.82
8.82						
Materiales						
02490100010014	TUBERIA DE FIERRO GALVANIZADO DE 2"	m		2.6000	18.00	46.80
46.80						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	8.82	0.26
0.26						

Partida 01.04.07.05 MALLA METALICA CON ALAMBRE N° 12 COCADAS DE 2"

Rendimiento m2/DIA MO. 4.0000 EQ. 4.0000 Costo unitario directo por : m2 60.94

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	8.82	17.64
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.0000	7.17	14.34
31.98						
Materiales						
0204150003	MALLA CUADRADA CRIPADA GALVANIZADA # 12	m2		1.0500	16.00	16.80
0255080015	SOLDADURA CELLOCORD	kg		0.1000	12.00	1.20
18.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	31.98	0.96
03012000010004	MOTOSOLDADORA DE 250 A	hm	0.2500	0.5000	20.00	10.00
10.96						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**
 Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.04.07.06 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ALAMBRE DE PUAS**

Rendimiento **m/DIA MO. 200.0000 EQ. 200.0000** Costo unitario directo por : m **4.26**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	8.82	0.35
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0400	7.17	0.29
0.64						
Materiales						
0204010008	ALAMBRE DE PUAS # 16	m		7.2000	0.50	3.60
3.60						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.64	0.02
0.02						

Partida **01.04.07.07 FIERRO ANGULAR DE 2"X2"**

Rendimiento **m/DIA MO. 50.0000 EQ. 50.0000** Costo unitario directo por : m **11.39**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	8.82	1.41
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.1600	7.17	1.15
2.56						
Materiales						
0204030007	ANGULO DE ACERO LIVIANO DE 2" X 2" X 3/16" X 6 m	pza		0.1750	50.00	8.75
8.75						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.56	0.08
0.08						

Partida **01.04.07.08 PUERTA DE MALLA METALICA**

Rendimiento **und/DIA MO. 3.0000 EQ. 3.0000** Costo unitario directo por : und **223.92**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.6667	8.82	23.52
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.6667	7.17	19.12
42.64						
Materiales						
0204030008	PUERTA DE MALLA METALICA SEGUN DETALLE	und		1.0000	180.00	180.00
180.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	42.64	1.28
1.28						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE						Fecha presupuesto	01/09/2018
Subpresupuesto	001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA							
Partida	01.05.01.01 TRAZO DE NIVELES Y REPLANTEO							
Rendimiento	m2/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m2			0.98	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	8.82	0.14		
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0480	7.17	0.34		
						0.48		
	Materiales							
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0200	7.00	0.14		
0231020002	MADERA PARA ENCOFRADOS	p2		0.0200	5.00	0.10		
						0.24		
	Equipos							
0301000020	ESTACION TOTAL	hm	1.0000	0.0160	8.50	0.14		
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.48	0.01		
0301030011	WINCHA DE 50 m. STANLY	und		0.0030	35.00	0.11		
						0.26		
Partida	01.05.01.02 LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL							
Rendimiento	m2/DIA	MO. 40.0000	EQ. 40.0000	Costo unitario directo por : m2			1.47	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.2000	7.17	1.43		
						1.43		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.43	0.04		
						0.04		
Partida	01.05.02.01 EXCAVACION EN TERRENO NORMAL							
Rendimiento	m3/DIA	MO. 4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por : m3			14.77	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.0000	7.17	14.34		
						14.34		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	14.34	0.43		
						0.43		
Partida	01.05.02.02 NIVELACION Y APISONADO PARA SOLADO							
Rendimiento	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m2			1.40	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0667	8.82	0.59		
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0667	7.17	0.48		
						1.07		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.07	0.03		
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.0300	10.00	0.30		
						0.33		

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.05.02.03 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE (d=30m. Promedio)**

Rendimiento **m3/DIA MO. 6.0000 EQ. 6.0000 Costo unitario directo por : m3 9.85**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.3333	7.17	9.56
9.56						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	9.56	0.29
0.29						

Partida **01.05.03.01 SOLADO PARA LOSA DE POZA E=0.10 m.**

Rendimiento **m2/DIA MO. 80.0000 EQ. 80.0000 Costo unitario directo por : m2 21.99**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.2000	8.82	1.76
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	7.72	0.77
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.6000	7.17	4.30
6.83						
Materiales						
0207030001	HORMIGON	m3		0.1180	25.00	2.95
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.3780	23.00	8.69
11.64						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6.83	0.20
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.1120	10.00	1.12
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11p3	hm	1.0000	0.1000	22.00	2.20
3.52						

Partida **01.05.04.01 Concreto F' C.= 210Kg/Cm2 Manual**

Rendimiento **m3/DIA MO. 22.0000 EQ. 22.0000 Costo unitario directo por : m3 308.82**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.7273	8.82	6.41
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.7273	7.72	5.61
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.9091	7.17	20.86
32.88						
Materiales						
02070100010005	PIEDRA SELECCIONADA DE 3/4" max.	m3		0.7500	35.00	26.25
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5770	35.00	20.20
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.3870	23.00	215.90
262.35						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	32.88	0.99
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.1200	10.00	1.20
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.3636	9.34	3.40
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11p3	hm	1.0000	0.3636	22.00	8.00
13.59						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.05.04.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : m2 **41.26**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	8.82	7.06
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	7.72	6.18
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.8000	7.17	5.74
18.98						
Materiales						
02040100010003	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.1200	4.00	0.48
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.2200	4.00	0.88
0231020002	MADERA PARA ENCOFRADOS	p2		4.0700	5.00	20.35
21.71						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	18.98	0.57
0.57						

Partida **01.05.04.03 ACERO fy=4200 kg/cm2**

Rendimiento **kg/DIA** MO. **250.0000** EQ. **250.0000** Costo unitario directo por : kg **4.05**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	8.82	0.28
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	7.72	0.25
0.53						
Materiales						
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.00	0.20
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0300	3.20	3.30
3.50						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.53	0.02
0.02						

Partida **01.05.05.01 TARRAJEO EN EXTERIORES**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **12.0000** EQ. **12.0000** Costo unitario directo por : m2 **24.88**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	8.82	11.76
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.6667	7.17	4.78
16.54						
Materiales						
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0220	4.00	0.09
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0160	35.00	0.56
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1170	23.00	2.69
3.34						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.54	0.50
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.0250	10.00	0.25
0301340001	ANDAMIO METALICO	dia	10.2000	0.8500	5.00	4.25
5.00						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-Llave**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.05.05.02 TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **12.0000** EQ. **12.0000** Costo unitario directo por : m2 **15.36**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	8.82	5.88
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.3333	7.17	2.39
8.27						
Materiales						
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0220	4.00	0.09
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0160	35.00	0.56
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1170	23.00	2.69
02221500010022	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	kg		0.0100	35.00	0.35
3.69						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	8.27	0.25
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.0250	10.00	0.25
0301340001	ANDAMIO METALICO	día	6.9600	0.5800	5.00	2.90
3.40						

Partida **01.05.05.03 ACABADO DE PISOS DE CONCRETO FONDO**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **90.0000** EQ. **90.0000** Costo unitario directo por : m2 **18.53**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	3.0000	0.2667	8.82	2.35
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0889	7.72	0.69
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.5333	7.17	3.82
6.86						
Materiales						
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0420	35.00	1.47
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.3930	23.00	9.04
02221500010022	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	kg		0.0200	35.00	0.70
11.21						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6.86	0.21
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1½" X 4" X 10"	und		0.0250	10.00	0.25
0.46						

Partida **01.05.06.01 PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **33.0000** EQ. **33.0000** Costo unitario directo por : m2 **7.19**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	8.82	2.14
2.14						
Materiales						
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0450	30.00	1.35
0240020016	PINTURA IMPRIMANTE PARA MUROS	gal		0.1300	28.00	3.64
4.99						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.14	0.06
0.06						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.05.07.01 VALVULAS Y ACCESORIOS EN RESERVORIO**

Rendimiento **und/DIA MO. 0.5000 EQ. 0.5000** Costo unitario directo por : und **1,302.02**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	16.0000	8.82	141.12
0101010005	PEON	hh	1.0000	16.0000	7.17	114.72
						255.84
Materiales						
0204240030	ABRAZADERA DE F° G° C/ACCESORIOS (SEGUN DETALLE)	und		2.0000	15.00	30.00
0204260003	ESCALERA DE GATO DE F°G° (SEGUN DISEÑO)	und		1.0000	125.00	125.00
02051000020007	CODO PVC C/R DE 2"X90°	und		8.0000	6.00	48.00
02051100010016	TEE PVC C/R DE 1 1/2"	und		1.0000	6.00	6.00
02051100010017	TEE PVC C/R DE 2"	und		3.0000	13.00	39.00
0205190006	ADAPTADOR PVC C/R DE 2"	und		6.0000	6.00	36.00
0205190007	ADAPTADOR PVC C/R DE 1 1/2"	und		2.0000	5.00	10.00
02052200010008	UNION UNIVERSAL PVC C/R DE 2"	und		6.0000	20.00	120.00
02052200010009	UNION UNIVERSAL PVC C/R DE 1 1/2"	und		2.0000	16.00	32.00
02060100010020	TUBERIA PVC SP C-10 D=2"X5M	und		1.5000	39.00	58.50
0206010002	TUBERIA PRESION PVC C/R C-10 D=1/2"X5M	und		0.4000	10.00	4.00
02060300010012	UNION PVC C/R DE 2"	und		3.0000	6.00	18.00
0215050005	UNION SIMPLE PVC DE 1 1/2"	und		2.0000	6.00	12.00
0219140002	NIPLE PVC C/R DE 2"X2"	und		6.0000	8.00	48.00
02340800010002	CANDADO FORTE 50 mm	und		2.0000	15.00	30.00
0241030001	CINTA TEFLON	und		4.0000	1.00	4.00
0246090002	BRIDA DE ACERO PARA SOLDAR ROMPE AGUA (SEGUN DETALLE)	und		4.0000	30.00	120.00
02531800080002	VALVULA COMPUERTA BRONCE 1 1/2"	und		3.0000	85.00	255.00
0261070003	CANASTILLA DE 4"	und		1.0000	18.00	18.00
0267110022	CONO DE REBOSE PVC 4"x2"	und		1.0000	25.00	25.00
						1,038.50
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	255.84	7.68
						7.68

Partida **01.05.08.01 TUBERIA DE VENTILACION DE F° G° DE 3"**

Rendimiento **und/DIA MO. 6.0000 EQ. 6.0000** Costo unitario directo por : und **37.11**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	8.82	11.76
						11.76
Materiales						
02120100010004	TUBERIA DE VENTILACION F° G°(diseño)	und		1.0000	25.00	25.00
						25.00
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	11.76	0.35
						0.35

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.05.08.02 TAPA METALICA DE 0.60x0.60m.**

Rendimiento **und/DIA MO. 5.0000 EQ. 5.0000** Costo unitario directo por : und **71.35**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.6000	8.82	14.11
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.6000	7.17	11.47
25.58						
Materiales						
02903200090039	TAPA METALICA DE 0.60 x 060 m.	und		1.0000	45.00	45.00
45.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	25.58	0.77
0.77						

Partida **01.05.08.03 CLORACION POR GOTE0**

Rendimiento **und/DIA MO. 0.2500 EQ. 0.2500** Costo unitario directo por : und **2,170.01**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	32.0000	8.82	282.24
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	32.0000	7.72	247.04
0101010005	PEON	hh	2.0000	64.0000	7.17	458.88
988.16						
Materiales						
0204030007	ANGULO DE ACERO LIVIANO DE 2" X 2" X 3/16" X 6 m	pza		5.0000	50.00	250.00
0204150003	MALLA CUADRADA CRIPADA GALVANIZADA # 12	m2		12.4500	16.00	199.20
0204180008	CALAMINA GALV. PINTADA DE 0.81X3.00, E=0.22MM.	pln		2.5000	40.00	100.00
0204210007	TEE DE ACERO LIVIANO DE 2" X 2" X 1/4" X 6 m	pza		3.0000	50.00	150.00
02051000020008	CODO PVC C/R DE 1/2"X90°	und		2.0000	1.00	2.00
0206010002	TUBERIA PRESION PVC C/R C-10 D=1/2"X5M	und		2.0000	10.00	20.00
0207030001	HORMIGON	m3		0.0150	25.00	0.38
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0750	23.00	1.73
0222080012	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0500	106.00	5.30
02310000010005	MADERA AGUANO DE 1 1/2"X X8" X 10'	pza		2.0000	50.00	100.00
02340800010002	CANDADO FORTE 50 mm	und		1.0000	15.00	15.00
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.5000	30.00	15.00
0240020018	PINTURA ESMALTE ANTICORROSIVA	gal		0.5000	38.00	19.00
0248010002	TANQUE POLIETILENO DE 120 LITROS	und		1.0000	90.00	90.00
0248010003	TANQUE POLIETILENO DE 30 LITROS	und		1.0000	30.00	30.00
02510300010008	TORNILLO AUTOPERFORANTE # 12 X 2"	und		30.0000	0.50	15.00
02530200090004	VALVULA DE CIERRE DE 1/2"	und		1.0000	25.00	25.00
0254030002	MANGUERA FLEXIBLE PVC 1/2"	m		2.0000	1.80	3.60
0255080015	SOLDADURA CELLOCORD	kg		1.0000	12.00	12.00
0267110024	MECANISMO REGULADOR	und		1.0000	12.00	12.00
0270110324	FLOTADOR DE 1/2"	und		2.0000	15.00	30.00
0272010087	TUBO RECT. LAC 40X60MM, E=2.5MM.	m		5.7000	10.00	57.00
1,152.21						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	988.16	29.64
29.64						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.05.09.01 EXCAVACION MANUAL

Rendimiento m3/DIA MO. 3.5000 EQ. 3.5000 Costo unitario directo por : m3 16.88

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.2857	7.17	16.39
16.39						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.39	0.49
0.49						

Partida 01.05.09.02 REFINE NIVELACION Y COMPACTACION

Rendimiento m2/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000 Costo unitario directo por : m2 0.59

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	7.17	0.57
0.57						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.57	0.02
0.02						

Partida 01.05.09.03 DADOS DE CONCRETO F'c=140 KG/CM2

Rendimiento m3/DIA MO. 25.0000 EQ. 25.0000 Costo unitario directo por : m3 267.90

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	8.82	5.64
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.6400	7.72	4.94
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.5600	7.17	18.36
28.94						
Materiales						
02070100010005	PIEDRA SELECCIONADA DE 3/4" max.	m3		0.7770	35.00	27.20
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5980	35.00	20.93
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		7.8230	23.00	179.93
228.06						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	28.94	0.87
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.3200	9.34	2.99
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11p3	hm	1.0000	0.3200	22.00	7.04
10.90						

Partida 01.05.09.04 POSTE DE FIERRO GALVANIZADO DE Ø 2"

Rendimiento und/DIA MO. 8.0000 EQ. 8.0000 Costo unitario directo por : und 55.88

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	8.82	8.82
8.82						
Materiales						
02490100010014	TUBERIA DE FIERRO GALVANIZADO DE 2"	m		2.6000	18.00	46.80
46.80						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	8.82	0.26
0.26						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA**

Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.05.09.05 MALLA METALICA CON ALAMBRE N° 12 COCADAS DE 2"**

Rendimiento **m2/DIA MO. 4.0000 EQ. 4.0000 Costo unitario directo por : m2 60.94**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	8.82	17.64
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.0000	7.17	14.34
31.98						
Materiales						
0204150003	MALLA CUADRADA CRIPADA GALVANIZADA # 12	m2		1.0500	16.00	16.80
0255080015	SOLDADURA CELLOCORD	kg		0.1000	12.00	1.20
18.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	31.98	0.96
03012000010004	MOTOSOLDADORA DE 250 A	hm	0.2500	0.5000	20.00	10.00
10.96						

