



Facultad de Tecnología de la Industria

Diseño de un sistema de bombeo solar para suministrar agua potable a la comunidad La Carbonera, en el municipio de Somoto, departamento de Madriz

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Mecánico

**Elaborado por:**

Br. Silvio José  
Arias Suárez  
Carnet: 91-11509-  
3

Br. Mauricio  
Antonio Cruz  
Rosales  
Carnet: 12585-4

Br. Douglas  
Moisés García  
Suárez  
Carnet: 91-11552-  
2

**Tutor:**

Ing. María Teresa  
Castillo Rayo.

19 de octubre de 2022  
Managua, Nicaragua



## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestra familia por habernos apoyado a lo largo de toda nuestra carrera universitaria y a lo largo de nuestras vidas.

A todas las personas especiales que nos acompañaron en esta etapa, aportando a nuestra formación tanto profesional y como ser humano.

## **INDICE**

INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General:.....	4
Objetivos Específicos .....	4
MARCO TEÓRICO .....	5
Energías Renovables .....	5
Radiación Solar: .....	5
Horas Sol Pico (HSP):.....	5
Energía Solar: .....	5
Energía Fotovoltaica .....	6
Efecto Fotovoltaico .....	6
Sistema Solar fotovoltaico .....	6
Componentes del sistema solar fotovoltaico .....	7
Celdas Solares Fotovoltaicas.....	7
Celdas Fotovoltaicas Mono Cristalinas .....	7
Celdas Policristalina: .....	8
Celdas de silicio amorfo (capa fina) .....	9
Factor de forma.....	10
Módulo Solar .....	11
Inversor de Carga:.....	12
Controlador de Carga.....	13
Baterías .....	15
Cable fotovoltaico (FV/PV) .....	16
Aluminio:.....	17
Sólido o trenzado: .....	17
Aislamiento:.....	17
Montaje De Paneles .....	20
Puesta a tierra .....	21
Terminología de puesta a tierra.....	21

Mantenimiento de los componentes de SSFV para bombeo de agua.....	21
Mantenimiento Preventivo .....	22
Mantenimiento Predictivo .....	22
Mantenimiento Correctivo .....	22
DISEÑO METODOLÓGICO.....	25
Tipo de investigación.....	25
Ubicación y Área de Estudio.....	25
Descripción de la zona de estudio.....	25
Población y Muestra .....	26
Técnica de recolección y análisis de información.....	26
Procedimiento .....	27
CAPITULO I.....	28
CALCULO DE LA POBLACION BENEFICIADA.....	28
1.1. Introducción.....	29
1.2. Población de diseño .....	30
1.3. Topografía del proyecto:.....	32
1.4. Tipo de servicio: .....	33
CAPÍTULO II.....	33
CALCULO DEL CAUDAL DE AGUA.....	33
2.1. Introducción.....	34
2.2. Dotación de agua: .....	34
CAPÍTULO III.....	37
CALCULO DEL DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE BOMBEO. ....	37
3.1 Principios Básicos Que Rigen La Hidráulica .....	38
3.1.1 La presión.....	38
3.1.2 La presión atmosférica. ....	38
3.2 Estudio Hidrológico: .....	38
3.3 Presión En Líquidos .....	39
3.3.1 Presión Hidrostática .....	39
3.3.2 Peso específico .....	39
3.3.3 Masa.....	39
3.3.4 Volumen .....	39

3.3.5 Densidad relativa.....	39
3.3.6 Viscosidad .....	40
3.3.7 Viscosidad dinámica o absoluta .....	40
3.3.8 Viscosidad Cinemática .....	40
3.3.9 Caudal: .....	41
3.3.10 Trabajo (W): .....	41
3.3.11 Potencia: .....	41
3.4 Aplicaciones de los sistemas de bombeo de agua.....	42
3.5 Caudal de diseño del pozo.....	43
3.6 Consumo promedio diario anual (CPDA) .....	43
3.7 Determinación de variación de consumo o demanda.....	44
3.7.1 Consumo máximo diario (CMD) .....	44
3.7.2 Consumo máximo horario (CMH).....	44
3.8 Pérdidas del sistema .....	45
3.9 Volumen de almacenamiento del agua .....	45
3.9.1 Depósito .....	45
3.9.2 Capacidad .....	45
3.10 Calculo hidráulico del sistema de bombeo .....	48
3.10.1 Carga estática: .....	50
3.10.2 Pérdida de descarga por fricción:.....	50
3.10.3 Espejo de agua: .....	51
3.10.4 Abatimiento del pozo:.....	51
3.11 Equipos Y Herramientas Utilizados .....	51
3.12 Recursos Humanos.....	51
3.13 Descripción o Metodología del Procedimiento .....	52
3.13.1 La prueba de bombeo se realizó bajo las siguientes condiciones:.....	52
3.13.2 Descripción del trabajo desarrollado: .....	52
3.14 Resultados .....	53
3.14.1 Identificación del pozo:.....	53
3.14.2 Condiciones del pozo: .....	53
3.14.3 Nivel Estático del Agua (NEA):.....	54
3.14.4 Profundidad del pozo:.....	54

3.14.5 Régimen de bombeo: .....	54
3.14.6 Nivel Dinámico del Agua (NDA): .....	56
3.14.7 Abatimiento: .....	56
3.14.8 Calidad del agua: .....	56
3.14.9 Recuperación: .....	56
3.15 Conclusión.....	56
3.16 Diseño de la bomba .....	58
CAPITULO IV .....	60
SELECCIÓN DE BOMBA Y ARREGLO FOTOVOLTAICO .....	60
4.1 Selección de la bomba y arreglo fotovoltaico .....	61
4.2 Calculo hidráulico del sistema de bombeo .....	61
4.3. Diseño del arreglo fotovoltaico. ....	67
4.3.1 Cálculo de Carga en Amp-Horas del Sistema (AH/Día) .....	67
4.3.2 Corriente Reducida del Proyecto (Ampere).....	68
4.4. Cableado del arreglo FV al controlador de carga. ....	74
4.5. Cableado del motor a control de la bomba.....	76
4.6. Calculo de perdida en la sarta de bombeo.....	76
4.7 Cálculo de pérdidas por fricción en accesorios y tubería en la línea de conducción de descarga. ....	79
4.8 Cálculo de pérdidas por fricción en accesorios en la entrada al tanque de almacenamiento.....	79
4.9. Pérdidas totales del sistema.....	80
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	82
BIBLIOGRAFÍA .....	83
ANEXOS .....	85

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1	Calibre de cables eléctricos de cobre. ....	18
Tabla 2	Ampacidad para cable de cobre y aluminio.....	18
Tabla 3	Código de aislamiento para cables fotovoltaicos.....	19
Tabla 4	Datos de la población de la comunidad.....	31
Tabla 5	Proyección del consumo promedio diario de agua La carbonera.....	32
Tabla 6	Clasificación de los sistemas de bombeo de agua.....	35
Tabla 7	Consumo de agua según las labores cotidianas.....	36
Tabla 8	Demanda promedio de agua por día.....	44
Tabla 9	Factor de sobrealimentación. ....	46
Tabla 10	Datos del volumen de almacenamiento del tanque.....	47
Tabla 11	Diámetro de tubería MARGEN.....	49
Tabla 12	Calculo de distancia de abastecimiento de agua.....	49
Tabla 13	Datos técnicos de la bomba.....	65
Tabla 14	Datos técnicos ECDRIVE (motor).....	66
Tabla 15	Datos técnicos del controlador.....	66
Tabla 16	Catálogo de paneles fotovoltaicos.....	69
Tabla 17	Sumatoria de las pérdidas totales del sistema de Bombeo.....	80

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1</i>	<i>Modulo Fotovoltaico de Silicio Monocristalino</i> .....	8
<i>Ilustración 2</i>	<i>Celdas Solar de Silicio Policristalino</i> .....	9
<i>Ilustración 3</i>	<i>Celdas Solares de Capa Fina</i> .....	10
<i>Ilustración 4</i>	<i>Componentes de un Módulo Solar Fotovoltaico</i> .....	11
<i>Ilustración 5</i>	<i>Inversor de Carga</i> .....	12
<i>Ilustración 6</i>	<i>Instalación de SSFV Autónomo con Inversor</i> .....	13
<i>Ilustración 7</i>	<i>Controlador de Carga de un Sistema Solar Fotovoltaico</i> .....	14
<i>Ilustración 8</i>	<i>Modelos de Controlador de Carga</i> .....	14
<i>Ilustración 9</i>	<i>Batería de Ciclo Profundo para un SSFV</i> .....	16
<i>Ilustración 10</i>	<i>Codificación de color de alambre según tipo de corriente</i> .....	18
<i>Ilustración 11</i>	<i>Montaje de Módulos Fotovoltaico</i> .....	20
<i>Ilustración 12</i>	<i>Mantenimiento eléctrico de motor y tablero</i> .....	23
<i>Ilustración 13</i>	<i>Mantenimiento Mecánico e Hidráulico de la bomba y pozo</i> .....	23
<i>Ilustración 14</i>	<i>Plan integral de mantenimiento de Tablero y pozo</i> .....	24
<i>Ilustración 15</i>	<i>Plan integral de mantenimiento de motor y pozo</i> .....	24
<i>Ilustración 16</i>	<i>Sección transversal de la tubería</i> .....	41
<i>Ilustración 17</i>	<i>Sistema de Bombeo por Energía Solar Fotovoltaica</i> .....	42
<i>Ilustración 18</i>	<b><i>Esquema de bombeo de agua</i></b> .....	50
<i>Ilustración 19</i>	<i>Resultado de prueba de bombeo</i> .....	55
<i>Ilustración 20</i>	<i>Prueba de bombeo</i> .....	57
<i>Ilustración 21</i>	<i>Intervalos comunes donde se aplican los diferentes tipos de bombas solares</i> .....	62
<i>Ilustración 22</i>	<i>Rendimiento diario por mes promedio de irradiación, energía, precipitación y temperatura en la comunidad la carbonera</i> .....	63
<i>Ilustración 23</i>	<i>Curva del módulo fotovoltaico 260 Watt, la ilustración se refiere a la potencia en m<sup>2</sup> brindado por el módulo</i> .....	72
<i>Ilustración 24</i>	<i>Arreglo: módulos en serie y 3 de éstas en paralelo</i> .....	73
<i>Ilustración 25</i>	<i>Niplera y accesorios de una sarta de bombeo. MABE</i> .....	77

## LISTA DE ABREVIACIONES

**A:** Amperios.

**AC:** Corriente alterna.

**CC:** Corriente continua.

**CD:** Corriente directa.

**Et:** Energía total requerida por el sistema fotovoltaico.

**FF:** Factor de forma

**FV:** Fotovoltaico.

**GW/h:** Galones watt por hora.

**HSP:** Horas sol pico.

**HSP:** Irradiación global en el plano inclinado  $\beta$ .

**I:** Corriente.

**Imp:** Corriente optima operativa.

**ISC:** Corriente cortocircuito.

**Isc:** Corriente cortocircuito.

**J/m<sup>2</sup>:** Julios por metro cuadrado.

**LPPD:** Litros por persona por día.

**N:** Número total de paneles.

**Nt** = Número total de paneles.

**NTON:** Normas técnicas obligatorias Nicaragüenses

**Off-Grid:** Aislados de la red.

**On-Grid:** Conectado a la red.

**Pf:** Población futura.

**Pg:** Factor global de pérdidas (usualmente entre 0.65 y 0.9)

**P<sub>inv</sub>:** Potencia del inversor.

**PMP:** Punto de máxima potencia.

**P<sub>mpp</sub>:** Potencia máxima (W).

**P<sub>p</sub>:** Potencia pico del panel.

**PT:** Puesta a tierra.

**PTE:** puesta a tierra de equipos.

**PTS:** Prueba a tierra de sistema.

**PV:** Fotovoltaico.

**SIN:** Sistema de interconectado nacional.

**SSFV:** Sistema solar fotovoltaico.

**V<sub>ac</sub>:** Voltaje de corriente alterna.

**V<sub>dc</sub>:** Voltaje de corriente directa.

**V<sub>mpp</sub>:** Tensión optima operativa.

**V<sub>oc</sub>:** Tensión de circuito abierto.

**W/m<sup>2</sup>:** Watt por metro cuadrado. (Llamada Irradiación Solar)

## GLOSARIO

**Altura de Succión:** Distancia vertical de la superficie del agua a la bomba. Esta distancia está limitada por la física a máximo 6 metros y debería minimizarse para obtener los mejores resultados, esto se aplica solo a las bombas de superficie.

**Bomba de Superficie:** Bomba no sumergible que se instala a una altura no mayor de 6 metros por encima de la superficie del agua.

**Bomba Sumergible:** Una combinación de motor/bomba diseñada para ser instalada íntegramente por debajo de la superficie del agua.

**Bomba:** Convierte energía mecánica en energía hidráulica (presión y/o flujo).

**Celda Solar:** Es el más pequeño semiconductor de un módulo fotovoltaico (FV) para realizar la conversión inmediata de luz solar en electricidad.

**Corriente (I):** Corriente eléctrica es el flujo de electricidad que circula por un conductor cuando existe un voltaje a lo largo del mismo o la velocidad del flujo de carga eléctrica expresada en amperios (A).

**Corriente Alterna (AC):** Es un tipo de corriente eléctrica en la que la polaridad se invierte regularmente.

**Corriente Directa (DC):** Es un tipo de transmisión y distribución de electricidad en donde la distribución de electricidad fluye en una sola dirección usualmente bajos voltajes y altas corrientes.

**Eficiencia de los Paneles Solares:** La eficiencia de un panel solar es la razón entre la luz incidente en el panel y la cantidad de electricidad producida. Se expresa como porcentaje. La mayoría de los sistemas tienen una eficiencia de alrededor de 16% lo que significa que el 16% de la energía lumínica es convertida en electricidad.

**Energía Solar:** Son las ondas de energía electromagnética por el sol.

**Fotovoltaico (PV):** Se refiere a la conversión directa de la luz solar en electricidad, se le conoce como solar eléctrico y solar fotovoltaico.

**Fuente de Energía Renovable:** Es un recurso energético que es regenerativo o virtualmente inagotable, algunos ejemplos solares son el viento geotermal y agua.

**Hora de Sol por Día:** Es el equivalente de número de horas por día a la irradiación solar de 1,000 vatios/por metros cuadrado.

**Insolación:** Tasa a la cual la energía solar alcanza una unidad de superficie terrestre medida en vatios por metros cuadrados [ Wh/m<sup>2</sup>] llamada también “irradiación solar”.

**Inversor:** Es un equipo electrónico que convierte la corriente directa (DC) en corriente alterna (AC) para un sistema conectado a la red eléctrica o para un sistema independiente energía.

**Irradiación (Radiación):** Integración o suma de la insolación (igual a la irradiación solar) durante un periodo de tiempo expresado en Julios por metro cuadrado (J/m<sup>2</sup>) o vatios – hora por metros cuadrados [Wh/m<sup>2</sup>].

**Irradiación:** La luz directa difusa y reflejada que recibe una superficie usualmente expresada en Kilovatios por metro cuadrado, la irradiación multiplicada por tiempo equivale a insolación.

**Kilovatios hora:** Es una unidad de energía equivalente a 1000 Vatios consumidos en un periodo de una hora Normalmente las unidades nos cobran en base a kilovatios hora consumidos en un mes.

**Módulo:** Es una estructura construida con celdas solares en serie para lograr un voltaje operacional.

**Panel Solar:** También se le conoce como módulo fotovoltaico, mejor definido como un sistema de módulos conectados físicamente en una misma estructura desde la fábrica.

**Pérdida de Carga:** Pérdida de energía en el flujo del fluido (m).

**Pérdida por fricción:** Pérdida por presión debido a la fricción del agua en el interior de la tubería. Depende del tamaño de la tubería (diámetro interno), la velocidad de flujo y la longitud de longitud de la tubería. Se determina consultando una tabla de pérdidas por fricción (m).

**Presión:** Medida de la fuerza presente en un sistema. Esta es la fuerza dividida por área (sección transversal) que mueve el agua a través de la tubería. [Bar, psi, Kpa].

**Red de Electricidad:** Un sistema integrado de distribución eléctrica usualmente cubriendo millas de servicios. En Estados Unidos existen privadas y del gobierno. En Puerto Rico es la autoridad de energía eléctrica propiedad del gobierno de Puerto Rico.

**Transpiración:** Agua captada por las raíces de las plantas y transpirada por las hojas. [mm]

**Vatio:** El átomo al cual se transfiere la energía equivalente a un amperio bajo la presión eléctrica de un voltio. Es el producto de la multiplicación de voltaje por corriente.

**Voltaje (U o V):** Voltaje o tensión eléctrica es el potencial existente entre dos puntos expresados en voltios [V]

**Voltaje:** La cantidad de fuerza eléctrica medida en voltios que existe entre dos puntos. El voltaje típico de una batería es 12 Vdc y el de nuestras residencias 120 Vac.

## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene como propósito el diseño de un sistema Solar Fotovoltaico Autónomo, el cual cubrirá la demanda de energía requerida para alimentar un sistema bombeo de agua, el cual será para abastecer del vital líquido a la comunidad La carbonera, ubicada en el Municipio de Somoto, departamento de Madriz (Latitud:13.48082N, Longitud: -86.58208O), ya que el sistema de abastecimiento actual es mediante un pozo artesanal y alejado del centro de la comunidad, es decir que extraen el agua de manera manual, lo que limita acceso al agua de manera segura y eficiente.

Madriz, es un departamento del norte de Nicaragua, es una de las zonas más secas, del país siendo parte del corredor seco de la nación

Para la elaboración del diseño del sistema de bombeo solar fotovoltaico se determinó la demanda de energía eléctrica, que abastece la bomba para el suministro de agua, los factores ambientales que influyen en la captación de energía solar y se seleccionaron los equipos del sistema fotovoltaico-electromecánica; anclaje de arreglo, bombas, tuberías, almacenamiento de agua y resto de accesorios necesarios para realizar el suministro e instalación de dicho sistema, mismo que cubrirá la demanda de la población actual y de una población proyectada de al menos 15 años, el sistema se diseñó y ejecutará por la donación de la Iglesia Luterana en Nicaragua, donante del proyecto.

Según datos de la matriz de generación 2021 del 1 de enero hasta el 20 de junio de Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL, 2021), la energía solar en Nicaragua es de 10.48 GW/h, equivalente al 0.49%., de la energía total generada hasta la fecha.

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser utilizados de manera autónoma como son los que almacenan la energía en bancos de baterías, con un dimensionamiento de acuerdo a la demanda de energía requerida por el usuario. Este tipo de sistemas es independiente del sistema de interconectado nacional (SIN).

## **INTRODUCCIÓN**

El Sol proporciona energía limpia y puede aprovecharse en la mayor parte de la superficie terrestre, una de las formas de aprovechar la energía proporcionada es la utilización de sistemas solares fotovoltaicos que tienen como función transformar la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica, utilizando módulos solares fotovoltaicos

La energía es un importante factor para el desarrollo y crecimiento económico de un país, ya que provee de fuerza a muchos de los aparatos maquinas que ayudan a producir trabajo. Aunque normalmente la energía que se utiliza es a través del uso de combustibles fósiles, la energía renovable como la del sol y del viento, son una fuente limpia, como abundante e inagotable fuente de energía.

Existen hoy tecnologías a nivel comercial que permiten hacer uso de esas fuentes de energía renovable, para generar trabajo útil y productivo cuando se realizan apropiadamente, son una alternativa económica y tecnológicamente factible.

A nivel comercial, existe una gran variedad de aplicaciones para el uso doméstico e industrial y en algunos casos para el uso agropecuario.

Actualmente existen muchos sistemas de bombeo de agua con energía del sistema interconectado nacional en operación en nuestro país.

El propósito de esta monografía es presentar una solución a los sistemas de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica ya que es una aplicación de especial interés en lugares aislados.

Los sistemas son confiables y económicamente competitivos para el productor rural. Los sistemas solares de bombeo pueden satisfacer un amplio rango de necesidades que van desde 1,000 litros hasta los 50,000 litros diarios tanto para el uso doméstico como para irrigación de pequeñas parcelas. Estos sistemas son sencillos y confiables, requieren de poco mantenimiento y no usan combustible. Otra ventaja es que son sistemas modulares de manera que pueden optimizarse para las características específicas de cada proyecto.

## **ANTECEDENTES**

1. Diseño de un sistema de Energía Fotovoltaico para un bombeo de consumo de agua potable. Describen las fuentes de aguas disponibles en el área de la comunidad el Jocote las características climáticas de la zona, los requisitos de consumo establecido. Además, Realizar el estudio de dimensionamiento de fuente de generación y los cálculos hidráulicos del sistema de bombeo fotovoltaicos, así como Determinan las especificaciones del sistema de bombeo alimentado con energía fotovoltaica. Palacios Suarez, I. G., & Gauna González, D. A. (2019). Propuesta de un sistema de Energía Fotovoltaico para consumo de agua potable para la comunidad El Jocote, Masaya (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua).
2. Evaluación de los parámetros de funcionamiento del sistema híbrido de bombeo de agua, implementado en la comunidad, durante el año 2016. Lugar: El Limón, Estelí- Nicaragua Autor: Harenia del Carmen Maldonado Úbeda, Maykol Bismark Jarquín Lezcano. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

En este trabajo el autor tiene como objetivo Evaluar los parámetros de funcionamiento del sistema híbrido de bombeo de agua, implementado en la comunidad El Limón, Estelí Nicaragua. Maldonado Úbeda, H. D. C., & Jarquín Lezcano, M. B. (2017). Evaluación de los parámetros de funcionamiento del sistema híbrido de bombeo de agua, implementado en la comunidad el Limón, Estelí-Nicaragua, durante el año 2016.

3. Propuesta de un sistema de Energía Fotovoltaico para consumo de agua potable en la Comunidad “El Jocote”, Masaya. Autor: Indira Gabriela Palacios Suarez, Darling Abner Gauna González. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN - Managua).

## **JUSTIFICACIÓN**

Este proyecto es de mucha importancia para los habitantes de la comunidad La Carbonera, dado que el sistema de abastecimiento de agua con el que actualmente cuentan es un sistema de bombeo artesanal, los habitantes tienen que acarrear en pequeños depósitos (Valdés, pichingas) el agua que necesitan, por lo que un proyecto de esta naturaleza con fuente de energía renovable, les permitirá un mayor desarrollo en la calidad de vida, ya que podrán invertir tiempo en otras actividades.

Como parte del sostenimiento del proyecto los habitantes de la comunidad se comprometen a brindar el mantenimiento requerido al sistema fotovoltaico con responsabilidad ya que se les brindará la capacitación requerida para hacerlo, el seguimiento lo realizará el organismo donante llamada Iglesia Luterana de Nicaragua, en conjunto con la comunidad.

Con este proyecto se pretende beneficiar a una población de 366 habitantes de la comunidad y según VII censo Nacional de 1998, La Tasa de Crecimiento Poblacional Urbano y Rural es del 2.40%, en este caso se aplicará un 2.5% que está dentro del rango recomendado por INAA (2.5% - 4%). Este incremento de la población se proyectará para un lapso de tiempo de 15 años.

Con el sistema de bombeo de agua actual el uso del agua es deficiente y se desperdicia, algunos sistemas empleados para bombear agua son rústicos y accionados por combustibles derivados del petróleo los que actualmente tienen un elevado costo y se consumen grandes cantidades del mismo, debido a que son bombas de baja eficiencia, esto dificulta a las personas el buen manejo del recurso, por tal motivo se propone un sistema de bombeo a través de energía solar para abastecer a la comunidad utilizando el sistema de suministro por gravedad. Dado que el Sistema de Interconectado Nacional (SIN), se encuentra alejada de la comunidad lo que imposibilita proponer un sistema de bombeo convencional, sumado a que uno de los propósitos de ENACAL es implementar sistemas de bombeo eficientes.

## OBJETIVOS

### **Objetivo General:**

Diseñar e implementar sistema de agua potable por medio de energía solar fotovoltaica en la comunidad La Carbonera, en el municipio de Madriz, departamento de Somoto.

### **Objetivos Específicos**

- 1) Determinar la población a beneficiar, el período de proyección y la dotación de agua en base al uso de la misma.
- 2) Estimar el caudal de diseño de acuerdo al consumo promedio diario, tomando en cuenta las fluctuaciones de la radiación solar.
- 3) Calcular el dimensionamiento hidráulico de sistema de bombeo.
- 4) Definir las características técnicas de los componentes para el diseño del sistema de bombeo alimentado con energía solar fotovoltaica.

## MARCO TEÓRICO

### Energías Renovables

Las energías renovables son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales que producen energía de forma inagotable e indefinida y limpia. Por ejemplo, la energía solar, la energía eólica o la energía hidroeléctrica, de biomasa, mareomotriz, eólica, geotérmica, entre otras, que son fuentes renovables de energía. Una de las principales ventajas de las energías renovables es que, además de ser inagotables, tienen bajo impacto negativo sobre el medio ambiente, por lo que se consideran energías limpias. En la actualidad las energías renovables son una realidad presente en nuestra sociedad y sus beneficios para el medio ambiente son más que evidentes. *Merino, L. (2012). Las energías renovables. Energías renovables, 1(1), 20.*

**Radiación Solar:** La radiación solar emitida por el sol, llega a la atmosfera de la Tierra considerablemente debilitada (aproximadamente 1360 vatios por metro cuadrado  $-W/m^2$ ), debido a la distancia entre el sol y la Tierra. Después dicha radiación sufre una atenuación debido a la capa atmosférica, por lo que la radiación en la superficie terrestre es aproximadamente 1000  $W/m^2$  Es la energía electromagnética que mana en los procesos de fusión del hidrogeno de la atmosfera, el cual el 70% cae en los océanos el resto cae en tierra firme, eso es igual en 0 (en átomos de hielo) contenido en el sol. Variable durante el año un 3% a causa de la electricidad de la órbita terrestre. *Aparicio, M. P. (2020). Radiación solar y su aprovechamiento energético. Marcombo.*

**Horas Sol Pico (HSP):** Es el número de horas de sol que con una radiación global de 1000  $W/m^2$  proporciona una energía equivalente a la radiación global recibida en un periodo de tiempo. *Velasco, G. F., & Cabrera, E. (2009). Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura.*

### Energía Solar:

Es un tipo de energía renovable obtenida a partir de la radiación electromagnética del Sol, fundamentalmente en forma de calor y luz. Desde la perspectiva de los seres humanos, la energía solar se considera inagotable e ilimitada. Se puede distinguir entre energía solar

térmica, que se emplea para calentar el agua o para generar electricidad de manera indirecta; y energía solar fotovoltaica, que se utiliza para producir electricidad mediante placas de semiconductores que reciben la radiación solar. *POTOSINOS, U. (2019). Energía solar fotovoltaica. Síguenos: @ revupotosinos Universitarios Potosinos, 25.*

## **Energía Fotovoltaica**

Transforma de manera directa la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotovoltaico. Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para la fabricación de paneles fotovoltaicos suele ser el Silicio. Cuando la luz del Sol incide en una de las caras de la célula solar se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generando una corriente eléctrica. *(Arias, 2018). Solar, E. (2007). Energía solar fotovoltaica. Página consultada en la web el, 26.*

## **Efecto Fotovoltaico**

El efecto fotovoltaico es la conversión de la luz del sol en energía eléctrica. Esto se produce gracias a las propiedades del silicio, el cual cuando recibe los choques de los fotones del Sol y absorbe su energía liberando un electrón y creando un circuito eléctrico. La suma de muchos paneles solares generará energía suficiente para abastecer grandes consumos de electricidad (Damia Solar, 2015).

El efecto fotovoltaico da inicio en el momento en el que un fotón choca con un electrón de la última órbita de un átomo de silicio. Éste último electrón se llama electrón de valencia. Recibe la energía transmitida por el fotón (En este caso el fotón no es más que una partícula de luz radiante) (Planas, 2015).

