



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM–Estelí

Dimensionado de un Sistema de Bombeo Solar Fotovoltaico para
abastecimiento de agua potable en la comunidad Quebrada
Arriba, Pueblo Nuevo

Trabajo de seminario de graduación para optar

Al grado de

Ingeniero en Energías Renovables

Autores

Ader Abiel Gutiérrez Maldonado

Alexis Reynaldo Tercero Ubau

Meylin del Carmen Videa Rodríguez

Tutor

Dr. Edwin Antonio Reyes Aguilera

Estelí, 07 de febrero del 2023



Estelí, seis de febrero de 2023

M.Sc Josue Thomas Urrutia Rodríguez
Director del departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud
FAREM-Estelí, UNAN-Managua

Reciba mis más respetuosos saludos.

Por este medio estoy autorizando la presentación en defensa del tema de monografía titulado: **Dimensionado de un Sistema de Bombeo Solar Fotovoltaico para abastecimiento de agua potable en la comunidad Quebrada Arriba, Pueblo Nuevo**, que se inscribe en la línea de investigación: N°4. Ingeniera, Industria y construcción, sub línea IIC-1: Innovación, Tecnología y medio ambiente con la temática IIC-1.1 Energía Renovable de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN – MANAGUA) /Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM – ESTELÍ).

Este trabajo ha sido realizado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables:

Nombres y Apellidos	Número de Carnet
Ader Abiel Gutiérrez Maldonado	04631410
Alexis Reynaldo Tercero Ubau	15052900
Meylin del Carmen Videa Rodríguez	18512160

Atentamente,

Dr. Edwin Antonio Reyes Aguilera

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0996-1567>

FAREM – Estelí, UNAN -Managua

Dedicatoria

Este estudio lo hemos realizado con gran anhelo y esfuerzo por tal razón lo dedicamos **primeramente a Dios**, por ser nuestro creador y ser supremo, y por permitirnos concretar nuestra monografía de grado luego de varios años de estudios de ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN MANAGUA.

A nuestros padres por tener fe en nosotros brindándonos su confianza, apoyo y amor incondicional.

A nuestro tutor el Dr. Edwin Antonio Reyes Aguilera que con su ayuda hemos logrado una meta más en nuestras vidas.

Agradecimiento

A Dios que nos permitió la culminación de nuestra carrera, concediéndonos el conocimiento, la salud y los recursos necesarios que hicieron posible terminar nuestros estudios.

A nuestros Padres que se esfuerzan días a día dándonos su apoyo incondicional de muchas maneras. Por creer en nosotros y esperar con paciencia viendo con fe lo que hoy hemos logrado.

A nuestro tutor de tesis el Dr. Edwin Antonio Reyes Aguilera, por cada conocimiento e instrucción que nos compartió, no solo en la investigación sino a través de los años de nuestra carrera.

A todos nuestros maestros que siempre nos ayudaron de forma incondicional, pero sobre todo por su bondad y disposición para enseñarnos sus conocimientos.

A las autoridades de UNAN MANAGUA /FAREM Estelí por abrimos las puertas y por su apoyo en todo lo necesario.

Resumen

Esta investigación tuvo el propósito de dimensionar un mini acueducto de bombeo solar fotovoltaico que contribuya a una mejor calidad de vida a los habitantes de la comunidad Quebrada Arriba, Pueblo Nuevo. El método que se utilizó es observacional, según su enfoque filosófico es cuantitativo, de corte transversal y de acuerdo a su nivel de profundidad es descriptivo. Se utilizó la encuesta y el uso del programa SPSS para el análisis de condiciones actuales de la comunidad en referencia a factores organizativos, económicos, higiene y satisfacción del sistema de abastecimiento actual. Se obtuvo como resultado la falta de una red de distribución hidráulica para mejorar el abastecimiento. El resultado de satisfacción hacia el agua del pozo es bueno, lo que coincide con los resultados de los análisis bacteriológicos y fisicoquímicos del agua. Los parámetros físicos y químicos de los recursos sol y agua como las características del pozo y la infraestructura básica de la zona de estudio utilizados para el dimensionado general del mini acueducto del SBSFV, concluyó que este proyecto sea factible con una red hidráulica para puestos de agua (grifos) públicos, permitiendo un mejor acceso al agua.