Partida **01.05.09.06 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ALAMBRE DE PUAS**

Rendimiento **m/DIA MO. 200.0000 EQ. 200.0000 Costo unitario directo por : m 4.26**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	8.82	0.35
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0400	7.17	0.29
0.64						
Materiales						
0204010008	ALAMBRE DE PUAS # 16	m		7.2000	0.50	3.60
3.60						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.64	0.02
0.02						

Partida **01.05.09.07 FIERRO ANGULAR DE 2"X2"**

Rendimiento **m/DIA MO. 50.0000 EQ. 50.0000 Costo unitario directo por : m 11.39**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	8.82	1.41
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.1600	7.17	1.15
2.56						
Materiales						
0204030007	ANGULO DE ACERO LIVIANO DE 2" X 2" X 3/16" X 6 m	pza		0.1750	50.00	8.75
8.75						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.56	0.08
0.08						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.05.09.08 PUERTA DE MALLA METALICA

Rendimiento und/DIA MO. 3.0000 EQ. 3.0000 Costo unitario directo por : und 223.92

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.6667	8.82	23.52
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.6667	7.17	19.12
Materiales						
0204030008	PUERTA DE MALLA METALICA SEGUN DETALLE	und		1.0000	180.00	180.00
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	42.64	1.28
						1.28

Partida 01.06.01 TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR

Rendimiento km/DIA MO. 0.5000 EQ. 0.5000 Costo unitario directo por : km 845.14

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	16.0000	8.82	141.12
0101010005	PEON	hh	3.0000	48.0000	7.17	344.16
Materiales						
0204120004	CLAVOS PARA CALAMINA	kg		0.5000	6.00	3.00
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		20.0000	7.00	140.00
0231040002	ESTACAS DE MADERA	p2		11.5000	5.00	57.50
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.2500	30.00	7.50
Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL	hm	1.0000	16.0000	8.50	136.00
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	485.28	14.56
0301030011	WINCHA DE 50 m. STANLY	und		0.0200	35.00	0.70
03014900010003	CORDEL EN OVILLO	und		0.0200	30.00	0.60
						151.86

Partida 01.06.02 EXCAVACION DE ZANJA EN TERRENO NORMAL

Rendimiento m/DIA MO. 15.0000 EQ. 15.0000 Costo unitario directo por : m 3.93

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.5333	7.17	3.82
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.82	0.11
						0.11

Partida 01.06.03 REFINE, NIVELACION Y FONDOS TUBERIA HASTA 6"

Rendimiento m/DIA MO. 60.0000 EQ. 60.0000 Costo unitario directo por : m 0.99

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.1333	7.17	0.96
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.96	0.03
						0.03

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.06.04 CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS MENORES DE 6"

Rendimiento m/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000 Costo unitario directo por : m 2.09

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	7.17	0.57
Materiales						
0207040002	MATERIAL SARANDEADO	m3		0.0500	30.00	1.50
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.57	0.02

Partida 01.06.05 RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO S/EQUIPO

Rendimiento m3/DIA MO. 4.0000 EQ. 4.0000 Costo unitario directo por : m3 14.77

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.0000	7.17	14.34
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	14.34	0.43

Partida 01.06.06 SUMINISTRO Y TENDIDO DE TUBERIA PVC C-10 DE 2"

Rendimiento m/DIA MO. EQ. Costo unitario directo por : m 8.36

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh		0.0667	8.82	0.59
0101010005	PEON	hh		0.0667	7.17	0.48
Materiales						
02150100010010	TUBERIA PVC SAP PRESION C-10 DE 2"	m		0.2060	35.00	7.21
0222080012	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0005	106.00	0.05
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.07	0.03

Partida 01.06.07 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS PVC LINEA DE CONDUCCION

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb 166.76

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	8.82	70.56
0101010005	PEON	hh	1.0000	8.0000	7.17	57.36
Materiales						
02150200020006	CODO PVC UF DE 63 mm X 45°	und		3.0000	7.00	21.00
02150200020007	CODO PVC UF DE 63 mm X 90°	und		2.0000	7.00	14.00
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	127.92	3.84

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.06.08 PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION EN REDES DE AGUA

Rendimiento m/DIA MO. 600.0000 EQ. 600.0000 Costo unitario directo por : m 0.50

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0133	8.82	0.12
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0133	7.17	0.10
0.22						
Materiales						
0279010049	HIPOCLORITO DE CALCIO AL 70%	kg		0.0020	18.00	0.04
0290130022	AGUA	m3		0.0200	5.00	0.10
0.14						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.22	0.01
0301040005	BOMBA MANUAL PARA PRUEBA DE TUBERIA	hm	1.0000	0.0133	10.00	0.13
0.14						

Partida 01.07.01.01 TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR

Rendimiento m2/DIA MO. 500.0000 EQ. 500.0000 Costo unitario directo por : m2 0.98

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	8.82	0.14
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0480	7.17	0.34
0.48						
Materiales						
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0200	7.00	0.14
0231020002	MADERA PARA ENCOFRADOS	p2		0.0200	5.00	0.10
0.24						
Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL	hm	1.0000	0.0160	8.50	0.14
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.48	0.01
0301030011	WINCHA DE 50 m. STANLY	und		0.0030	35.00	0.11
0.26						

Partida 01.07.01.02 EXCAVACION MASIVA MANUAL

Rendimiento m3/DIA MO. 4.0000 EQ. 4.0000 Costo unitario directo por : m3 14.77

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.0000	7.17	14.34
14.34						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	14.34	0.43
0.43						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.07.01.03 CONCRETO F'c = 210 KG/CM2

Rendimiento m3/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000 Costo unitario directo por : m3 313.36

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	8.82	7.06
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	7.72	6.18
0101010005	PEON	hh	8.0000	3.2000	7.17	22.94
						36.18
Materiales						
02070100010005	PIEDRA SELECCIONADA DE 3/4" max.	m3		0.7500	35.00	26.25
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5770	35.00	20.20
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.3870	23.00	215.90
						262.35
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	36.18	1.09
03010600020002	REGLA DE ALUMINIO 1 1/2" X 4" X 10"	und		0.1200	10.00	1.20
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.4000	9.34	3.74
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11p3	hm	1.0000	0.4000	22.00	8.80
						14.83

Partida 01.07.01.04 ESTRUCTURA METALICA 6.05x2.40 m2

Rendimiento jgo/DIA MO. 4.0000 EQ. 4.0000 Costo unitario directo por : jgo 4,015.79

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	8.82	17.64
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.0000	7.17	14.34
						31.98
Materiales						
0204030009	ANGULO DE ACERO LIVIANO DE 1 1/2" X 1 1/2" X 1/8" X 6 m	pza		2.0000	70.00	140.00
0204060004	PARANTE DE PERFIL GALVANIZADO DE 8X4CM.	m		30.0000	40.00	1,200.00
0204060005	CORREAS DE PERFIL DE 2"X1"	m		54.5000	20.00	1,090.00
0204060006	PERFIL EN L DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16	m		21.8000	20.00	436.00
0204060007	PERFIL EN T DE 1 1/2"x1 1/2"x3/16	m		10.9000	25.00	272.50
0240070001	PINTURA ANTICORROSIVA	gal		0.2500	35.00	8.75
0255080015	SOLDADURA CELLOCORD	kg		0.3000	12.00	3.60
0271050139	CARTELA Y PERNOS	und		12.0000	10.00	120.00
0271050140	ARANDELAS DE 5/8"	und		48.0000	2.00	96.00
0272010088	TUERCAS DE 5/8"	und		48.0000	2.00	96.00
0272070038	PLANCHA DE FIJACION, ATIESADOR ELECTOSOLDADO	und		12.0000	20.00	240.00
0272070039	PERNOS DE 5/8"	und		48.0000	5.00	240.00
						3,942.85
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	31.98	0.96
03012000010004	MOTOSOLDADORA DE 250 A	hm	1.0000	2.0000	20.00	40.00
						40.96

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE**

Subpresupuesto **001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA** Fecha presupuesto **01/09/2018**

Partida **01.07.01.05 PANELES FOTOVOLTAICOS 0.15KW**

Rendimiento **und/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000** Costo unitario directo por : und **945.23**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	8.82	3.53
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	7.72	3.09
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.8000	7.17	5.74
12.36						
Materiales						
0231220002	PANEL FOTOVOLTAICO DE 0.15 KW	und		1.0000	920.00	920.00
0271050141	PERNO C/TUERCA Y ARANDELA DE 3/4"x4"	und		5.0000	2.50	12.50
932.50						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	12.36	0.37
0.37						

Partida **01.07.02.01 INSTALACION Y MONTAJE DE PARARRAYO TIPO FRANKLIN**

Rendimiento **jgo/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000** Costo unitario directo por : jgo **1,402.94**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	8.82	70.56
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	7.72	61.76
132.32						
Materiales						
0204240031	BRAZO Y ABRAZADERA DE Fº Gº DE 350mm LONG. 25.4mm	pza		4.0000	6.50	26.00
0271030062	TERMINAL DE COBRE DE 50mm2.	und		2.0000	8.00	16.00
0271050142	ESTRUCTURA TUBULAR	glb		1.0000	850.00	850.00
0271050143	AISLADOR TIPO CARRETE CLASE ANSI 53-2	und		4.0000	5.50	22.00
02740500010012	PARARRAYO TIPO FRANKLIN PROTECCION R=50M.	und		1.0000	350.00	350.00
1,264.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	132.32	6.62
6.62						

Partida **01.07.03.01 INSTALACION DE POZO A TIERRA - PAT2**

Rendimiento **jgo/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000** Costo unitario directo por : jgo **840.45**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	8.82	70.56
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	7.72	61.76
0101010005	PEON	hh	2.0000	16.0000	7.17	114.72
247.04						
Materiales						
02070500010003	TIERRA NEGRA DE CULTIVO CERNIDA	m3		2.5000	20.00	50.00
02130100010004	CEMENTO CONDUCTIVO DE 25 KG.	bol		2.0000	110.00	220.00
0219160002	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO PARA PUESTA A TIERRA 500x500x300mm	und		1.0000	30.00	30.00
0270010292	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO TEMPLE BLANDO DE 25 mm2	m		10.0000	10.50	105.00
0270010293	CONECTOR DE BRONCE TIPO ANDERSON DE 16 mm	und		2.0000	6.50	13.00
0272040053	SAL GRANULADO	kg		6.0000	8.00	48.00
0272040054	VARILLA DE COBRE DE 1/2" X 2.40 m	und		1.0000	120.00	120.00
586.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	247.04	7.41
7.41						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

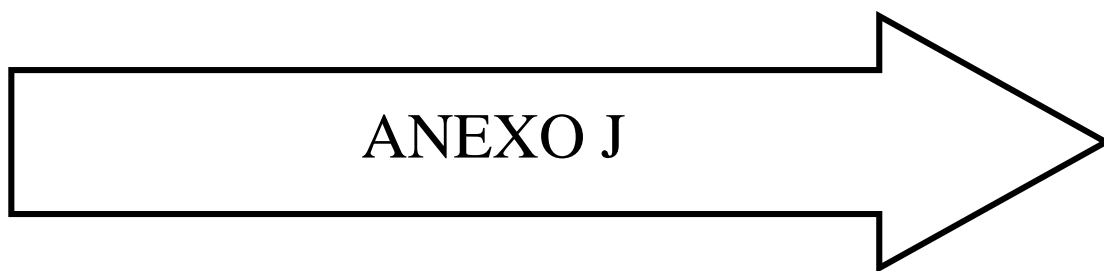
Subpresupuesto 001 SISTEMA POR IMPULSION DE AGUA

Fecha presupuesto 01/09/2018

Partida 01.07.04.01 FERRETERIA Y ACCESORIOS

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb 7,478.98

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	7.72	61.76
0101010005	PEON	hh	2.0000	16.0000	7.17	114.72
176.48						
Materiales						
02040600020003	SOQUETES DE FIERRO C/PROTECCION PARA ALUMBRADO	und		2.0000	8.00	16.00
0231220003	PANEL FOTOVOLTAICO DE 0.15 KW	und		2.0000	750.00	1,500.00
02610800020005	ACCESORIOS DE CONECCION Y PROTECCION	jgo		1.0000	750.00	750.00
02621200010015	INTERRUPTOR SIMPLE	pza		3.0000	2.50	7.50
0262130002	TOMACORRIENTE SIMPLE	pza		4.0000	2.50	10.00
0270010294	CONDUCTOR DE CU TEMPLE SUAVE TIPO NLT-AWG 2x12mm2	m		100.0000	6.00	600.00
0270110325	LUMINARIA DIFUSOR ACRILICA CIRCULAR 1x12W HERMETICO	jgo		10.0000	100.00	1,000.00
0270110326	LUMINARIA EXTERIOR 36W TIPO GLOBO	jgo		4.0000	68.00	272.00
0271050144	SOPORTE DE ESTRUCTURA METALICA DE BATERIA	und		1.0000	150.00	150.00
0272040055	REGULADORA DE CARGA	und		1.0000	225.00	225.00
02730400010004	CONECTOR DE 12 VDC	und		6.0000	12.00	72.00
0274010003	TABLERO TG	und		1.0000	400.00	400.00
0274010004	TABLERO DE DISTRIBUCION T-1	und		1.0000	250.00	250.00
02900400010005	BATERIA DE 19 PLACAS 12V	und		2.0000	600.00	1,200.00
02901300070004	INVESOR DE 300W	und		1.0000	850.00	850.00
7,302.50						



METRADO Y PRESUPUESTO DE ENERGÍA CONVENCIONAL

METRADO Y PRESUPUESTO (SISTEMA CONVENCIONAL)

"PROYECTO DE TESIS : EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA-EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE

PRESUPUESTO : "RED PRIMARIA EN 10/0.38-0.22 kV. PARA LA IMPLSION DE AGUA POTABLE"

Ubicación : COMUNIDA DE YUNCUTA-ILAVE-EL COLLAO-PUNO Fecha : NOVIEMBRE - 2 018"

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		COSTO REAL	
		UNID.	CANT.	UNIT.(S/.)	TOTAL. S/.
A	MATERIALES				
1	POSTES E INSUMOS				
1.01	Poste de C°A°C° de 13/300/165/360 incluye perilla	Und	0	1,100.00	0.00
1.02	Poste de C°A°C° de 13/400/180/375 incluye perilla	Und	2	1,350.00	2700.00
1.03	Poste de C°A°C° de 12/300/150/330 incluye perilla	Und	0	1,000.00	0.00
1.04	Cemento portland tipo I	Bol.	6	22	132.00
1.05	Arena Hormigon (15 carretillas es 01 m3)	m3	1.2	60	72.00
1.06	Piedra mediana	m3	1.5	65	97.50
					3,001.50
2	CONDUCTORES				
2.01	Conductor de Aleacion de Aluminio tipo AAAC de 25 mm2. (sumadas las 3 fases)	km	0	1,500.00	0.00
2.02	Conductor de Aleacion de Aluminio tipo AAAC de 35 mm2. (sumadas las 3 fases)	km	0.03	2,800.00	84.00
					84.00
3	CRUCETAS, MENSULAS, AISLADORES Y ACCESORIOS				
3.01	Cruceta FG 64x64x2000mm E=4,8mm. + acce.de montaje para secc. y pararrayos	Jgo.	1	400.00	400.00
3.02	Mensula F.G. 64x64x4,8mm-3000mm Long., para seccionador con 03 dados 64x64x4,8 mm -100mm Long.	Jgo.	1	200.00	200.00
3.03	Mensula de F.G. 64x64x4,8mm y 2250mm Long.,+dado de 64x64x4,8mm y 100mm Long.	Jgo.	6	160.00	960.00
3.04	Mensula de concreto armado M/1,20/250, 205 mm ø	Und	0	200.00	0.00
3.04	Media loza de C.A.V. de 1.10 m, para soporte de transformador	Und	1	250.00	250.00
3.05	Aislador de porcelana tipo PIN, Clase ANSI 55-5	Und	3	28.00	84.00
3.06	Espiga de A°G°, para cruceta y aislador ANSI 55-5	Und	3	22.00	66.00
3.07	Soporte separador de mensula-F.G. 64x64x1600mm, E=4,8mm + accesorios de fijacion	Und	4	160.00	640.00
3.08	Soporte separador de mensula-F.G. 64x64x940mm, E=4,8mm + accesorios de fijacion	Und	0	80.00	0.00
3.09	Aislador polimerico con conexión horquilla (estructura)-lenüeta (linea), RPP-15	Und	9	60.00	540.00
					3,140.00
4	FERRETERIA Y ACCESORIOS				
4.01	Riostra de F.G.-51x51x1800mm E=4,8mm incluye accesorios de fijacion.	Und	7	100.00	700.00