## **Sistema Solar fotovoltaico**

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos eléctricos y electrónicos que generan electricidad a partir de la radiación solar a través del efecto fotoeléctrico. Los sistemas fotovoltaicos según su forma de conexión pueden ser; On-Grid (conectados a la red) y Off-Grid (aislados a de la red) *(Cepeda & Sierra, 2010).*

## **Componentes del sistema solar fotovoltaico**

- Arreglo FV
- controladores de carga
- Baterías
- Inversor de corriente
- Accesorios para la instalación (cables, interruptores, cajas de conducción, etc.)

## **Celdas Solares Fotovoltaicas.**

Las celdas o Células fotovoltaicas son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los rayos de luz inciden sobre ellos, generando energía eléctrica. Están formados por celdas hechas a base de silicio con alto grado de pureza, con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, produciendo un voltaje de 0.46 a 0.48 voltios.

La tecnología Fotovoltaica (FV) convierte directamente la luz solar en electricidad a través de celdas de materiales semiconductores. Las celdas se integran en módulos que pueden ser planos de marco rígido, de laminados flexibles, amorfo, película delgada, etc. A un grupo pre-ensamblado de celdas se les conoce como módulo y al conjunto de módulos conectados eléctricamente se le llama arreglo Fotovoltaico.

Para obtener las obleas que se usan en la industria fotovoltaica es necesario cristalizar el Silicio polisilicio mediante diferentes métodos. En unos casos, este proceso da lugar a la formación de un único cristal (Silicio Monocristalino). En otros, el resultado es un conglomerado de cristales (100cm – 1cm), que se denomina silicio multicristalino. *Soto, I. E. P. (2005). Celdas fotovoltaicas en generación distribuida. Santiago de Chile, 7.*

## **Celdas Fotovoltaicas Mono Cristalinas**

Las celdas monocristalinas son las fabricadas de un lingote sólido de silicio. Los módulos Monocristalinos son los más comercializados por mayor eficiencia con respecto a las otras tecnologías. El procedimiento consiste en fundir localmente una barra de polisilicio mediante una bobina de radiofrecuencia.



*Ilustración 1      Modulo Fotovoltaico de Silicio Monocristalino*

**Fuente.** <https://www.todofotovoltaica.com/wp-content/uploads/2021/01/image-5.png>

Son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos. *Soto, I. E. P. (2005). Celdas fotovoltaicas en generación distribuida. Santiago de Chile, 7.*

### **Celdas Policristalina:**

Las células de silicio Policristalino (mc-Si) también utilizan obleas de silicio como sustrato, pero a diferencia de las monocristalinas, éstas proceden del corte de un bloque de silicio que se ha dejado solidificar lentamente en un crisol y que está formado por muchos pequeños cristales de silicio. *Soto, I. E. P. (2005). Celdas fotovoltaicas en generación distribuida. Santiago de Chile, 7.*



*Ilustración 2 Celdas Solar de Silicio Policristalino*

**Fuente:** [https://encryptedb0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS65LF42Y4\\_cv7NQHXfRNoEV4B7tsCfmhj0-g&usqp=CAU](https://encryptedb0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS65LF42Y4_cv7NQHXfRNoEV4B7tsCfmhj0-g&usqp=CAU)

Este tipo de elaboración es menos costoso que el anterior, pero reduce considerablemente la eficiencia de las células y su rendimiento. Pueden ser interesantes cuando el factor precio sea determinante para el proyecto, pero a largo plazo son más rentables los Monocristalinos.

### **Celdas de silicio amorfo (capa fina)**

Las células de silicio amorfo son muy estables y la resistencia frente a determinados agentes externos (temperatura, humedad, etc.) es muy buena. Sin embargo, experimentan una disminución de eficiencia bajo una exposición prolongada a la luz solar. La variación principal se produce en las primeras cien horas de exposición y las propiedades de la célula permanecen prácticamente constantes después. En la última década la eficiencia de las células de (a-Si: H) de unión simple aumento hasta el 13%. El funcionamiento de una célula solar de capa fina de silicio amorfo es el mismo que las cristalinas pero su elaboración es muy diferente. Rasero, C. M. (2011). Energía solar fotovoltaica. *Energía solar fotovoltaica, situación actual*, 4.

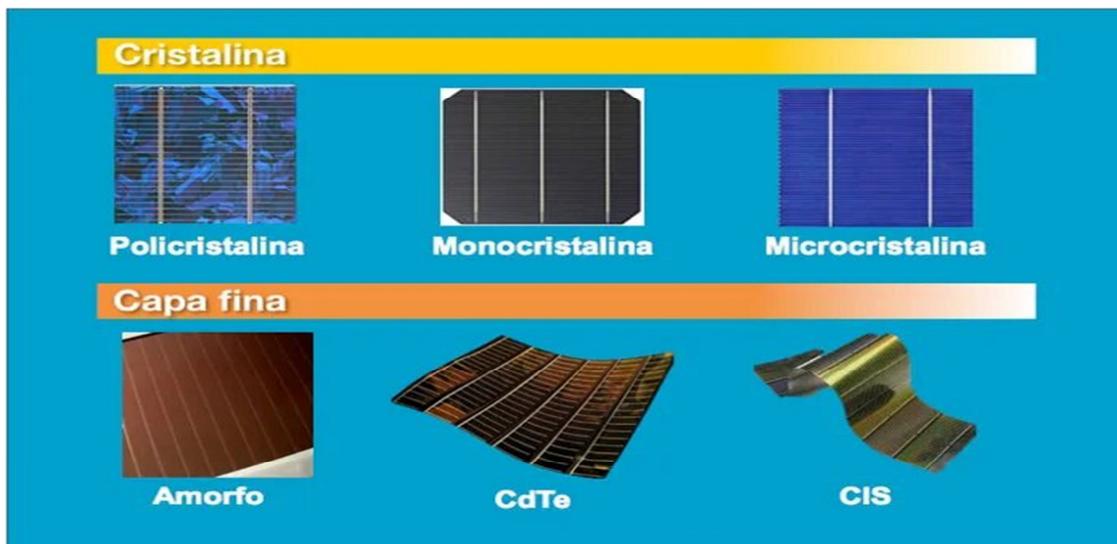


Ilustración 3 Celdas Solares de Capa Fina

Fuente: <https://i0.wp.com/www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2017/06/sistemas-fotovoltaicos-003.jpg?w=700&ssl=1>

## Factor de forma

Es la relación entre la potencia máxima (o el producto de la corriente y la tensión en el punto de máxima potencia) y el producto de ISC y VOC. Su valor es más alto cuanto mejor es la célula. Por lo general, un valor bajo de FF está asociado con la existencia de pérdidas de eficiencia en el dispositivo, mientras que una célula de buena calidad suele tener valores superiores a 0.70. (F. Casellas)

$$FF = \frac{P_{mpp}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{V_{mpp} * I_{mpp}}{V_{oc} * I_{sc}} \text{ Ec.1}$$

Donde:

FF= Factor de forma

$P_{mpp}$ = Potencia máxima (W)

$V_{mpp}$ = Tensión óptima operativa

$V_{oc}$ = Tensión de circuito abierto

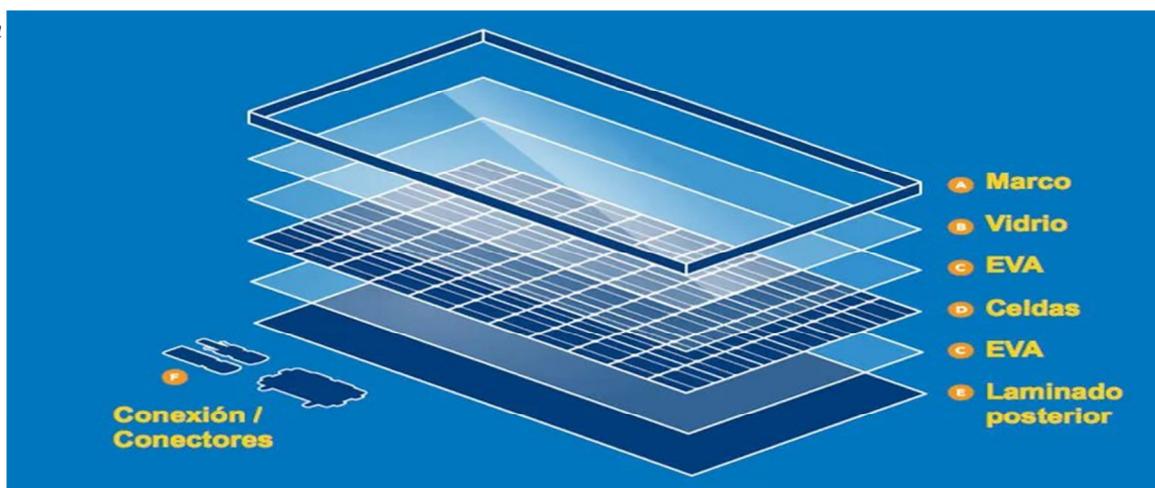
$I_{sc}$ = Corriente cortocircuito

$I_{mpp}$ = Corriente óptima operativa

## Módulo Solar

Un módulo o panel solar es una moldura rectangular formada por un conjunto de células o celdas solares protegidas por vidrio anodizado y un marco de aluminio. La función principal de un panel solar es apoyar mecánicamente la celda solar y protegerla de los efectos del deterioro del clima. Un módulo típico tiene 36 celdas, por lo tanto, tendrán un voltaje de 18V, y un voltaje nominal de 12V. (Pilco & Jaramillo, 2008)

Ilustración  
componentes  
de  
un  
Módulo  
Solar  
Fotovoltaico



Fuente: <http://i0.wp.com/www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2017/06/sistemas-fotovoltaicos-002.jpg?w=800&ssl=1>

[s://i0.wp.com/www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2017/06/sistemas-fotovoltaicos-002.jpg?w=800&ssl=1](http://i0.wp.com/www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2017/06/sistemas-fotovoltaicos-002.jpg?w=800&ssl=1)

Cálculo del número total de paneles por balance energético (Muniz)

$$N_T = \frac{E_T}{HSP * P_P * P_G} \text{ Ec.2}$$

Donde:

$N_T$  = Número total de paneles.

$E_T$  = Energía total requerida por el sistema fotovoltaico.

$HSP$  = irradiación global en el plano inclinado  $\beta$ .

$P_P$  = Potencia pico del panel.

$P_G$  = factor global de pérdidas (usualmente entre 0.65 y 0.9).

## Inversor de Carga:

Los inversores y sus accesorios juegan un papel muy importante, en cuanto a la eficiencia de conversión energética y a su fiabilidad. Su función no es únicamente la transformación de la corriente continua (CC) generada por los módulos fotovoltaicos, en corriente alterna (CA) con el voltaje y la frecuencia deseada, sino también el hacer trabajar el campo fotovoltaico en el Punto de Máxima Potencia (PMP). Los sistemas inversores deben además supervisar la red en lo que a posibles averías se refiere e interrumpir la conexión en casos de fallas ya sea del lado de la red o del campo fotovoltaico. (Román H. Buitrago Grupo GENOC-INTEC Universidad Nacional del Litoral – Argentina, 2009, Pag. D3)



Ilustración 5 Inversor de Carga

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/inversor-fotovoltaico.html>

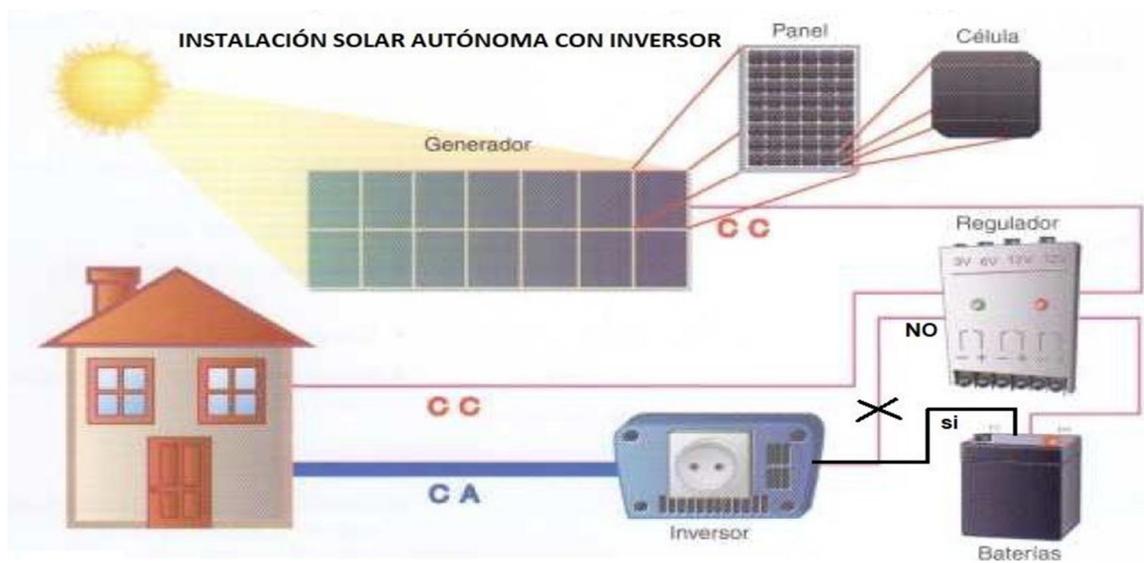
$$P_{inv} = P_{CA} F_S \quad \text{Ec. 3}$$

Donde

$P_{inv}$ : Potencia del inversor

$P_{CA}$ : Potencia de las cargas en corriente alterna

$F_S$ : Factor de simultaneidad



Por norma general (se hace siempre) el inversor va conectado a la salida de las baterías y no al regulador de carga ya que el inversor normalmente supera con creces la intensidad de consumo que podría aguantar el regulador. Por este motivo también se llaman "Inversores de Baterías".

Ilustración 6 Instalación de SSFV Autónomo con Inversor

Fuente: <https://i0.wp.com/www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2017/06/sistemas-fotovoltaicos-002.jpg?w=800&ssl=1>

## Controlador de Carga

Sirve básicamente para proteger la batería de sobrecargas excesivas y contra descargas muy profundas. También desconectan la carga de consumo en caso de que no haya suficiente generación de energía y tampoco la batería tenga suficiente energía de respaldo como para mantener en operación la carga de consumo. Y hará la reconexión de la carga de consumo hasta que la batería haya acumulado cierto porcentaje de energía. Un buen diseño debería evitar que esto sucediera la menor cantidad de veces posible a lo largo de un año. *Abella, M. A. (2005). Sistemas fotovoltaicos. SAPT Publicaciones Técnicas.*



Ilustración 7 Controlador de Carga de un Sistema Solar Fotovoltaico

Fuente: <https://i0.wp.com/www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2017/06/sistemas-fotovoltaicos-002.jpg?w=800&ssl=1>



Ilustración 8 Modelos de Controlador de Carga

Fuente: <https://erenovable.com/wp-content/uploads/2022/02/que-es-el-controlador-de-carga-solar-necesitas-uno.jpg>

La selección del regulador o controlador de carga se realiza en función de la tensión nominal y de la corriente de operación. (Abella, 2010)

$$I_R = 1.2 N_{mp} I_m \quad \text{Ec.4}$$

Donde:

$I_R$ : Corriente máxima de operación del regulador

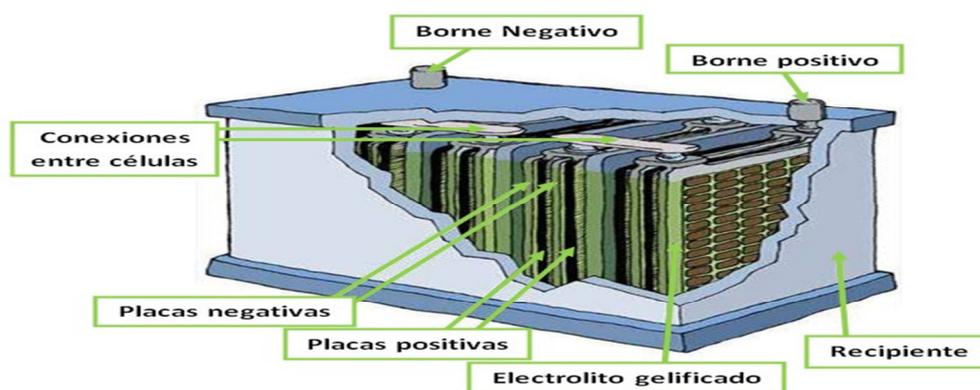
$N_{mp}$ : Número de módulos conectados en paralelo

$I_m$ : Corriente del punto de máxima potencia del módulo seleccionado

## Baterías

El sistema de almacenamiento más utilizado es la batería química. Estas almacenan el exceso de producción, si los hubiere, para cuando se necesite El respaldo de energía en la batería se debe calcular de tal manera que pueda acumular la suficiente energía como para brindar el tiempo de autonomía, en caso de que la generación de energía caiga, a la carga de consumo. Entonces, se debe asegurar que su tamaño en capacidad sea igual o un poco mayor por los límites de descarga de consumo multiplicada por el número de días de autonomía que se requieren para el sistema aislado. El sistema de almacenamiento más utilizado

o es la  
batería  
química  
. Estas  
almace  
nan el  
exceso  
de



producción, si los hubiere, para cuando se necesite.

*Ilustración 9      Bateria de Ciclo Profundo para un SSFV*

*Fuente: Manual de energías renovables M. Friend, M. Alonso, I. Youm, pág. 122*

La cantidad de energía que puede almacenar la batería para un correcto funcionamiento está dada por la ecuación: (Mesa, Sanabria, & Pérez, 2015).

$$C_{md} = \frac{L_{md}}{P_{Dmax,d} F_{CT}} \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

$C_{md}$ : Capacidad nominal de la batería.

$L_{md}$ : Consumo medio diario del sistema fotovoltaico

$P_{Dmax,d}$ : Profundidad de descarga máxima diaria

$F_{CT}$ : Factor de corrección de temperatura

### **Cable fotovoltaico (FV/PV)**

El cable fotovoltaico, también conocido como cable PV, es un cable de un solo conductor utilizado para conectar los paneles de un sistema de energía eléctrica fotovoltaica. Los sistemas PV, o módulos solares, son sistemas de producción de energía eléctrica que captan la luz solar para producir electricidad a través de un proceso de conversión de energía. La electricidad se produce en el panel y el cableado es necesario para llevar la energía eléctrica a una caja combinadora o punto de almacenamiento. El cable fotovoltaico es un tipo específico de cable creado para este tipo de aplicaciones.

De aluminio o de cobre: Los dos materiales conductores comunes utilizados en instalaciones solares residenciales y comerciales son cobre y aluminio. El cobre tiene una conductividad mayor que el aluminio, por lo tanto, lleva más actual que el aluminio con el mismo tamaño.

**Aluminio:** puede ser debilitado durante la instalación, especialmente durante la flexión, sin embargo, es menos costoso que los alambres de cobre. No se utiliza (no permitido) para el hogar interior de cableado, como se utilizan en calibres más grandes para las entradas de servicio subterráneo o aéreo y operaciones comerciales.

**Sólido o trenzado:** El cable puede ser sólido o trenzado, donde consisten en muchos pequeños alambres trenzados que permiten al cable ser flexible. Este tipo se recomienda para tamaños más grandes. La corriente tiende a fluir en el exterior del cable, por lo tanto cables trenzados tienen conductividad un poco mejor ya que hay más superficie del alambre.

**Aislamiento:** El aislamiento que cubre el alambre puede proteger el cable del calor, humedad, luz ultravioleta o químicos.

- THHN se utiliza comúnmente en lugares secos, interiores.
- THW, THWN y TW pueden utilizarse en interiores o para aplicaciones húmedas al aire libre en el conducto.
- UF y uso son buenos para aplicaciones húmedas o subterráneas.
- El Cable PV, USE-2 cables RHW-2 pueden ser utilizado en condiciones húmedas al aire libre donde su cableado externo es UV y resistente a la humedad. Deben ser resistentes a la luz del sol.

Color: Aislamiento de alambre eléctrico es color codificado para designar su función y uso. Para la reparación y solución de problemas, comprensión de la codificación es esencial. La etiqueta de cableado difiere según alterna o corriente continua.

Cableado de Corriente Alterna (CA)		Cableado de Corriente Continua (CC)	
PT de Equipos	Verde, cobre desnudo o Verde/Amarillo	PT de Equipos	Verde, cobre desnudo o Verde/Amarillo
Conductor puesto a tierra (Neutro)	Blanco/Gris	Conductor Puesto a tierra (típicamente negativo)	Blanco/Gris
Conductores no puestos a tierra (caliente: L1 y L2)	Cualquier color EXCEPTO Verde, Verde/Amarillo, Blanco o Gris Lo común es: L1 Negro, L2 Rojo	Conductor no puesto a tierra (típicamente positivo)	Cualquier color EXCEPTO Verde, Verde/Amarillo, Blanco o Plomo permitido Lo común es: Rojo para sistemas puestos a tierra; Rojo (+) y Negro (-) para sistemas no puestos a tierra

*Ilustración 10 Codificación de color de alambre según tipo de corriente*

*Fuente: Adaptado de NEC 2008, Artículos 250.119 y 200.6 (A) (6)*

Tabla 1 Calibre de cables eléctricos de cobre.

AMPERAJE – CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2 THWN-2
<b>Nivel de temperatura</b>	<b>60 C°</b>	<b>75 C°</b>	<b>90 C°</b>
<b>Calibre de cable</b>	<b>AMPERAJE SOPORTADO</b>		
14 AWG	15A	15A	15A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

*Fuente:* [https://www.anixter.com/es\\_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html](https://www.anixter.com/es_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html)

Tabla 2 Ampacidad para cable de cobre y aluminio

TABLA DE AMPACIDAD PARA CABLE DE COBRE Y ALUMINIO (AWG/ MCM)						
AMPACIDAD DE THW, THHN- THWN, XHHW A UNA TEMPERATURA DE 75 C.			NÚMERO MÁXIMO DE 3 ALAMBRES EN UNA TUBERÍA METÁLICA DIÁMETRO DE LA TUBERÍA METÁLICA		CAÍDA DE VOLTAJE POR CADA 100 PIES DE CABLE DE COBRE A UN 80% P.F	
CALIBRE DEL CABLE (AWG/MC M)	COBRE	ALUMINIO	THW (PULG)	THHN, THWN , XHHW (PULG)	CIRCUITO MONOFÁSICO (VOLTS/AMP)	CIRCUITO TRIFÁSICO (VOLTS/AMP)
10 AWG	35 A	30 A	1/2	1/2	0.1961	0.1677

ELABORADO POR BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA.

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

8 AWG	50 A	40 A	3/4	1/2	0.1250	0.1087
6 AWG	65 A	50 A	1	3/4	0.0833	0.0714
4 AWG	85 A	65 A	1	1	0.0538	0.0463
1/0 AWG	150 A	120 A	1 1/2	1 1/4	0.0269	0.0231
2/0 AWG	175 A	135 A	1 1/2	1 1/2	0.0222	0.0196
3/0 AWG	200 A	155 A	2	1 1/2	0.0190	0.0163
4/0 AWG	230 A	180 A	2	2	0.0161	0.0139
250 MCM	255 A	205 A	2 1/2	2	0.0147	0.0128
300 MCM	285 A	230 A	2 1/2	2	0.0131	0.0114
400 MCM	335 A	270 A	3	2 1/2	0.0115	0.0091
500 MCM	380 A	310 A	3	3	0.0101	0.0088
600 MCM	420 A	340 A	3	3	0.0094	0.0082
700 MCM	460 A	375 A	3 1/2	3	0.0089	0.0077
750 MCM	475 A	385 A	3 1/2	3 1/2	0.0086	0.0075
1000 MCM	545 A	445 A	4	3 1/2	0.0079	0.0069

Fuente: [https://www.anixter.com/es\\_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html](https://www.anixter.com/es_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html)

Tabla 3 Código de aislamiento para cables fotovoltaicos

Código	Nombre	Max. Disposiciones	Temperaturas de operación	Aislamiento	Cubierta externa
THHN.	Termoplástico resistente al calor	90 C, F 194	Lugares secos o húmedos	Retardantes de llama, resistente al calor termoplástico	Chaqueta de nylon o equivalente
THW	Humedad y resistente al calor termoplástico	75-90 C, 167-194	Lugares mojados o secos	Retardantes de llama, humedad y resistente al calor termoplástico	Ninguno
THWN	Humedad y resistente al calor termoplástico	75 C, 167 F	Lugares mojados o secos	Retardantes de llama, humedad y resistente al calor termoplástico	Chaqueta de nylon o equivalente

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

TW	Termoplástico resistente a la humedad	C 60, 140 F	Lugares mojados o secos	Retardantes de llama, resistente a la humedad termoplástico	Ninguno
UF y el uso	Rama y alimentador subterráneo del circuito Conductor solo Cable-	60-75 C, 140-167	Véase el artículo 340: entrada de servicio	Humedad y resistente al calor	Integral con aislamiento y resistente de humedad

Fuente: [https://www.anixter.com/es\\_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html](https://www.anixter.com/es_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html)

### Montaje De Paneles

Los módulos fotovoltaicos tienen comúnmente una garantía de 25 años, lo que es importante instalaciones sobre una estructura de montaje que duren el mismo tiempo que el arreglo. Afortunadamente, muchos de los fabricantes que específicamente se dedican a montajes FV, están diseñando e ingeniando productos para soportar una gran variedad de condiciones ambientales, y al mismo tiempo mejorar la calidad de instalaciones y reducir el costo cada vez. Existe una diversidad de opciones de montaje de módulos fotovoltaicos: de poste, de suelo, con rastreadores, de techo.



*Ilustración 11 Montaje de Módulos Fotovoltaico*

Fuente: *Solar Energy International. Copyright 2016*

## **Puesta a tierra**

Puesta a Tierra (PT) significa conectado a tierra. Esto puede ocurrir directamente, tal como una varilla de metal enterrada a la tierra, o puede ocurrir a través de un cuerpo conductor, tal como un alambre o una caja eléctrica de metal, que crea un camino de bajas resistencias a la tierra.

### **Terminología de puesta a tierra.**

- **Puesta a tierra de equipos (PTE)**

Cuando todas las partes metálicas no conductoras de corriente (equipos) que protegen o encierran a los conductores o equipos eléctricos, se unen eléctricamente a tierra con el fin de limitar su potencial y que sea de cero (0) con respecto a la tierra.

- **Puesta a Tierra del sistema (PTS)**

Cuando se realiza una conexión eléctrica entre un conductor de corriente y la tierra en un punto del sistema.

*Fuente: Solar Energy International. Copyright 2016*

## **Mantenimiento de los componentes de SSFV para bombeo de agua.**

De manera general el cuidado y mantenimiento del sistema de Bombeo de agua usando SSFV son sencillos de operar y de manteniendo. El costo de estos mantenimientos es relativamente bajo.

Debe haber un personal entrenado adecuadamente para hacerse cargo de todas las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo, estos deben coordinar con los instaladores del sistema para elaborar un plan o manual de manteniendo adecuado siguiendo todas las especificaciones técnicas suministradas por el fabricante y facilitar la puesta en funcionamiento del mismo.

## **Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo de cualquier sistema de bombeo de agua es el tipo de mantenimiento programado, que se lleva a cabo con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas.

Dentro de las principales actividades que se practican como parte de este tipo de mantenimiento se cuentan:

- Inspección de los equipos y todos los componentes que hacen funcionar el sistema.
- Limpieza.
- Sustitución de componentes.
- Lubricación

## **Mantenimiento Predictivo**

El mantenimiento predictivo de un sistema de bombeo de agua está basado en el monitoreo, registro y análisis del comportamiento de las principales variables de operación del equipo y de las instalaciones, con la finalidad de verificar que su funcionamiento sea el correcto, y en caso de que se presente una desviación de las condiciones de operación normales, se programen las actividades correctivas correspondientes al equipo o componente.

## **Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo es el tipo de mantenimiento que se lleva a cabo con el fin de corregir fallas en el equipo. Este puede ser:

• **Planificado.** Cuando se sabe con antelación qué es lo que se debe reparar, y por lo tanto se tienen todos los elementos a la mano al momento de ejecutarlo. En los sistemas de bombeo de aguas subterráneas la limpieza del pozo es una acción de mantenimiento correctivo del tipo planificado.