4.02	Riostra de F.G.de 64x64x1000mm E=6.4mm para soporte de loza+accesorios de fijacion.	Und	0	80.00	0.00
4.03	Abrazadera tipo U-FG-190mm ø x 50mm, E=4,8mm+2 pernos AG -13mm ø x 102mm Long.	Und	0		0.00
4.04	Abrazadera tipo U-FG-190, 180 y 170mm øx50mm, E=4,8mm+2 pernos AG -13mm ø x 102mm Long.	Jgo.	0	23.00	0.00
4.05	Abrazadera tipo U-FG-200,190 Y 180mm øx50mm, E=4,8mm+2 pernos AG -13mm ø x 102mm Long.	Jgo.	2		0.00
4.06	Abrazadera partida simple tipo CAS-FG-220mm øx50mm, E=4,8mm+2 pernos AG-13mm øx102mm Long.	Und	2		0.00
4.07	Abrazadera partida tipo CAS simple-FG-270mmøx50mm, E=6,4mm+2 pernos AG-13mmøx102mm long.	Und	0	28.00	0.00
4.08	Abrazadera partida doble tipo CAS-FG-220mmøx50mm, E=4,8mm+2 pernos AG-13mmøx102mm long.	Und	1		0.00
4.09	Abrazadera partida doble tipo CAS-FG-240mmøx50mm, E=4,8mm+2 pernos AG-13mmøx102mm long.	Und	1		0.00
4.1	Perno de AG de 16 mm ø x 102 mm long., maquinado, provisto de tuerca, contratuerca+2 arandelas.	Und	13		0.00
4.11	Perno doble armado AG de 16 mm ø x 356 mm, provisto de 4 tuercas y arandelas.	Und	3	15.00	45.00
4.12	Perno doble armado AG de 16 mm ø x 457 mm, provisto de 4 tuercas y arandelas.	Und	0	18.00	0.00
4.13	Varilla de armar preformada simple, para AAAC 35 mm ² de conductor	Und	0	30.00	0.00
4.14	Varilla de armar preformada doble, para AAAC 35 mm ² de conductor	Und	0	45.00	0.00
4.15	Alambre de amarre de aluminio recocido de 10 mm ²	m	15	2.00	30.00
4.16	Tuerca ojo AG, forjado, para perno de 16 mm	Und	3	8.00	24.00
4.17	Perno ojo AG, 16 mm x 208 mm long.; 152 mm maquinado con tuerca y contratuerca.	Und	0	9.50	0.00
4.18	Perno ojo AG, 16 mm x 254 mm long.; 152 mm maquinado con tuerca y contratuerca.	Und	9	10.00	90.00
4.19	Grapa de anclaje tipo pistola, para conductor de 35 mm ² , incluye accesorios de fijacion.	Und	9	18.00	162.00
4.2	Conector doble via, 2 pernos AL/AL 16-70/16-70mm ²	Und	12	9.00	108.00
4.2	Terminales de cobre de 50 mm	Und	0	10.00	0.00
4.21	Terminales de cobre de 35 mm	Und	9	8.57	77.00
4.22	Terminales de cobre de 25 mm	Und	2	6.00	12.00
					1,248.00
5	EQUIPOS DE TRANSFORMACION MANIOBRA Y CONTROL				
5.01	Transformador de distribucion trifasico de 37,5 KVA, JUEGO COMPLETO: 10/0,38 - 0,22 kV, 60 Hz.	Jgo.	0	7,329.10	0.00
	regulación taps en el primario: +/-2x2.5%, tipo de refrigeración: ONAN, altura de trabajo 4000 msnm,				
	número de terminales en el secundario: 04, en el primario: 03, tipo de montaje exterior.				
5.02	Transformador de distribucion trifasico de 50 KVA, JUEGO COMPLETO: 10/0,38 / 0,22 kV, 60 Hz.	Jgo.	0	15,000.00	0.00

	regulación taps en el primario: +/-2x2.5%, tipo de refrigeración: ONAN, altura de trabajo 4000 msnm,				
	número de terminales en el secundario: 04, en el primario: 03, tipo de montaje exterior.				
5.03	Transformador de distribución trifásico de 10 KVA, JUEGO COMPLETO: 5/0,38 / 0,22 kV, 60 Hz.	Jgo.	1	6,000.00	6,000.00
	regulación taps en el primario: +/-2x2.5%, tipo de refrigeración: ONAN, altura de trabajo 4000 msnm,				
	número de terminales en el secundario: 04, en el primario: 03, tipo de montaje exterior.				
5.04	Transformador de distribución trifásico de 160 KVA, JUEGO COMPLETO: 10/0,38 / 0,22 kV, 60 Hz.	Jgo.	0	45,000.00	0.00
	regulación taps en el primario: +/-2x2.5%, tipo de refrigeración: ONAN, altura de trabajo 4000 msnm,				
	número de terminales en el secundario: 04, en el primario: 03, tipo de montaje exterior.				
5.05	Transfomix, JUEGO COMPLETO: 10/ 0,22 kV, 60 Hz.	Jgo.	1	2,000.00	2,000.00
5.06	Tablero de distribución 3Ø, 380/220 V. para transformador de 37,5 KVA, de plancha F°G° 1/16", con	Jgo.	0	1,600.00	0.00
	tratamiento antico-corrosivo, acabado de pintura gris martillado, techo inclinado, puerta de dos hojas , con				
	chapa de seguridad, de dimensiones 1,0x0,9x0,3m, provisto de 03 barras de Cu de 5x50x700mm,				
	aisladores portabarras fases, 01 barra de Cu de 5x50x300mm, aislador portabarra y neutro, para termomag				
	trifásicos, (3 de 1x50A)+abrazaderas para sujetar en poste de 13/400				
5.07	Tablero de distribución 3Ø, 380/220 V. para transformador de 50 KVA, de plancha F°G° 1/16", con	Jgo.	0	5,000.00	0.00
	tratamiento antico-corrosivo, acabado de pintura gris martillado, techo inclinado, puerta de dos hojas , con				
	chapa de seguridad, de dimensiones 1,0x0,9x0,3m, provisto de 03 barras de Cu de 5x50x700mm,				
	aisladores portabarras fases, 01 barra de Cu de 5x50x300mm, aislador portabarra y neutro, para termomag				
	trifásicos, (3 de 3x100A,2 de 3x50A)-equipo de AP+abrazaderas para sujetar en poste de 13/400				
5.08	Tablero de distribución 3Ø, 380/220 V. para transformador de 100 KVA, de plancha F°G° 1/16", con	Jgo.	1	2,200.00	2,200.00
	tratamiento antico-corrosivo, acabado de pintura gris martillado, techo inclinado, puerta de dos hojas , con				
	chapa de seguridad, de dimensiones 1,0x0,9x0,3m, provisto de 03 barras de Cu de 5x50x700mm,				
	aisladores portabarras fases, 01 barra de Cu de 5x50x300mm, aislador portabarra y neutro, para termomag				
	trifásicos, (3 de 3x100A,2 de 3x50A)-equipo de AP+abrazaderas para sujetar en poste de 13/400				

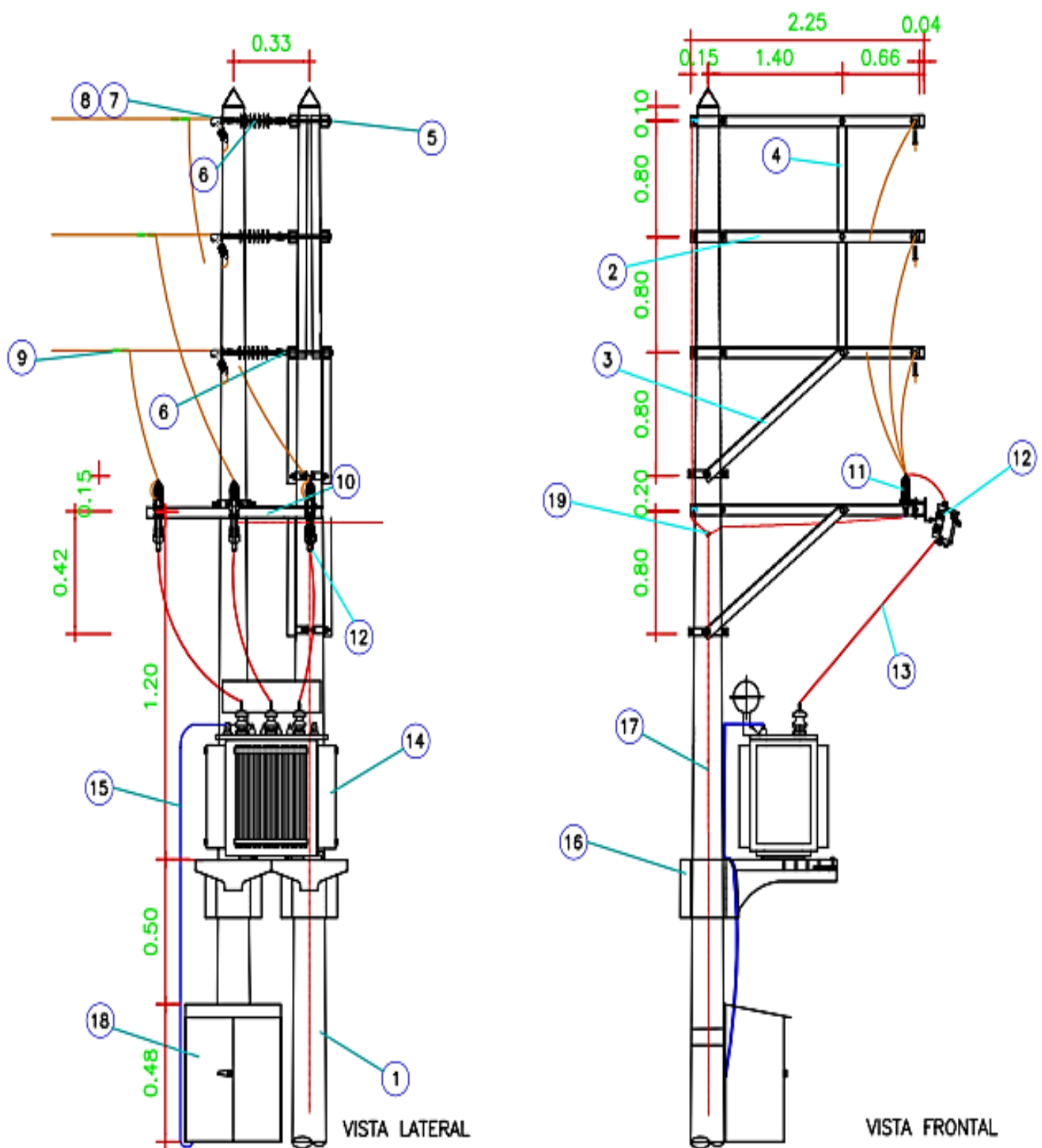
5.09	Tablero de distribución 3Ø, 380/220 V. para transformador de 160 KVA, de plancha F°G° 1/16", con	Jgo.	0	6,000.00	0.00
	tratamiento antico-corrosivo, acabado de pintura gris martillado, techo inclinado, puerta de dos hojas, con				
	chapa de seguridad, de dimensiones 1,0x0,9x0,3m, provisto de 03 barras de Cu de 5x50x700mm,				
	aisladores portabarras fases, 01 barra de Cu de 5x50x300mm, aislador portabarra y neutro, para termomag				
	trifasicos, (3 de 3x100A, 2 de 3x50A)-equipo de AP+abrazaderas para sujetar en poste de 13/400				
5.1	Seccionador fusible unipolar tipo expulsion CUT-OUT-15 kV-100A-150KV-BIL., 4000 msnm	Und	2	330.00	660.00
5.11	Pararrayos tipo autovalvula de oxido metalico, 12 kV 150 kV Bil, 10 kA. 4000 msnm.(Porcelana)	Und	2	550.00	1,100.00
5.12	Conductor unipolar de Cu tipo THW 12 mm ² , 1 kV, color negro, para amarre	m	10	1.00	10.00
5.13	Conductor unipolar de Cu tipo NYY 35 mm ² +1x25 mm ² , 1 kV, color negro, para bajada a tablero	m	6	70.00	420.00
5.14	Conductor unipolar de Cu tipo N2XSY para bajada del transformador, seccionador al trafomix y salida.	m	31.5	20.00	630.00
5.15	Conductor unipolar de Cu tipo N2XSY para bajada pasatapa del transformador.	m	0	15.00	0.00
5.13	Fusible Rápido. chicote para 10 kV de 10K	Und	3	7.00	21.00
5.14	Fusible Rápido. chicote para 10 kV de 12K	Und	3	7.00	21.00
5.15	Fusible Rápido. chicote para 10 kV de 20K	Und	0	30.00	0.00
					13,062.00
6	PUESTA A TIERRA				
6.01	Conductor de cobre desnudo 25 mm ² , para PAT.	m	32	10.50	336.00
6.02	Conductor de cobre Forrado 25 mm ² , para PAT.	m	16	11.50	184.00
6.03	Varilla de cobre de 16mm x 2400 mm de longitud	Und	3	70.00	210.00
6.04	Conector tipo AB para electrodo de 16mm y conductor de 25 mm ²	Und	3	7.00	21.00
6.05	Cemento conductivo-50 Kg.	Bls.	3	85.00	255.00
6.06	Tierra negra	Und	3	35.00	105.00
6.07	Boveda de concreto con tapa para electrodo de puesta a tierra	Und	3	35.00	105.00
6.08	Plancha de cobre para linea a tierra	Und	3	2.50	7.50
6.09	Conector de cobre tipo perno partido para conductor de 25 mm ²	Und	4	6.00	24.00
6.1	Conector de cobre tipo J para conductor de 25 mm ² + Tuercas	Und	4	12.00	48.00
6.11	Pintura esmalte sintético para pintado de señalización de PAT y numeración de estructuras	Gal.	1	35.00	35.00
6.12	Thinner	Gal.	1	25.00	25.00
					1,355.50
	TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES S/.				21,891.00
B	MONTAJE				
1	Replanteo Topografico de Redes Primarias y ubicación de estructuras	km	0.04	570.00	23.05

2	Montaje de estructura C.A.C de 13m (excavacion de hoyo, izaje y cimentacion)	Und	2	342.00	684.00
3	Montaje de retenida inclinada doble tipo RID (excavacion de hoyo y rellenado)	Jgo	0	175.00	0.00
4	Montaje de retenida inclinada doble tipo RVD (excavacion de hoyo y rellenado)	Jgo	0	185.00	0.00
5	Montaje de retenida inclinada doble tipo RVVDR (excavacion de hoyo y rellenado)	Jgo	0	130.00	0.00
6	Montaje Armado PSVE-3(MFG) alineamiento	Jgo	0	250.00	0.00
7	Montaje Armado PSVE-3(MCAV) alineamiento	Jgo	0	150.07	0.00
8	Montaje Armado PAIVE-3(MFG) cambio de direccion	Jgo	0	280.00	0.00
9	Montaje Armado TSV-3(MFG) cambio de direccion	Jgo	1	435.00	435.00
10	Montaje Armado TSVE-3(MFG) cambio de direccion	Jgo	0	250.00	0.00
11	Montaje Armado PTH-3(MFG) fin de linea	Jgo	0	290.00	0.00
12	Montaje Armado SEC-3(MFG) seccionamiento	Jgo	0	290.00	0.00
13	Montaje Armado EMP (empalme aereo)	Jgo	0	90.00	0.00
14	Montaje Armado DS-3 (empalme del punto de diseño)	Jgo	0	100.00	0.00
15	Montaje Armado DT-3(MCAV) (empalme del punto de diseño)	Jgo	1	225.00	225.00
16	Montaje Armado TM-3(MFG)	Jgo	0	800.00	0.00
	* Montaje de la plataforma de la estructura				
	* Montaje de transformador trifasico				
	* Montaje de la estructura metalica del armado				
	* Montaje del seccionador fusible (CUT-OUT) unipolar x 3				
	* Montaje de pararrayos del sistema trifasico				
17	Montaje Armado de estructura de SSEE biposte STBE-MFG(ALI) conformado por:	Jgo	0	1,910.26	0.00
	* Montaje de la plataforma de la estructura				
	* Montaje de transformador trifasico				
	* Montaje de la estructura metalica del armado				
	* Montaje del seccionador fusible (CUT-OUT) unipolar x 3				
	* Montaje de pararrayos del sistema trifasico				
	* Montaje del tablero de distribucion de la SSEE biposte y acabados				
18	Montaje Armado de estructura de SSEE biposte STBE-MFG(FIN) conformado por:	Jgo	0	1,910.26	0.00
	* Montaje de la plataforma de la estructura				
	* Montaje de transformador trifasico				
	* Montaje de la estructura metalica del armado				
	* Montaje del seccionador fusible (CUT-OUT) unipolar x 3				
	* Montaje de pararrayos del sistema trifasico				
	* Montaje del tablero de distribucion de la SSEE biposte y acabados				
19	Montaje Armado de estructura de SSEE biposte SMM-2P MFG(ALI) conformado por:	Jgo	1	1,275.00	1,275.00
	* Montaje de la plataforma de la estructura				

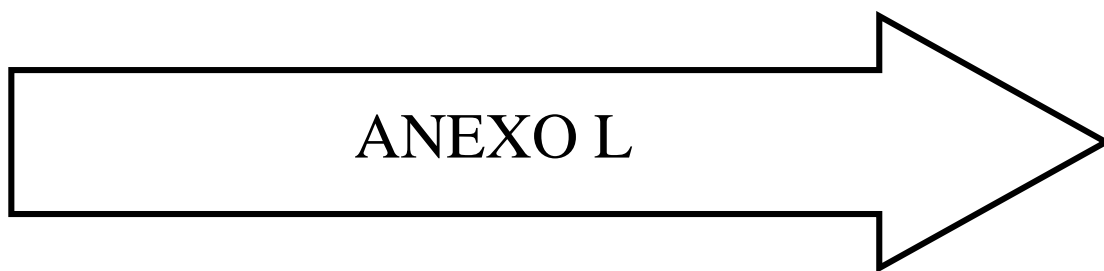
	* Montaje de transformador trifasico				
	* Montaje de la estructura metalica del armado				
	* Montaje del seccionador fusible (CUT-OUT) unipolar x 3				
	* Montaje de pararrayos del sistema trifasico				
	* Montaje del tablero de distribucion de la SSEE biposte y acabados				
20	Montaje Armado de estructura de SSEE biposte SMM-2P-TM-MFG(ALI) conformado por:	Jgo	0	1,434.33	0.00
	* Montaje de la plataforma de la estructura				
	* Montaje de transformador trifasico y trafomix				
	* Montaje de la estructura metalica del armado				
	* Montaje del seccionador fusible (CUT-OUT) unipolar x 3				
	* Montaje de pararrayos del sistema trifasico				
	* Montaje del tablero de distribucion de la SSEE biposte y acabados				
21	Tendido y puesta en flecha de conductor de Aleacion de Aluminio AAAC de 35 mm2.	km	0.05	1,342.50	67.13
22	Montaje de puesta a tierra con varilla (tipo PAT-1) (excavcion de hoyo y tratamiento)	Jgo.	1	270.00	270.00
23	Montaje de puesta a tierra con varilla (tipo PAT-2) (excavcion de hoyo y tratamiento)	Jgo.	1	540	540
24	Montaje de puesta a tierra con varilla (tipo PAT-3) (excavcion de hoyo y tratamiento)	Jgo.	0	540	0
25	Pintado y señalizacion	und	6	30	180
26	Revisión y pruebas Electricas	km	0.04	586.5	23.72
	TOTAL DE MONTAJE ELECTROMECHANICO S/.				3,722.90
	RESUMEN GENERAL				
A	SUMINISTRO DE MATERIALES				21,891.00
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO				3,722.90
C	TRANSPORTE (2% DE A)				437.82
D	Expediente técnico final completo de conforme a obra (5% DE A)				1,094.55
E	TOTAL COSTO DIRECTO S/. 27,146.27				27146.27
F	RESIDENCIA, SEGURIDAD Y SUPERVISOR DE OBRA (15% DE E)				4,071.94
G	GASTOS GENERALES (3% DE E)				814.39
	COSTO TOTAL				S/. 32,032.60



ARMADO RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE SUBESTACIÓN
BIPOSTE



19	CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO PARA CONDUCTOR 25 mm ²	2
18	TABLERO DE DISTRIBUCION TRIFASICO, INCLUYE ACCESORIOS DE MONTAJE Y FIJACION	1
17	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DE 25 mm ² -7 HILOS, PARA PUESTA A TIERRA	15m
16	SOPORTE DE TRANSFORMADOR PARA SUB ESTACION BIPOSTE	2
15	CONDUCTOR UNIPOLAR DE Cu TIPO NYY PARA BAJADA A TABLERO, SEGUN REQUERIMIENTO	12m
14	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION TRIFASICO, SEGUN REQUERIMIENTO	1
13	CONDUCTOR UNIPOLAR DE Cu TIPO N2XSJ PARA BAJADA PASATAPA DEL TRANSFORMADOR	6m
12	SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR TIPO CUT-OUT CON ACCESORIOS DE MONTAJE, SEGUN REQUERIMIENTO	3
11	PARARRAYO UNIPOLAR, INCLUYE ACCESORIOS DE MONTAJE Y FIJACION, SEGUN REQUERIMIENTO	3
10	CRUCETA DE FG 64mmx64mmx2000mm E=4,8mm. INC. ACCE. DE MONTAJE PARA SECCIONAMIENTO Y PARRARAYO	1
9	CONECTOR DOBLE VIA, 2 PERNOS AL/AL 16-70/16-70mm ²	6
8	ALAMBRE DE AMARRE DE ALUMINIO RECOCIDO DE 16 mm ²	7.5m
7	GRAPA DE ANCLAJE DE ALUMINIO TIPO PISTOLA PARA CONDUCTOR DE 35 mm ²	3
6	AISLADOR POLIMERICO CON CONEXIÓN HORQUILLA TIPO SUSPENSION RPP-15	3
5	PERNO OJO DE A*G* DE 16 mm ø x 254 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	3
4	SOPORTE DE SEPARACION VERTICAL DE MENSULA DE F*G* DE 51x51x1635mm, E=4,8mm INCLUYE ACCESORIOS DE FIJACION	2
3	ABRAZ. TIPO CAS DE F*G* DE 220mm ø x 50mm, E=4,8mm, CON 2 PERNOS DE A*G* DE 13mm ø x 102mm LONG	4
	RIOSTRA DE PERFIL ANG. AoGo 51x51x1500m E=4,8mm INCLUYE ACCESORIOS DE FIJACION	
2	ABRAZADERA TIPO U DE FG DE 190,180,170mm ø x 50mm, E=4,8mm, CON 2 PERNOS DE A*G* DE 13mm ø x 102mm LONG	6
	PERNO DE A*G* DE 16 mm ø x 102 mm LONG., MAQUINADO, PROVISTO DE TUERCA, CONTRATUERCA Y 2 ARANDELAS	
	CRUCETA DE PERFIL ANG. GALV. DE 75x75x2200mm LONG., INCLUYE DADO DE 75x75x4,8mm y 100mm LONG.	
1	POSTE DE CONCRETO DE 12 m/300 daN (INCLUYE PERILLA)	2
ITEM	DESCRIPCION	
DISEÑO Y DIBUJO: Ing. M. Cañazaca C REVISO: ELP APROBADO: ELP FECHA: NOVIEMBRE-12 ESC: S/E	PROYECTO DE TEISIS: RED PRIMARIA EN 10 kV DE ARMADO SUBESTACION TRIFASICA CON MENSULA DE FIERRO GALVANIZADO EN FIN DE LINEA STBV-1P	LAMINA N°: 01/06



CALCULO DE ARMADURA DE RESERVORIO

CALCULO ESTRUCTURAL DE CISTERNA DE 12m3

PROYECTO	: "INSTALACION DEL SISTEMA AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN LAS COMUNIDADES DE SAN MIGUEL DE PIÑUTANI, LACOTUYO CHOCONAPI Y LA PARCIALIDAD DE SAN PEDRO DE MORCOLLO DEL DISTRITO DE ILAVE, PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO"
ENTIDAD	: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE EL COLLAO

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS	
VOLUMEN CISTERNA	= 12 m ³
ALTURA UTIL CISTERNA +30cm VL.	= 1.30 m
LADO UTIL CISTERNA	= 2.50 m
RELACION DE b/h	= 1.92

ESPECIFICACIONES	
CONCRETO f _c	= 175 Kg/m ²
SOBRECARGA EN LOSA	= 150 Kg/m ²
ACERO f _y	= 4,200 Kg/cm ²
RESISTENCIA DEL SUELO Arena	= 1.00 Kg/cm ²
COEF. SISMICO	= 0.12
RECUBRIMIENTO (r)	= 4.00 Cm
f _s	= 1400 Kg/cm ²
f _c	= 79 Kg/cm ²

ACERO MUROS	
ACERO VERTICAL	= 3/8 Pulg.
DIAMETRO	= 0.953 Cms.
AREA	= 0.713 Cms ² .
PESO	= 0.580 Kg/ml
ACERO HORIZONTAL	= 3/8 Pulg.
DIAMETRO	= 0.953 Cms.
AREA	= 0.713 Cms ² .
PESO	= 0.580 Kg/ml

ACERO LOSA DE TECHO	
ACERO HORIZONTAL	= 3/8 Pulg.
DIAMETRO	= 0.953 Cms.
AREA	= 0.713 Cms ² .
PESO	= 0.580 Kg/ml

ACERO LOSA DE FONDO	
ACERO HORIZONTAL	= 3/8 Pulg.
DIAMETRO	= 0.953 Cms.
AREA	= 0.713 Cms ² .
PESO	= 0.580 Kg/ml

COEFICIENTE (K) PARA CALCULOS DE LAS PAREDES DE RESERVIOS LIBRES TAPA LIBRE Y FONDO EMPOTRADO

B/H	X/H	Y = 0		Y = B/4		Y = B/2	
		MX	MY	MX	MY	MX	MY
0.5	0	0.0000	0.0270	0.0000	0.0090	0.0000	-0.0600
1.0	1/4	0.0130	0.0230	0.0060	0.0100	-0.0120	-0.0590
1.92	1/2	0.0150	0.0160	0.0100	0.0100	0.0100	-0.0490
1.50	3/4	-0.0080	0.0030	-0.0020	0.0030	-0.0050	-0.0270
1.00	1	-0.0860	-0.0170	-0.0590	-0.0120	0.0000	0.0000

DETERMINACION DE MOMENTOS	
M = 1000*h ³	1.3 = 2197.0
M*0	1.3 = 0.0
M*1/4	1.3 = 0.3
M*1/2	1.3 = 0.7
M*1	1.3 = 1.0
M*1	1.3 = 1.3

CALCULO DE LAS PAREDES Y ESPESOR DE LA PARED DE LA CISTERNA APOYADO

MOMENTOS Kg-m DEBIDO AL EMPUJE DEL AGUA

EL CALCULO DE LOS MOMENTOS EN "Y" ES SIMILAR AL QUE SE UTILIZA PARA EL

1.3 1 1 1.3 1.3 1.30

1.3 1 1 1.3 1.3 1.3

1.3 1 1 1.3 1.3 1.3

1.3 1 1 1.3 1.3

B/H	X/H	Y = 0		Y = B/4		Y = B/2	
		MX	MY	MX	MY	MX	MY
0	0	0.0	59.3	0.0	19.8	0.0	-131.8
1.92	1/4	28.6	50.5	13.2	22.0	-26.4	-129.6
	1/2	33.0	35.2	22.0	22.0	22.0	-107.7
	3/4	-17.6	6.6	-4.4	6.6	-11.0	-59.3
	1	-188.9	-37.3	-129.6	0.0	0.0	0.0

DEL CUADRO EL MAXIMO MOMENTO ABSOLUTO ES
M max = 188.94 kg-m

EL ESPESOR DE LA PARED ORIGINADO POR EL MOMENTO "M" EN CUALQUIER PUNTO ES:
 $e = (6M / (f_c * 100)) = 6.48 \text{ cm}$

Predimensionamiento para verificacion
 Se Asume Un Espesor De Pared = 0.15 m

EN RESUMEN SE TIENE M max Absoluto Vertical 131.82 kg-m
 M max Absoluto Horizontal 188.94 kg-m

CALCULO DE LA ARMADURA DE LAS PAREDES DE LA CISTERNA

Segun RNC la Cuantia no sera menor de $A_s = 0,0015 * b * e = A_s = 2.3 \text{ cm}^2$

Para cual se recomienda Usar Fierro de \emptyset de 3/8" @ 0,25 m por cada metro "=>" $A_s = 2.9 \text{ cm}^2$

Para El Diseño Se Utiliza Segun RNC $f_s = 900.00 \text{ kg/cm}^2$
 $n = 9.00$

Momento Maximo Negativo (Armadura Vertical)

M (-) = 188.94 kg-m

El Acero Requerido es = $A_s = 3.29 \text{ cm}^2$

Espaciamiento = 0.22 cm 5 \emptyset 3/8" @ 0.22 m

Asumiendo para Proceso Constructivo	5 \emptyset 3/8" @	0.22 m
-------------------------------------	----------------------	--------

Momento Maximo Positivo (Armadura Horizontal)

M (+) =	131.82	kg-m		
El Acero Requerido es	=	As	">"	2.30 cm ² 1 Ø 3/8" @
Espaciamiento	=	0.31	cm	4 Ø 3/8" @ 0.31 m

Asumiendo para Proceso Constructivo	4 Ø 3/8" @	0.31 m
-------------------------------------	------------	--------