• **No planificado.** Es el que se ejecuta cuando se presenta una falla generalmente de origen exógeno. Por ejemplo la descarga eléctrica de un rayo que inhabilita un equipo esencial. *Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica (1.ª, libro de consulta, Revisado ed. ed., Vol. 1 pág. 75). (2015). Sandia National Laboratories* Orbeago, C., & Arivilca, R. (2010). *Energía solar fotovoltaica. Manual técnico para instalaciones.pag.41 SOLAR, F. D. L. O. Capítulos y Secciones Página.*

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO						
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS SUBTERRANEAS CON BOMBA ELECTRO SUMERGIBLE						
DEFINICION Y FRECUENCIA DE EJECUCION DE ACTIVIDADES A LOS SUBSISTEMAS Y EQUIPOS						
SUBSISTEMA	EQUIPO	ACCION RECOMENDADA	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO			
			SEMANAL	MENSUAL	ANUAL	RELATIVA
ELECTRICO	MOTOR	MEDICION DE AISLAMIENTO		X		
		MEDICION DE CONSUMO	X			
		ANALISIS TERMOGRAFICO			X	
		VERIFICACION DE COMPONENTES MECANICOS				X
ELECTRICO	TABLERO	MEDICION Y ANANALIS DE PARAMETROS ELECTRICOS	X			
		VERIFICACION DE PARAMETROS AJUSTABLES	X		X	
		PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA RED TRIFASICA			X	
		PRUEBAS DE CONTINUIDAD A LA RED TRIFASICA			X	
		ANALISIS TERMOGRAFICO			X	
		LIMPIEZA DEL TABLERO CON SOLVENTE DIELECTRICO			X	
		REAJUSTE DE TORNILLERIA A TERMINALES Y CONECTORES			X	

*Ilustración 12 Mantenimiento eléctrico de motor y tablero*

*Fuente: Gallardo, J. J. G. S. (Ed.). (2017, marzo). Plan integral de mantenimiento para un sistemas de bombeo de aguas subterráneas con bomba electro-sumergible (N.º 1Pag de la*

PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO						
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS SUBTERRANEAS CON BOMBA ELECTRO SUMERGIBLE						
DEFINICION Y FRECUENCIA DE EJECUCION DE ACTIVIDADES A LOS SUBSISTEMAS Y EQUIPOS						
SUBSISTEMA	EQUIPO	ACCION RECOMENDADA	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO			
			SEMANAL	MENSUAL	ANUAL	RELATIVA
MECANICO	BOMBA	MEDICION DE CAUDAL		X		
		MEDICION DE PRESION Y CARGA DINAMICA		X		
		MEDICION Y ANALISIS DE VIBRACIONES			X	
		VERIFICACION DE COMPONENTES MECANICOS				X
HIDRAULICO	POZO	PRUEBAS/ENSAYOS DE CALIDAD DE AGUA			X	X-1
		TOMA DE MUESTRAS DE AGUA		X		
		MEDICION DE NIVELES		X		
		INSPECCION VISUAL DEL ESTADO DE LA CAMISA				X
		LIMPIEZA/EXTRACCION DE SEDIMENTOS				X
		DESINFECCION/SANEAMIENTO				X
		NOTA 1. PUEDEN EJECUTARSE UNA VEZ AÑO Y CUANDO SE REALICE LA LIMPIEZA DEL POZO				

*3 a la 24). Hidráulica Tamanaco.*

*Ilustración 13 Mantenimiento Mecánico e Hidráulico de la bomba y pozo*

*Fuente: Esta dirección está pendiente Gallardo, J. J. G. S. (Ed.). (2017, Marzo). Plan integral de mantenimiento para un sistemas de bombeo de aguas subterráneas con bomba electro-sumergible (N.º 1Pag de la 3 a la 24). Hidráulica Tamanaca.*

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS SUBTERRANEAS CON BOMBA ELECTROSUMERGIBLE
ACCIONES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
<b>TABLERO</b>
LIMPIEZA Y LUBRICACION DE ACCIONAMIENTOS MECANICOS (RESORTES,BOTONERAS,ETC)
PINTURA DEL GABINETE O CAJÓN, REAJUSTE DE TORNILLERIA A TERMINALES Y CONECTORES ELECTRICOS
LIMPIEZA DE LA CASETA Y/O AREAS ADYACENTES
LIMPIEZA DE COMPONENTES ELECTRICOS CON SOLVENTE DIELECTRICO
<b>BOMBA</b>
EVALUACION DEL ESTADO DE LOS COMPONENTES DE LA BOMBA
LIMPIEZA DE COMPONENTES PARA DESALOJAR SEDIMENTOS ACUMULADOS DENTRO DEL CUERPO DE BOMBA
SUSTITUCION DE BUJES, CHUMACERAS, GUARDACABLE, TAZONES, IMPULSORES, EJE.
NO APLICA LA LUBRICACION DE COMPONENTES

Ilustración 14 *Plan integral de mantenimiento de Tablero y pozo*

*Fuente: Gallardo, J. J. G. S. (Ed.). (2017, Marzo). Plan integral de mantenimiento para un sistemas de bombeo de aguas subterráneas con bomba electro-sumergible (N.º*

PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS SUBTERRANEAS CON BOMBA ELECTROSUMERGIBLE
<u>ACCIONES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</u>
<b>MOTOR</b>
EVALUACION DE COMPONENTES ELECTRICOS Y MECANICOS
SUSTITUCION DEL LIQUIDO REFRIGERANTE
RESTITUCION DEL JUEGO DE EMPUJE AXIAL
REEMPLAZO DE SELLO MECANICO, CABLE DE ALIMENTACION, CONJUNTO DE EMPUJE AXIAL
<b>POZO</b>
CEPILLADO DE LOS TUBOS CIEGOS Y RANURADOS PARA DESALOJAR EL MATERIAL ADHERIDO A ELLOS.
APLICACION DE DISPERSANTES DE ARCILLA PARA REBLANDECER LAS INCRUSTACIONES.
PISTONEO A PRESION (JETTING) PARA LAVAR Y REACOMODAR EL FILTRO DE GRAVA.
EXTRACCION DE SEDIMENTOS ACUMULADOS Y LOS PRODUCIDOS POR EL CEPILLADO.

*1Pag de la 3 a la 24). Hidráulica Tamanaca.*

Ilustración 15 *Plan integral de mantenimiento de motor y pozo*

*Fuente: Gallardo, J. J. G. S. (Ed.). (2017, Marzo). Plan integral de mantenimiento para un sistemas de bombeo de aguas subterráneas con bomba electro-sumergible (N.º 1Pag de la 3 a la 24). Hidráulica Tamanaca.*

## DISEÑO METODOLÓGICO

### Tipo de investigación

La investigación cuantitativa es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables es decir se enfoca en medir fenómenos, hace análisis de causa efecto, utiliza el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

*(Dr. Roberto Hernández Sampieri, 2010).*

Según lo antes mencionado la presente investigación es del tipo cuantitativa, dado que se centra en análisis numéricos, medición y recolección de datos para conocer las características particulares del lugar que determinarán el diseño del sistema solar fotovoltaico.

La lógica de la investigación es deductiva según *(Dr. Roberto Hernández Sampieri, 2010)*, este parte de lo general a lo particular, es decir la lógica o razonamiento deductivo, comienza con la teoría y de ésta se derivan expresiones lógicas denominadas hipótesis que el investigador busca someter a pruebas.

Este enfoque permite razonar y valorar la hipótesis planteada, teniendo como herramienta una base datos numéricos extraídos de INETER, entidad única de suministro de datos meteorológicos en Nicaragua, así como también los datos de la NASA, lo que permitirán la obtención de resultados y el análisis de los mismos.

### Ubicación y Área de Estudio

#### Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio en la comunidad “La carbonera” en el municipio de Somoto departamento de Madriz ubicada a 699 msnm (metros sobre el nivel mar), Coordenadas geográficas (Latitud: 13.48082N, Longitud: -86.58208O), El clima en Somoto, la temporada de lluvia es caliente, opresiva y nublada y la temporada seca es muy caliente y mayormente despejada. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía

de 18 °C a 33 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube a más de 34 °C. El municipio de Somoto se ubica en el trópico seco afectando más el sector rural cuando se producen fenómenos de sequía.

### **Población y Muestra**

Según (López, 2004) Población es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. El universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales entre otros y la muestra es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevó a cabo la investigación.

Partiendo de lo anterior la comunidad en estudio cuenta con 100 casas y 366 personas, una población estudiantil de 40 personas y una tasa de incremento poblacional de 2.5% (se proyectará a 15 años según códigos de ENACAL y Censo Poblacional de 2015).

El tipo de muestreo es probabilístico, porque la selección de los equipos tecnológicos del Sistema solar fotovoltaico (SSFV) para bombeo de agua es seleccionada en base a sus características necesarias para la ejecución de la investigación que es su alta eficiencia, su existencia en territorio nacional es decir Nicaragua y la factibilidad económica de estos.

### **Técnica de recolección y análisis de información.**

Las técnicas que se pondrán en práctica son:

- Planteamiento del problema
- Visita de campo
- Recolección de información
- Clasificación de información
- Procesamiento de la información
- Análisis de la información recepcionada
- Instalación, mantenimiento y seguimiento del sistema de bombeo para suministro de agua potable.

## **Procedimiento**

Se realizó una visita de campo para observar las condiciones en las que se encuentra el sitio, se toman las medidas de la edificación actual, para determinar, de ser necesario si se podrá realizar modificaciones dónde estará localizado el sistema fotovoltaico.

A continuación, se procedió a la búsqueda de información de factores que se tendrán en cuenta para el diseño del sistema fotovoltaico, ubicación de pozo, trayectoria del sol, la cual varía con la latitud local y la intensidad de la radiación solar.

Estos factores influyen en el área de captación de energía y en la orientación de los paneles del sistema fotovoltaico.

La ubicación del pozo y tanque de almacenamiento, se determinó por las condiciones que presenta el sitio para establecer la cantidad de sombra que se puede obtener en el sitio, así como la topografía del lugar.

Se clasificó y procesó la información recolectada, teniendo en cuenta la demanda energética de la bomba de agua, la demanda de agua potable, la proyección de suministro de agua por 15 años a partir del año 2020 para dimensionar el sistema solar fotovoltaico, la selección de los equipos y elementos que lo conforman.

# **CAPITULO I**

## **CALCULO DE LA POBLACION BENEFICIADA.**

## **1.1. Introducción.**

El agua es un elemento vital para la vida del ser humano, esto explica por qué los asentamientos humanos se localizaban donde este elemento estaba disponible. Con el paso del tiempo y debido al crecimiento poblacional ha sido necesario realizar obras cada día de mayor tamaño con la finalidad de abastecer este preciado líquido a las poblaciones que cada día lo solicitan en mayor cantidad y calidad, para sus necesidades.

El abastecer de agua a la población que cada año va en crecimiento, se produce, debido a que intervienen muchos elementos, para que el suministro del vital líquido, continúe siendo el mismo; uno de ellos es la sequía de las fuentes de agua, así como la posible contaminación de dichas fuentes, su lejanía de la población, así como el crecimiento de las locaciones.

Para tener una idea más precisa es necesario entender el término disponibilidad, el cual se emplea para conocer las facilidades o dificultades que pueden utilizarse para abastecer de agua a una determinada población, pero en los casos de sistemas de agua potable, se considera la cantidad que le corresponde de este elemento a cada persona, del volumen disponible, cantidad que año con año se ve disminuida por el crecimiento poblacional y la contaminación.

Un aspecto fundamental para tomar en cuenta para el realizar el diseño es el clima del lugar, en la comunidad la Carbonera al igual que el municipio de Somoto la temperatura calurosa dura 1.7 meses comprendida del 17 de marzo al 9 de mayo, la temperatura máxima promedio diaria es de 32 °C. En el mes de abril siendo el mes más cálido su máxima temperatura es de 32°C y la mínima es de 20°C.

Las temperaturas frescas duran 4.5 meses, del 8 de septiembre al 26 de enero, siendo la temperatura máxima de 29°C y la mínima de 18°C. La nubosidad en la zona del municipio de Somoto se concentra en cielos despejados hasta un 78% en el año. La temporada más mojada dura 5.6 meses del 12 de mayo al 31 de Octubre, con una probabilidad del 23% de

que cierto día será mojado. El mes más mojado es septiembre con un promedio de 13.4 días con por lo menos 1mm de precipitación.

## **1.2. Población de diseño**

Inicialmente en el proyecto se benefician a 100 viviendas con un total de 366 personas. Se estima un diseño de proyección para 15 años.

En este mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) utilizando energía solar FV, se recomienda considerar un periodo máximo de 15 años, es decir, que el sistema de bombeo solar FV será capaz de suministrar suficiente agua para la población que está en constante crecimiento hasta por un periodo (t) de 15 años.

Para la estimación de la población futura (Pf), se parte de la población inicial (Po) por un factor que depende de la Tasa de crecimiento poblacional (r). El método de cálculo más utilizado se denomina Proyección Geométrica.

$$Pf = Po \times (1 + r)^t \quad \text{Ec.6}$$

Donde:

**Pf:** Población futura

**Pn:** Población proyectada al año "n" (habitantes.)

**Po:** Población inicial (habitantes).

**r:** Tasa de crecimiento (notación decimal)

**t:** Intervalo de tiempo años

*Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica (1.ª, libro de consulta, Revisado ed. ed., Vol. 1 pág. 75). (2015). Sandia National Laboratories.*

Tabla 4 Datos de la población de la comunidad

Datos de la población de la comunidad la Carbonera	
Población inicial	366 Habitantes
Población inicial Escolar	40 habitantes
Tasa de crecimiento poblacional anual	2.5%

*Fuente: Censo realizado por Iglesia Luterana.*

Según VII censo Nacional de 1998, La Tasa de Crecimiento Poblacional Urbano y Rural es del 2.40%, En este caso se aplica un 2.5% que está dentro del rango recomendado por INAA (2.5% - 4%).

Cálculo del  
poblacional de la  
años.

n	Año	$(1 + r)^t$	Pf de la comunidad	Pf Escolar
0	2020	1.000	366	40
1	2021	1.025	375	41
2	2022	1.051	385	42
3	2023	1.077	394	43
4	2024	1.104	404	44
5	2025	1.131	414	45
6	2026	1.160	424	46
7	2027	1.189	435	48
8	2028	1.218	446	49
9	2029	1.249	457	50
10	2030	1.280	469	51
11	2031	1.312	480	52
12	2032	1.345	492	54
13	2033	1.379	505	55
14	2034	1.413	517	57
15	2035	1.448	530	58

crecimiento  
comunidad en n

*Fuente: Censo realizado por Iglesia Luterana*

La tabla número cinco resume los cálculos de crecimiento poblacional de la comunidad proyectada a 15 años, partiendo de las estadísticas de la población inicial desde el año 2020, año desde que se inició el proyecto. El resultado de ésta tabla se obtuvo en base ecuación 6.

Tabla 5 Proyección del consumo promedio diario de agua La carbonera

n	Año	Consumo promedio diario (CPD) (Mts <sup>3</sup> /día)
0	2020	24.15
1	2021	24.75
2	2022	25.37
3	2023	26
4	2024	26.65
5	2025	27.32
6	2026	28
7	2027	28.70
8	2028	29.42
9	2029	30.15
10	2030	30.90
11	2031	31.67
12	2032	32.46
13	2033	33.28
14	2034	34.11
15	2035	34.96

*Fuente: Censo realizado por Iglesia Luterana*

La tabla número 6 muestra la proyección del consumo de agua en la comunidad La Carbonera en el periodo de diseño del proyecto (15 años), esto se elaboró en base al crecimiento poblacional de la comunidad mostrado en la tabla 7 INAA (NTON 09 003-99). (6 de Noviembre de 2001). Normas rurales. (NTON 09 003-99), 14. Managua, Nicaragua.

### **1.3. Topografía del proyecto:**

Este tipo de sistema es diseñado para extraer el agua del pozo y enviarlo a un tanque de almacenamiento, este debe estar ubicado en el sitio más alto posible de la zona ya que el agua potable se conduce por gravedad a la comunidad, por lo tanto, se debe conocer el sitio para que no interfiera en la energía cinética que lleva el fluido. *Wylie, E. B., Streeter, V. L., & Suo, L. (1993). Fluid transients in systems (Vol. 1, p. 464). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.*

#### **1.4. Tipo de servicio:**

Se usan puesto públicos, los cuales son tomas de agua instaladas en zonas rurales donde se lleva los más cerca posibles el agua a la comunidad, tomando en cuenta si existe o no centro escolar y puesto de salud. Las distancias podrían oscilar de los 50 a 100 metros.



# **CAPÍTULO II**

## **CALCULO DEL CAUDAL DE AGUA.**

## **2.1. Introducción**

La dotación de agua potable es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas que existen en cualquier sistema de distribución. La capacidad per cápita de agua en Nicaragua es de 38,000 litros de agua por año por cada habitante según el Centro Humboldt.

Hay zonas en Nicaragua donde llueve 6,000 milímetros de agua anuales, en la costa Caribe. En el peor de los casos en las zonas más secas, Madriz y toda la parte del corredor seco tenemos un mínimo de 600 milímetros de lluvia anual, considerando que una lluvia muy fuerte equivale a 30 o 60 mm de agua por hora.

A pesar de que el país cuenta de riqueza hídrica, se puede resolver la demanda de agua en la gran mayor parte de la población, pero puede ir disminuyendo a causa del cambio climático y la deforestación podría secar algunas fuentes hídricas.

No obstante, existen zonas rurales como en Somoto exactamente en la comunidad La Carbonera departamento de Madriz, principalmente en la zona central del país, se abastece por pozos y aguas superficiales.

Este sistema de agua potable cuenta con todos los elementos necesarios para captar, conducir, almacenar, tratar y distribuir de una manera eficiente el agua hasta los distintos sectores en la que ésta va a ser servida. Este sistema de agua potable respeta las normativas vigentes que garantizan la calidad del agua potable que se quiere suministrar, reduciendo así enfermedades y muertes en las poblaciones que se benefician de este tipo de sistemas.

## **2.2. Dotación de agua:**

Se diseñó con los parámetros de consumo de agua normalizado para las zonas rurales.

Según lo establecido en la NTON 09001-99, sección (3.1.), las dotaciones deberán ser asignadas de la siguiente manera, de acuerdo al sistema a implementarse:

- Para sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 Litros Por Persona Por Día. (Lppd)
- Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 (Lppd).
- Para sistemas por bombeo manual a través de pozos excavados a mano y pozos perforados se asignará una dotación de 20 a 30 (Lppd).

La dotación o la demanda per cápita, es la cantidad de agua que requiere cada persona de la comunidad, expresada normalmente en Litros por Persona por Día (LPPD) o en Galones por persona por día (GPPD).

Tabla 6 Clasificación de los sistemas de bombeo de agua

<b>Tipos de sistemas de abastecimiento de agua</b>	<b>Dotación de agua LPPD</b>		
Por medio de puestos públicos	30	a	40
Por medio de conexiones domiciliarias de patio	50	a	60
Por bombeo manual a través de pozos excavados a mano y pozos perforados	20	a	30
Dotación de agua en escuelas y espacios públicos	25		

*Fuente: Elaboración Censo Iglesia Luterana*

Considerando, que este proyecto contempla la construcción de puestos públicos para el suministro de agua distanciados entre 50 a 100 metros en donde los habitantes podrán tener mejor acceso al vital líquido, como consecuencia se obtenía menos cantidad de agua de menor calidad a la que este proyecto les ofrece la cual será de mejor acceso y calidad. Cabe mencionar que esto les podrá ahorrar esfuerzo y tiempo, sabiendo que en las zonas rurales este tipo de actividad es realizado por los niños y mujeres. Con todo esto se mejora totalmente la calidad de vida de la población de la comunidad la carbonera.

Para la población en general, aplicar una dotación de agua de 60 LPPD, mientras que para la población estudiantil de la escuela una dotación de agua de 25 LPPD.

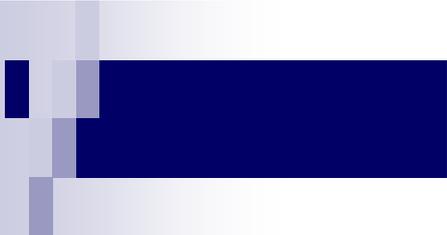
Tabla 7 Consumo de agua según las labores cotidianas.

<b>Consumo de agua comunidad La Carbonera</b>		
Lavado de ropa y utensilios	15	Litros
Aseo personal	30	Litros
Preparación de alimentos	15	Litros
Dotación de agua por persona por día (LPPD)	60	LPPD
Dotación de agua en la escuela:	25	LPPD

*Fuente: Elaboración Censo Iglesia Luterana*

Los datos de la tabla número 8 se realizaron en base a las normas establecidas por ENACAL (NTON) que dictan el consumo de agua en la zona rural.

En el diseño se tomó en consideración las fluctuaciones de la incidencia de la radiación solar en la zona del proyecto exactamente en la comunidad La Carbonera. Según datos del INETER en el promedio de la incidencia de variación solar es de 5.7 horas/día. Estas fluctuaciones tienen influencia directa en la capacidad de bombeo de agua, por tal razón en el Capítulo IV (Selección de la bomba y arreglo fotovoltaico), en el acápite donde se diseña el arreglo de los módulos fotovoltaicos se toma en cuenta en los cálculos en ecuación número 29(Caudal requerido por el sistema), acápite 4.2 (Calculo hidráulico del sistema de bombeo).



# **CAPÍTULO III**

## **CALCULO DEL DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE BOMBEO.**

### **3.1 Principios Básicos Que Rigen La Hidráulica**

**3.1.1 La presión** Ejercida por un fluido sobre una superficie (y viceversa) es el cociente entre la fuerza y la superficie que recibe la acción:

$$P = F/A \quad \text{Ec. 7}$$

Las unidades que se utilizan para la presión son:

$$1 \text{ atmósfera} \approx 1 \text{ bar} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 105 \text{ pascal}$$

**3.1.2 La presión atmosférica.** Es el peso de la columna de aire comprendido entre una superficie y el límite de la atmósfera. Esto significa que varía con la altura, además de las condiciones meteorológicas. Se suele tomar como normal 1013 mbar (@ 1 bar) al nivel de mar. La presión atmosférica también se llama barométrica y la miden los barómetros.

El valor resultante de dividir toda la fuerza ejercida sobre una superficie por dicha superficie, se denomina presión absoluta.

$$P \text{ relativa} = P \text{ absoluta} - P \text{ atmosférica}$$

### **3.2 Estudio Hidrológico:**

Para la selección del sitio ideal del pozo se hacen una serie de evaluaciones de posibles puntos donde hay mayor posibilidad y eficiencia para el uso del recurso acuífero. Todo esto con el propósito de obtener la información más acertada de un sitio que tenga el caudal requerido en todas las estaciones del año, así como su recuperación.

En esta comunidad hay varios pozos elaborados unos de manera artesanal y solamente uno a nivel de excavación con máquinas. Para lograr la captación del mas ideal se realizó una prueba de bombeo en la estación más seca del año, parámetro principal en el diseño de un sistema de bombeo de agua (Caudal mínimo de la fuente).

### 3.3 Presión En Líquidos

#### 3.3.1 Presión Hidrostática

Una columna de líquido, ejerce por su propio peso, una presión sobre la superficie en que actúa. La presión por lo tanto, estará en función de la altura de la columna (h), de la densidad y de la gravedad.

$$P = h * \rho * g \quad \text{Ec 8}$$

#### 3.3.2 Peso específico

El peso específico de un fluido, corresponde al peso por unidad de volumen. El peso específico está en función de la temperatura y de la presión.

$$\gamma = W/V \quad \text{Ec. 9} \qquad \gamma = \rho * g \quad \text{Ec. 10}$$

#### 3.3.3 Masa

Es una de las propiedades intrínsecas de la materia, se dice que esta mide la resistencia de un cuerpo a cambiar su movimiento (desplazamiento o reposo, es decir; su inercia). La masa es independiente al medio que rodea el cuerpo. En palabras muy sencillas se puede expresar como la cantidad de materia que forma un cuerpo.

Unidades:   Sist. Internacional: Kilogramo (Kg)  
              Sist. Inglés: Libra (lb)

#### 3.3.4 Volumen

Representa el espacio que ocupa un cuerpo, en un ejemplo se podría simplificar diciendo que un cuerpo de dimensiones 1 metro de alto, 1 metro de ancho y 1 metro de espesor tendrá en consecuencia 1 m<sup>3</sup> de volumen.

#### 3.3.5 Densidad relativa

Es la relación entre la masa de un cuerpo a la masa de un mismo volumen de agua a la presión atmosférica y a una temperatura de 4 °C. Esta relación equivale a la de los pesos específicos del cuerpo en estudio y del agua en iguales condiciones.

$$S = \rho_s / \rho_{\text{Agua}} \quad \text{Ec. 11} \qquad S = \gamma_s / \gamma_{\text{Agua}} \quad \text{Ec. 12}$$

### 3.3.6 Viscosidad

Es la resistencia que opone un fluido al movimiento o a escurrir. Esta propiedad física está relacionada en forma directa con la temperatura. Si la temperatura aumenta, la viscosidad de un fluido líquido disminuye y al revés, si la temperatura disminuye la viscosidad aumenta.

### 3.3.7 Viscosidad dinámica o absoluta

Entre las moléculas de un fluido se presentan fuerzas que mantienen unido al líquido, denominadas de cohesión. Al desplazarse o moverse las moléculas con respecto a otras, entonces se produce fricción. El coeficiente de fricción interna de un fluido se denomina viscosidad y se designa con la letra griega.

Unidades: Kg \* s/m<sup>2</sup>

### 3.3.8 Viscosidad Cinemática

Corresponde a la relación que existe entre la viscosidad dinámica  $\mu$  y la densidad  $\rho$

$$\delta = \mu/\rho \quad \text{Ec 13}$$

Unidades: m<sup>2</sup>/s

**Fuerza:** Es una acción que permite modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo.

**Unidades:**

	Sist. Internacional: Newton (N)
	Sist. Técnico: Kgf
	Sist. Inglés: lbf

**Equivalencias:**

$$1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} * \text{ m/s}^2$$

1 N equivale a la fuerza que proporciona un cuerpo de 1 Kg de masa a una aceleración de 1 m/s<sup>2</sup>.

**3.3.9 Caudal:** Es la cantidad de fluido que atraviesa una sección en la unidad de tiempo. Puede ser expresado en masa o en volumen. En la siguiente Fig. se representa detalladamente.

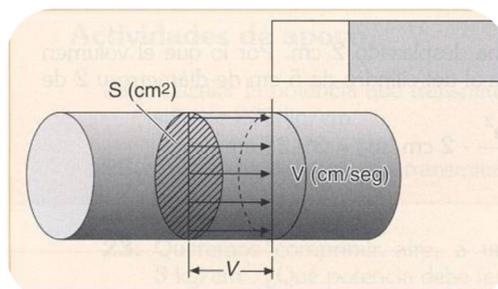


Ilustración 16 Sección transversal de la tubería.

*Fuente: Montiel, H. P. (2014). Física general. Grupo Editorial Patria.*

El caudal másico se expresa en Kg/s. Y el volumétrico en m<sup>3</sup>/s. o l/min.