CHEQUEO POR ESFUERZO CORTANTE

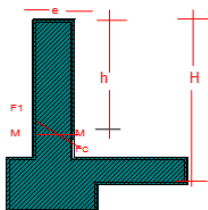
Fuerza Cortante Del Agua Sera	$v = 1000 \cdot h^2 / 2$	=	845.0	kg	El Esfuerzo Permissible Nominal en el Concreto para Muros no Excedera a : $v_{max} = 0,02 \cdot f_c$
El Esfuerzo Cortante Nominal sera		=	1.29	kg/cm ²	$v_{max} = 3.50$ kg/cm ²
Comparando	$v = 1.29$	<	$v_{max} = 3.50$	OK !!	Satisfase las Condiciones de Diseño

CHEQUEO POR ADHERENCIA

Esfuerzo de Adherencia en Cualquier Punto	$u = v / (\# \cdot j \cdot d)$	=	4.86	kg/cm ²	Donde # = 27.30
El Esfuerzo Permissible Por Adherencia en el Concreto para Muros es		$u_{max} = 0,05 \cdot f_c$	=	8.75	kg/cm ²
Comparando	$u = 4.86$	<	$u_{max} = 8.75$	OK !!	Satisfase las Condiciones de Diseño

CALCULO DE LA LOSA DE CUBIERTA Y ESPESOR DE LA LOSA DE CUBIERTA

La losa de cubierta sera considerada como una losa armada en dos sentidos y apoyada en cuatro lados



Calculo del espesor de la losa

Espesor de los Apoyos	=	0.15
Luz de Calculo	=	2.65
Espesor ($e = L / 36$)	=	0.07
		0.10

Segun RNC para losas Macizas Armadas en dos Sentidos

Los Momentos Flexionantes en las Fajas Centrales Son

$MA = MB = C \cdot W \cdot L^2$ $C = 0.036$

Peso propio de la Losa = 240

Sobre Carga o Carga Viva = 150.0

w = 390.0 kg/m²

El Espesor Util Sera " d " = 2.79 m

Valor del Calculo de " R " = 12.649

Entonces, Asumir "d" el Valor de **0.10 m**

Para el Diseño Se Considera = 7.50 cm

Recubrimiento de = 2.50 cm

El Momento Flexionante es	=	98.60 kg-m
$R = (1/2) \cdot fs \cdot j \cdot k$	=	12.65
$j = 1 - (k/3)$	=	0.878
$k = 1 / (1 + fs / (n \cdot fc))$	=	0.365
$n = Es / Es = (2,1 \times 10^6) / (W^{1.5} \times 4200 \times (fc)^{1/2})$	=	10.17

CALCULO DE LA ARMADURA DE LA LOSA DE CUBIERTA DE LA CISTERNA

Segun RNC la Cuantia minima $As = 0,0017 \cdot b \cdot e$ = $As = 1.19$ cm²

Para cual se recomienda Usar Fierro de Ø de 3/8" @ 0,25 m por cada metro ">" $As = 2.85$ cm²

Para El Diseño Se Utiliza Segun RNC $fs = 1400.0$ kg/cm²

Momento Maximo en la Losa de Cubierta Sera

M =	98.60	kg-m		
El Acero Requerido es	=	As	">"	1.07 cm ² 1 Ø 3/8" @
Espaciamiento	=	0.60	cm	3 Ø 3/8" @ 0.6 m

Asumiendo para Proceso Constructivo	3 Ø 3/8" @	0.6 m
-------------------------------------	------------	-------

CHEQUEO POR ESFUERZO CORTANTE

Fuerza Cortante Maxima Sera	$v = W \cdot S / 3$	=	325.0 kg/m		El Esfuerzo Cortante Unitario en el Concreto $v_{max} = 0,29 \cdot (f_c)^{1/2}$
El Esfuerzo Cortante Sera		=	0.50 kg/cm ²		$v_{max} = 3.84$ kg/cm ²
Comparando	$v = 0.50$	<	$v_{max} = 3.84$	OK !!	Satisfase las Condiciones de Diseño

CHEQUEO POR ADHERENCIA

Esfuerzo de Adherencia en Cualquier Punto	$u = v / (\# \cdot j \cdot d)$	=	3.69 kg/cm ²		
Donde # = 12.00					
El Esfuerzo Permissible Por Adherencia en el Concreto para Muros es			$u_{max} = 0,05 \cdot f_c = 8.75$		
Comparando	$u = 3.69$	<	$u_{max} = 8.75$	OK !!	Satisfase las Condiciones de Diseño

CALCULO DE LA LOSA DE FONDO Y ESPESOR DE LA LOSA DE FONDO

La losa de fondo sera considerada y analizada como una placa flexible y no como una placa rigida

Peso Propio del Agua	=	1300.0	El Espesor Util Asumido Sera	=	0.15 m
Peso Propio del Concreto	=	360.00			
W	=	1660.0 kg/m²			

Momento de Empotramiento en el los Extremos			Momento de Empotramiento en el Centro		
$M = -W \cdot L^2 / 192$	=	-54.04 kg-m	$M = W \cdot L^2 / 384$	=	27.02 kg-m

Para lasas Armadas en Dos Sentidos **Timoshenko** recomienda que se debe afectar por los siguientes coeficientes

Para un momento en el centro	0.05130	=	1.39 kg-m
Para un momento de empotramiento	0.52900	=	-28.59 kg-m

Chequeo del espesor Asumido mediante el Metodo elastico sin agritamiento

$f_t = 0,85 \cdot (f_c)^{1/2}$	=	11.244	entones	$e = (6 \cdot M / f_t \cdot b)^{1/2}$	=	3.91	Dicho Valor es Menor que el Asumido
Considerando con el Recubrimiento sera el Valor de					=	7.91	Asumiendo = 8.00 cm

CALCULO DE LA ARMADURA DE LA LOSA DE FONDO DE LA CISTERNA

Segun RNC la Cuantia minima $As = 0,00175 \cdot b \cdot e$ = $As = 2.63$ cm²

Para cual se Recomienda Usar Acero Ø de 3/8" @ 0,25 m por cada metro " $= >$ " $As = 2.85$ cm²

Para El Diseño Se Utiliza Segun RNC	f_s	=	900.0 kg/cm ²
	n	=	9.0
	j	=	0.85

Momentos Maximos (-) y (+) en la Losa de Fondo Sera					
$M (-) = -28.59$ kg-m		$M (+) = 1.39$ kg-m			

El Acero Requerido es	=	$As (-) = >$	0.47 cm ²	Asumiendo	=	2.63 cm ²
		$As (+) = >$	0.02 cm ²	Asumiendo	=	2.63 cm ²

Espaciamiento = 0.25 cm 4 Ø 3/8" @ 0.25 m

Asumiendo para Proceso Constructivo 4 Ø 3/8" @ 0.25 m

PAREDES DE LA CISTERNA

Espesor = 0.15

Armadura Vertical

Acero Calculado	5 Ø 3/8" @	0.22 m
-----------------	------------	--------

Acero Asumido	Ø 1/2" @	0.25 m
---------------	----------	--------

Armadura Horizontal

Acero Calculado	4 Ø 3/8" @	0.31 m
-----------------	------------	--------

Acero Asumido	Ø 1/2" @	0.30 m
---------------	----------	--------

LOSA DE CUBIERTA DE LA CISTERNA

Espesor = 0.10

Acero Calculado	3 Ø 3/8" @	0.6 m
-----------------	------------	-------

Acero Asumido	Ø 3/8" @	0.30 m
---------------	----------	--------

LOSA DE FONDO DE LA CISTERNA

Espesor = 0.15

Acero Calculado	4 Ø 3/8" @	0.25 m
-----------------	------------	--------

Acero Asumido	Ø 3/8" @	0.25 m
---------------	----------	--------



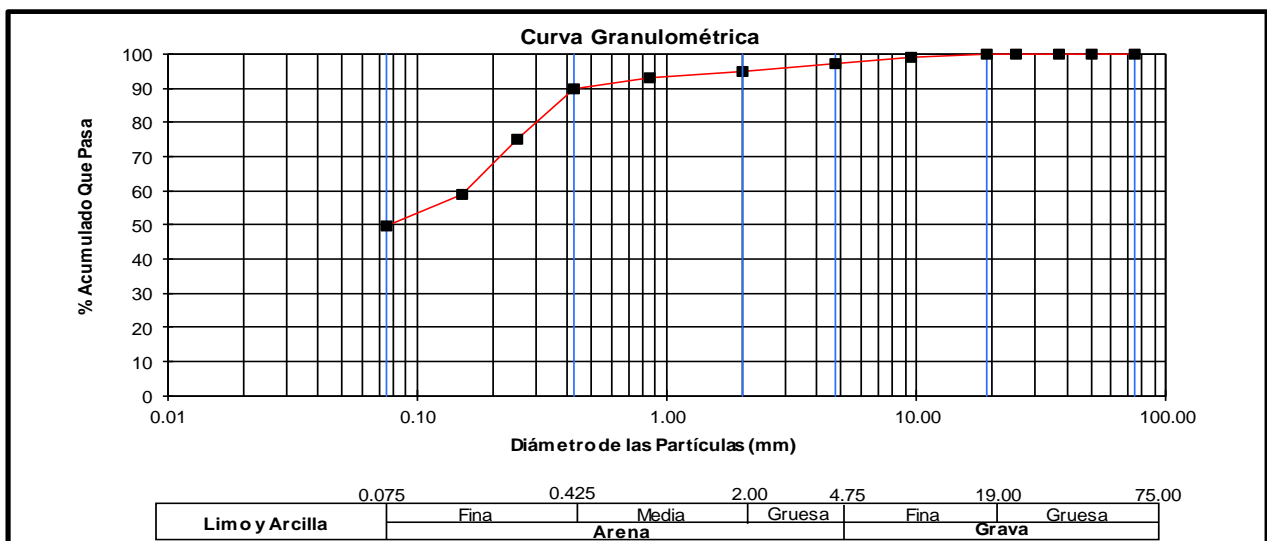
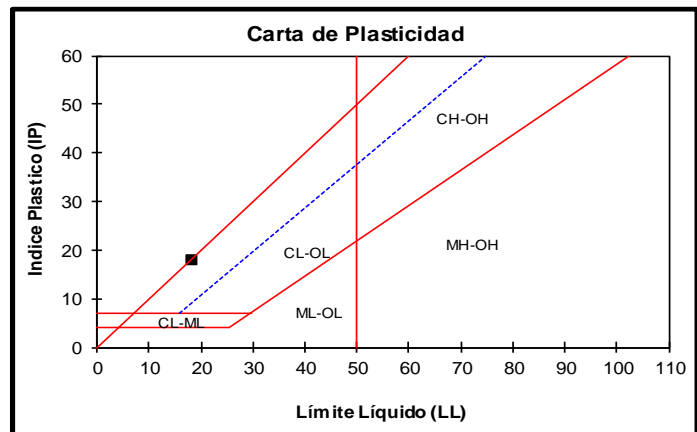
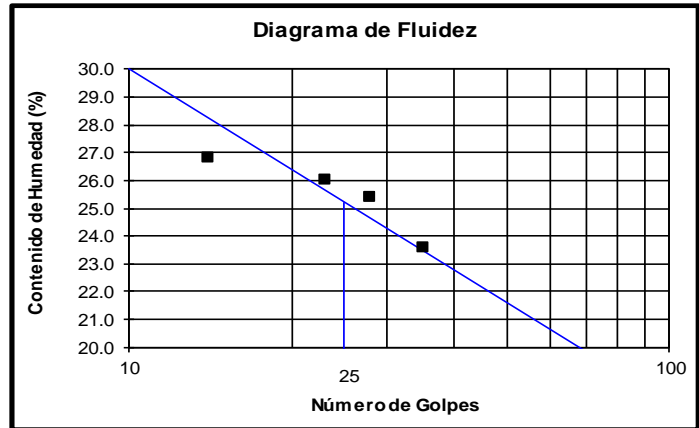
CLASIFICACIÓN DE SUELOS

ENSAYOS : ESTANDAR DE CLASIFICACION
 NORMAS : ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487
 INFORME : CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO
 EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EÓLICA PARA LA IMPULSIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL-ILAVE
 PROYECTO :
 SOLICITANTE : DAVID CHOQUE ARCE
 UBICACION : COMUNIDAD DE YUNCUTA
 FECHA : 03 DE DICIEMBRE 2018
 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA
 No DE EXPLORACION : C1
 No DE MUESTRA : M1
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO (m) : -
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 3.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	% ACUMULADO QUE PASA	75.000	3"	100.00
		50.000	2"	100.00
		37.500	1 1/2"	100.00
		25.000	1"	100.00
		19.000	3/4"	100.00
		9.500	3/8"	98.79
		4.750	No 004	97.01
		2.000	No 010	94.86
		0.850	No 020	92.82
		0.425	No 040	89.89
		0.250	No 060	75.12
		0.150	No 100	58.87
		0.075	No 200	49.70
		D10 (mm)	0.00	Cu
D30 (mm)	0.02	Cc	0.49	
D60 (mm)	0.16			

PESO ESP. RELATIVO DE SÓLIDOS (S _s)	-
PESO ESPECÍFICO NATURAL (γ)	(gr/cc) 1.97
HUMEDAD NATURAL (ω)	(%) 16.54
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	(%) 25.20
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	(%) 0.00
ÍNDICE PLÁSTICO (IP)	(%) 25.20
LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC)	(%) -

CLASIFICACION S.U.C.S.	SC
------------------------	----



OBSERVACIONES : NO PRESENTA NIVEL FREÁTICO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (NORMA ASTM-D3080-98)

PROYECTO: EVALUACION DEL USO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO-EOLICA PARA LA IMPULSION DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN CENTRO POBLADO RURAL -ILAVE

SOLICITANTE: DAVID CHOQUE ARCE
 UNICACION: COMUNIDAD DE YUNCUTA
 LUGAR: ILAVE- EL COLLAO-PUNO
 CALICATA N°: C-1
 MUESTRA: M-1

FECHA: dic-18

CARACTERISTICAS FISICAS DE LA MUESTRA Y DEL ENSAYO

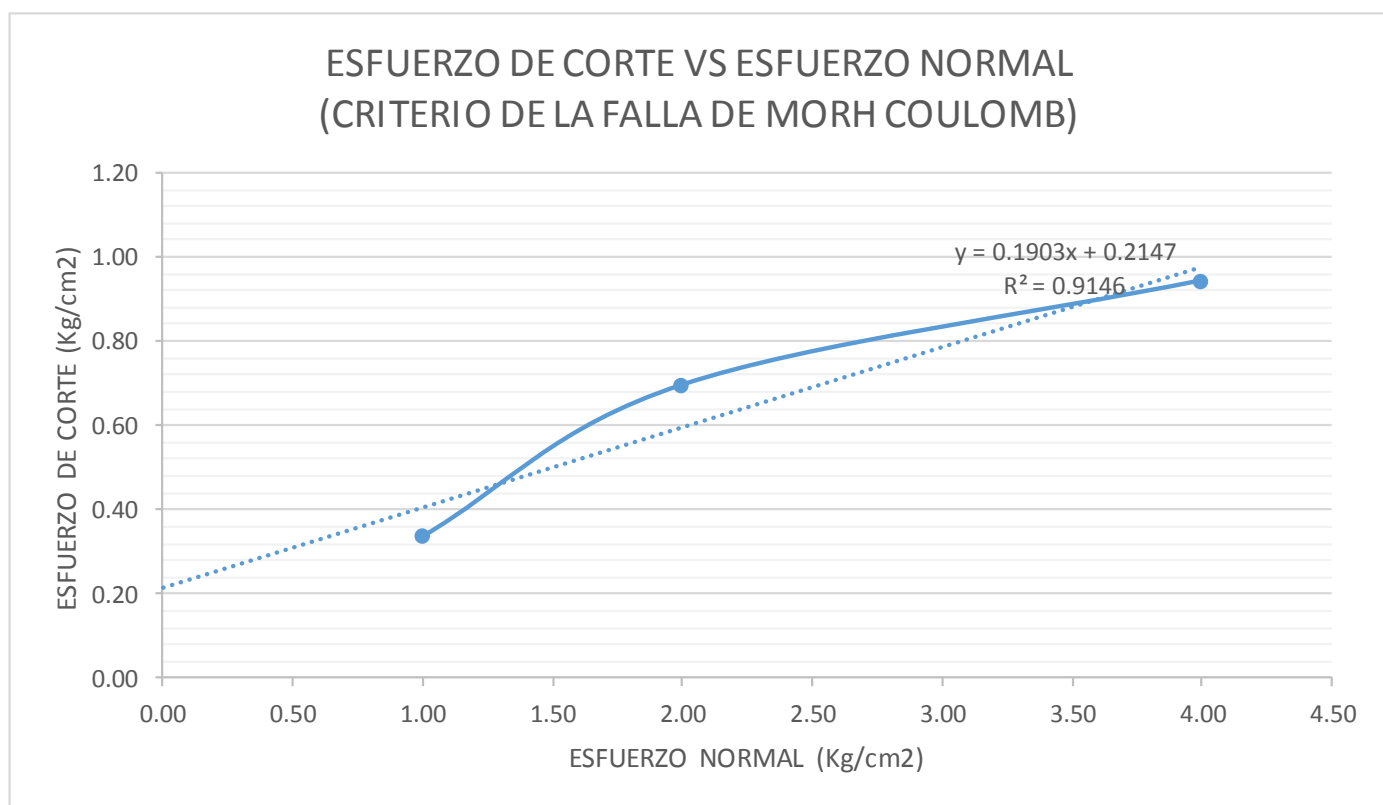
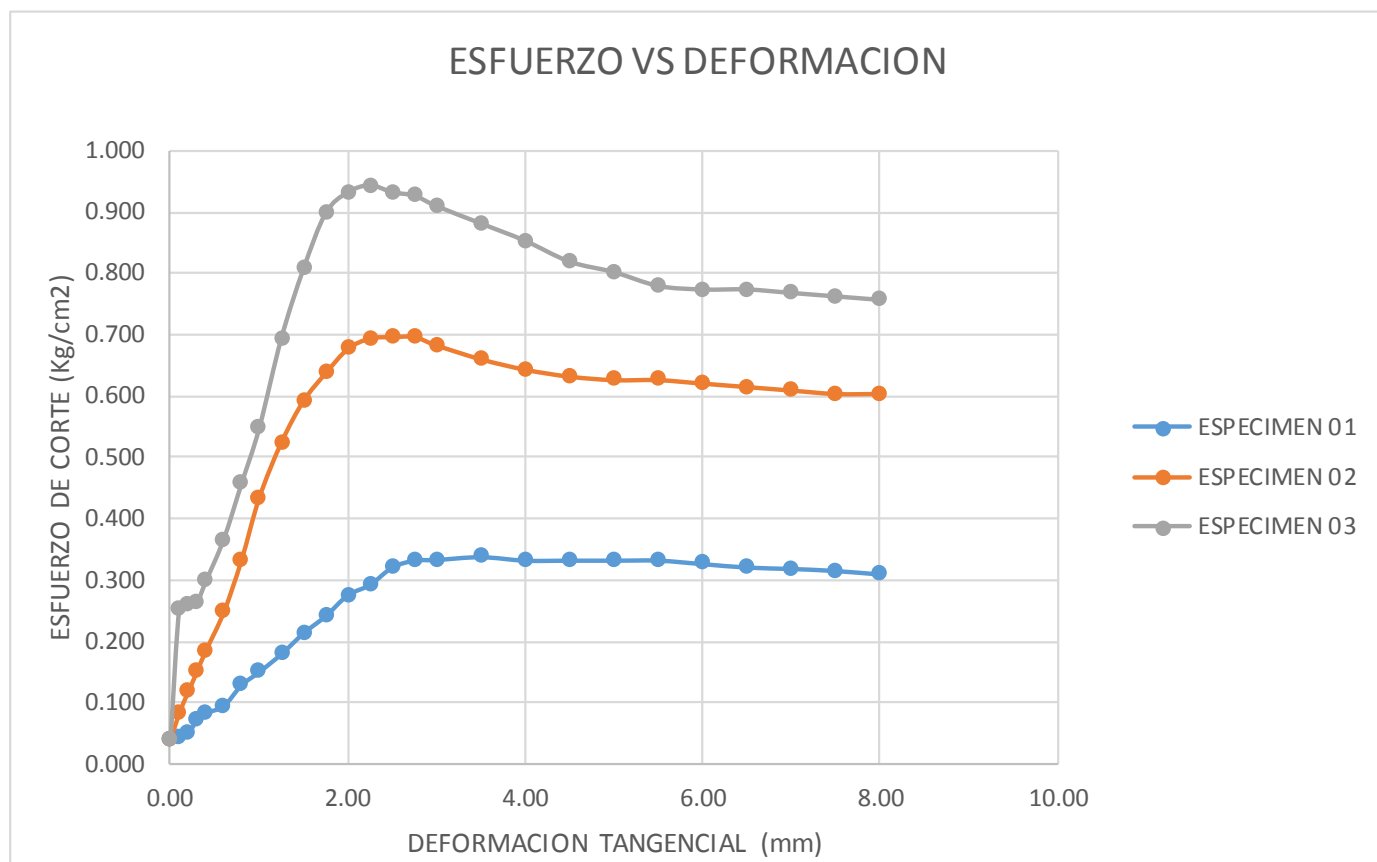
DATOS	ESPECIMEN 01	ESPECIMEN 02	ESPECIMEN 03
Peso del anillo Molde (gr)	152.95	152.95	153.95
Volumen (cm3)	69.84	70.84	71.84
Peso Muestra + Anillo (Gg)	287.5	297.11	289.32
Peso Especif. (yd) (gr/cm3)	1.93	2.04	1.88

CONTROL DE HUMEDAD AL MOMENTO DE ENSAYO

N° DE TARA	M-22	M-32	M-70
PESO DE LA TARA (gr)	16.5	17.23	16.88
P SH + TARA (gr)	149.66	159.02	150.22
P ss + TARA (gr)	125.57	132.77	125.08
Humedad (%)	22.09%	22.72%	23.23%

	ESPECIMEN 01	ESPECIMEN 01	ESPECIMEN 01
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	1.00	2.00	4.00

	ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 01			
	Deformacion tangencial (mm)	Dial de carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Deformacion tangencial (mm)	Dial de carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Deformacion tangencial (mm)	Dial de carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)
0.00	0.00	1.38	0.038	0.00	0.0	1.38	0.038	0.00	0.00	1.38	0.038	
0.10	0.50	1.59	0.044	0.10	4.0	3.01	0.084	0.10	19.00	9.11	0.253	
0.20	1.00	1.79	0.050	0.20	7.0	4.23	0.118	0.20	19.50	9.32	0.259	
0.30	2.00	2.60	0.072	0.30	10.0	5.45	0.151	0.30	20.00	9.52	0.264	
0.40	4.00	3.01	0.084	0.40	13.0	6.67	0.185	0.40	23.00	10.74	0.298	
0.60	5.00	3.42	0.095	0.60	18.5	8.91	0.248	0.60	29.00	13.18	0.366	
0.80	8.00	4.64	0.129	0.80	26.0	11.96	0.332	0.80	37.00	16.44	0.457	
1.00	9.90	5.41	0.150	1.00	35.0	15.62	0.434	1.00	45.00	19.69	0.547	
1.25	12.50	6.47	0.180	1.25	43.0	18.88	0.524	1.25	58.00	24.98	0.694	
1.50	15.50	7.69	0.214	1.50	49.0	21.32	0.592	1.50	68.00	20.05	0.557	
1.75	18.00	8.71	0.242	1.75	53.0	22.95	0.638	1.75	76.00	32.30	0.897	
2.00	21.00	9.93	0.276	2.00	56.5	24.37	0.677	2.00	79.00	33.52	0.931	
2.25	22.50	10.54	0.293	2.25	58.0	24.98	0.694	2.25	80.00	33.93	0.943	
2.50	25.00	11.55	0.321	2.50	58.2	25.06	0.696	2.50	79.00	33.52	0.931	
2.75	26.00	11.96	0.332	2.75	58.2	25.06	0.696	2.75	78.50	33.32	0.926	
3.00	26.10	12.00	0.333	3.00	57.0	24.57	0.683	3.00	77.00	32.71	0.909	
3.50	26.50	12.17	0.338	3.50	55.0	23.76	0.660	3.50	74.50	31.69	0.880	
4.00	26.00	11.96	0.332	4.00	53.5	23.15	0.643	4.00	72.00	30.68	0.852	
4.50	26.00	11.96	0.332	4.50	52.5	22.74	0.632	4.50	69.00	29.46	0.818	
5.00	26.00	11.96	0.332	5.00	52.0	22.54	0.626	5.00	67.50	28.84	0.801	
5.50	26.00	11.96	0.332	5.50	52.0	22.54	0.626	5.50	65.50	28.03	0.779	
6.00	25.50	11.76	0.327	6.00	51.5	22.34	0.621	6.00	65.00	27.83	0.773	
6.50	25.00	11.55	0.321	6.50	51.0	22.13	0.615	6.50	65.00	27.83	0.773	
7.00	24.80	11.47	0.319	7.00	50.5	21.93	0.609	7.00	64.50	27.62	0.767	
7.50	24.50	11.35	0.315	7.50	50.0	21.73	0.604	7.50	64.00	27.42	0.762	
8.00	24.00	11.15	0.310	8.00	50.0	21.73	0.604	8.00	63.50	27.22	0.756	





FACTORES DE FORMA (Vesic. 1973)

$$q_{ult} = S_c C N_c + S_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q q N_q$$

Forma	ϕ°	S_c	S_γ	S_q
RECTANGULAR		$1 + (N_q/N_c)(B/L)$	$1-0.4 (B/L)$	$1+ \text{tg}\phi (B/L)$
	0	$1 + 0.20 (B/L)$	↓	1.00
	30	$1 + 0.61 (B/L)$		$1 + 0.58 (B/L)$
	40	$1 + 1.01 (B/L)$		$1+ 1.00 (B/L)$
CIRCULAR O CUADRADO		$1 + (N_q/N_c)$	0.60	$1 + \text{tg}\phi$
	0	1.20	↓	1.00
	030	1.61		1.58
	45	2.01		2.01

$$N_c = \text{cotg}\phi (N_q - 1)$$

$$N_q = e^{\pi \text{tg}\phi} \text{tg}^2(45 + \frac{\phi}{2})$$

$$N_\gamma = 2 \text{tg}\phi (N_q + 1)$$

(Caquot y Kerisel, 1953)

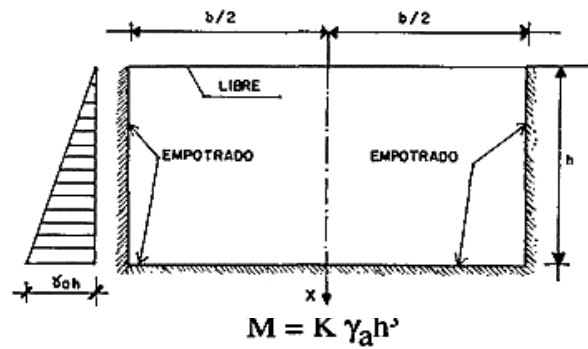
Factores de capacidad de carga

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$\tan \phi$
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00
1	5.35	1.09	0.07	0.20	0.02
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47
26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19



VALORES DE LOS COEFICIENTES (K) PARA EL CALCULO DE
MOMENTOS – TAPA LIBRE Y FONDO EMPOTRADO

b/h	x/h	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
3.00	0	0	+0.025	0	+0.014	0	-0.082
	1/4	+0.010	+0.019	+0.007	+0.013	-0.014	-0.071
	1/2	+0.005	+0.010	+0.008	+0.010	-0.011	-0.055
	3/4	-0.033	-0.004	-0.018	-0.000	-0.006	-0.028
	1	-0.126	-0.025	-0.092	-0.018	0	0
2.50	0	0	+0.027	0	+0.013	0	-0.074
	1/4	+0.012	+0.022	+0.007	+0.013	-0.013	-0.066
	1/2	+0.011	+0.014	+0.008	+0.010	-0.011	-0.053
	3/4	-0.021	-0.001	-0.010	+0.001	-0.005	-0.027
	1	-0.108	-0.022	-0.077	-0.015	0	0
2.00	0	0	+0.027	0	+0.009	0	-0.060
	1/4	+0.013	+0.023	+0.006	+0.010	-0.012	-0.059
	1/2	+0.015	+0.016	+0.010	+0.010	-0.010	-0.049
	3/4	-0.008	+0.003	-0.002	+0.003	-0.005	-0.027
	1	-0.086	-0.017	-0.059	-0.012	0	0
1.75	0	0	+0.025	0	+0.007	0	-0.050
	1/4	+0.012	+0.022	+0.005	+0.008	-0.010	-0.052
	1/2	+0.016	+0.016	+0.010	+0.009	-0.009	-0.046
	3/4	-0.002	+0.005	+0.001	+0.004	-0.005	-0.027
	1	-0.074	-0.015	-0.050	-0.010	0	0
1.50	0	0	+0.021	0	+0.005	0	-0.040
	1/4	+0.008	+0.020	+0.004	+0.007	-0.009	-0.044
	1/2	+0.016	+0.016	+0.010	+0.008	-0.008	-0.042
	3/4	+0.003	+0.006	+0.003	+0.004	-0.005	-0.026
	1	-0.060	-0.012	-0.041	-0.008	0	0
1.25	0	0	+0.015	0	+0.003	0	-0.029
	1/4	+0.005	+0.015	+0.002	+0.005	-0.007	-0.034
	1/2	+0.014	+0.015	+0.008	+0.007	-0.007	-0.037
	3/4	+0.006	+0.007	+0.005	+0.005	-0.005	-0.024
	1	-0.047	-0.009	-0.031	-0.006	0	0
1.00	0	0	+0.009	0	+0.002	0	-0.018
	1/4	+0.002	+0.011	+0.000	+0.003	-0.005	-0.023
	1/2	+0.009	+0.013	+0.005	+0.005	-0.006	-0.029
	3/4	+0.008	+0.008	+0.005	+0.004	-0.004	-0.020
	1	-0.035	-0.007	-0.022	-0.005	0	0
0.75	0	0	+0.004	0	+0.001	0	-0.007
	1/4	+0.001	+0.008	-0.000	+0.002	-0.002	-0.011
	1/2	+0.005	+0.010	+0.002	+0.003	-0.003	-0.017
	3/4	+0.007	+0.007	+0.003	+0.003	-0.003	-0.013
	1	-0.024	-0.005	-0.015	-0.003	0	0
0.50	0	0	+0.001	0	+0.000	0	-0.002
	1/4	+0.000	+0.005	-0.000	+0.001	-0.001	-0.004
	1/2	+0.002	+0.006	+0.001	+0.001	-0.002	-0.009
	3/4	+0.004	+0.006	+0.001	+0.001	-0.001	-0.007
	1	-0.015	-0.003	-0.008	-0.002	0	0



Fuente: Análisis y diseño de reservorios de concreto armado: Rivera Feijoo, Julio -pp79. Lima 1991



CARATERISITICAS DE LAS VARILLAS DEL REFUERZO

N°	DIÁMETRO		PERÍ MET.	PESO		ÁREA EN cm ² SEGÚN NÚMERO DE BARRAS									
	Pulg.	cm		kg/ml.	kg/Var.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			cm			cm									
2	1/4	0.635	2	0.25	2.25	0.32	0.64	0.96	1.28	1.60	1.92	2.24	2.56	2.88	3.20
3	3/8	0.953	3	0.58	5.22	0.71	1.42	2.13	2.84	3.55	4.26	4.97	5.68	6.39	7.10
4	1/2	1.270	4	1.02	9.18	1.29	2.58	3.87	5.16	6.45	7.74	9.03	10.32	11.61	12.90
5	5/8	1.587	5	1.60	14.40	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00
6	3/4	1.905	6	2.26	20.34	2.84	5.68	8.52	11.36	14.20	17.04	19.88	22.72	25.56	28.40
8	1	2.540	8	4.04	36.36	5.10	10.20	15.30	20.40	25.50	30.60	35.70	40.80	45.90	51.00
11	1-3/8	3.581	11.2	7.95	71.55	10.06	20.12	30.18	40.24	50.30	60.36	70.42	80.48	90.54	100.60



ANEXO Q

DATOS METEREOLÓGICOS DE RADIACIÓN SOLAR DIARIO DE
SENAMHI-PUNO

ESTACIÓN: EMA PUNO

DEPARTAMENTO: PUNO

PROVINCIA: PUNO

DISTRITO: PUNO

LATITUD: 15° 49' 34.8"

LONGITUD: 70° 0' 43.7"

ALTURA: 3812 m.s.n.m.