El caudal medio que circula por una conducción es el volumen ocupado dividido por el tiempo.

$$\text{Caudal medio} = Q = V/t = S \times L / t = S \times v = \text{Sección} \times \text{velocidad} \quad \text{Ec. 14}$$

Dónde:

Q = Caudal. (L/s)

V = Volumen (Litros)

S = Área o sección transversal. (m<sup>2</sup>)

L = Longitud de muestra. (m)

t = Tiempo. (s)

v = Velocidad. (m/s)

**3.3.10 Trabajo (W):** Es el resultado de aplicar una fuerza en una determinada dirección provocando un desplazamiento. La unidad de medida es el julio.

$$\text{Trabajo} = F \times d.$$

$$1 \text{ julio} = (1\text{N} \times 1\text{m}).$$

**3.3.11 Potencia:** es la presión que ejercemos multiplicada por el caudal.

$$W (\text{potencia}) = \text{Presión} * \text{Caudal}$$

**Potencia:** Es el trabajo realizado en la unidad de tiempo.

$$\text{Potencia: } W = F \times l/t = P \times S \times l/t = P \times V/t = P * Q \quad \text{Ec.15}$$

**Unidades:** Sist. Internacional: J/s Watt (W)

Sist. Técnico: Kg \* m/s

Sist. Inglés: lb\*pies/s

### 3.4 Aplicaciones de los sistemas de bombeo de agua.

1. Drenar el agua de un sótano o de zonas poco profundas que están inundadas.
2. Extraer agua de un pozo.
3. Trasladar agua de un lugar a otro, aún a diferentes niveles del suelo.
4. Incrementar la presión o el caudal de agua.
5. Vaciar y llenar piscinas, estanques o bañeras de hidromasaje.
6. Regar césped o zonas agrícolas de manera tradicional o por aspersión.
7. Distribuir fertilizantes y pesticidas.
8. Realizar diversas tareas en el área de la construcción y optimizar la energía.

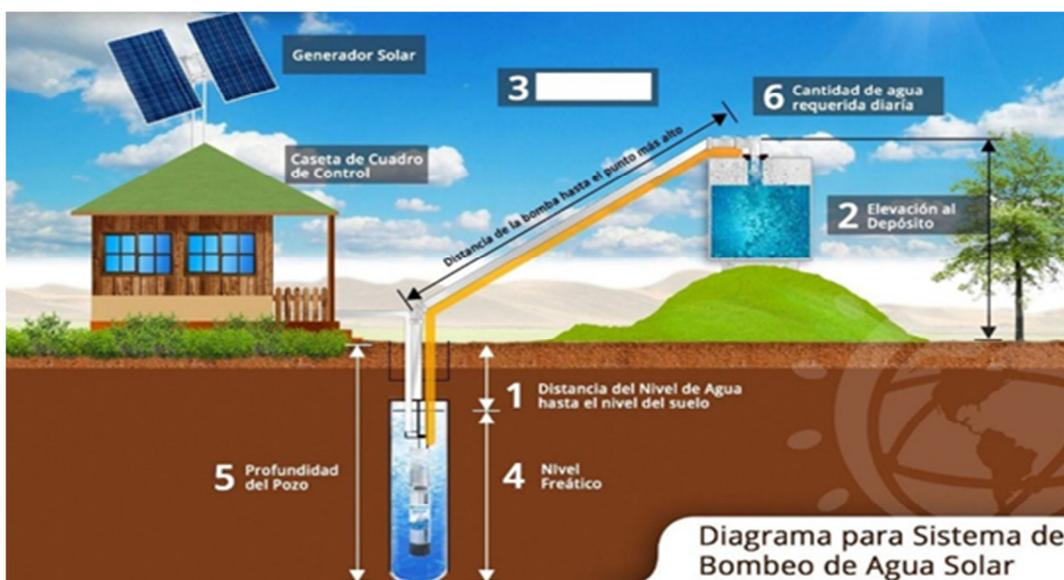


Ilustración 17 Sistema de Bombeo por Energía Solar Fotovoltaica  
Fuente: <https://www.indisect.com/wp-content/uploads/2020/04/bombeo.jpeg>

### **3.5 Caudal de diseño del pozo**

Para la estimación del consumo de agua para el periodo de diseño, la norma establece: La estimación del Consumo Promedio Diario anual (CPD) expresado en Litros por segundo (Lts/s); el volumen de agua por posibles pérdidas en el sistema, las que se consideran como un máximo el 20% del consumo promedio diario y las variaciones máximas diarias y horaria del caudal al final del periodo de diseño. *Publicada en La Gaceta, Diario Oficial N°. 202 del 03 de noviembre de 2021, & Jesús Bermúdez Carvajal, J. B. C. (2021, septiembre). DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO. AGUA POTABLE (NORMA TÉCNICA N°. NTON 09 007–19, aprobada el 28 de septiembre de 2021). Gaceta Nro. 202.*

En Sistemas de abastecimiento de agua no convencionales como, sistemas de bombeo con energía solar fotovoltaica, el caudal de la línea de conducción es variable y depende de la fluctuación de la radiación solar y de las condiciones climáticas de la zona del proyecto, las Normas actuales no hacen referencia a este caso específico. Por tanto, basándose en la experiencia y buenas prácticas de cálculo, se recomienda estimar el caudal de diseño en metros cubico por hora (mts<sup>3</sup>/h), la demanda total de agua en metros cúbicos por día (mts<sup>3</sup>/día) o Galones por día (GPD). El volumen del reservorio se recomienda sea calculado en base a la demanda diaria de agua (mts<sup>3</sup>) más los parámetros de reserva y perdidas que establece la Norma.

### **3.6 Consumo promedio diario anual (CPDA)**

El consumo promedio diario anual, se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo (Lt/s) y se determina mediante la siguiente relación:

$$CPD\left[\frac{Lts}{seg}\right] = \frac{(Dotacion) \times (Poblacion)}{24Horas \times 60min \times 60 seg} \quad Ec.16$$

El CPD expresado en lts/s sirve normalmente para la estimación de los caudales máximos en las líneas de conducción y distribución, en sistemas de bombeo con energía solar FV este

valor debe ser expresado en metros cúbicos por día (mts<sup>3</sup>/día).

$$CPD\left[\frac{m^3}{Día}\right] = \frac{(Dotacion) \times (Poblacion)}{1000Lts/m^3} \quad \text{Resultado en metros cúbicos} \quad \text{Ec.17}$$

### 3.7 Determinación de variación de consumo o demanda

INAA, recomienda que los valores de las variaciones de consumo a la Demanda del máximo diario, será igual al 130% de la demanda promedio diaria para la ciudad de Managua. Para las otras localidades del resto del país, este parámetro estará entre el 130% a 150% y para las localidades del resto del país, será igual al 250% del mismo día.

Tabla 8 Demanda promedio de agua por día

	Coeficiente	
Demanda diaria	K1	1.5
Demanda horaria	K2	2.5

*Fuente: Elaboración Censo Iglesia Luterana*

#### 3.7.1 Consumo máximo diario (CMD)

El consumo máximo diario se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año, En base al Consumo Promedio Diario Anual (CPD) y Teniendo en cuenta que los valores de K1, se aplica la siguiente expresión matemática:

$$CMD = CPD [Lts/seg] K1 \quad \text{Ec. 18}$$

El CMD, sirve normalmente para el diseño de obras de captación, línea de conducción y reservorio. Para este estudio, se utilizó solamente para el diseño de la línea de conducción.

#### 3.7.2 Consumo máximo horario (CMH)

El consumo máximo horario, se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo, En base al Consumo Máximo Diario (CMD) y teniendo en cuenta que los valores de K2, se aplica la siguiente expresión:

$$CMH = CMD \times (K2) \quad \text{Ec. 19}$$

El CMH, sirve normalmente para el diseño del aductor y sistema de distribución. En el

presente se aplica solamente para el diseño de la línea de distribución.

### **3.8 Pérdidas del sistema**

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas y/o desperdicios. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio. En el caso de Nicaragua el INAA recomienda un valor fijo del 20%, en este caso se aplicó un factor de pérdida del 5% asumiendo que los usuarios y operadores estén pendiente del mantenimiento.

Factor de Perdida del sistema (%) = 1.05

### **3.9 Volumen de almacenamiento del agua**

#### **3.9.1 Depósito**

Los depósitos, tanques o reservorio tienen como propósito suplir la cantidad de agua necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua. Los tanques de almacenamiento deben estar localizados en zonas próximas al poblado tomando en cuenta la elevación del terreno.

#### **3.9.2 Capacidad**

Habitualmente, En los sistemas de suministro de agua convencionales, la capacidad del tanque de almacenamiento se calcula considerando las siguientes condiciones:

- a) Volumen Compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.
- b) Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimó igual al 20 % del consumo promedio diario
- c) Reserva para Combatir Incendios: se aplica para poblaciones mayores a 5000 habitantes.

En los sistemas de suministro de agua por bombeo solar FV, influye la variabilidad climática, el tanque de almacenamiento de agua es también una manera de almacenar

energía en forma potencial, para ser utilizada en los periodos de poca o nula radiación solar. Por lo que se recomienda:

(a) Volumen Compensador: Si toda la red de distribución es derivada del tanque de almacenamiento, si el sistema de bombeo solar FV depende de las Horas de Sol Pico 9:00am - 3:00pm aprox., si las horas más habituales donde los comunitarios acuden a los puestos públicos es inicio de la mañana y final de la tarde cuando el caudal de bombeo es bajo o nulo. Es ahí donde se recomienda, que para asegurar el suministro de agua, el tanque de almacenamiento debe tener la capacidad suficiente para almacenar el 100% del volumen de agua demandado al día.

(b) Para Volumen de reserva para eventualidades y/o emergencias: INAA recomienda que este volumen será igual al 20% del consumo promedio diario expresado en metros cúbicos por día (m<sup>3</sup>/día).

La capacidad de almacenamiento de agua se determina con la siguiente expresión matemática:

Volumen de almacenamiento total (mts<sup>3</sup>)= CPD

Tabla 9 Factor de sobrealimentación.

Porcentaje (%) sobrealimentación	
Reserva para eventualidades y/o emergencias	<b>20%</b>
Factor de sobrealimentación	<b>20%</b>

*Fuente: Elaboración Censo Iglesia Luterana*

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

Tabla 10 Datos del volumen de almacenamiento del tanque.

n	Año	Factor de crecimiento de la población	Proyección de la población	Proyección de la población Escolar	Proyección de la población puestos públicos	Total población futura	Consumo promedio diario (CPD) + pérdidas	Consumo máximo diario (CMD)	Consumo máximo por hora (CMH)	Consumo promedio diario (CPD)	Volumen de Almacenamiento Total
		$(1 + r)^t$	Pf	Pf Escolar	Pf Puestos Públicos	Pf total	(Lt/s)	(Lt/s)	(Lt/s)	(Mts <sup>3</sup> /día)	(Mts <sup>3</sup> )
0	2020	1.000	366	40	0	406	0.279	0.419	1.046	24.15	29.00
1	2021	1.025	375	41	0	416	0.286	0.429	1.073	24.75	29.80
2	2022	1.051	385	42	0	427	0.293	0.440	1.099	25.37	30.50
3	2023	1.077	394	43	0	437	0.300	0.451	1.127	26.00	31.30
4	2024	1.104	404	44	0	448	0.308	0.462	1.155	26.65	32.00
5	2025	1.131	414	45	0	459	0.316	0.474	1.184	27.32	32.80
6	2026	1.160	424	46	0	471	0.324	0.485	1.213	28.00	33.60
7	2027	1.189	435	48	0	483	0.332	0.498	1.244	28.70	34.50
8	2028	1.218	446	49	0	495	0.340	0.510	1.275	29.42	35.30
9	2029	1.249	457	50	0	507	0.348	0.523	1.307	30.15	36.20
10	2030	1.280	469	51	0	520	0.357	0.536	1.339	30.90	37.10
11	2031	1.312	480	52	0	533	0.366	0.549	1.373	31.67	38.10
12	2032	1.345	492	54	0	546	0.375	0.563	1.407	32.46	39.00
13	2033	1.379	505	55	0	560	0.385	0.577	1.442	33.28	40.00
14	2034	1.413	517	57	0	574	0.394	0.591	1.478	34.11	41.00
15	2035	1.448	530	58	0	588	0.404	0.606	1.515	34.96	42.00

Fuente. [https://www.anixter.com/es\\_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html](https://www.anixter.com/es_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html)

Volumen de almacenamiento de agua recomendado en 42mts<sup>3</sup>.

Población inicial: 366 personas

Número de viviendas: 100 viviendas 4.0 personas promedio / vivienda

Población al final del periodo evaluado: 530

Promedio personas/vivienda 4.0

133 números de viviendas al final del periodo diseñado.

### **3.10 Calculo hidráulico del sistema de bombeo**

Según la guía de diseño de bombeo de agua utilizando energía fotovoltaica (pag.29) se utilizó el análisis siguiente:

La carga dinámica total (CDT) y el volumen de agua diario necesario, al producto de estos dos elementos se le conocen como el ciclo Hidrológico. La carga dinámica total es la suma de la carga estática y la carga dinámica.

La carga estática se obtuvo por medición directa, y es la suma del nivel estático y la altura de descarga.

La carga dinámica es el incremento de la presión causado por la resistencia del flujo de agua debido al rozamiento entre con el material de la tubería. Este cálculo se hace por tres métodos: valor por omisión, por tablas de fricción y fórmula de Manning. En este estudio se empleó el método de Manning.

$$H_f = k \times L \times Q^2 \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

H<sub>f</sub>: Es el incremento de la presión calculada por la fricción y las unidades son en metros

K: Es una constante empírica y las unidades son (m<sup>3</sup>/s)<sup>-2</sup>

L: Es la distancia total recorrida por el agua por la tubería y las unidades son en metros

Q: Es el flujo expresado en metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s).

Valores de la constantes K usados en la fórmula de Manning, el valor de K es obtenido empíricamente al experimentar con varios tipos de tuberías y diámetros, de ahí el nombre de valor empírico, en la siguiente tabla se muestran los valores más comunes. En esta investigación, Para este proyecto, se seleccionó PVC de 1 1/2 Pulgadas de diámetro con cedula número: SDR17

Tabla 11 Diámetro de tubería MARGEN

Material	Diámetro en pulgadas				
	0.5	0.75	1	1.5	2
PVC	9,544.491	1,261.034	291,815	31,282	7,236
Acerño Galvanizado	19,909.624	2,631.046	608,849	65,263	15,097

Fuente: *Elaboración Propia*

De lo anterior expuesto la Fórmula para el cálculo de carga dinámica total será:

$$CDT = CE + CD$$

$$CDT = [\text{Nivel estático} + \text{altura de la descarga}] + [\text{abatimiento} + \text{fricción}] \quad \text{Ec.21}$$

Donde:

CDT: Carga Dinámica Total

CD: Carga Dinámica.

CE: Carga Estática.

El sistema la carbonera se diseñó con los datos siguientes datos:

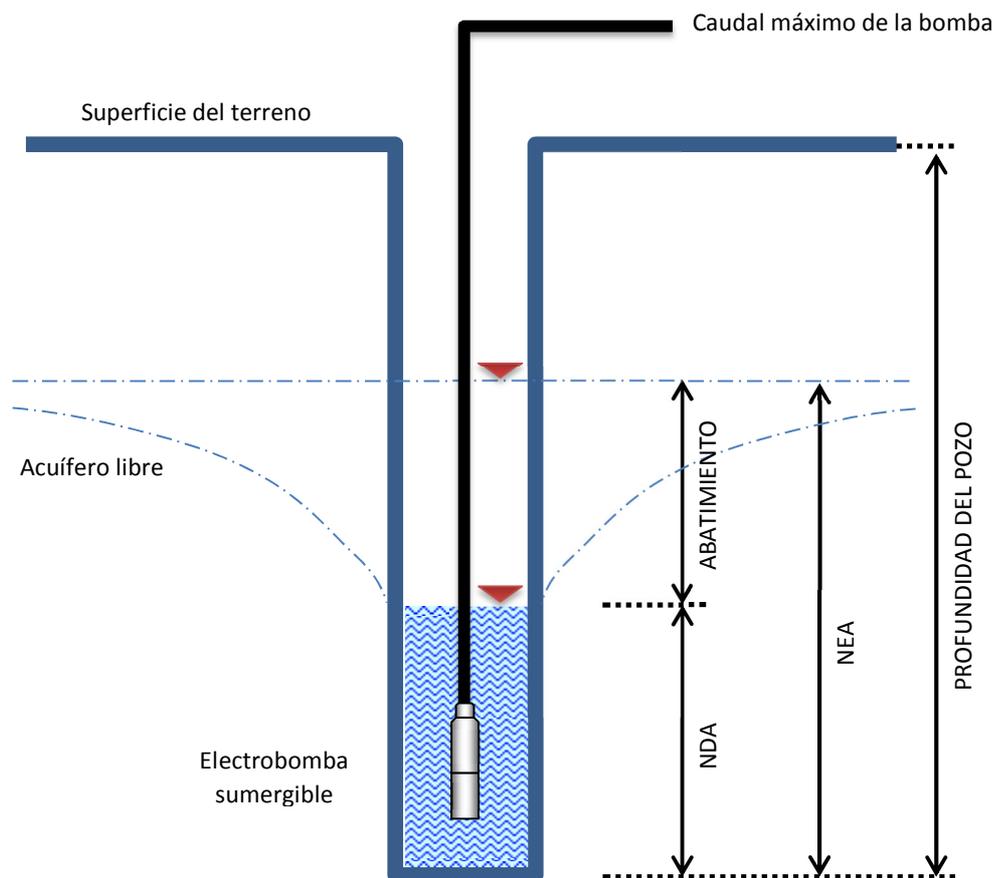
Tabla 12 Calculo de distancia de abastecimiento de agua

Nivel estático del agua	95 m
Nivel de bombeo (abatimiento)	72 m
Nivel de descarga	8 m

Distancia del deposito	56 m
Caudal	0.000001605 m <sup>3</sup> /s

*Fuente: Elaboración Censo Iglesia Luterana*

Esquema de variables a medir:



*Ilustración 18 Esquema de bombeo de agua*

*Fuente: Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica (1.ª libro de consulta, Revisado ed. ed., Vol. 1 pág. 43). (2015). Sandia National Laboratories.*

**3.10.1 Carga estática:** Representa la resistencia en un sistema de bombeo antes de que un líquido este en movimiento, este se calcula mediante la diferencia de líquido a la succión y a la descarga.

**3.10.2 Pérdida de descarga por fricción:** Esta consiste en pérdidas de presión originadas por la fricción que existe entre la superficie de la tubería, accesorios utilizados y bombas. Existen tablas típicas (facilitada por los fabricantes de diferentes materiales de

tuberías) donde nos dan los diferentes números para cada caso.

**3.10.3 Espejo de agua:** Superficie de agua de un pozo normalmente se refleja a la profundidad con respecto a la superficie del terreno.

**3.10.4 Abatimiento del pozo:** Reducción del nivel de los acuíferos hasta el mínimo aprovechables. Generalmente este se calcula con la diferencia entre el nivel estático y el nivel dinámico.

Para realizar la prueba de campo de la eficiencia del pozo se hizo uso de los siguientes recursos humanos y materiales, a continuación, se describe el procedimiento y los resultados:

### **3.11 Equipos Y Herramientas Utilizados**

- Equipo de bombeo: Unidad de bombeo sumergible LORENTZ PS2-1800 HR-14H; impulsor helicoidal sumergible 120mt 2.7m<sup>3</sup>/hr máx.; motor sumergible 2.3HP 1.7KW 95V CC trifásico; Unidad de control solar 1.8KW 200VCC 14A.
- Cuatro módulos solares fotovoltaicos Trina Solar TSM-260PC05A conectados en serie.
- Sonda de nivel de agua
- Cinta métrica 50 metros.
- Cubeta de 5 galones.
- Accesorios de control en la descarga.
- Cronometro.
- Calculadora.
- Herramientas varias.

### **3.12 Recursos Humanos.**

Las pruebas fueron realizadas en año 2016 por el Ing. Alexis José Martínez Tercero, en conjunto con la alcaldía de Somoto y con el apoyo del Comité de Agua Potable de la comunidad La Carbonera.

### **3.13 Descripción o Metodología del Procedimiento**

#### **3.13.1 La prueba de bombeo se realizó bajo las siguientes condiciones:**

- A. Inicialmente, se realiza una inspección al sitio para investigar: fecha de construcción del pozo y origen de la inversión, estado del pozo, uso, tipo de bomba existente, sello sanitario, comité de agua, riesgos entre otros.
- B. Se solicitó a la comunidad la participación en la ejecución de las pruebas.

#### **3.13.2 Descripción del trabajo desarrollado:**

- A. Desmontaje de bomba de mecate.
- B. Medición del Nivel Estático del Agua (NEA): se introdujo en el pozo una sonda para medir el nivel del agua en reposo o estancamiento, el nivel medido es relativo a la superficie del terreno en el lugar.
- C. Instalación de electrobomba sumergible incluye Tubería, cableado, cable de seguridad, suministro de energía solar y tablero de control.
- D. Ejecución de la prueba de bombeo a caudal variable en dependencia del nivel de radiación solar. el caudal se midió con la ayuda de una cubeta de 5 galones de volumen y un cronometro para medir el tiempo en segundos. La prueba se realizó durante dos horas continuas y el descenso fue medido continuamente y registrado.
- E. Determinación del Nivel Dinámico del Agua (NDA): Es el nivel alcanzado por el agua dentro del pozo medido desde superficie bajo condiciones de bombeo.

- F. Determinación del abatimiento: es la diferencia entre el nivel estático y el nivel dinámico durante el bombeo.
  
- G. Determinación de la Capacidad Específica: Relación entre el caudal extraído de un pozo y el descenso del nivel dinámico. Generalmente se expresa en gpm/m.
  
- H. Medición de la recuperación del pozo: Etapa de la prueba de bombeo que consiste en medir y registrar la evolución de los niveles del agua en ascenso, hasta llegar a una profundidad muy cercana al nivel estático.
  
- I. Desinstalación de la electrobomba sumergible.
  
- J. Instalación de la bomba de mecate.
  
- K. Análisis de resultados e informe de resultados.

### **3.14 Resultados**

#### **3.14.1 Identificación del pozo:**

Pozo comunitario ubicado en la comunidad La Carbonera Municipio de Somoto Departamento de Madriz, perforado en 6 pulgadas de diámetro y encamisado con tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro, sello sanitario, delantal y drenaje, bomba de mecate manual, cerco perimetral de alambre de púas, no tiene caseta de protección.

La inversión fue realizada en el año 1990 y no se tiene más datos del costo de inversión y especificaciones del pozo, la edad actual del pozo es de aproximadamente 31 años.

#### **3.14.2 Condiciones del pozo:**

Se detectó turbiedad en el agua y la presencia cercana de árboles de Nim los cuales pueden afectar la calidad del agua como el sabor; No se detectó charcas de agua ni la presencia de animales domésticos en la cercanía del pozo; Las letrinas están 50 metros de distancia del pozo; Cerca perimetral de alambre de púa, requiere reparación; no existe una caseta para protección del pozo.

### **3.14.3 Nivel Estático del Agua (NEA):**

El NEA es medido con el pozo en reposo (sin bombeo), desde el nivel del terreno hasta la superficie del agua en el pozo, el nivel medido es de 18 metros.

### **3.14.4 Profundidad del pozo:**

La profundidad del pozo medida desde el nivel del terreno es 52 metros (170 pie).

### **3.14.5 Régimen de bombeo:**

El análisis del caudal de la prueba de bombeo se determinó utilizando la aplicación Pump Scanner de LORENTZ, un software de registro y comunicación integrado en la unidad de control de la bomba, el resultado fue 11.5 galones por minuto promedio, no se detectó descenso en el nivel del agua en el pozo, la comprobación se realizó por medio de medición del tiempo de llenado de una cubeta de 20lt.

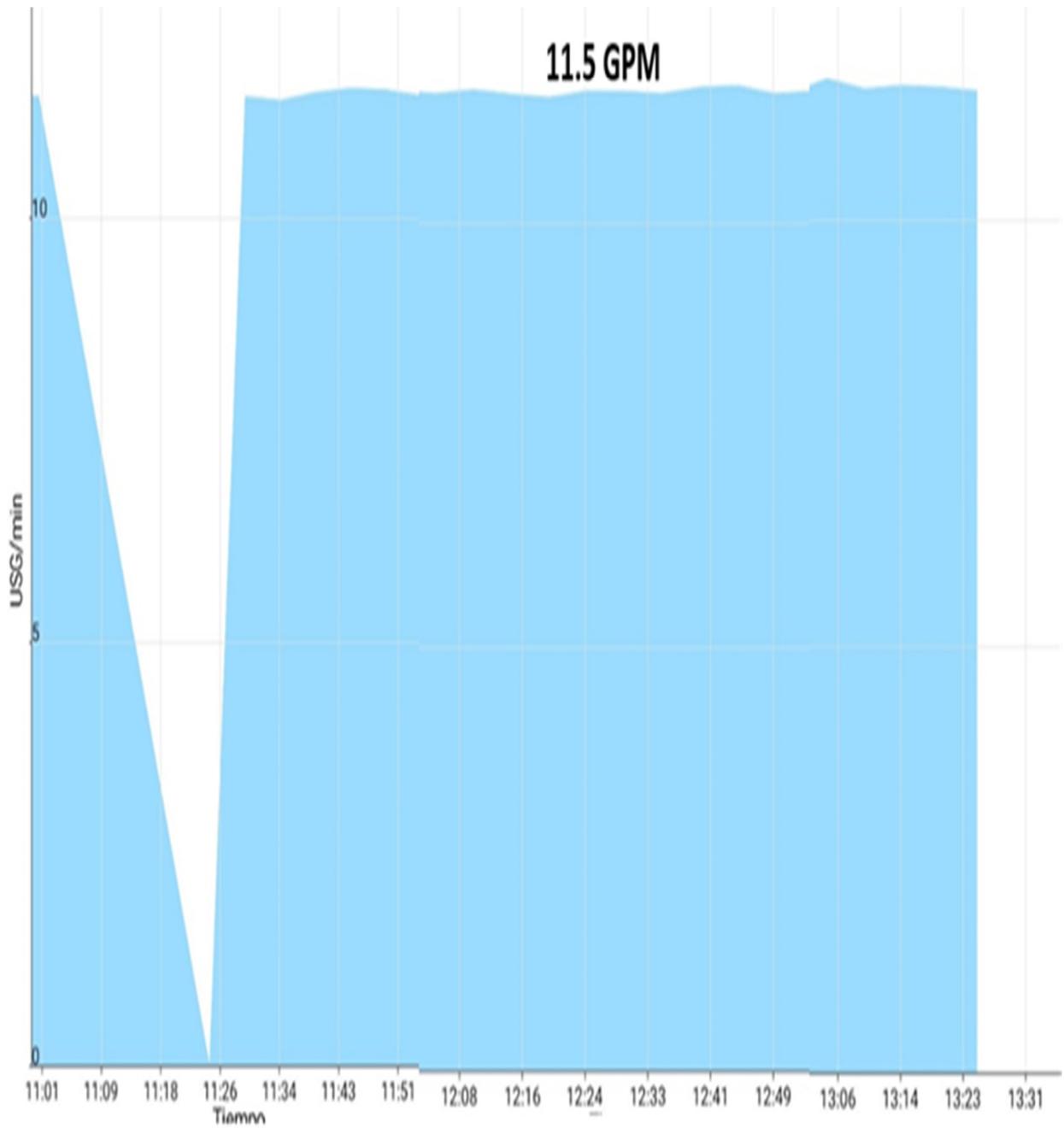


Ilustración 19 Resultado de prueba de bombeo.

Fuente: *Elaboración Censo Iglesia Luterana*

El caudal máximo de la bomba a una potencia de 1.04KW fue de 11.5 GPM y no se registró descenso en el nivel del agua del pozo, es de 55.15 galones por minuto, toda la prueba de bombeo se realizó a este caudal de manera constante.

El caudal máximo que podrá entregar la bomba según el fabricante es de 2.7 mt<sup>3</sup>/hr equivalentes a 713.3 galones por hora o 11.9 GPM. Por lo que se puede concluir que el pozo tiene suficiente capacidad para soportar el caudal de explotación que solicita la bomba existente.

#### **3.14.6 Nivel Dinámico del Agua (NDA):**

El Nivel Dinámico del Agua se registró a los 18 metros al régimen de bombeo establecido.

#### **3.14.7 Abatimiento:**

Es la diferencia entre Nivel Dinámico y Nivel Estático, para este caso 0 metros.

#### **3.14.8 Calidad del agua:**

Se detectó turbiedad del agua durante la prueba de bombeo la cual fue disminuyendo considerablemente, al final de la prueba de bombeo se detectó asentamiento de partículas finas, lo que puede indicar que la bomba se encontraba a un nivel de rejilla o de tubería ranurado del pozo.

#### **3.14.9 Recuperación:**

El pozo no registro descenso en el nivel del agua por lo que indica que la recuperación es rápida.

### **3.15 Conclusión**

Se considera que este pozo tiene una producción suficiente para soportar el caudal que solicita la unidad de bombeo que se pretende instalar, los registros históricos tomados por la comunidad no detectan un descenso del nivel freático significativo, la prueba fue ejecutada en tiempo de verano, por lo que los resultados son confiables para todo el periodo del año y para las peores condiciones en tiempo de sequía prolongada.

Al no disponer de la información referida al perfil geológico y armado del pozo, se desconoce a qué niveles se encuentra la tubería Ranurado, se recomienda sondear el pozo para determinar la ubicación de la cámara de bombeo y evitar la succión de partículas finas.



Ilustración 20 Prueba de bombeo

Fuente: *Elaboración Censo Iglesia Luterana*

### **3.16 Diseño de la bomba**

La bomba seleccionada se conectó a una tubería de 1 1/2 pulgadas de diámetros y se seleccionó una tubería de PVC SDR17. Se calcula la carga dinámica total haciendo por separado la carga estática y la carga dinámica.

La carga estática se diseñó por medio de la adición de las distancias.

CE = Nivel estático + Abatimiento + altura de la descarga.

$$CE = 18\text{m} + 72\text{m} + 8\text{m} = 98\text{m}.$$

Luego se le suma el recorrido adicional de tubería del pozo al tanque que son 56 m.

Obteniendo un total de  $98\text{ m} + 56\text{ m} = 154\text{ m}$

Para el cálculo de carga dinámica se realizó el análisis siguiente:

1. Por omisión = 2% de L, es decir

$$0.02 \times L. \quad \text{Ec. 22}$$

Entonces se obtiene  $0.02 \times 98\text{ m} = 1.96\text{m}$

2. Uso de tablas de fricción. (Suministrada por los fabricantes de tuberías o libros de mecánica de fluidos) EDICION, S., & MATAIX, C. MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS. Página 203.
3. Fórmula de Manning: este es método seleccionado para este diseño.

$$CD = H_f = k. L. Q^2, \quad \text{Ec. 23}$$

CD: Carga Dinámica

$$CD = 7,236(\text{m}^3/\text{s})^{-2} \times 154\text{m} \times 0.000001605 \text{ m}^3/\text{s} = 1.78852\text{m}$$

Luego se redondeó a 1.8m

$$CD = \text{Nivel estático del agua} + H_f \quad \text{Ec.24}$$

$$CD = 95\text{m} + 1.8\text{m} = 96.8\text{m}$$

$$CD (\text{pie}) = (CD) (3.28084) \quad \text{Ec. 25}$$

$$CD (\text{pie}) = (96.8) (3.28084) = 317 \text{ pie}$$

Se calculó la carga dinámica total

$$CDT = CE + (CD = H_f) \quad \text{Ec. 26}$$

$$CDT = 98\text{m} + 1.8\text{m} = 99.8\text{m}.$$

Donde:

CE: Carga Estática.

CD: Carga Dinámica.

Con estos datos se procedió a calcular el ciclo hidráulico (relación entre la carga dinámica total CDT y el volumen de agua diario)

$$\text{Ciclo Hidráulico} = (CDT) (\text{volumen de agua requerido}) \quad \text{Ec. 27}$$

$$\text{Ciclo hidráulico} = (96.8\text{m}) (26 \text{ m}^3/\text{día}) = 2.516.8\text{m}^4$$

# **CAPITULO IV**

## **SELECCIÓN DE BOMBA Y ARREGLO FOTOVOLTAICO**

#### **4.1 Selección de la bomba y arreglo fotovoltaico**

En la actualidad existe una amplia gama de bombas solares; tales como las centrífugas y volumétricas las cuales ofrecen diferentes alternativas para diferentes usos, la ilustración 21, facilita la selección de la bomba adecuada según la carga dinámica total del sistema de bombeo. Se procedió de la siguiente forma el diseño del sistema tomando en cuantos datos del sitio, así como algunos brindados por los fabricantes de los diferentes componentes y fórmulas técnicas de diseño brindados por diferentes bibliografías. También se hizo la selección de módulos FV, tipo de bomba y motor eléctrico, controlador, cableado, etc.

#### **4.2 Calculo hidráulico del sistema de bombeo**

Según La guía de Diseño de Bombeo de Agua utilizando energía fotovoltaica (Pag.29) se obtuvo el análisis siguiente:

La carga dinámica total (CDT) y el volumen de agua de agua diario necesario, al producto de estos dos elementos se le conocen como el ciclo Hidrológico. La carga dinámica total es la suma de la carga estática (CE) y la carga dinámica (CD).

La carga estática se obtuvo mediante medición directa, y es la suma del nivel estático y la altura de descarga.

La carga dinámica es el incremento de la presión causado por la resistencia del flujo de agua debido al rozamiento entre con el material de la tubería. Este cálculo se hace por tres métodos: valor por omisión, por tablas de fricción y fórmula de Manning. En nuestro caso se usó el último método.

$$H_f = k \times L \times Q^2 \quad \text{Ec. 28}$$

Donde:

H<sub>f</sub>: Es el incremento de la presión causada por la fricción y las unidades son en metros.

K: Es una constante empírica y las unidades son (m<sup>3</sup>/s)<sup>-2</sup>.

L: Es la distancia total recorrida por el agua por la tubería y las unidades son en metros.

Q: Es el flujo expresado en metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s).

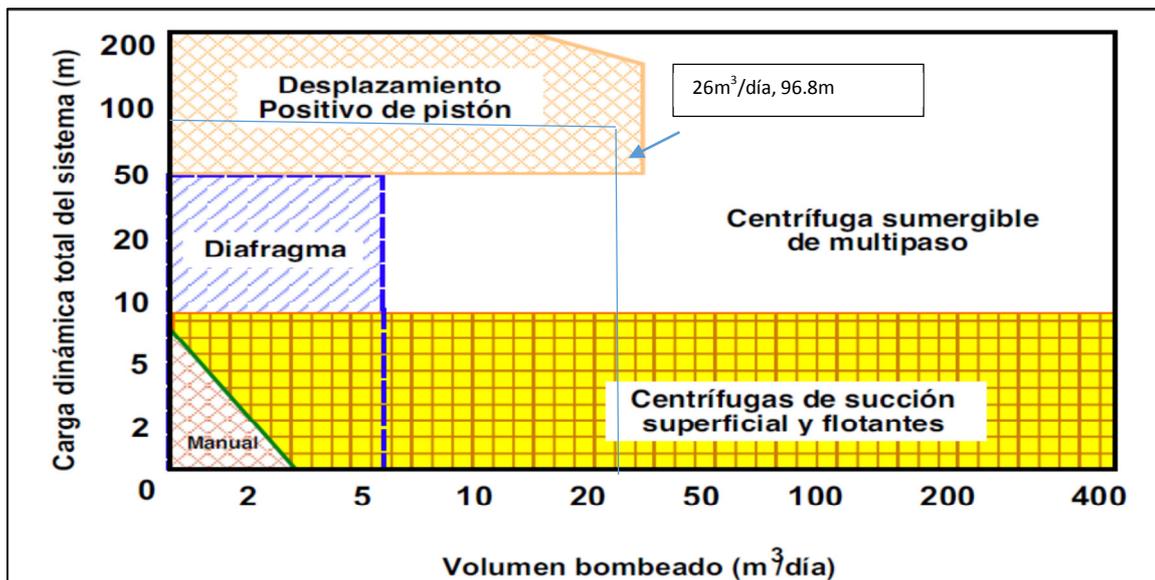
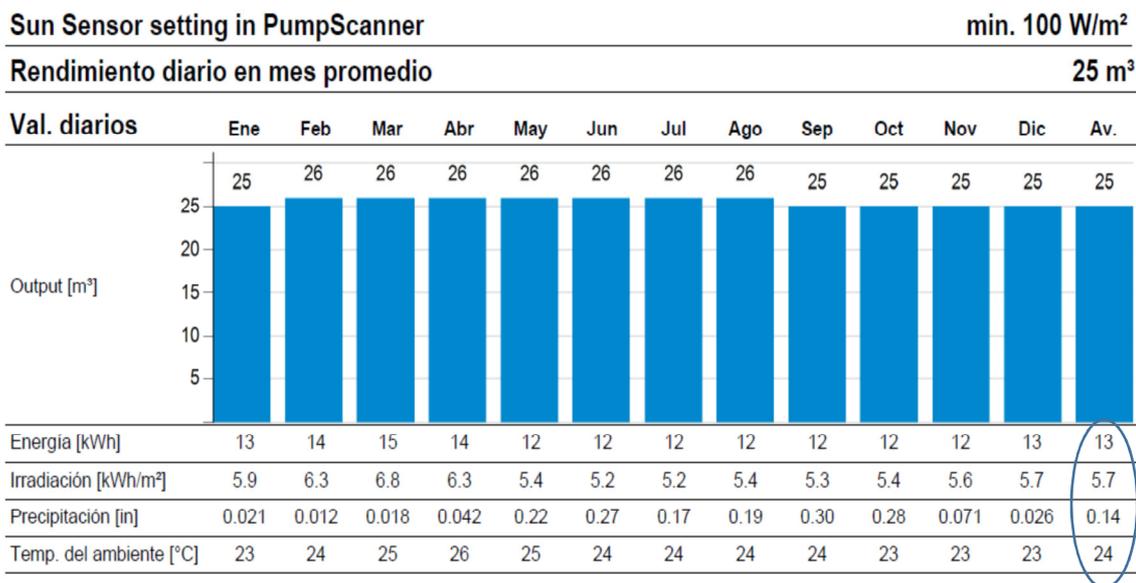


Ilustración 21 Intervalos comunes donde se aplican los diferentes tipos de bombas solares

Fuente: SANDIA Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica Pag. 40 Volumen I

En este caso se seleccionó una bomba centrífuga sumergible tipo impulsor helicoidal, dado que hay 96.8m de carga dinámica total y un volumen de agua de 26 m³/día. Según tabla N°12 donde indica los valores de intervalo de las bombas.



*Ilustración 22 Rendimiento diario por mes promedio de irradiación, energía, precipitación y temperatura en la comunidad la carbonera.*

*Fuente: Catalogo Lorenz*

$$\text{Caudal Requerido por el Sistema} = \frac{\text{volumen de agua requerido}}{\text{Promedio de radiacion}}$$

Ec.29

$$\text{Caudal Requerido por el Sistema} = \frac{26 \text{ m}^3/\text{Día}}{5.7 \text{ H}} = 4.56 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ redondeado } 4.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

Radiación solar en la carbonera = 5.7 horas

Caudal requerido por el sistema = 4.56 m<sup>3</sup>/hora, se redondeó al superior inmediato que es de 4.6 m<sup>3</sup>/hora.

Otro dato utilizado es el volumen de agua requerido, el cual es 6869.2 GPD datos que convertidos a galones por minuto es 20.1GPM, siendo este el caudal requerido del sistema. Luego Se utiliza la carga dinámica total calculada anteriormente mediante Ec.21 la cual es 317.4 pie. Para el siguiente paso se usa la carga dinámica total, el volumen bombeado y se seleccionó el tipo de bomba a utilizar haciendo uso del nomograma o ilustración 12. De ahí surgieron dos posibilidades que son: las bombas de desplazamiento positivo y las

centrifugas sumergibles de metapasos y se optó por las sumergibles por presentar mejores ventajas como: pueden ser sumergibles o superficiales, bombean alturas de más 60 metros de energía dinámica total, la salida del agua incrementa con su velocidad rotacional, entre otras.

Una vez seleccionamos el tipo de bomba, se requiere de buscar la marca de bomba que cumpliera con estas características de diseño del sitio, habiendo una variedad de marcas tales como: Shureflo, Carry, Dchouse, Lorentez Samking, franklin entre otras, en este caso se seleccionó la marca Lorentz por presentar más alta calidad y eficiencia en su funcionamiento. También con el volumen requerido por el sistema de 26m<sup>3</sup>/día y altura dinámica total de 96.8 m, o 317 pie.

Se seleccionó el modelo: PS1800 HR-14H-3-D, Marca: LORENTZ. Con 35% de eficiencia.

En la tabla N°14 facilitadas por el fabricante muestra las características básicas de la bomba tales como:

- Tecnología del motor CC 4" de alta eficiencia ECDRIVE sin escobillas.
- Velocidad 600 a 3300 rpm – dependiendo del cabezal de la bomba.
- Cabezal de bomba, Rotor helicoidal: EN 1.4301/ AISI 304 caja de estator de acero inoxidable de fundición rotor de acero inoxidable sólido.
- Cabezal de la bomba centrifuga: Centrífuga multietapa – materiales Premium,
- EN 1.4301/ AISI 304 acero inoxidable.
- Voltaje a potencia máx. (Vmp)\*: 102.
- Voltaje de circuito abierto (Voc): máximo 200.
- Voltaje nominal: 72 a 96.

En la página 16 y 17 del catálogo, tabla datos técnicos del motor Ecodrive el fabricante muestra la variedad que ellos de motor eléctricos que ellos ofrecen para acoplar a la bomba

y de su correcto funcionamiento, en este caso se seleccionó del motor ECDRIVE 1800-C sin escobillas. Con potencia máxima de 2600 watts.

Tabla 13 Datos técnicos de la bomba

<b>Bombas sumergibles</b>	
Tecnología del motor	Motor CC 4” de alta eficiencia ECDRIVE sin escobillas
Velocidad	600 a 3000 rpm dependiendo del cabezal de la bomba
Cabezal de bombas Rotor Helicoidal	EN 1.4301/AISI 304 acero inoxidable
<b>Bombas de superficie</b>	
Tecnología del motor	Motor CC 4” de alta eficiencia ECDRIVE sin escobillas refrigerados por aire.
Velocidad	
Cabezal de bombas	Centrifuga multietapa vertical Material es Premium EN 1.4301/AISI 304 Acero inoxidable  Centrifuga de una única etapa Material Premium Cuerpo en hierro fundido

*Fuente: Brochure de productos Lorentz pagina 16 y 17*

Tabla 14 Datos técnicos ECDRIVE (motor)

Modelo	ECDRIVE 150	ECDRIVE 200	ECDRIVE 600	ECDRIVE 1800	ECDRIVE 4000
Potencia (Max.)	300 W	300 W	700 W	1800 W	4000 W
Tensión de entrada	18 V	45 V	45 V	95 V	240 V
Físicos	Clase de aislamiento F, Inmersión 150 m. Clase de carcasa IP 68 EN 1430/AISI 304 ACERO INOXIDABLE				

*Fuente: Brochure de productos Lorentz pagina 16 y 17*

Tabla 15 Datos técnicos del controlador

MODELO	PS2-150	PS2-200	PS2-600	PS2-1800	PS2-2000
Potencia (máx)	300 W	300 W	700W	1800W	4000 W
Tensión de entrada (máx.) Voc CC	50 V	100 V	150 V	200 V	375 V
Corriente de entrada (máx.)	22 A	11 A	13 A	14 A	14 A
Tensión de salida PWM 3 fases	4-36 V	10-60 V	10-60 V	30-130 V	60-240 V
Eficiencia	Max. 98%				
Temperatura ambiente	10-50°C				
Carcasa	Carcasa exterior IP 68 ( NEMA 6P) Cubierta de aluminio de fundición a presión revestida de pintura electroestática. Carcasa de aluminio de fundición a presión con disipador de calor integrado				

*Fuente: Brochure de productos Lorentz pagina 16 y 17*

### 4.3. Diseño del arreglo fotovoltaico.

Se calculó la energía requerida por el arreglo FV, para esto se utilizó los datos siguientes:  
Energía hidráulica (Wh/día) el cual se hace con el mes crítico o con un promedio, entonces:

$$ENERGIA HIDRAULICA = \frac{(VOLUMEN DE AGUA REQUERIDA)(CDT)}{367} \quad (\text{W/h día}), \quad \text{Ec.30}$$

$$ENERGIA HIDRAULICA = \frac{(26,000 \text{ litros/día})(96.8\text{m})}{367}$$

$$ENERGIA HIDRAULICA = 6,857.76 \text{WH/Día}$$

Donde:

367: Factor de conversión para calcular la energía en watt-h.

CDT: Carga dinámica total.

$$\text{Energía del sistema} = \frac{\text{Energía Hidraulica}}{0.60} \quad \text{Ec. 31}$$

$$\text{Energía del sistema} = \frac{6,857.76 \text{WH/Día}}{0.60} = 11,424.2 \text{ Wh/Día}$$

Donde:

0.6: Eficiencia del sistema de bombeo

#### 4.3.1 Cálculo de Carga en Amp-Horas del Sistema (AH/Día)

$$\text{Carga del sistema} = \frac{\text{Energía del sistema}}{\text{Tension nominal del sistema}} \cdot (\text{Ah/Día}) \quad \text{Ec. 32}$$

$$\text{Tensión nominal del sistema} = (\text{número de paneles en serie}) (\text{voltaje de cada panel}) \quad \text{Ec.33}$$

$$\text{Tensión nominal del sistema} = (5 \text{ paneles}) (30.5 \text{ V})$$

$$\text{Tensión nominal del sistema} = 152.5 \text{ este valor se redondea a } 150 \text{ V}$$

Evaluando ecuación 32 resulta:

$$\text{Carga del sistema} = \frac{11,424.2 \text{Wh/Día}}{150 \text{ V}}$$

$$\text{Carga del sistema} = 76.16 \text{ Ah/Día}$$

La carga del sistema se corrige mediante un factor de rendimiento de conductores (Dec), el cual es de 0.95. Los conductores eléctricos bien seleccionados tienen una eficiencia aproximada del 95%, es por esto que el factor de carga del sistema debe corregirse. *Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica (1.a, libro de consulta, Revisado ed. ed., Vol. 1. Pág. 46). (2015). Sandia National Laboratories.*

$$\text{Carga del sistema corregida} = \frac{\text{Carga del sistema}}{0.95} \text{ (AH/Día.)} \quad \text{Ec. 34}$$

$$\text{Carga del sistema corregida} = \frac{76.2}{0.95} = 80.2 \text{ AH/Día.}$$

Se procedió a calcular Corriente del Sistema de Bombeo (Amp)

Donde 5.7 es el promedio de radiación de la comunidad La carbonera obtenida de Ilustración 13, página 71.

$$\text{Corriente del sistema de bombeo} = \frac{\text{Carga del sistema corregida}}{5.7 \text{ (horas} - \frac{\text{pico}}{\text{día}})} \quad \text{Ec.35}$$

$$\text{Corriente del sistema de bombeo} = \frac{80.2 \text{ Ah/Día}}{5.7 \text{ (horas} - \frac{\text{pico}}{\text{día}})}$$

$$\text{Corriente del sistema de bombeo} = 14.1 \text{ Amperios}$$

#### **4.3.2 Corriente Reducida del Proyecto (Ampere)**

$$\text{Corriente Reducida del proyecto} = \frac{\text{Corriente del sistema de bombeo}}{0.9}$$

$$\text{Corriente Reducida del proyecto} = \frac{14.1\text{A}}{0.9}$$

$$\text{Corriente Reducida del proyecto} = 15.66 \text{ Amperio}$$

Dónde 0.9 Es el factor de reducción del módulo: Los módulos fotovoltaicos pierden eficiencia debido a las condiciones de trabajo en el campo (El resto de temperatura degradación, suciedad, etc.) Se recomienda 90% para módulos cristalinos y 75% para

módulos amorfos. *Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica (1.a, libro de consulta, Revisado ed. ed., Vol. 1. Pag. 46). (2015). Sandia National Laboratories.*

$$\text{Corriente reducida del proyecto} = \frac{\text{corriente del sistema de bombeo}}{0.90} (\text{Amp}) \quad \text{Ec. 36}$$

$$\text{Corriente reducida del proyecto} = \frac{15.6 \text{ A}}{0.90} = 17.4 \text{ Amp}$$

Existe una amplia gama de marcas y modelos en el mercado de Módulos fotovoltaico, para este proyecto se seleccionó el siguiente:

- Marca RENESOLA, de Silicio Policristalino,
- Modelo JC260M-24/Bb-b, de Potencia Máxima 260 (Wpm),
- Numero de celdas 60, voltaje nominal (Vn) de 30.5,
- Voltaje Potencia Máxima (Vmp) de 30.5,
- Corriente Potencia Máxima (Imp.) de 8.53,
- Voltaje Circuito Abierto (Voc) de 37.6
- Corriente Corto Circuito (Ics) de 8.95 Datos son suministrado por el fabricante (*Renosola Panel Solar 260W Poli fabricado en China*). *Made-in-china.connecting buyers with chinese suppliers*

Tabla 16 Catálogo de paneles fotovoltaicos

Electrical Characteristics STC	JC250M-24 /Bgs	JC255M-24 /Bgs	JC260M-24 /Bgs	JC265M-24 /Bgs
Maximum Power (Pmax)	250 W	255 W	260 W	265 W
Power Tolerance	0 a +5W	0 a +5W	0 a +5W	0 a +5W
Module Efficiency	15.2 %	15.5%	15.8%	16.1%

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

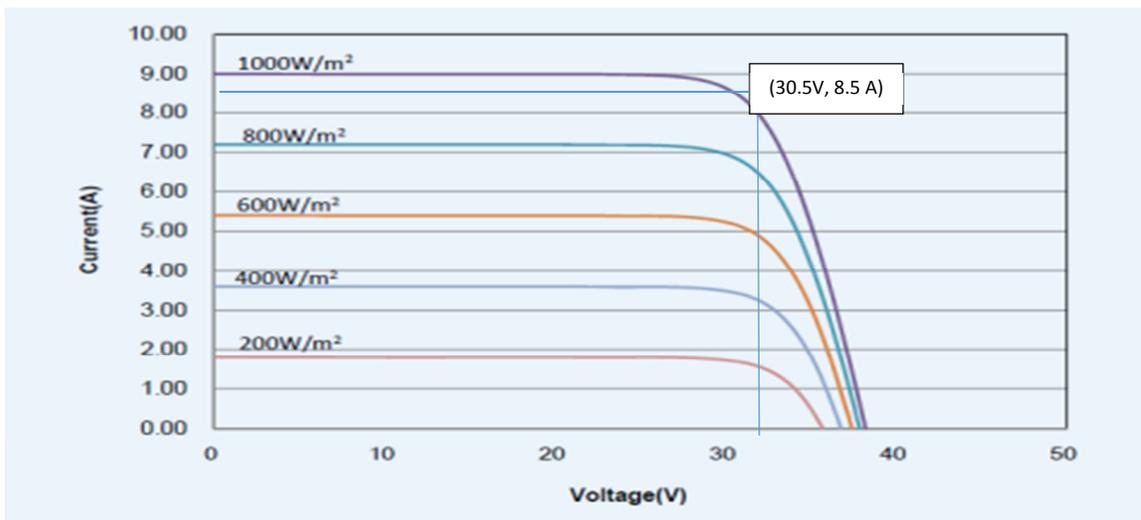
Maximun Power Current (Imp)	8.31A	8.39A	8.53A	8.66A
Maximun Power Voltage (Vmp)	30.1V	30.4V	30.5V	30.6V
Short Circuit Voltage (VOC)	8.83 A	8.86A	8.95A	9.03A
Open Circuit Voltage (VOC)	37.4V	37.5V	37.6V	37.7V
Valves at Standard Test Conditions STC (AM15, Irradiance of 1000W/m <sup>2</sup> , Cell Temperature 25°C)				
Electrical Characteristics NOTC				
	JC250M-24 /Bgs	JC255M-24 /Bgs	JC260M-24 /Bgs	JC265M-24 /Bgs
Maximun Power (Pmax)				
Maximun Power Current (Imp)				
Maximun Power Voltage (Vmp)				
Short Circuit Current (Isc)				
Open Circuit Voltage (Voc)				
Valves at Normal Operating Cell Temperature, Irradiance of 800W/m <sup>2</sup> , AM1.5, Ambient Temperature 20°C, wind Speed 1m/s.				
<b>Mechanical Characteristics</b>			<b>Characteristics</b>	
Cell Type	Virtus II (Polycristaline) 60(6x10)pcs in series	Temperature Coefficient of Voc	-0.30 %/°C	

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

Superstructure	High Transmission, Low Iron & Semi- Tempered Glass (2.5mm)	Temperature Coefficient of Isc	0.04 %/°C
Substructure	Semi-tempered Glass (2.5mm)	Temperature Coefficient of Pmax	-0.04%/°C
Junction Box	IP67 rated, with bypass diodes	Nominal Operating Cell temperature (NOCT)	45°C± 2°C
Dimension	*1658 X 992 X 6mm (26mm) for reference		
Output Cable	4mm <sup>2</sup> (EU), 225mm (+),75mm (-)		
Weight	24 kg		
Frame & Installation Holes	N/A, Special Installation Structure		

*Fuente: [Suncolombia](#)*

*Ilustración 23 Curva del módulo fotovoltaico 260 Watt, la ilustración se refiere a la*



*potencia en m<sup>2</sup> brindado por el módulo.*

*Fuente: Trina Solar Energy / [www.trinasolar.com](http://www.trinasolar.com)*

Como siguiente paso, se calculó número de módulos FV en paralelo dividiendo la corriente reducida del proyecto (Amp) que es 15.6 amperios entre corriente de régimen del módulo (Amp.) 8.5 amperios.

$$\text{Número de módulos FV en paralelo} = \frac{\text{corriente reducida del proyecto}}{\text{corriente de regimen de modulo}} \quad (\text{Unidades}) \quad \text{Ec.37}$$

$$\text{Número de módulos FV en paralelo} = \frac{15.6A}{8.5 A} = 1.8 \text{ Unidades redondeado} = 2 \text{ Unidades}$$

Una vez diseñado el arreglo en paralelo se procedió a calcular el arreglo en serie del sistema mediante la ecuación:

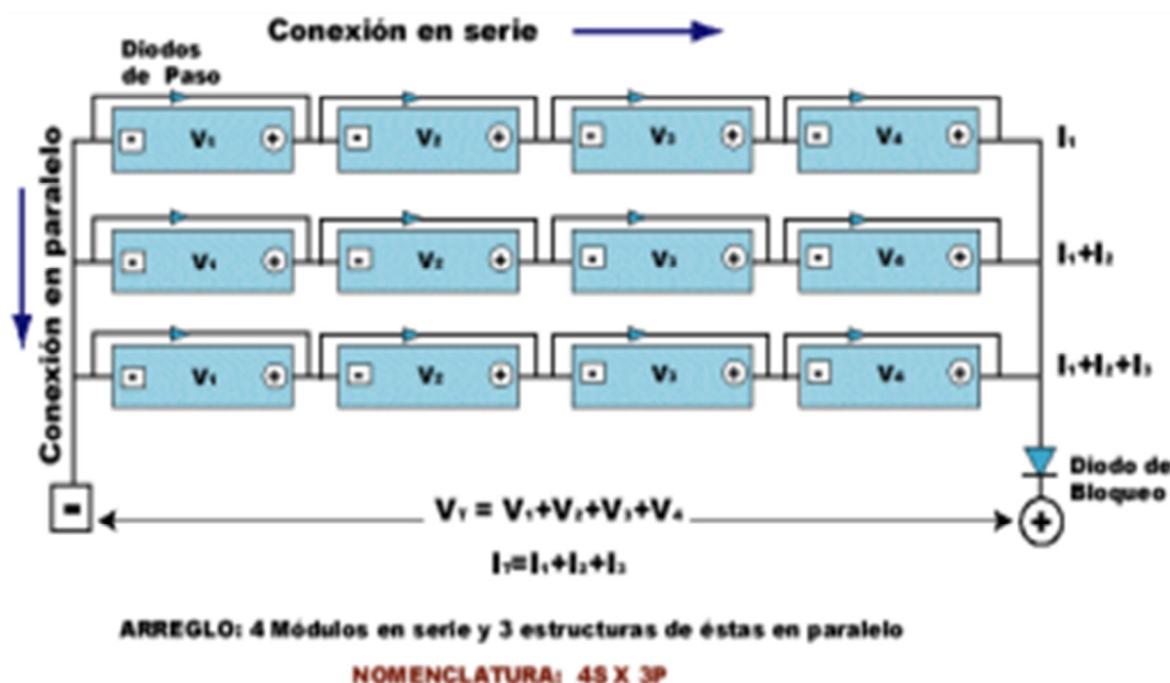
$$\text{Número de módulos en serie} = \frac{\text{Tensión nominal del sistema}}{\text{Tensión nominal del módulo}} \quad (\text{Unidades}) \quad \text{Ec.38}$$

$$\text{Número de módulos en serie} = \frac{150 V}{30.5 V} = 4.91 \text{ unidades}$$

Se redondea y resultara 5 unidades o módulos.