AÑO-2017																																	
RADIACION SOLAR (W/m ²)																																	
ENERO																																	
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	27	6	18	18	9	19	8	5	7	18	13	16	13	2	14	8	15	8	0	0	0	4	13	2	14	11	1	1	4	10	14	18	
8	169	40	136	174	107	168	48	75	64	155	88	122	143	21	75	89	110	50	43	51	61	121	16	114	118	25	12	135	200	133	210		
9	343	160	315	124	209	376	141	258	194	545	204	301	340	40	200	251	278	49	110	41	255	548	48	312	432	161	172	374	512	297	372		
10	642	200	302	198	207	285	225	479	599	776	304	268	337	85	594	575	518	238	116	75	369	375	99	415	483	387	555	314	656	786	737		
11	855	633	223	271	801	454	364	654	937	946	219	186	663	458	691	703	538	323	147	605	466	665	665	577	664	265	534	710	966	1032	950		
12	1135	303	491	654	578	810	395	645	709	1151	410	709	1032	542	721	732	550	247	557	1017	519	591	1042	941	523	351	848	1046	1131	1172	1126		
13	1077	974	870	947	719	664	336	622	981	1159	834	876	1282	713	1139	1078	987	797	941	706	488	1238	1068	625	601	303	953	1107	1215	1067	1229		
14	1164	328	805	1172	687	591	77	507	1076	902	1075	1122	1258	1030	1039	989	881	948	797	971	582	1188	1191	1027	478	436	1072	1084	1200	1207	1237		
15	1065	710	878	1081	566	830	170	656	995	882	1031	1052	1024	1059	1052	787	763	867	638	973	754	1143	436	745	107	569	1065	990	1116	1093	1114		
16	927	948	822	885	516	286	479	266	684	591	733	863	822	701	923	833	800	796	683	916	663	1047	105	305	868	511	864	944	931	919	729		
17	705	780	629	612	279	177	316	21	639	632	446	671	300	464	653	606	430	601	519	614	367	675	232	452	534	625	541	690	486	276			
18	412	308	402	466	150	40	145	27	394	375	248	424	73	268	463	425	250	413	390	445	198	304	171	98	27	408	352	248	336	117	25		
19	125	133	82	106	1	3	61	23	82	43	76	138	66	127	100	156	68	166	119	100	70	3	55	2	2	54	69	36	61	56	0		
20	1	7	2	2	1	0	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	5	3	0	2	3	3	0	0	2	1	1	0	0		
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO-2017																																
RADIACION SOLAR (W/m2)																																
FEBRERO																																
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	16	15	14	14	7	2	7	2	6	9	3	2	6	6	4	3	2	1	3	4	6	2	3	4	4	3	1	3				
8	208	196	197	198	177	37	96	44	180	196	67	48	54	146	138	99	12	71	28	57	116	40	16	66	141	63	50	66				
9	347	364	376	384	388	75	335	57	292	368	252	164	135	441	269	417	59	172	91	133	380	92	96	71	405	205	170	172				
10	745	748	728	742	735	239	524	398	423	692	658	223	283	809	725	341	316	249	279	111	448	186	217	341	759	253	495	306				
11	950	941	939	929	982	774	579	892	640	916	788	259	695	1078	971	307	697	329	379	267	312	266	230	576	437	487	468	642				
12	1102	898	1079	1068	756	884	971	989	1063	1134	1137	713	513	1182	1095	686	918	582	445	492	594	226	386	446	602	338	818	684				
13	1081	1123	1220	1172	838	1055	1052	1049	1131	890	1193	1056	901	1200	1138	859	322	626	819	879	920	861	451	975	853	739	936	895				
14	1099	1148	994	1192	1157	1005	909	1144	1166	1122	1194	966	1187	1183	1178	914	736	729	923	920	1062	844	1135	1049	835	1204	1164	650				
15	1061	1072	1128	1035	804	1041	722	1003	1107	1072	1012	656	1097	1092	1097	725	791	916	606	886	1056	1077	1053	840	1052	654	952	358				
16	904	898	866	915	587	842	616	781	963	805	913	655	724	921	839	816	594	448	102	932	871	867	592	773	949	286	574	54				
17	311	681	419	517	370	696	402	690	746	444	679	526	617	691	672	638	345	409	50	661	508	599	623	566	673	245	271	17				
18	189	398	202	82	251	363	199	325	469	178	264	201	356	420	410	215	102	213	74	173	308	399	323	358	154	122	120	38				
19	123	65	79	70	77	48	50	132	4	69	58	19	88	1	93	25	0	0	9	45	62	110	46	39	26	19	21	28				
20	26	0	0	2	1	1	2	1	4	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

AÑO-2017																																
RADIACION SOLAR (W/m ²)																																
MARZO																																
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	4	3	2	2	2	2	1	2	1	2	0	2	2	2	1	1	2	1	1	1	5	3	3	1	0	1	1	2	0	2	1	
8	76	149	58	85	61	40	22	49	44	56	20	48	45	42	124	37	65	67	33	164	163	89	57	52	59	55	110	69	44	45	39	
9	193	440	247	298	202	115	55	173	105	208	50	316	142	202	337	156	396	348	463	436	443	209	379	176	315	316	205	213	132	81	224	
10	447	441	408	483	265	235	134	282	169	375	53	673	230	547	600	387	739	550	712	709	542	536	389	326	358	624	227	424	198	186	228	
11	824	860	420	708	236	289	243	540	336	569	123	393	390	597	386	492	866	649	934	946	560	840	732	601	261	873	653	366	230	290	195	
12	895	1017	690	764	327	235	317	789	1065	685	599	1027	403	1002	162	783	1097	868	1072	1046	815	1135	554	609	760	776	864	387	94	516	449	
13	1030	710	705	244	435	354	668	790	1132	878	470	1138	701	1082	299	614	1166	1084	1174	690	1153	1085	843	771	872	695	1007	245	160	749	618	
14	1074	301	553	588	881	534	571	1059	799	862	403	1125	412	1121	828	579	1113	952	975	655	1114	1122	675	909	1085	368	976	293	286	765	617	
15	981	962	538	1134	953	700	611	932	771	974	738	1032	734	1021	719	894	1016	1014	1015	1017	986	857	740	504	858	921	812	587	429	938	457	
16	793	712	697	660	879	728	494	800	721	814	681	853	653	847	706	797	818	827	839	833	828	818	269	418	571	613	777	459	450	354	196	
17	488	257	402	71	654	493	314	622	646	467	615	614	503	570	347	214	601	612	599	598	589	499	347	669	109	64	569	178	372	366	169	
18	152	209	140	23	130	143	84	325	224	315	326	347	273	354	77	91	245	120	309	323	301	158	60	272	145	65	265	83	200	186	77	
19	12	43	13	10	3	36	0	79	39	35	64	73	46	32	0	22	18	23	52	51	24	18	2	21	29	6	34	13	24	20	24	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO-2017																																
RADIACION SOLAR (W/m ²)																																
ABRIL																																
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	0	0	1	0	0	0	
8	35	50	85	87	119	86	101	43	114	109	76	26	88	132	112	67	47	55	136	147	143	90	169	112	124	109	68	56	38	66		
9	264	226	310	418	405	304	369	192	337	385	165	121	393	405	383	263	157	287	405	414	407	240	413	290	397	390	226	331	127	131		
10	218	520	622	671	640	559	652	593	219	520	301	663	669	665	577	237	253	587	659	659	653	434	576	474	635	629	583	660	185	484		
11	417	613	757	878	783	650	833	796	755	800	342	732	828	484	483	434	567	612	857	861	848	471	704	807	835	820	846	546	300	826		
12	553	542	961	1013	706	481	942	961	1002	983	558	429	1011	572	459	588	499	646	981	987	974	567	601	869	935	943	902	937	321	386		
13	1003	438	829	995	781	500	1036	1004	1066	1055	629	982	1017	787	1093	225	886	579	1036	1036	1028	803	683	996	1007	995	708	671	716	717		
14	929	916	1074	893	906	758	1008	1009	1011	1032	646	881	997	907	686	723	202	637	1006	1006	996	666	930	754	969	921	772	493	784	540		
15	716	645	579	796	714	896	961	902	720	759	638	619	292	872	876	900	660	874	899	897	893	627	694	626	848	603	508	662	303	545		
16	480	473	308	721	597	755	774	743	676	678	514	611	315	733	626	717	428	544	718	710	714	461	698	423	655	676	370	302	700	633		
17	196	156	574	337	552	516	273	468	283	216	304	429	488	501	407	464	85	370	494	476	479	247	382	77	414	427	171	147	334	354		
18	78	30	159	97	248	157	131	209	203	150	129	95	327	233	147	189	59	78	212	210	201	174	71	58	196	70	88	85	17	53		
19	11	0	0	19	30	0	17	17	9	8	12	7	11	14	15	6	1	16	10	7	9	13	12	5	6	9	5	2	4	7		
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO-2017																																
RADIACION SOLAR (W/m ²)																																
MAYO																																
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	115	132	119	103	124	109	101	123	110	40	117	106	110	109	45	88	52	104	104	100	12	79	35	47	96	53	66	39	6	85		
9	373	387	360	365	376	361	365	357	356	229	303	346	364	331	203	290	275	339	356	321	48	238	223	262	294	145	127	211	85	329		
10	521	626	599	585	614	564	587	581	596	452	530	568	587	515	413	466	556	577	575	586	140	408	193	437	519	369	297	524	214	561		
11	598	812	798	575	802	670	766	775	771	729	695	768	766	745	710	690	731	759	727	754	732	375	598	224	745	501	566	542	453	611	740	
12	786	933	920	667	925	269	903	905	896	608	634	891	879	830	819	643	802	874	856	871	845	230	637	459	627	834	815	794	517	432	862	
13	646	970	970	465	969	751	841	948	956	519	841	916	923	859	814	590	882	915	910	891	865	524	643	154	772	493	741	762	540	371	907	
14	819	935	948	473	936	819	778	952	800	569	741	893	868	886	763	558	663	895	878	874	852	646	284	755	638	410	826	677	556	128	879	
15	860	837	834	323	831	615	506	711	578	520	644	800	785	785	727	629	533	734	787	772	760	353	630	520	276	314	326	358	326	323	772	
16	627	655	667	381	648	627	376	634	561	290	560	614	600	605	555	501	301	612	632	613	534	328	292	239	161	329	121	212	337	208	405	
17	238	429	419	391	426	391	329	372	282	54	401	391	352	382	330	220	333	370	257	266	281	247	141	206	92	223	206	162	74	190	221	
18	14	149	152	139	157	64	90	135	72	43	149	137	131	124	140	59	68	131	113	128	64	21	53	40	54	35	69	100	8	62	131	
19	5	3	2	4	2	2	2	2	2	0	2	6	4	0	2	3	2	2	4	1	2	2	0	1	2	2	1	1	3	1	1	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO-2017																															
RADIACION SOLAR (W/m2)																															
JUNIO																															
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	83	81	78	77	76	74	70	59	52	38	70	71	60	68	67	66	63	65	61	58	60	60	65	57	57	54	64	19	36	28	
9	329	319	315	314	314	309	82	215	259	218	315	315	313	310	307	307	307	293	295	291	279	294	289	284	281	294	282	241	284	110	
10	560	545	541	540	542	496	259	497	479	465	539	540	544	538	535	535	539	530	516	514	501	518	513	505	502	522	500	480	505	268	
11	737	728	718	722	720	546	620	648	715	577	721	730	729	717	716	715	713	709	694	693	678	693	690	683	681	700	659	673	682	596	
12	857	848	833	844	838	653	822	744	836	787	838	850	853	837	837	836	835	830	809	815	788	816	808	804	758	819	810	780	800	547	
13	894	889	882	888	888	741	596	575	807	890	841	894	899	904	890	889	884	878	868	865	843	862	857	853	855	866	863	836	850	595	
14	859	860	679	822	514	763	649	778	794	829	864	873	876	867	863	861	864	857	844	842	830	828	820	837	829	843	841	559	848	742	
15	694	753	678	492	364	399	739	671	752	731	767	771	771	763	763	759	760	760	740	745	682	730	728	737	741	748	743	604	716	749	
16	609	587	395	353	136	410	602	554	533	548	596	603	601	595	597	593	588	594	578	577	577	567	575	572	574	588	557	509	578	588	
17	233	378	181	394	182	319	225	322	300	287	344	393	385	381	386	382	386	387	371	369	363	361	362	368	371	371	373	388	375	349	
18	114	97	41	63	65	106	79	102	96	84	100	124	118	117	119	119	120	120	117	117	115	118	113	117	120	122	132	115	126	121	
19	0	1	0	1	1	1	2	2	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	3	2	2	2	2	3	5	2	1	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO-2017																															
RADIACION SOLAR (W/m2)																															
JULIO																															
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	69	19	59	57	58	56	54	62	60	53	62	59	59	61	61	62	61	63	68	64	65	68	67	70	69	73	72	73	75	77	
9	118	151	297	295	296	285	282	308	299	290	300	280	290	286	296	295	108	303	311	301	288	303	301	307	305	311	308	310	314	317	
10	337	364	529	528	528	514	512	544	530	517	535	500	517	515	529	524	268	528	546	537	516	533	545	537	535	543	477	543	546	550	
11	282	490	709	710	710	701	697	727	717	708	600	90	710	703	718	718	547	715	734	725	686	722	734	727	723	727	735	731	735	731	
12	531	539	834	837	834	826	820	800	842	831	750	800	838	832	847	842	815	843	862	852	833	852	864	856	850	844	838	859	858	853	
13	420	748	889	888	892	881	894	900	900	897	890	870	894	889	902	885	899	899	915	909	880	903	920	911	912	911	910	910	914	908	
14	322	807	872	859	872	862	876	800	882	883	810	890	877	869	883	869	826	879	895	878	874	881	896	894	889	900	894	884	899	883	
15	438	561	778	771	778	759	783	740	794	792	791	791	787	778	788	781	750	784	802	759	790	792	805	802	802	809	800	798	799	793	
16	373	295	614	613	622	602	636	650	633	630	632	630	626	617	625	623	603	623	638	621	631	619	637	646	645	654	636	646	640	639	
17	299	310	402	395	406	400	300	406	417	424	422	415	414	402	415	406	394	412	428	400	384	413	424	437	409	438	414	441	427	430	
18	119	127	142	139	146	111	120	153	156	161	162	160	161	159	163	162	152	167	177	100	165	153	179	190	181	186	166	193	183	188	
19	0	2	2	2	2	4	3	2	2	0	2	3	3	3	3	3	4	4	3	0	6	0	4	0	5	5	7	6	0	5	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO-2017		RADIACION SOLAR (W/m ²)																														
		AGOSTO																														
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	70	87	76	82	86	86	87	91	83	83	107	107	99	109	105	106	40	60	129	130	123	129	140	131	136	130	123	133	136	123	152	
9	309	338	315	322	335	318	332	341	321	281	357	369	366	368	361	365	178	292	394	399	381	396	409	393	397	391	357	390	397	236	416	
10	548	573	553	564	568	570	563	580	556	562	593	618	611	603	598	603	477	628	641	635	618	634	651	619	637	625	551	607	635	644	649	
11	737	759	734	746	747	753	743	761	709	726	768	798	791	787	773	784	522	540	816	812	793	814	830	794	812	797	771	439	808	825	820	
12	858	884	860	865	855	875	864	878	826	873	881	912	916	899	885	895	792	808	933	921	904	931	949	913	924	913	923	677	921	945	934	
13	915	942	915	921	912	980	919	931	861	945	929	970	966	955	944	951	585	973	987	983	959	991	999	967	978	963	980	621	975	1011	978	
14	893	920	895	901	865	800	897	914	794	721	897	952	947	937	919	933	609	904	965	963	934	965	974	939	957	939	937	747	955	984	949	
15	792	825	803	700	740	781	804	824	641	744	823	877	855	839	727	853	527	982	868	881	854	878	888	856	870	858	862	860	887	904	871	
16	629	665	645	660	680	615	640	660	553	667	682	717	668	634	547	376	184	100	703	715	701	714	726	690	693	696	700	697	737	722	712	
17	416	456	434	430	465	446	428	444	310	301	412	489	442	299	466	286	96	380	477	489	475	488	501	455	473	471	477	469	508	489	489	
18	179	208	192	194	205	202	41	148	52	66	163	221	175	170	52	115	56	550	222	231	217	232	237	193	212	217	223	215	242	215	230	
19	7	5	7	8	0	4	3	9	14	15	16	12	8	11	7	0	11	15	14	15	16	16	0	7	10	16	14	8	18	12	18	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO-2017																															
RADIACION SOLAR (W/m ²)																															
SEPTIEMBRE																															
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	3	5	4	4	4	1	5	4	7	6	8	4	1	13	3	3	1	14	16	17	13	8	11	18	23	9	11	27	32	32	
8	145	158	153	153	153	46	158	77	178	175	133	88	34	196	77	29	39	190	211	212	214	72	64	217	235	126	67	243	269	267	
9	408	408	413	416	389	179	458	300	440	441	440	137	156	428	160	108	187	464	485	483	482	184	316	362	509	379	206	523	549	550	
10	558	558	624	642	343	499	685	595	697	708	700	179	395	706	197	237	231	473	747	732	729	493	500	495	760	784	372	777	803	807	
11	699	699	507	826	287	853	888	763	900	903	837	278	774	903	466	477	356	904	910	929	923	630	677	930	948	955	279	967	997	998	
12	926	926	794	884	718	1062	1019	842	1016	1029	874	222	764	1037	461	683	571	1090	1076	1053	1050	727	670	1037	1052	967	624	1088	1117	1121	
13	982	982	669	870	804	622	553	917	1060	1075	695	549	508	1027	122	831	853	1107	1112	1096	1096	873	268	703	958	774	857	1131	1153	1161	
14	941	941	774	732	896	365	579	821	1025	1040	764	797	668	444	720	1085	943	997	900	1020	1064	870	309	348	779	1024	823	1084	1101	1111	
15	879	879	721	619	704	393	514	661	858	931	848	447	968	612	601	874	764	943	700	860	945	522	242	763	788	1006	887	955	976	983	
16	729	729	548	671	722	349	357	463	533	720	560	280	790	232	102	696	369	450	430	744	740	759	152	264	726	375	682	815	774	779	
17	415	415	468	453	476	167	59	170	331	487	68	217	239	143	37	417	26	170	524	503	498	145	305	226	499	203	408	353	528	529	
18	221	116	165	79	127	57	50	132	76	183	141	169	36	16	27	85	22	159	245	227	190	30	40	66	217	87	86	240	248	255	
19	0	11	3	3	10	21	2	12	20	20	10	10	12	6	7	1	0	9	17	16	4	19	13	10	15	22	10	21	20	19	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		AÑO-2017																															
		RADIACION SOLAR (W/m ²)																															
		OCTUBRE																															
HORA		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	34	33	33	31	29	28	24	18	33	26	19	31	20	12	7	23	26	77	57	58	60	62	62	32	68	67	70	70	73	76	77		
8	281	284	286	275	269	266	265	277	265	281	215	251	200	121	53	137	120	210	256	249	232	253	157	253	249	285	297	366	332	333			
9	565	569	574	556	546	541	788	545	550	509	443	327	538	216	103	163	221	565	584	579	532	600	404	602	571	542	510	513	513	511			
10	824	823	825	809	798	785	732	792	796	805	765	818	607	270	195	371	302	707	824	828	766	785	622	832	828	843	831	840	829	829			
11	4014	1022	1018	1002	992	964	960	979	981	1002	1062	1066	938	581	116	370	760	1000	1011	1018	970	895	923	922	987	1027	1017	1034	978	1024			
12	1130	1138	1133	1121	1108	1085	1050	1079	981	1117	908	626	1059	985	86	473	871	1114	1128	1132	1095	1078	832	1069	1079	1135	1146	1154	1142	1138			
13	1181	1176	1172	1159	1142	1081	1135	1007	1093	1169	690	764	1183	956	644	1130	682	1096	1176	754	1090	1245	852	1169	625	1178	1197	1185	1128	1164			
14	1131	1120	1120	1110	1089	1102	1094	1110	1102	1118	1074	1008	886	885	984	833	1068	1139	1087	1131	1064	1157	1010	1161	399	1126	1140	1091	988	1128			
15	1010	993	992	992	977	969	933	989	987	988	766	750	870	665	906	225	996	732	995	814	762	880	975	873	546	999	902	997	567	900	990		
16	806	787	784	791	779	785	641	788	778	776	313	308	387	498	692	683	502	390	786	283	566	362	341	757	697	788	608	786	632	739	778		
17	556	537	532	536	538	300	123	537	530	522	396	117	228	169	321	77	31	295	196	429	366	201	185	488	329	539	533	520	625	568			
18	267	258	250	245	257	200	93	196	247	249	63	23	113	50	48	167	2	40	71	274	198	173	162	255	51	258	261	207	211	195			
19	22	20	18	19	24	9	19	23	2	1	4	1	4	1	8	6	0	1	14	40	20	17	18	15	5	22	36	33	33	38			
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AÑO-2017																																	
RADIACION SOLAR (W/m ²)																																	
NOVIEMBRE																																	
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	38	82	78	37	76	58	68	86	52	40	85	52	38	93	32	91	87	83	50	99	80	97	84	71	69	74	99	41	28	53			
8	241	337	334	281	315	252	148	245	232	272	334	337	370	346	265	336	342	343	311	369	367	311	341	337	313	330	318	294	167	340			
9	468	506	483	487	487	454	394	446	426	403	553	608	601	629	637	587	611	619	602	647	579	544	562	612	587	578	542	438	278	583			
10	755	838	827	842	820	695	849	842	826	749	726	658	341	781	753	740	732	740	642	780	739	785	749	771	786	818	739	496	253	820			
11	898	1034	1017	1032	811	857	971	1036	663	1011	966	737	813	1063	1040	821	1021	1034	903	1057	1028	997	939	1021	944	929	908	463	398	880			
12	1008	1140	1138	1122	471	985	1157	1147	673	1136	1169	553	480	941	1115	991	1090	1141	1112	1152	1143	1078	1058	1150	1077	1150	1074	674	721	1128			
13	1056	1165	1098	1177	338	1046	1173	1178	926	1185	1194	725	567	521	888	1120	839	1180	1218	1202	1231	1120	954	1171	1153	1200	1094	481	557	1099			
14	724	1118	1040	1045	1115	1084	1127	1127	1062	913	1120	556	817	1124	1114	1114	1047	1136	816	1153	1170	997	962	1132	1110	661	1118	456	890	1161			
15	658	980	692	990	987	846	984	975	1008	971	992	311	1087	1011	821	1045	505	1015	474	1024	1042	840	1059	1028	1000	455	775	156	1049	524			
16	584	756	594	532	607	728	603	777	841	569	797	192	353	805	677	646	58	804	696	812	838	822	701	834	804	641	417	396	800	479			
17	283	560	47	251	319	338	297	455	124	534	560	151	264	537	122	213	101	566	407	581	597	383	242	593	367	434	413	510	213	373			
18	146	207	37	91	36	155	108	278	101	215	287	66	127	238	49	72	19	293	259	308	312	231	122	314	272	79	147	227	102	185			
19	19	20	7	2	24	9	8	0	29	12	0	15	31	15	9	4	49	45	71	48	50	54	22	55	76	7	31	0	17	33			
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