Número de Módulos FV en Serie (Unid). Este cálculo se realizó mediante el siguiente procedimiento: tomamos la Tensión Nominal del Sistema (V) 150V y la dividimos entre Tensión Nominal del Módulo FV (V cc) 30.5 Vcc, del cual resulto 4.91 unidades, como se necesita un numero entero por tratarse número de módulos se redondeó al inmediato superior el cual es 5 módulos.

Este diseño contará de un total de 2 líneas de módulos conectadas en paralelo y 5 módulos conectados en serie, de aquí se partió para el cálculo de Capacidad del Arreglo del sistema (W) multiplicando el número de módulos en paralelo y el de a seria lo cual da 10 unidades, de los datos mencionados anteriormente los cuales proporciono el fabricante usamos la de Potencia Máxima 260 (Wpm), haciendo una multiplicación de este dato con el total de unidades del sistema obtuvimos 2600 Watt que es Capacidad del Arreglo del sistema.



*Ilustración 24 Arreglo: módulos en serie y 3 de éstas en paralelo*  
 Fuente: *Norma sandia*

En el proceso del diseño del sistema de bombeo a continuación detallamos el Agua bombeada y régimen de bombeo. Esto se hizo comparando el régimen de bombeo y la capacidad de la fuente de agua, si el régimen de bombeo es mayor significa que el sistema diseñado tiene plena capacidad para bombear agua suficiente.

Este cálculo se logró mediante la siguiente operación:

AB: Agua bombeada

MFPV: Número de módulos FV en paralelo

CRM: Corriente de régimen del Módulo

TNS: Tensión Nominal del Sistema (V)

Eficiencia del sistema de bombeo: 0.60

Factor de conversión 367

Insolación del sitio (horas pico/día)

FRM: Factor de reducción del módulo (Dec.)

CDT: Carga dinámica total .

$$AGUA BOMBEADA = \frac{(\# MFVP)(CRM)(TNS)(0.60)(367)(INSOLACION DEL SITIO)(FRM)}{CDT} \quad Ec.39$$

$$AGUA BOMBEADA = \frac{(2)(8.5)(152.5)(0.60)(367)(5.7)(0.9)}{96.8} = \frac{2,928.555.405}{96.8} = 26,000 \text{ litros/día}$$

#### **4.4. Cableado del arreglo FV al controlador de carga.**

En esta parte se hizo el análisis de la capacidad del conductor eléctrico de transportar la corriente del arreglo FV al controlador que es un elemento importante en la administración de la eficiencia del sistema. Este controlador fue seleccionado previamente y el fabricante facilita los datos técnicos del mismo.

Los aspectos que tomamos en cuenta para su diseño se describen a continuación:

Distancia del cable 16 metros,

Porcentaje máximo de caída de tensión 3%.

Voltaje nominal del sistema 150 voltios,

Número de módulos fotovoltaicos en paralelo 2 unidades,

Corriente de cortocircuito del módulo FV 8.95 Amperios,

Factor de seguridad 1.25 (valor adimensional)

Corriente de diseño para cable Sub Arreglo = Corriente de cortocircuito del módulo FV x  
Factor de seguridad (Amp.)      Ec.40

Corriente de diseño para cable sub arreglo =  $(8.95A)(1.25) = 11.1875A$

Corriente de diseño para cable arreglo = Corriente de diseño para cable Sub Arreglo x 2  
(Amp.)      Ec.41

Corriente de diseño para cable arreglo =  $(11.1875A)(2) = 22.375Amperios$

Con el cálculo anterior se procedió a la selección del tipo de cable que conducirá la corriente, para eso se hace uso de:

Con la potencia nominal de 1.7 kW o su equivalencia en caballos de fuerza (2.28HP) por sus siglas en inglés obtenemos el número del conductor que es:

Calibre mínimo requerido del cable Arreglo FV, Calibre calculado 12AWG se recomienda Recomendado Cobre TSJ/TGP 2L X 12 AWG. Obtenido de la página 40 tabla corriente y otros datos para motores CC libro Ugly electrical reference.

Miller, C. R. (2020). *Ugly's Electrical Safety and NFPA 70E*. Jones & Bartlett Learning.

#### **4.5. Cableado del motor a control de la bomba.**

Se usaron datos del sitio como son:

La distancia entre el controlador y la bomba que son 110 metros.

Se usó el porcentaje máximo de caída del 3%

El voltaje nominal del sistema de 150 voltios.

Recomendado por el fabricante 3 fases.

Corriente Máximo de la bomba 3 Amperios.

Factor de seguridad 1.25 (valor adimensional).

Corriente de diseño para cable Sub Arreglo 10 Amperios.

En base a los datos anteriores se seleccionó un Cable sumergible desde Control hasta Bomba del tipo Cobre 4L x 8AWG (10mm<sup>2</sup>). Obtenido de la página 40 tabla corriente y otros datos para motores CC libro Ugly electrical reference. Miller, C. R. (2020). *Ugly's Electrical Safety and NFPA 70E*. Jones & Bartlett Learning.

#### **4.6. Calculo de perdida en la sarta de bombeo.**

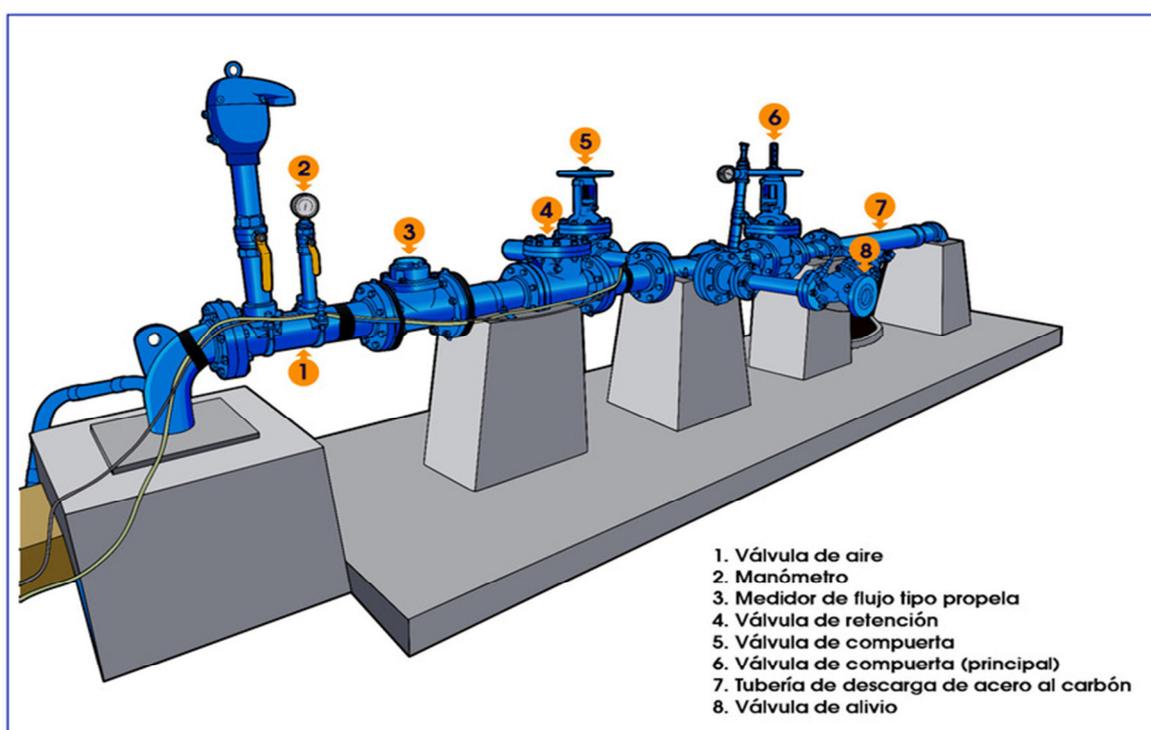
Uno de los componentes principales del sistema de bombeo de agua con energía FV es la Sarta de Bombeo. Una sarta de bombeo es un conjunto de elementos que ayudan a controlar los parámetros de presión, caudal, producción de agua; y a su vez, protegen al equipo de bombeo de golpes de ariete y de circulación inversa, sobre-presiones, así como reducción en los efectos de la cavitación. La Sarta de descargue posee los siguientes componentes:

1. Válvula de aire.
2. Caudalímetro o medidor maestro (flujo tipo propela).
3. Manómetro de glicerina.
4. Check horizontal o válvula de retención.
5. Válvula de limpieza o de purga.

6. Válvula de alivio.
7. Válvula de pase principal.
8. Niplería y accesorios (Tubería de descarga)

(Según guía básica dirigida a hombres y mujeres de las juntas directivas sobre el bombeo y fontanería de los sistemas de agua potable MABE 2021.

Proyecto Tecnología para la Gestión Sostenible del Recurso Hídrico (TGSRH) / Fabio



Vílchez / CONSTRUCCIONES VILCHEZ S.A. COVILSA)

Ilustración 25 Niplera y accesorios de una sarta de bombeo. MABE

Fuente: Proyecto Tecnología para la gestión sostenible del recurso hídrico (TGERH) / Fabio Vilchez / CONSTRUCCIONES VILCHEZ S.A. COVILSA

Hierro galvanizado. El coeficiente de fricción de este material es 100, (dato adimensional), la longitud de la Sarta es 3 metros, el diámetro en pulgadas del tubo es de 1 ½ pulgada, la velocidad del fluido es de 0.66 m/s, la altura cinética es  $(\frac{V^2}{2g})$  es de 0.0225.

Para las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar de forma experimental, y puesto que son debidas a una disipación de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante un coeficiente empírico, llamado factor K.

Este coeficiente depende pues del tipo de singularidad y de su forma geométrica básicamente y es parecido al coeficiente de caudal facilitado por los fabricantes de válvulas, aunque mucho más generalista y aproximado.

$$HF = K\left(\frac{V^2}{2g}\right) \quad \text{Ec.42}$$

Donde:

H: Perdidas de carga de energía (m).

K: Coeficiente adimensional de resistencia que depende del elemento que produzca la pérdida de carga. Generalmente los fabricantes facilitan estos datos o en libros de hidráulicas se pueden encontrar.

V: Velocidad media en el elemento (0.66m/s).

g: Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).

Se consideraron en el diseño los componentes siguientes:

Para la unión Tee laterales (1 unidad) valor de  $K = 1.30$  y  $H_f = 0.028$ .

Para las Tees de pase directo (3 unidades) valor de  $K = 0.60$  y  $H_f = 0.0404$ ,

Para la válvula retención (1 unidad)  $K = 2.50$  y  $H_f = 0.0562$ ,

El codo de  $45^\circ$  (2 unidades)  $K = 0.40$  y  $H_f = 0.0080$ .

Los valores obtenidos de  $H_f$  resultan sustituir según la Ec. 42.

Luego se hace una sumatoria de todas las pérdidas de las Tee, codos y válvula de retención, obteniendo como pérdida total de la sarta:  $H_f = 0.76$  metros.

*Mataix, C. (1982). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas (No. 620.106 M38 2012.).  
Jharkhand, India: Harla.*

#### **4.7 Cálculo de pérdidas por fricción en accesorios y tubería en la línea de conducción de descarga.**

El tramo de descarga de agua es el tramo que va del depósito de agua hacia los puestos de distribución, también presenta pérdidas de fricción por accesorios y por longitud de tubería, por lo tanto, se hizo el cálculo de estas pérdidas tomando en cuenta el diseño y características del terreno, los datos son los siguientes:

Material PVC, SDR26 longitud de la conducción de 650 metros.

Coefficiente de fricción 150.

- Diámetro de tubería 1 ½ pulgada, SDR26.
- Velocidad del flujo 0.66 m/s.
- La altura cinética de  $0.0225 (V^2 / 2g)$ .
- Válvula de retención cuyo valor de K de 2.50.
- Pérdidas por tubería en la conducción de 8.90 metros.
- Según la formula  $HF = K \left( \frac{V^2}{2g} \right)$  Ec. 42 Con la cual se calculó la pérdida de carga por fricción.
- Pérdidas totales de tramo de conducción son de 9.07 metros.

*Mataix, C. (1982). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas (No. 620.106 M38 2012.).  
Jharkhand, India: Harla.*

#### **4.8 Cálculo de pérdidas por fricción en accesorios en la entrada al tanque de almacenamiento.**

Material PVC:

- Longitud de la columna 3 metros.
- Coeficiente de fricción 150,
- Diámetro de tubería 1 ½ pulgada. Cedula SDR17
- Velocidad del flujo 0.66 m/s
- Altura cinética es de  $0.0225 (V^2 / 2g)$
- 1 codo de 90° cuyo valor de K es de 0.90 y el cálculo de Hf es de 0.0809.

- Según la formula  $HF = K \left( \frac{V^2}{2g} \right)$  Ec.42 Con la cual se calculó la pérdida de carga por fricción.

La pérdida por tubería a la entrada es de 0.04 metros, para un total de 0.12 metros de pérdidas en este tramo del sistema.

#### **4.9. Pérdidas totales del sistema.**

Se toman las pérdidas por accesorios y tubería de cada tramo calculado y se hace una sumatoria aritmética de ellas, se representan en la siguiente tabla:

Tabla 17 Sumatoria de las pérdidas totales del sistema de Bombeo

Tipo de sección del sistema de bombeo	Pérdida Hf (metros)
Perdidas por fricción de accesorios y tubería del pozo	0.57
Perdidas por fricción de accesorios y tubería de la sarta de bombeo	0.23
Perdidas por fricción de accesorios y tubería en la línea de conducción	9.07
Perdidas por fricción de accesorios y tubería en la entrada al tanque	0.12
Sumatoria total	9.99

*Fuente: Elaboración Censo Iglesia Luterana*

En el capítulo III cálculo del dimensionamiento hidráulico del sistema de bombeo mediante la Ec.21 CDT se calculó la altura dinámica total del sistema, la cual es de 96.8 metros, a este dato se le hizo la suma aritmética de las pérdidas totales del sistema que es 9.9 metros, redondeado a 10 metros, a este valor se obtiene 105 metros, que sería el total de altura la cual la bomba debe impulsar el agua.

Altura total de impulsión de la bomba = [Nivel estático + altura de la descarga] + [abatimiento + fricción] + pérdidas totales del sistema EC. 43

Altura total de impulsión de la bomba =  $96.8\text{m} + 10\text{m} = 106.8\text{m}$

## **CONCLUSIONES**

- 1) Las instalaciones de sistemas de energía fotovoltaica son una alternativa de amplias perspectivas de aplicación en el ámbito rural.
- 2) Los sistemas de bombeo de agua con energía solar requieren de una alta inversión inicial, pero el costo de mantenimiento y operación es muy bajo, en contraste con los sistemas que utilizan combustible fósil, donde su inversión es baja y un alto costo de operación y mantenimiento.
- 3) Existen beneficios asociados con los sistemas de bombeo fotovoltaicos, uno de ellos es el tiempo ahorrado por el beneficiario durante la operación y mantenimiento del sistema ya que operan automáticamente encendiendo el equipo cuando el sol aparece en el horizonte y apagándose en el ocaso del atardecer.
- 4) Los sistemas de bombeo solar son flexibles respecto a las motobombas convencionales ya que una misma bomba puede aumentar su capacidad si se aumenta el número de módulos fotovoltaicos, hasta ciertos límites estructurales (para soportes de módulos) y el calibre de los conductores eléctricos.
- 5) Se estima que el tiempo de vida útil de los componentes de la electrobomba es de 5 a 10 años, dependiendo de la tecnología y en el caso de una instalación con energía solar el tiempo de vida útil es de 20 años.
- 6) Es muy importante concentrar esfuerzos de difusión de sistemas solares para captar una mayor aceptación social y mejor desempeño técnico.
- 7) En la parte ambiental la energía solar es una fuente renovable. Durante la operación del generador fotovoltaico no se emiten emisiones, como gases causantes del efecto invernadero.
- 8) Por otro lado, la conservación del medio ambiente y el entorno ecológico para próximas generaciones es que tengan asegurado un futuro sano.

- 9) La vida útil de un módulo fotovoltaico se estima alrededor de 20 años y durante ese periodo el porcentaje de fallas es extremadamente bajo, lo que hace un sistema de alta confiabilidad.

## **RECOMENDACIONES**

1. Tener muy en cuenta las labores de mantenimiento en tiempo y forma ya que son muy importantes para el correcto funcionamiento del sistema a largo plazo.
2. Evitar que circule a los alrededores de las instalaciones y sobre la tubería de conducción, animales pesados tales como vacas y caballos, debido a que pueden dañar cualquier componente del sistema lo que incurriría en gastos extras.
3. Hacer uso adecuado del agua priorizando las necesidades básicas donde se instale el sistema.
4. En caso de dañarse cualquier componente del sistema llamar a la empresa instaladora para realizar el reemplazo de las piezas dañadas y reemplazarlo por uno de la misma marca y capacidad.
5. No construir letrinas muy cerca (100 metros) de la ubicación del pozo o las instalaciones del sistema de bombeo, ya que pueden contaminar el manto acuífero.
6. Evitar accionar el sistema de bombeo en periodos de tormentas eléctricas, esto podría dañar los circuitos internos de los paneles y bomba de agua, aunque la instalación tenga sistema de protección para descargas eléctricas.
7. Se recomienda la elaboración de un comité de agua, el cual su función será coordinar el cuidado del sistema, establecer y coleccionar una cuota definida la cual servirá para los gastos de cuidado y mantenimiento y pago de operario.
8. Fomentar en la comunidad mediante charlas el empoderamiento del sistema de bombeo de agua, haciendo énfasis en la importancia del agua segura en la salud de los habitantes de la comunidad.

## BIBLIOGRAFÍA

Andrés Navarro Dep. M. Fluidos.(2009), ETSEIAT Universitat Politècnica de Catalunya, Energía Geotérmica.

Arija González, D. (2010). *Prototipo de sistema de bombeo fotovoltaico para proyectos de cooperación al desarrollo con tecnologías apropiadas* (Bachelor's thesis).

Bird, L., Lew, D., Milligan, M., Carlini, E. M., Estanqueiro, A., Flynn, D., ... & Miller, J. (2016). Wind and solar energy curtailment: A review of international experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 577-586.

Campos Carrasco, Y. A. (2016). *Tecnologías de la información y comunicación aplicadas al diseño de redes de agua potable con sistema solar fotovoltaico para el bombeo* (Doctoral dissertation).

Cerrolaza Sanz, Jaime. Estudio y análisis de sistemas de bombeo fotovoltaico en comunidades rurales de Nicaragua. BS thesis. 2017.

Dr. Roberto Hernández Sampieri, D. C. (2010). Metodología de la investigación. México

ENATREL. (01 enero-20 junio de Junio de 2021). Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica. Obtenido de Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica: <https://www.enatrel.gob.ni/matriz-de-generacion>.

Guías de las energías renovables FUNDACIÓN AGENCIA LOCAL DE LA ENERGÍA DEL NALÓN.

Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica (1.a, libro de consulta, Revisado ed. ed., Vol. 1). (2015). Sandia National Laboratories.

Jordi Segalàs Coral, (2009) Cátedra UNESCO de Sostenibilidad, Universidad Politécnica de Catalunya, Recurso Eólico.

Maldonado Úbeda, H. D. C., & Jarquín Lezcano, M. B. (2017). *Evaluación de los parámetros de funcionamiento del sistema híbrido de bombeo de agua, implementado en la comunidad el Limón, Estelí-Nicaragua, durante el año 2016* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua).

Manual para el docente: energías renovables e integración en redes eléctricas, (Pilco & Jaramillo, 2008)

Martí Rosas Casals (2009) Cátedra UNESCO de Sostenibilidad, Universidad Politécnica de Catalunya, Recurso Solar.

Mataix, C. (1982). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas (No. 620.106 M38 2012.). Jharkhand, India: Harla.

Nuria Garrido Soriano (2009) Cátedra UNESCO de Sostenibilidad, Universidad Politécnica de Catalunya, Recurso Biomasa.

Palacios Suarez, I. G., & Gauna González, D. A. (2019). *Propuesta de un sistema de Energía Fotovoltaico para consumo de agua potable para la comunidad El Jocote, Masaya* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua).

René Martín Miranda Urbina, (2009) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Aplicaciones de la generación fotovoltaica.

René Martín Miranda Urbina, (2009) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Diseño de instalaciones aisladas.

Trabajo fin de Máster dirigido por Roberto Zilles. El bombeo de agua con energía solar fotovoltaica (FV)

Vicente González, Enrique Vargas, (2009) Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción" Asunción – Paraguay, Componente de sistemas fotovoltaicos.

Wylie, E. B., Streeter, V. L., & Suo, L. (1993). Fluid transients in systems (Vol. 1, p. 464). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.6

## **ANEXOS**

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA  
COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

---

**ELABORADO POR BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA.**

---

## PROPUESTA ECONOMICA

Sistema de abastecimiento de agua por bombeo Solar Fotovoltaico (35mts3 CDT 61.48mts)

Comunidad La Carbonera, Municipio de Somoto - Madriz.

Fecha:

**NOTAS IMPORTANTES**

**REFERENTE A ESPECIFICACIONES TECNICAS:**

Sistema de Bombeo Solar FV para el suministro de agua para riego de cultivos de granos basicos y hortalizas en la comunidad de La Carbonera Municipio de Somoto Departamento de Madriz. La unidad de bombeo esta diseñada para producir un promedio de 35 mts3 de agua por día. Los módulos solares FV y la unidad de control serán montados sobre una estructura metálica en la cercanía del pozo perforado de 6", los controles será protegida con una rejilla metálica. el tiempo de ejecución de la Obra es de 90 días calendarios.

**REFERENTE AL PRESUPUESTO:**

- A. Todos los costos son expresados en Dólares Americanos (U\$).
- B. Esta propuesta incluye: Equipos principales, Estructuras soporte, Gabinete metálico, Accesorios eléctricos e hidráulicos, tubería línea de bombeo.
- C. Esta propuesta NO incluye: Enmallado o cerca de protección para arreglo solar FV y Pozo; no incluye red de distribución de agua a viviendas y para riego; caseta de resguardo generador eléctrico; tanques y pilas de almacenamiento de agua; Terreno construcción estructuras; Remuneración por trabajos realizados por comunitarios durante la ejecución del proyecto como acarreo de agua, piedras, mezclado de

**PRESUPUESTO**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POR BOMBEO ELÉCTRICO SOLAR FV

Ítems	Descripción	Costo (U\$)
I	Equipos Principales Unidad de Bombeo con 10 modulos FV x 260W	\$6,980.0
II	Paquete accesorios eléctricos (distancia máx. 20mts del pozo al SSFV)	\$1,400.0
III	Paquete accesorios instalación hidráulicos (de la bomba hasta el Tanque)	\$1,360.0
IV	Estructura Montaje Arreglo Solar FV (5mts x 4mts x 2.5mts alto medio)	\$1,150.0
V	Gabinete unidad de control	\$260.0
VI	Transporte de Suministros y Personal Técnico de instalación	\$110.0
VII	MOCalificada/ Instalación/ Pruebas de funcionamiento/ Capacitación.	\$2,000.0
	<b>Total (U\$)</b>	<b>\$13,260.0</b>

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

Elaboracion de Proyectos De Agua Potable con energia fotovoltaica en la Comunidad La Carbonera Municipio de Somoto, departamento de Madriz.

CALCULO ELECTRICO DEL SISTEMA	
No. DE CONTRATO:	
DEPARTAMENTO :	MADRIZ, SOMOTO
LOCALIDAD:	LA CARBONERA
OBRA:	SISTEMA FOTOVOLTAICO

**DATOS DE PROYECTO**

**Localidad :** Comunidad La Carbonera Municipio de Somoto, departamento de Madriz.

$\beta = 13.48$  Latitud en grados, de la ubicación de la localidad o del proyecto

$\alpha = 0.00$  Angulo azimut recomendado (para regiones localizadas en el emisferio norte)

$Q1 = 0.10000$  l/s (Gasto maximo diario de proyecto)

$Q3 = 26.0000$  m3/dia (Gasto maximo diario de proyecto)

$Hr = 5.70$  horas-pico /dia (Insolacion del lugar)

$Qb1 = 0.00000$  m3/s (Gasto de bombeo)

$Qb2 = 0.00578$  m3/hora (Gasto de bombeo)

$h1 = 8.21$  m. (Profundidad del carcamo)

$h2 = 64.56$  m. (Desnivel topografico)

$h3 = 2.10$  m. (Altura del tanque)

$L1 = 151.00$  m. (Longitud de la linea de conduccion (TUBERIA DE PVC)

$L2 = 163.17$  m. (Longitud de la linea de conduccion (TUBERIA DE Fo. Go.)

$D = 0.0254$  m. (Diámetro de la tubería)

$n = 0.009$  Adimensional (TUBERIA DE PVC)

$n = 0.014$  Adimensional (TUBERIA DE Fo. Go.)

$\gamma = 9.81$  Kn/m3. (peso especifico del agua)

**1.- CALCULO DE LA CARGA DE BOMBEO**

**1.1.- Calculo de la carga estatica**

1	( Q3 )	2	Insolacion del lugar	3	Gasto de bombeo (m3/h)	4	Altura de succion (profundiad del carcamo (m)	5	Desnivel topografico (m)	6	Altura del tanque de regulacion (m)	7	Carga estatica (m)
	Volumen requerido por dia (m3/dia)		( h-pico/dia)	=	<b>4.561</b>		23.00	+	72.00	+	0.00	=	<b>95.00</b>
	26.00	/	5.70										

**1.2.- Calculo de perdidas por friccion (PARA TUBERIA DE PVC)**

8	Longitud de la linea de conduccion (m)	9	Altura de succion (profundiad del carcamo) ( m )	10	Altura del tanque de regulacion (m)	11	Recorrido total de la tubería (m)	12	Constante de friccion $K = 10.2936n^2/d^{16/3}$	13	Gasto en m3/s $(Q2)^2$	14	Perdidas por friccion $Hf = (K)(L)(Q2)^2$ ( m )
	151.00	+	21.00	+	0.00	=	172.00	x	268,290.82	x	0.0000016050	=	<b>74.064</b>

**1.2.- Calculo de perdidas por friccion (PARA TUBERIA DE Fe. Go.)**

8	Longitud de la linea de conduccion (m)	9	Altura de succion (profundiad del carcamo) ( m )	10	Altura del tanque de regulacion (m)	11	Recorrido total de la tubería (m)	12	Constante de friccion $K = 10.2936n^2/d^{16/3}$	13	Gasto en m3/s $(Q2)^2$	14	Perdidas por friccion $Hf = (K)(L)(Q2)^2$ ( m )
	163.17	+	8.21	+	2.10	=	173.48	x	649,197.55	x	0.0000000000	=	<b>0.000</b>

**1.3.- Calculo de la Carga hidraulica total**

15	Carga estatica (m)	16	Perdidas por friccion $Hf = (K)(L)(Q2)^2$	17	Carga dinamica total (m)
7	95.00	+	1.80	=	<b>96.80</b>

ELABORADO POR BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA.

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

**2.- SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO**

El equipo de bombeo se selecciona de acuerdo a las necesidades del volumen de agua diario requerido, a la carga dinamica total y a las especificaciones del fabricante (consultar la informacion tecnica del fabricante, que se anexa).

DATOS PARA SELECCIONAR LA BOMBA	
3	<b>4.561 m3/h (Gasto de bombeo)</b>
17	<b>96.80 m. (Carga dinamica total)</b>

INFORMACION DE LA BOMBA Y MOTOR SELECCIONADO			
Marca	Lorentz		
Modelo	PS1800HR-14H-3-D		
Tipo de bomba	Centrifuga		
Tipo de motor	Trifasico		
Potencia maxima de trabajo	Pp	2600	Watt
Tension minima trabajo	Vmp	68	Volt
Tension maxima de trabajo	Voc	150	Volt
Intensidad maxima del motor	loc	19	Amperes
Eficiencia del sistema: motor-bomba %		0.61	(decimal)
Voltaje de admision del controlador o inversor		150	Volt

18	Gasto de bombeo (m3/h)	19	Gasto de bombeo (m3/s)	20	Peso especifico del Agua (kN/m3)	21	Carga dinamica total (m)	22	Potencia requerida (kw)	23	Eficiencia de la bomba (decimal)	24	Potencia pico que debe proporcionar el arreglo Fotovoltaico (Kw)
3				X	9.81	X	96.80	=	1.2032	/	0.60	=	2.005345
	4.561	=	0.00127										

25	Potencia pico que debe proporcionar el arreglo Fotovoltaico (w)	26	Insolacion del lugar (h-pico/dia)	27	Energia total que debe proporcionar el arreglo Foto-voltaico (w.h/dia)	28	Voltaje de admision del controlador o inversor (V)	29	Carga electrica (A.h/dia)	30	Factor de rendimiento del conductor electrico (en decimal)	31	Carga electrica corregida (A.h/dia)
24		X	5.70	=	11430.467	/	150	=	76.20	/	0.95	=	80.21
	2005.345												

32	Carga electrica corregida (A.h/dia)	33	Insolacion del lugar (h-pico/dia)	34	Corriente del proyecto (A)
31		/	5.70	=	14.07
	80.21				

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

**3.- DIMENSIONAMIENTO DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO**

**3.1.- Determinación de la irradiación solar**

Información presentada en la revista Claridades Agropecuarias de fecha Oct. 2007, No. 170.- Aprovechamiento de la Energía Solar Termica en el Sector Agropecuario, que publica SAGARPA a travez de ASERCA, en la pagina: www.aserca.gob.mx

**3.2.- Selección de modulo fotovoltaico**

Si no se especifica el factor, tomar:  
 90% en modulos cristalinos  
 70% en modulos amorfos

INFORMACION DEL MODULO FOTOVOLTAICO			
Marca	RENESOLA	Potencia electrica maxima (W) Pmp	260.00
Modelo	JC260-M-274/Bb-b	Tension en punto max.potencia (V) Vmp	30.50
Tipo	Silicio Policristalino	Tension en circuito abierto (V) Voc	37.60
Longitud P	1.64	Corriente en punto max.Potencia (A) Imp	8.53
Ancho A	0.99	Corriente de corto circuito (A) Isc	8.95
Peso	###	Coficiente de temperatura (%) CTVoc	-0.4
		Factor de reduccion del modulo, en Dec.(%)	0.9

35	Corriente del proyecto (A)	36	Factor de reduccion del modulo (% en decimal)	37	Corriente ajustada del proyecto (A)	38	Imp Corriente del modulo a potencia maxima (A)	39	Numero de modulos en paralelo	40	Numero de modulos en paralelo (numero entero)
34											
	15.60	/	0.9	=	17.33	/	8.53	=	2.03	=	2.00

42	Voltaje nominal del sistema (V)	43	Vmp Voltaje del modulo a potencia maxima (V)	44	Numero de modulos en serie	45	Numero de modulos en serie (numero entero)	46	Numero de modulos en paralelo (numero entero)	47	Total de Modulos del arreglo Fotovoltaico
28											
	150	/	30.50	=	4.92	=	5.00	X	2	=	10

48	Total de Modulos del arreglo FV	49	Imp Corriente del modulo a potencia maxima (A)	50	Vmp Voltaje del modulo a potencia maxima (V)	51	Potencia total del arreglo Fotovoltaico (W)
47		38		43			
	10	X	8.53	X	30.500	=	2601.65

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

**4.- VERIFICACION DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO**

**4.1.- Numero minimo de modulos a conectar en serie para el modelo de bomba seleccionada**

35	Condiciones de temperatura en el punto de maxima potencia (°C)	36	Condiciones de temperatura a prueba estandar del modulo (°C)	37	diferencia de temperatura (°C)	38	Coefficiente de temperatura en forma decimal (%/°C)	39	(Voc) Tension del modulo a circuito abierto (V)	40	Vmp Voltaje del modulo a la maxima potencia	41	Vmp
34													
	70.00	-	25.00	=	45.00	X	-0.00400	X	37.60	+	30.50	=	23.732

42	Voc Tension minima del motor para la maxima potencia (V)	43	Vmp Voltaje del modulo a 70 °C (V)	44	Numero minimo de modulos a conectar en serie	45	Numero minimo de modulos a conectar en serie (No. Entero)
	102.00	/	23.732	=	4.30	=	5.00

**4.2.- Numero maximo de modulos a conectar en serie para el modelo de bomba seleccionada**

35	Condiciones de temperatura a prueba estandar del modulo (°C)	36	Condiciones de temperatura del modulo a -10°C en el punto de maxima potencia (°C)	37	diferencia de temperatura (°C)		Coefficiente de temperatura en forma decimal (%/°C)		(Voc) Tension del modulo a circuito abierto (V)		(Voc) Tension del modulo a circuito abierto (V)		Vmp Voltaje del modulo a -10 °C (V)
34													
	25.00	-	60.00	=	-35.00	X	-0.00400	X	25.00	+	25.00	=	28.500

	(Voc) Tension maxima del motor para la maxima potencia (V)		Vmp Voltaje del modulo a -10 °C (V)		Numero maximo de modulos a conectar en serie		Numero maximo de modulos a conectar en serie (No. Entero)
	150.00	/	28.50	=	5.26	=	5.00

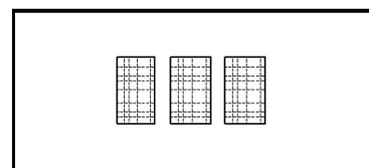
MINÍMO

MÁXIMO

POSIBLE COMBINACION DE ARREGLOS FOTOVOLTAICOS DE ACUERDO AL CALCULO		
SERIE	X PARALELO	= WATT
5	2	2600.00
5	2	2600.00
6	2	3120.00
5	2	2600.00

**4.3.- Numero minimo de modulos a conectar en paralelo para el modelo de bomba seleccionada**

	(Ioc) Intensidad maxima del motor (A)		Imp Corriente del modulo a la maxima potencia (A)		Numero minimo de modulos a conectar en paralelo		Numero minimo de modulos a conectar en paralelo (No. Entero)
	19.00	/	8.53	=	2.23	=	2.00



ARREGLO FOTOVOLTAICO PROPUESTO

Ms = 5.00 En serie  
Mp = 2.00 En paralelo  
2,600.00 W

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

**5.- VERIFICACION DEL GASTO DE BOMBEO**

**5.1.- Verificación del volumen diario bombeado**

52	Numero de modulos en paralelo (del arreglo propuesto)	53	Imp Corriente del modulo a la maxima potencia (A)	54	Numero de modulos en serie ( del arreglo propuesto)	55	Tension del modulo a la maxima potencia (V)	56	Factor de rendimiento del sistema M-B (% en decimal)	57	Factor de reduccion del modulo (% en decimal)	58	Potencia real proporcionada por el sistema (w)
40		49		42		23		36		X	0.90	=	1404.89
	2.00	X	8.53	x	5.00	x	30.50	X	0.60	X	0.90	=	1404.89

59	Potencia real proporcionada por el sistema (w)	60	Potencia real proporcionada por el sistema (Kw)	61	Peso especifico del Agua (kN/m3)	62	Carga dinamica total (m)	63	Agua bombeada (m3/s)	64	Agua bombeada (m3/dia)	65	Volumen requerido por dia (m3/dia) (Q3)
57		59		20		17						1	
	1404.89	=	1.40489	/	9.81	/	96.80	=	0.00148	=	30.36	≥	26.00

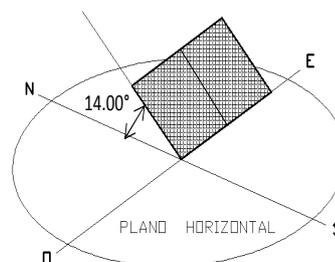
**5.2.- Verificación del gasto pico proporcionado por el sistema**

	Potencia necesaria para desarrollar la energia hidraulica (W)		Eficiencia pico del conjunto motor-bomba (decimal)		Factor de rendimiento del conductor electrico (en decimal)		Aceleracion gravitacional terrestre (m/s <sup>2</sup> )		Carga dinamica total (m)		Gasto pico proporcionado por el sistema (l/s)		Gasto pico proporcionado por el sistema (m <sup>3</sup> /s)
	2600.00	X	0.60	X	0.95	/	9.81	X	96.80	=	1.561	=	0.001561

**6.- INCLINACION Y ORIENTACION DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO**

**Orientacion e inclinacion del arreglo fotovoltaico**

Se recomienda que en las regiones que se encuentren situadas en el emisferio norte, los modulos fotovoltaicos se orienten de tal manera que la cara de la superficie de los modulos queden viendo hacia el sur, en un angulo azimut igual a 0°, y que la inclin



El arreglo fotovoltaico propuesto, sera instalado en estructura fija con una orientacion optima (angulo azimut igual 0°) como lo indica la figura anexa.

Los angulos limite para la inclinacion del arreglo fotovoltaico, se calculan según la latitud ( $\phi$ ) del lugar de la instalacion, mediante la siguiente expresion:

$\alpha$	$\alpha_1$
Angulo azimut (en grados)	Orientacion optima del modulo
0.00	= 0.00

constante de correccion del angulo de inclinacion (en grados)	Coficiente de correccion de la latitud del lugar (en decimal)	$\beta$	$\beta_1$
3.70	+ 0.69000	Latitud del lugar sin signo (en grados)	Angulo optimo de inclinacion (en grados)
		X 14.00	= 13.36

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

**7.- CALCULO DEL AREA MINIMA REQUERIDA PARA INSTALAR EL ARREGLO FOTOVOLTAICO**

**7.1.- Calculo de proyecciones ( C y H )**

	P	$\beta_1$			Proyeccion horizontal del modulo (m)
	Longitud del modulo (m)	Coseno del Angulo de inclinacion del modulo ( en grados )			
40		49	42		
	1.64	X	0.9729	=	1.596

	P	$\beta_1$		H	Proyeccion vertical del modulo (m)
	Longitud del modulo (m)	Seno del Angulo de inclinacion del modulo ( en grados )			
	1.64	X	0.2310	=	0.379

**7.2.- Calculo de la distacia ( D )**

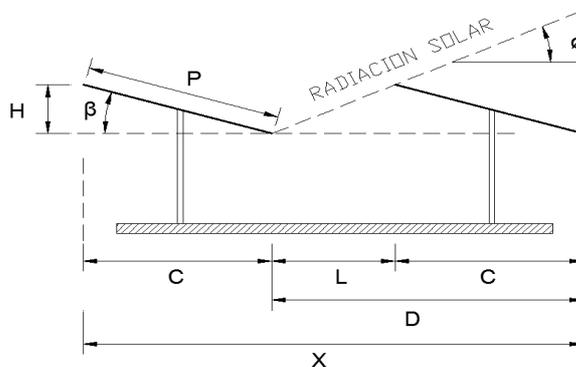
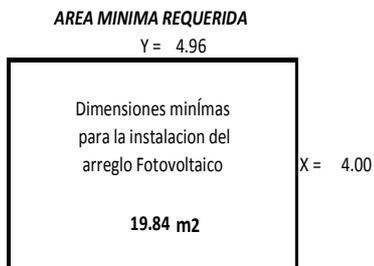
	P	$\beta_1$	$\phi$		P	$\beta_1$	D				
	Longitud del modulo (m)	Seno del Angulo de inclinacion del modulo ( en grados )	Tangente del Angulo minimo de incidencia ( en grados )		Longitud del modulo (m)	Coseno del Angulo de inclinacion del modulo ( en grados )	Distancia minima entre lineas de modulo (m)				
	1.64	X	0.2310	/	0.4663	+	1.64	X	0.9729	=	2.408

**7.3.- Calculo del ancho total de acuerdo al numero de modulos en paralelo**

	C			L	X				
	Proyeccion horizontal del modulo (m)		Numero de separaciones entre modulos	Longitud de separacion entre modulo (m)	Ancho total que se requiere (m)				
	2	X	1.60	+	1	x	0.81	=	4.00

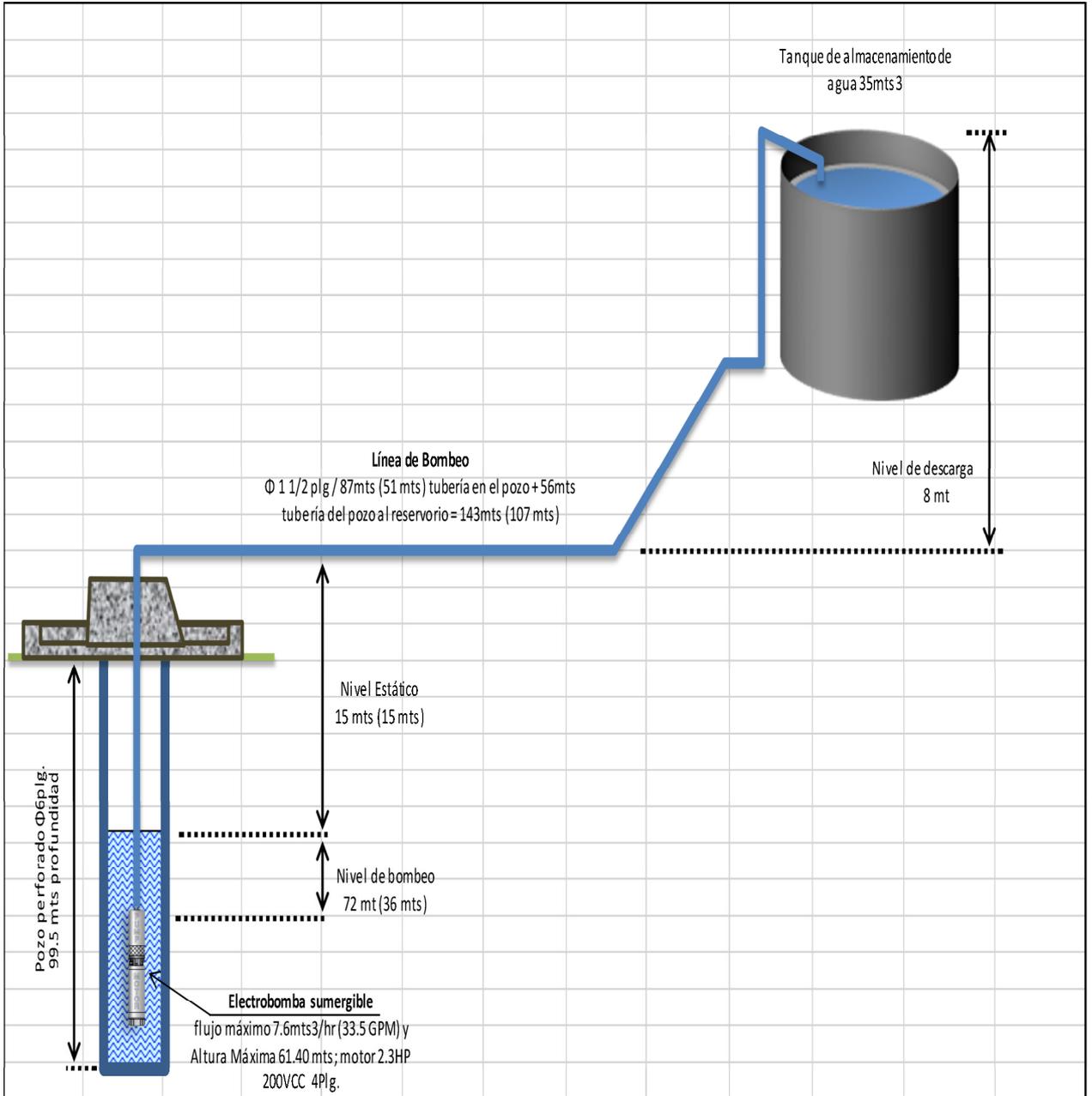
**7.4.- Calculo del area minima que se requiere para la instalacion del arreglo fotovoltaico**

		P	Y	X	Area minima requerida para la instalacion de arreglo FV. (m2)
	Numero de modulos en serie	Ancho del modulo solar (m)	Largo total que se requiere (m)	Ancho total que se requiere (m)	
45	23	36			
	5	X	0.99	=	4.96
				X	4.004
					19.84



ELABORADO POR BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA.

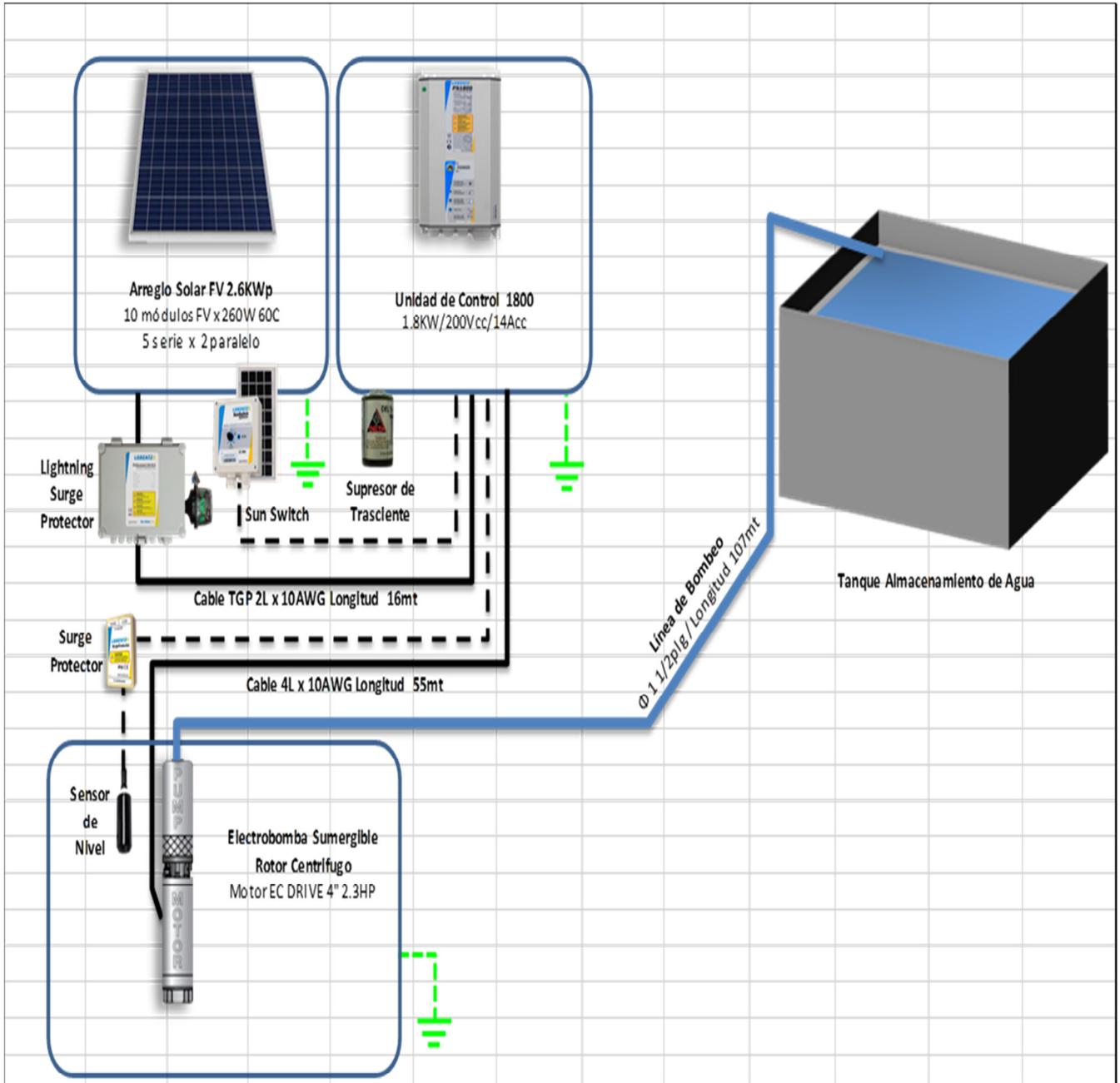
**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**



<b>Nombre del Proyecto:</b>	<b>Ubicación:</b>	<b>Contenido:</b>	<b>Elaborado por:</b> Douglas Garcia. Silvio Arias. Mauricio Cr
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA SOLAR FV, COMUNIDAD LA CARBONERA, SOMOTO - MADRIZ.	La Carbonera - Municipio de Somoto, Madriz.	Diagrama Hidráulico Unifilar Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico Solar FV.	<b>Elaborado para:</b> La Carbonera
			<b>Escala:</b> Sin Escala
			<b>Fecha:</b>
			<b>No. Lamina:</b> 01 de 01

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

Diagrama Eléctrico



Nombre del Proyecto:	Ubicación:	Contenido:	Elaborado por:
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA HIBRIDO SOLAR FV, COMUNIDAD LA CARBONERA, SOMOTO - MADRIZ.	La Carbonera - Municipio de Somoto, Madriz.	Diagrama Hidráulico Unifilar Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico Solar FV.	Douglas Garcia . Silvio Aarias . Mauricio C
			Elaborado para: Comunidad La Carbonera
			Escala: Sin Escala
			Fecha: Agosto 2016
			No. Lamina: 01 de 01

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

## MEMORIA DE CALCULOS TECNICOS

Sistema de abastecimiento de agua por bombeo Solar Fotovoltaico (35mts<sup>3</sup> CDT 61.48mts)  
Comunidad La Carbonera, Municipio de Somoto - Madriz.

			DISEÑO FINAL EJECUTADO
			<b>35 MTS<sup>3</sup> CDT 61.4MTS CON MODULOS FV DE 265Wp</b>
			Evaluación de un SSFV, Para una demanda de <b>35 mts<sup>3</sup></b> de agua para riego, una Carga Dinámica Total de <b>61.4mts</b> .
No	CAUDAL DE LA BOMBA	Σ	RESULTADOS
	Volumen de Agua de consumo humano (L/Día)		0.0
	Volumen de Agua para riego (L/Día)		35,000.0
	Volumen de Agua requerido (L/Día)		<b>35,000.0</b>
	Volumen de Agua requerido (L/Día)		35,000.0
	Insolación máxima (KWH/Día)	/	5.7
	Régimen de Bombeo (L/H)	=	<b>6,140.4</b>
	Insolación máxima (KWH/Día)	/	5.7
	Volumen de Agua requerida =	L/día	35,000.0
	Volumen de Agua requerida =	M <sup>3</sup> /Día	35.0
	Caudal requerido del sistema =	M <sup>3</sup> /hr	6.14
	Caudal requerido del sistema =	M <sup>3</sup> /s	0.00171
	Caudal requerido del sistema =	Lts/s	1.706
	Volumen de Agua requerida =	GPD	9,247.0
	Caudal requerido del sistema =	GPM	27.0
No	CARGA DINAMICA TOTAL	Σ	RESULTADOS
	Nivel Estático del agua (M)	+	15.0
	Nivel de bombeo (M)	+	36.0
	Nivel de descarga (M)	+	8.0
	Altura estática (M)	=	<b>59.0</b>
	Altura estática (M)		59.0
	Recorrido adicional de tubería (M)	+	56.0
	Recorrido total de tubería (M)	=	<b>115.0</b>
	Recorrido total de tubería (M)		115.0
	Constante de pérdidas de Manning (m <sup>3</sup> /s) <sup>-2</sup>		7,236
	Caudal requerido del sistema (mts <sup>3</sup> /s) <sup>2</sup>		0.000002909
	Carga por fricción (M)		2.4
	Altura estática (M)		59.0
	Carga por fricción (M)	+	2.4
	Carga dinámica total (M)	=	<b>61.4</b>
	Factor de conversión (Pies/Mt)	x	3.28084
	Carga dinámica total (Pies)	=	<b>202</b>

ELABORADO POR BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA.