AÑO-2017																															
RADIACION SOLAR (W/m ²)																															
DICIEMBRE																															
HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	79	88	20	47	10	27	27	53	56	83	57	34	72	67		32	10	19	44	34	21	11	30	21	22	29	17	21	11	7	32
8	346	343	78	204	125	111	273	308	317	269	249	265	312	312	78	299	212	178	110	254	74	86	135	315	89	286	115	92	78	56	219
9	592	619	482	347	399	225	560	584	430	468	467	538	583	580	206	576	533	537	269	539	128	261	415	422	198	530	296	314	215	218	504
10	819	857	537	522	266	489	666	826	643	762	762	847	822	734	418	760	879	717	618	924	315	388	792	694	330	725	539	738	260	285	697
11	862	906	492	812	696	575	782	901	800	934	860	1015	1019	857	581	1049	747	694	416	509	772	734	988	975	538	517	662	1008	569	728	857
12	1028	1147	677	1124	601	727	1137	868	734	1034	905	953	927	871	723	813	634	161	278	324	257	705	849	782	657	799	445	980	707	390	
13	986	1108	920	1080	705	878	1067	950	868	1078	1100	1072	1075	1053	1059	871	364	200	443	840	611	527	1021	927	845	962	723	818	319	287	
14	734	1133	937	1110	1097	726	1133	845	723	1145	1119	1141	1156	1074	1145	596	456	427	1043	437	755	476	987	1003	764	1165	1019	1162	415	929	
15	841	976	1045	1028	944	758	1017	597	410	906	956	1032	1042	1062	1036	850	75	617	993	152	421	590	805	859	507	1096	992	1044	411	1085	
16	747	770	638	802	120	614	750	733	29	754	614	851	846	841	840	821	68	633	733	860	194	272	460	503	622	895	692	882	396	796	
17	367	326	284	474	16	240	309	705	22	356	513	608	613	647	621	492	153	425	409	586	44	19	219	429	262	533	219	695	319	453	
18	176	160	112	133	43	142	27	187	28	135	302	189	352		362	424	27	241	172	143	19	16	289	189	171	178	228	346	141	185	
19	50	59	3	58	23	1	2	2	18	83	67	31	0		95	140	13	28	64	36	0	5	73	70	33	5	5	54	58	71	
20	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



ANEXO R

DATOS METEREOLÓGICOS DE IRRADIACIÓN SOLAR PROMEDIO
MENSUAL EXTRAÍDO DE SENAMHI.

ESTACION EMA LATITUD 15° 49' 34.8.7" DEPARTAMENTO PUNO
 PUNO LONGITUD 70° 0' 43.7" PROVINCIA PUNO
 ALTITUD 3812 DISTRITO PUNO

PARAMETRO: PROMEDIO MENSUAL DE IRRADIACION EN W-H/M2												
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT..	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2017	5,014.47	5,416.75	4,604.65	4,994.82	4,381.97	4,918.12	4,790.92	5,392.85	5,101.73	6,259.05	6,271.73	5,386.97



DATOS METEREOLÓGICOS DE VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO
MENSUAL DE SENAMHI

ESTACION CO.110879
ILAVE

LATITUD 16°05'17.7"
LONGITUD 69°38'42.0"
ALTITUD 3860

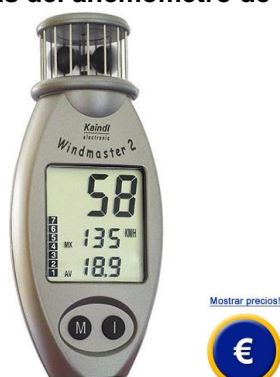
DEPARTAMENTO PUNO
PROVINCIA EL COLLAO
DISTRITO ILAVE

PARAMETRO: PROMEDIO MENSUAL DE VELOCIDAD DE VIENTO EN M/SEG.												
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT..	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2017	3.5	3.5	2.9	2.7	3.1	2.8	3.3	3.9	3	3.6	3.4	2.7



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ANEMÓMETRO DE CUCHARAS
WINDMASTER 2

Especificaciones técnicas del anemómetro de cucharas Windmaster 2



Rangos de medición	0,7 ... 42 m/s 2,5 ... 150 km/h 1,3 ... 81 nudos 1,5 ... 93 millas/h
Resolución con valor indicado < 19,9 / > 20	0,1 / 1 en cada rango de medición
Precisión	±4 % ±1 dígito,
Pantalla	LCD con 4 valores de medición a la vez
Carcasa	plástico
Alimentación	CR 2032
Duración de la batería	aprox. 10 años
Dimensiones	127 x 55 x 28 mm / cabezal de medición Ø 39 mm
Peso	95 g
Rango de temperatura ambiental	-20 ... +50 °C
Temperatura de almacenaje	-25 ... +70 °C
Certificación de calibración ISO	



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MAC-SOLAR (SLM018c-2).

Especificaciones técnicas de Mac-Solar (SLM018c-2).


Especificaciones técnicas

Rangos / Resolución:	ver tabla. 1
Desviación máxima P_{tot} :	$< 3\% \pm 1$ digit en rango 50 ... 1000 W/m ² (AM 1,5 / radiación en eje normal, T = 0 ... + 50°C)
Desviación máxima T:	< 3 K ± 1 digit en rango - 25 ... + 75 °C opcional < 1 K ± 1 digit
Potencia necesaria (sleep):	0,6 mW Potencia necesaria
(active):	4 mW Potencia
nominal del módulo solar integrado:	180 mW *
Capacidad de memoria:	64
kbit Transmisión de datos:	
serie (RS 232) Temperatura ambiental:	- 20 ... + 50 °C
Humedad máxima:	95
%	
Dimensiones (sin soporte):	130 x 90 x 30 mm
Peso (sin soporte):	170g
Certificado / Normas básicas:	CE / EN50081, EN50082, EN60068
Calibración:	según IEC904/3 con certificado de calibración opcional
Garantía:	2 años

* para condiciones estándar: $P_{tot} = 1000$ W/m², espectro solar AM 1,5 , T = 25



ANEXO W

PLANOS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO

- 1.- LÍNEA DE IMPULSIÓN P-01
- 2.- CAPTACIÓN TIPO FONDO P-02
- 3.- CISTERNA 15 M³ P-03
- 4.- CASETA DE CONTROL P-04
- 5.- PANELES SOLARES P-05
- 6.- RESERVORIO 8 M³ P-06