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

No	CICLO HIDRAULICO	Σ	RESULTADOS
	Volumen de Agua requerida (M <sup>3</sup> /Día)		35.0
	Carga dinámica total (M)	x	61.4
	Ciclo Hidráulico (M <sup>4</sup> )	=	<b>2,149.7</b>
<b>SELECCION BOMBA</b>			
RESULTADOS			
	Volumen de agua requerido del sistema =	Σ M <sup>3</sup> /Día	35.0
	Caudal requerido del sistema =	M <sup>3</sup> /hr	6.1
	Caudal requerido del sistema =	GPD	9,247.0
	Caudal requerido del sistema =	GPM	27.0
	Carga dinámica total =	Pies	201.5
<b>UNIDAD DE BOMBEO</b>			
	Marca =		LORENTZ
	Modelo =		PS2-1800 C-SJ5-12
<b>MOTOR</b>			
	Modelo =		ECDRIVE 1800-C sin escobillas
	Potencia motor =	HP	
	Potencia máxima panel FV =	Watts	2,600.0
	Configuración arreglo FV =		10 módulos: 5 s x 2 Strings x 260Wp
	Rango de Voltaje de operación =	VDC	150.0
	RPM =		3,280.0
	Corriente máxima motor ( Amp) =		14.0
	Eficiencia de subsistema de bombeo =		60%
<b>BOMBA NPT</b>			
	Modelo =		PE C-SJ5-12
	Tipo de bomba =		Impulsor Centrifuga Sumergible
	Numero de Etapas =		1.0
	Caudal Nominal de bombeo =	MTS3/Hr	7.6
	Diámetro de descarga =	PLG	1 1/2
<b>CONTROLADOR</b>			
	Modelo =		PS2 1800
<b>Datos de entrada DC</b>			
	Potencia de Entrada (KW) =		1.8
	Voltaje nominal de entrada (Switch selector) =	VDC	Baterías 72-96VDC/Solar FV 200V
	Máxima corriente de entrada (Amp DC) =	ADC	
	Máximo voltaje de circuito abierto =	VOC	200.0

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA COMUNIDAD LA CARBONERA, EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ “**

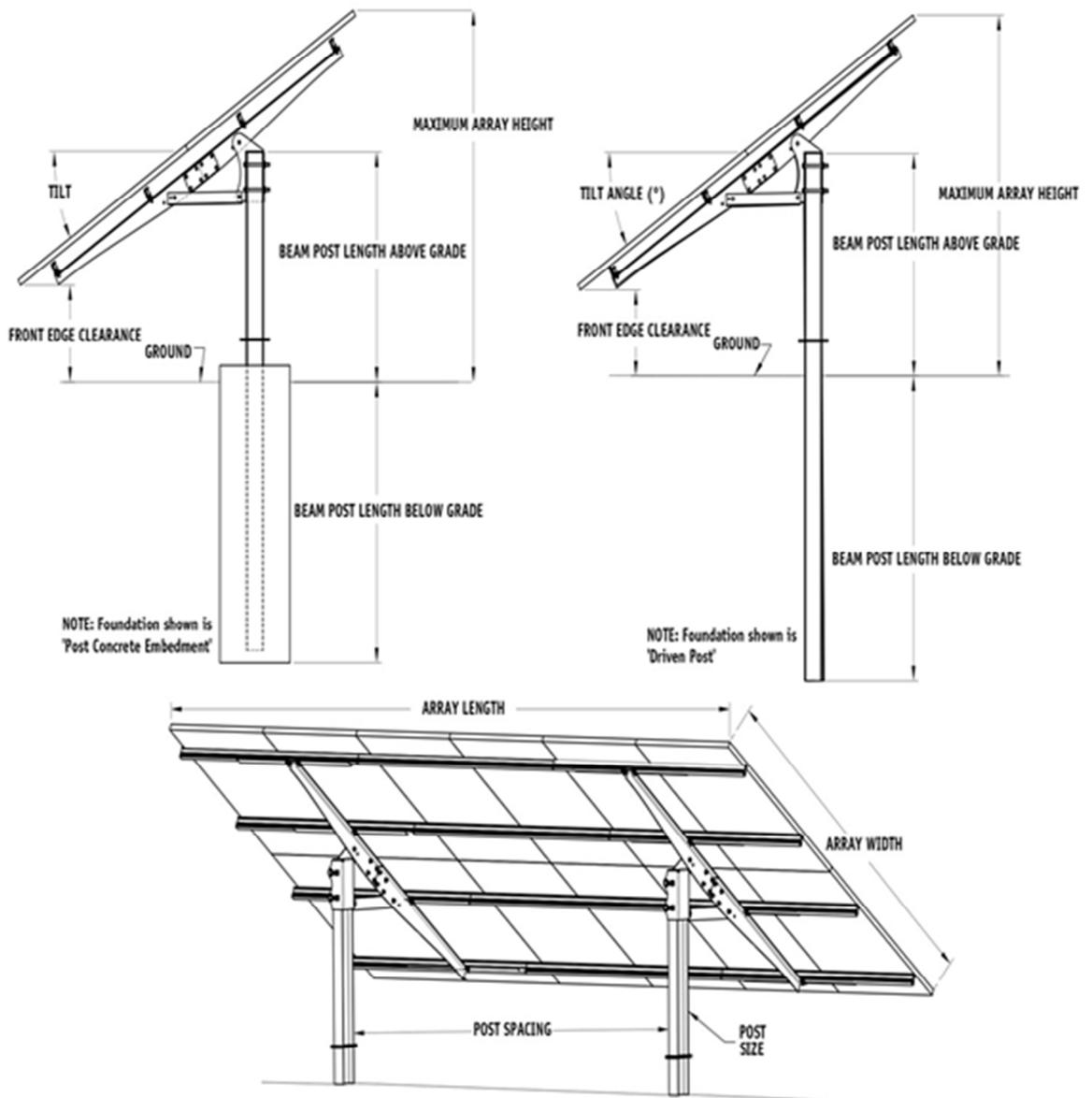
No	ENERGÍA SOLICITADA	Σ	RESULTADOS
	Volumen de Agua requerida (L/Día)		35,000.0
	Carga dinámica total (M)	x	61.4
	Factor de conversión de potencia	x	367.0
	Energía hidráulica (WH/Día)	=	<b>5,857.6</b>
	Eficiencia del sistema de bombeo	/	0.60
	Energía del sistema (WH/Día)	=	<b>9,762.6</b>
No	DESCRIPCIÓN DE FACTORES	Σ	RESULTADOS
	Energía del sistema de bombeo (WH/Día)		9,762.6
	Tensión nominal del Sistema de bombeo	/	150.0
	Carga en Amp-Horas del Sistema (AH/Día)	=	<b>65.1</b>
	Carga en Amp-Horas del Sistema (AH/Día)		65.1
	Fac. Rendimiento de Conductores ( Dec )	/	0.95
	Carga Corregida en Amp - Horas (AH/Día)	=	<b>68.5</b>
	Carga Corregida en Amp - Horas (AH/Día)		68.5
	Insolación del Sitio ( Horas - pico / Días )	/	5.7
	Corriente del Sistema de Bombeo (Amp)	=	<b>12.0</b>
	Corriente del Sistema de Bombeo ( Amp )		12.0
	Factor de reducción del modulo (Dec)	/	0.9
	Corriente reducida del proyecto ( Amp)	=	<b>13.4</b>
			<b>MODULO FV</b>
	Marca =		TRINASOLAR
	Tipo =		Silicio policristalino
	Modelo =		TSM-260PC05A
	Potencia Máxima (Wpm) =		260
	Numero de Celdas =		60
	Voltaje Nominal (Vn) =		30.6
	Voltaje Potencia Máxima (Vmp) =		30.6
	Corriente Potencia Máxima (Imp) =		8.5
	Voltaje Circuito Abierto (Voc) =		38.2
	Corriente Corto Circuito (Ics) =		9
No	DESCRIPCIÓN DE FACTORES	Σ	RESULTADOS
	Corriente reducida del proyecto ( Amp)		13.4
	Corriente de régimen del Modulo ( Amp )	/	8.5
	Numero de Módulos FV en Paralelo (Unid)	=	<b>1.6</b>
	Numero de Módulos FV en Paralelo (Unid)	=	<b>2.0</b>
	Tensión Nominal del Sistema ( V )		150.0
	Tensión Nominal del Modulo FV ( V cc )	/	30.6
	Numero de Módulos FV en Serie ( Unid )	=	<b>4.9</b>
	Numero de Módulos FV en Serie ( Unid )	=	<b>5.0</b>
	Numero de Módulos FV en Paralelo (Unid)		2.0
	Numero de Módulos FV en Serie (Unid)	x	5.0
	Numero total de módulos ( Unidades )	=	<b>10.0</b>
	Capacidad del modulo seleccionado ( W )	x	260.0
	Capacidad del Arreglo del sistema (W)	=	<b>2,600.0</b>
No	AGUA BOMBEADA Y REGIMEN DE BOMBEO	Σ	RESULTADOS
	Numero de Módulos FV en Paralelo (Unid)		2.0
	Corriente de régimen del Modulo ( Amp )	x	8.5
	Tensión Nominal del Sistema ( V )	x	153.0
	Eficiencia del sistema de bombeo	x	0.60
	Factor de conversión	x	367.0
	Insolación del Sitio ( Horas - pico / Días )	x	5.7
	Factor de reducción del modulo (Dec)	x	0.9
	Carga dinámica Total (Metros)	/	61.4
	Agua bombeada (L/Día)	=	<b>48,000.0</b>

ELABORADO POR BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA.

### CALCULO DE CANTIDAD DE CABLE

<b>CABLEADO ARREGLO FV AL CONTROL</b>		
<b>FACTORES</b>		<b>RESULTADO</b>
Distancia del cable (metros)	=	16
Porcentaje máximo de caída tensión (%)	=	3%
Voltaje nominal del sistema (Voltios DC)	=	150.0
Numero de módulos FV en Paralelo	=	2.0
Corriente Corto Circuito del Modulo FV (Amperios)	x	8.95
Factor de Seguridad	x	1.25
Corriente de diseño para cable Sub Arreglo (A) (Amp)	=	22.4
		<b>Cables desde Arreglo FV hasta Control</b>
Calibre mínimo requerido del cable Arreglo FV	=	<b>Recomendado Cobre TSJ/TGP 2L X 10 AWG</b>
<b>CABLE DE CONTROL A MOTOR BOMBA</b>		
		Control al pie del pozo y arreglo fv a 16mts del pozo
<b>FACTORES</b>		<b>RESULTADO</b>
Distancia del cable (metros)		51
Porcentaje máximo de caída tensión (%)		3%
Voltaje nominal del sistema		150.0
Numero de fases		3.0
Corriente Máximo de la bomba (Amperios)		8.0
Factor de Seguridad		1.25
Corriente de diseño para cable Sub Arreglo (A) (Amp)		10.0
		<b>Cable sumergible desde Control hasta Bomba</b>
		<b>Cobre 4L x 10AWG (6mm<sup>2</sup>)</b>
<b>CABLE DE CONTROL A MOTOR BOMBA</b>		
		Control a 16mts del pozo
<b>FACTORES</b>		<b>RESULTADO</b>
Distancia del cable (metros)		67
Porcentaje máximo de caída tensión (%)		3%
Voltaje nominal del sistema		150.0
Numero de fases		3.0
Corriente Máximo de la bomba (Amperios)		8.0
Factor de Seguridad		1.25
Corriente de diseño para cable Sub Arreglo (A) (Amp)		10.0
		<b>Cable sumergible desde Control hasta Bomba</b>
		<b>Cobre 4L x 8AWG (10mm<sup>2</sup>)</b>

### ESQUEMA DE MONTAJE DE PANELES



**DESGLOSE EQUIPOS PRINCIPALES SOLARES FV**

<b>Ítems</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total (US)</b>
I	10	Módulo Solar FV 260±5Wp 30.5Vn 60 Celdas FV	\$235.0	\$2,350.0
II	1	PS1800 HR-14H-3 -D PS1800, NPT1 1/2", UL	\$4,630.0	\$4,630.0
		COMPLEMENTOS		
		PS1800 Controller-1.8kVA-UL-D		
		Well probe sensor		
		Pressure Switch 1-5bar		
		Surge Protector 2.00 pc.		
		PV Disconnect 440-40-6		
		MNSPD-300 1.00 pc.		
		Sun Switch		
			<b>Total (US)</b>	<b>\$6,980.0</b>

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA  
COMUNIDAD LA “CARBONERA” EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO MADRIZ “**

**DESGLOSE ACCESORIOS ELECTRICOS**

No.	Descripción	Proveedor	U/medida	Cantidad	C. Unit	C. Total
1	<b>Accesorios eléctricos Arreglo Solar FV</b>					
2	Cable Cobre interconexión módulos FV 1Lx10 AWG UV cubierta caucho	SINTER	metros	0.0	C\$ 42.0	C\$ 0.0
3	Terminal de ojo para cable numero 12 - 10AWG 1/4plg	SINSA	Caja	0.0	C\$ 55.0	C\$ 0.0
4	Prensa estopas 1/2plg		unidades	0.0	C\$ 25.0	C\$ 0.0
5	Golosos para zinc punta broca Φ1/4plg x 1plg	SINSA	unidades	0.0	C\$ 2.0	C\$ 0.0
6	Golosos Φ1/4plg x 1/2plg	SINSA	unidades	0.0	C\$ 1.0	C\$ 0.0
7	Cinchos plásticas 15plg resistente UV	SINSA	unidades	0.0	C\$ 5.0	C\$ 0.0
	<b>Aterrizaje arreglo solar FV</b>					
1	Cable Cobre Multifilar 8AWG THHN/THWN (Verde) interconexion modulos	SINSA	metros	12.0	C\$ 48.0	C\$ 576.0
2	Cable Cobre Multifilar 8AWG THHN/THWN (Verde) arreglo FV - Caja Cone	SINSA	metros	4.0	C\$ 48.0	C\$ 192.0
3	Cable Cobre Multifilar 8AWG THHN/THWN (Verde) Caja Conexión - Protec	SINSA	metros	4.0	C\$ 48.0	C\$ 192.0
4	Cable Cobre Multifilar 8AWG THHN/THWN (Verde) Protector - Polo tierra	SINSA	metros	6.0	C\$ 48.0	C\$ 288.0
5	Terminal de ojo para cable numero 12 - 10AWG 1/4plg	SINSA	Caja	4.0	C\$ 55.0	C\$ 220.0
6	Electrodo de tierra 16mm diámetro x 5 pies	SINSA	unidades	1.0	C\$ 350.0	C\$ 350.0
7	Conector bronce 1/2plg para varilla polo tierra	SINSA	unidades	1.0	C\$ 45.0	C\$ 45.0
	<b>Cableado entre Arreglo SFV y Controlador</b>					
1	Manguera conduit PVC 3/4plg	SINSA	Pies	14.0	C\$ 35.0	C\$ 490.0
2	Conectores prensaestopa 3/4plg	SINSA	unidades	2.0	C\$ 80.0	C\$ 160.0
3	Tubería conduit PVC 3/4plg	SINSA	tubos	0.0	C\$ 26.0	C\$ 0.0
4	Curvas conduit 3/4plg	SINSA	unidades	0.0	C\$ 10.0	C\$ 0.0
5	Conectores conduit 3/4plg	SINSA	unidades	0.0	C\$ 7.0	C\$ 0.0
6	Bridas EMT 3/4plg	SINSA	unidades	8.0	C\$ 3.0	C\$ 24.0
7	Golosos para zinc punta broca Φ1/4plg x 1plg	SINSA	unidades	8.0	C\$ 2.0	C\$ 16.0
8	Cable caja conexión - Protector TGP 2Lx10 AWG	SINTER	metros	2.0	C\$ 80.0	C\$ 160.0
9	Protector - controlador TGP 2Lx10 AWG	SINTER	metros	3.0	C\$ 80.0	C\$ 240.0
10	Tubo EMT eléctrico flex 1/2plg	SINSA	unidades	0.0	C\$ 35.0	C\$ 0.0
11	Conector recto 1/2plg para tubo flex	SINSA	unidades	0.0	C\$ 23.0	C\$ 0.0
12	Conector curvo con tapa registro	SINSA	unidades	0.0	C\$ 60.0	C\$ 0.0
13	Conector EMT compresión 1/2plg	SINSA	unidades	0.0	C\$ 15.0	C\$ 0.0
14	Curvas 90° EMT eléctrico 1/2plg	SINSA	unidades	0.0	C\$ 35.0	C\$ 0.0
15	Brida sinfin	SINSA	unidades	4.0	C\$ 35.0	C\$ 140.0
16	Bridas EMT 1/2plg	SINSA	unidades	8.0	C\$ 3.0	C\$ 24.0
17	Golosos para zinc punta broca Φ1/4plg x 1plg	SINSA	unidades	8.0	C\$ 2.0	C\$ 16.0

ELABORADO POR BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA.

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA  
COMUNIDAD LA “CARBONERA” EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO MADRIZ “**

<b>DESGLOSE ACCESORIOS ELECTRICOS</b>						
<b>Cableado entre control y bomba</b>						
1	Cable Sumergible Cobre TGP controlador - pozo 3L x 8 AWG	SINTER	metros	20.0	C\$ 180.0	C\$ 3,600.0
2	Cable Cobre sumergible pozo - bomba 3L x 8 AWG	SINTER	metros	90.0	C\$ 220.0	C\$ 19,800.0
3	Cable Cobre Multifilar 8AWG THHN/THWN (Verde)	SINTER	metros	110.0	C\$ 48.0	C\$ 5,280.0
4	Tape eléctrico ( Color Negro y Rojo marca 3 M )	SINSA	rollos	1.0	C\$ 180.0	C\$ 180.0
5	Tape eléctrico Vulcanizante	SINSA	rollos	1.0	C\$ 570.0	C\$ 570.0
6	Casquillos cobre No. 6AWG	SINSA	unidades	4.0	C\$ 25.0	C\$ 100.0
7	Caja de conexión	SINSA	unidades	1.0	C\$ 350.0	C\$ 350.0
8	Conector de barra	SINSA	unidades	4.0	C\$ 25.0	C\$ 100.0
9	Tubería conduit PVC 3/4plg	SINSA	tubos	6.0	C\$ 26.0	C\$ 156.0
10	Curvas conduit 3/4plg	SINSA	unidades	3.0	C\$ 10.0	C\$ 30.0
11	Conectores conduit 3/4plg	SINSA	unidades	6.0	C\$ 7.0	C\$ 42.0
12	Tubo EMT eléctrico flex 3/4plg	SINSA	unidades	2.0	C\$ 45.0	C\$ 90.0
13	Conector recto 3/4plg para tubo flex	SINSA	unidades	2.0	C\$ 23.0	C\$ 46.0
14	Conector curvo con tapa registro	SINSA	unidades	2.0	C\$ 60.0	C\$ 120.0
15	Conector EMT compresión 3/4plg	SINSA	unidades	3.0	C\$ 15.0	C\$ 45.0
16	Curvas 90° EMT eléctrico 3/4plg	SINSA	unidades	3.0	C\$ 35.0	C\$ 105.0
17	Brida sinfin	SINSA	unidades	4.0	C\$ 35.0	C\$ 140.0
18	Bridas EMT 3/4plg	SINSA	unidades	8.0	C\$ 3.0	C\$ 24.0
19	Golosos para zinc punta broca Φ1/4plg x 1plg	SINSA	unidades	8.0	C\$ 2.0	C\$ 16.0
20	Bridas EMT 3/4plg	SINSA	unidades	4.0	C\$ 3.0	C\$ 12.0
21	Golosos para zinc punta broca Φ1/4plg x 1plg	SINSA	unidades	4.0	C\$ 2.0	C\$ 8.0
22	Golosos para zinc punta broca Φ1/4plg x 1plg	SINSA	unidades	4.0	C\$ 2.0	C\$ 8.0
23	Espiches	SINSA	unidades	4.0	C\$ 5.0	C\$ 20.0
24	Junco de amarre		libras	1.0	C\$ 35.0	C\$ 35.0
<b>Sensor/Interruptor de Radiacion Solar</b>						
1	Pernos y arandelas Φ1/4 x 3/4 plg	SINSA	unidades	4.0	C\$ 5.0	C\$ 20.0
2	Cinchos plásticas 15plg resistente UV	SINSA	unidades	6.0	C\$ 5.0	C\$ 30.0
<b>Sensor de nivel pozo</b>						
1	Cable Cobre TSJ controlador - sensor bomba 2 x 14 AWG	SINSA	metros	110.0	C\$ 18.0	C\$ 1,980.0
2	Casquillos cobre No. 10AWG	SINSA	unidades	2.0	C\$ 5.0	C\$ 10.0
3	Cinchos plásticas 15plg resistente UV	SINSA	unidades	6.0	C\$ 5.0	C\$ 30.0
<b>Interruptor de presion</b>						
1	Cable Cobre TSJ controlador - interruptor presion 2 x 14 AWG	SINSA	metros	25.0	C\$ 18.0	C\$ 450.0
2	Casquillos cobre No. 10AWG	SINSA	unidades	2.0	C\$ 5.0	C\$ 10.0
3	Cinchos plásticas 15plg resistente UV	SINSA	unidades	6.0	C\$ 5.0	C\$ 30.0
<b>Protector de picos de tension para sensores</b>						
1	Cinchos plásticas 15plg resistente UV	SINSA	unidades	6.0	C\$ 5.0	C\$ 30.0
2	Pintura anticorrosivo Spray para contactos eléctricos	SINSA	unidades	1.0	C\$ 350.0	C\$ 350.0
					Total C\$ =	C\$ 40,645.0
					Tasa Cambio C\$ / U\$ =	29.10
					Total U\$ =	\$1,400.0

ELABORADO POR BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA.

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA  
COMUNIDAD LA “CARBONERA” EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO MADRIZ “**

**DESGLOSE ACCESORIOS HIDRAULICOS**

No.	Descripción	Proveedor	U/medida	Cantidad	C. Unit	C. Total
<b>Accesorios conexión Bomba</b>						
1	Niple HG 1 1/2plg x 4plg		unidades	1.0	C\$ 82.0	C\$ 82.0
2	Unión universal galvanizada 1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 225.0	C\$ 225.0
3	Niple HG Φ1 1/2plg x 2.5plg		unidades	1.0	C\$ 45.0	C\$ 45.0
4	Válvula de retención vertical 1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 469.0	C\$ 469.0
5	Adaptador macho PVC 1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 16.0	C\$ 16.0
<b>Tubería de transporte agua (de la bomba hasta tanque)</b>						
1	Tubería PVC Φ1 1/2plg SDR 17/ 250 PSI (143mts)		tubos	24.0	C\$ 330.0	C\$ 7,920.0
<b>Accesorios Sarta</b>						
1	Placa metálica 8x8x1/4plg		unidades	1.0	C\$ 180.0	C\$ 180.0
2	pernos expansión 3/8plgx2plg		unidades	2.0	C\$ 30.0	C\$ 60.0
3	Adaptador macho PVC 1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 16.0	C\$ 16.0
4	Unión Galvanizada 1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 90.0	C\$ 90.0
5	Niple HG 1 1/2plg x 2plg		unidades	1.0	C\$ 45.0	C\$ 45.0
6	Tee HG 1 1/2plg		unidades	2.0	C\$ 133.0	C\$ 266.0
7	Niple HG 1 1/2plg x 2plg		unidades	1.0	C\$ 45.0	C\$ 45.0
8	Reductor copa galvanizado 1 1/2plg - 1plg		unidades	1.0	C\$ 51.0	C\$ 51.0
9	Reductor bushing galvanizado 1plg - 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 16.0	C\$ 16.0
10	Válvula de pie desairadora 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 650.0	C\$ 650.0
11	Niple HG 1 1/2plg x 8plg		unidades	6.0	C\$ 158.0	C\$ 948.0
12	Unión universal galvanizada 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 225.0	C\$ 225.0
13	Niple HG Φ1 1/2plg x 11plg		unidades	1.0	C\$ 220.0	C\$ 220.0
14	reductor copa HG Φ1 1/2 - 1plg		unidades	1.0	C\$ 51.0	C\$ 51.0
15	Niple HG 1plg x 2plg		unidades	1.0	C\$ 60.0	C\$ 60.0
16	reductor copa HG Φ1 1/2 - 1plg		unidades	1.0	C\$ 51.0	C\$ 51.0
17	Niple HG 1 1/2plg x 2plg		unidades	1.0	C\$ 45.0	C\$ 45.0
18	Tee HG 1 1/2plg		unidades	2.0	C\$ 133.0	C\$ 266.0
19	Niple HG 1 1/2plg x 2plg		unidades	1.0	C\$ 45.0	C\$ 45.0
20	Reductor copa galvanizado 1 1/2plg - 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 51.0	C\$ 51.0
21	Reductor bushing HGΦ1/2 - 1/4plg		unidades	1.0	C\$ 30.0	C\$ 30.0
22	Niple HG 1 1/2plg x 2plg		unidades	1.0	C\$ 45.0	C\$ 45.0
23	Válvula de retención vertical 1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 469.0	C\$ 469.0
24	Niple HG 1 1/2plg x 4plg		unidades	1.0	C\$ 82.0	C\$ 82.0
25	Tee HG 1 1/2plg		unidades	2.0	C\$ 133.0	C\$ 266.0
26	Niple HG Φ1 1/2plg x 11plg		unidades	3.0	C\$ 220.0	C\$ 660.0
27	Válvula de gaveta bronce Φ1 1/2plg		unidades	2.0	C\$ 900.0	C\$ 1,800.0

ELABORADO POR: BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA  
COMUNIDAD LA “CARBONERA” EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO MADRIZ “**

28	Niple HG 1 1/2plg x 4plg		unidades	1.0	C\$ 82.0	C\$ 82.0
29	Codo HG 45° - 1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 100.0	C\$ 100.0
30	Niple HG Φ1 1/2plg x 20plg		unidades	1.0	C\$ 400.0	C\$ 400.0
31	Unión universal galvanizada 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 225.0	C\$ 225.0
32	Niple HG Φ1 1/2plg x 48plg		unidades	1.0	C\$ 600.0	C\$ 600.0
33	Codo HG 45° - 1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 100.0	C\$ 100.0
34	Adaptador macho PVC 1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 16.0	C\$ 16.0
35	Adaptador macho PVC 1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 16.0	C\$ 16.0
36	Válvula de flotador bronce Φ1 1/2plg		unidades	1.0	C\$ 1,200.0	C\$ 1,200.0
	<b>Poste anclaje sarta</b>					
1	Poste concreto anclaje sarta		unidades	1.0	C\$ 250.0	C\$ 250.0
2	Varilla corrugada 3/8plg para abrazaderas		unidades	1.0	C\$ 94.0	
	<b>Insumos</b>					
1	Pega PVC 1/4 Gal Gris		1/4 galón	1.0	C\$ 350.0	C\$ 350.0
2	Teflón cinta 19mm x 50mts		rollo	2.0	C\$ 140.0	C\$ 280.0
3	Chalac		bote	4.0	C\$ 120.0	C\$ 480.0
4	Pintura celeste fast dry (sarta y base de concreto pozo)		1/4 galón	2.0	C\$ 220.0	C\$ 440.0
5	Diluyente		litros	2.0	C\$ 68.0	C\$ 136.0
	<b>Cable de seguridad</b>					
1	Cable de acero inoxidable 3/16" con cubierta plástica		metros	90.0	C\$ 55.0	C\$ 4,950.0
2	Grilletes 1/4plg 199Kg		unidades	4.0	C\$ 21.0	C\$ 84.0
3	Armella ojo con tuerca 1/2plg x 6plg		unidades	1.0	C\$ 120.0	C\$ 120.0
4	Fijador rosca		unidades	1.0	C\$ 120.0	C\$ 120.0
					Total C\$ =	C\$ 25,947.8
					Tasa Cambio C\$ / U\$ =	19.10
					Total U\$ =	\$1,360.0

ELABORADO POR: BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA

**“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR PARA SUMINISTRAR AGUA POTABLE A LA  
COMUNIDAD LA “CARBONERA” EN EL MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO MADRIZ “**

<b>DESGLOSE GABINETE CONTROLADOR</b>						
No.	OPCION A	Justificación	Unid/medida	Cantidad	Unitario C\$	Total C\$
	<b>Gabinete</b>					
1	Angular 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8plg	Soportes controlador bomba 0.5mts x 2 = 1mts	metros	1.0		
2	Angular 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8plg	Caja de controles 0.5mts x 4 + 0.4mts x 4 + 0.6mts x 4	metros	6.0		
3	Angular 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8plg	puerta de controles 0.5mts x 2 + 0.6mts x 2	metros	2.2		
			Unidades	2.0	C\$ 353.0	C\$ 706.0
1	Lamina expandida 1/2plg	Gabinete resguardo controles	unidades	0.5	C\$ 850.0	C\$ 425.0
2	Lamina negra metálica lisa 1mm	Techo Gabinete resguardo controles 1mt x 1mt	unidades	1.0	C\$ 250.0	C\$ 250.0
3	Disco de corte metal 4.5plg		unidades	4.0	C\$ 100.0	C\$ 400.0
4	Disco de desbaste metal 4.5plg		unidades	1.0	C\$ 80.0	C\$ 80.0
5	Papel lija metal 80/100		unidades	4.0	C\$ 25.0	C\$ 100.0
6	Masilla plástica y catalizador		unidades	1.0	C\$ 400.0	C\$ 400.0
7	Bisagras		unidades	2.0	C\$ 60.0	C\$ 120.0
8	Remaches		Lbs	0.5	C\$ 100.0	C\$ 50.0
9	cerradura de gaveta gancho cromo		unidades	1.0	C\$ 200.0	C\$ 200.0
10	Pernos y arandelas $\Phi$ 1/4 x 3/4 plg		unidades	10.0	C\$ 3.0	C\$ 30.0
11	Golosos para zinc punta broca $\Phi$ 1/4plg x 1plg		unidades	6.0	C\$ 2.0	C\$ 12.0
12	pernos expansión 3/8plg x 3plg	Anclaje gabinete	unidades	4.0	C\$ 30.0	C\$ 120.0
13	Señalización	señales de aviso seguridad eléctrica	unidades	2.0	C\$ 120.0	C\$ 240.0
14	Varilla para soldar $\Phi$ 1/16plg		libras	2.0	C\$ 58.0	C\$ 116.0
15	Pintura Fast Dry Gris claro		cuarto galón	2.0	C\$ 220.0	C\$ 440.0
16	Diluyente		litros	4.0	C\$ 68.0	C\$ 272.0
17	Transporte compras materiales		Varios	1.0	C\$ 200.0	C\$ 200.0
18	Energía		Varios	1.0	C\$ 200.0	C\$ 200.0
19	Mano de Obra de construcción		Varios	1.0	C\$ 2,000.0	C\$ 2,000.0
					Sub.Total C\$ =	C\$ 6,361.0
					IVA =	C\$ 954.2
					Total C\$ =	C\$ 7,315.2
					Tasa de cambio C\$/U\$	29.10

ELABORADO POR: BR. SILVIO ARIAS. BR. MAURICIO CRUZ. BR. DOUGLAS GARCÍA