Palabras Clave: sistema de bombeo, abastecimiento de agua, mini acueducto, agua potable

INDICE

CAPITULO I	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.2.1 Caracterización del problema.....	11
1.2.2 Delimitación del problema	12
1.2.3 Formulación del problema	12
1.2.4 Sistematización del problema.....	13
1.3 JUSTIFICACIÓN	13
1.4 OBJETIVOS	15
1.4.1 Objetivo General	15
1.4.2 Objetivos Específicos.....	15
CAPITULO II	16
2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACION	16
2.1.1 Antecedentes internacionales	16
2.1.2 Antecedentes nacionales	17
2.2 Marco Teórico.....	18
2.2.1 Generación de Energía Fotovoltaica	18
2.2.2 Energía solar fotovoltaica.....	22
2.2.3Módulo fotovoltaico.....	23
2.2.4 Ubicación e Instalación de Sistemas Fotovoltaicos	30
2.2.5 Sistemas de Bombeo Fotovoltaicos.....	30
2.2.6 Componentes de un sistema de bombeo solar.....	33
2.2.7 Ventajas y Desventajas de Sistema de Bombeo Solar Fotovoltaico	47
2.2.8 Almacenamiento de agua	48
2.2.9 Sistema de agua potable y sus componentes	49
2.2.10 Mini Acueducto por bombeo eléctrico (MABE).....	61
2.2.11 Diseño de los componentes del sistema MABE.....	62
2.2.11 Mantenimiento Preventivo	68
2.2.12 Dimensionamientos de componentes del Sistema de bombeo	72
2.3 Hipótesis.....	76
CAPITULO III. DISEÑO METODOLOGICO	77
3.1 Tipo de Estudio	77
3.2 Área de Estudio	78

3.2. 1 Ubicación geográfica.....	78
3.2.2 Área de conocimiento.....	79
3.3 Universo y Muestra	79
3.3.1 Universo y muestra.....	79
3.4 Matriz de Operacionalización de Variables	80
3.5 Métodos técnicas e instrumentos para la recolección de Datos e información.	82
3.6 Procedimiento de recolección de datos de la información	82
3.7 Plan de Tabulación y Análisis Estadístico	83
CAPITULO IV.....	84
4.1. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	84
4.2. Propiedades Físico-químicas y Bacteriológicas del agua.....	98
4.3 Dimensionado del Sistema de Bombeo Solar Fotovoltaico Comunidad Quebrada Arriba-Pueblo Nuevo	103
4.4 Diseño de la línea de conducción.....	109
4.5 Estudio Financiero.....	112
CAPITULO V	119
5.1 Conclusiones	119
5.2 Recomendaciones.....	119
5.3 Bibliografía	122
5.4 Anexos.....	128

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interacción de la radiación solar con la atmósfera.....	19
Figura 2. Ángulo azimut.....	20
Figura 3. Radicación solar en la comunidad Quebrada Arriba	21
Figura 4. Representación del efecto fotovoltaico.....	22
Figura 5. Módulo silicio mono cristalino	24
Figura 6. Módulos Monocristalinos y Policristalinos.	25
Figura 7. Conexión en paralelo	26
Figura 8. Conexión en paralelo de 4 módulos.....	27
Figura 9. Conexión en serie.....	27
Figura. 10 Conexión en serie de 4 módulos	28
Figura 11. Conexión en serie – paralelo.....	29
Figura 12. Sistemas Aislados	30
Figura 13. Sistema de bombeo solar directo	31
Figura 14. Esquema de suministro a balsa	32
Figura 15. Esquema de bombeo directo.	33
Figura 16. Esquema de una bomba centrífuga superficial	35
Figura 17. Esquema de una bomba centrífuga sumergible.....	35
Figura 18. Esquema de una bomba volumétrica de cilindro	36
Figura 19. Esquema de una bomba de diafragma sumergible.....	37
Figura 20. Esquema de sistema fotovoltaico.....	39
Figura 21. Estructura de soporte para paneles solares fotovoltaicos.....	41
Figura 22. Arreglo Fotovoltaico.....	46
Figura 23. Ubicación de la comunidad Quebrada Arriba.....	78
Figura 24. Edad	85
Figura 25. Porcentaje de habitar en la comunidad	86
Figura 26. Nivel académico aprobado.....	87
Figura 27. Aporte de otros ingresos	88
Figura 28. Ingreso económico por mes	89
Figura 29. Costo del último recibo eléctrico	90
Figura 30. Ocupación o trabajo actual	91
Figura 31. Grado de satisfacción de abastecimiento del pozo.....	91
Figura 32. Usos del agua en el hogar	92
Figura 33. Calidad del agua el pozo	96
Figura 34. Estado del servicio sanitario	98
Figura 35. Esquema del mini acueducto bombeo solar fotovoltaico.....	105
Figura 36. Pozo comunitario Quebrada Arriba	132
Figura 37. Recolección de muestra	132
Figura 38. Encuesta a habitantes de la comunidad.....	133
Figura 39. Esquema de pila de almacenamiento	133
Figura 40. Esquema de mini acueducto del SBSFV	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Radiación solar en la comunidad Quebrada arriba al año	21
Tabla 2. Principales características, ventajas y desventajas de las bombas fotovoltaicas	38
Tabla 3. Tensiones	39
Tabla 4. Ventajas y Desventajas de Sistemas de Bombeo Solar Fotovoltaico	47
Tabla 5. Mantenimiento Preventivo	71
Tabla 6. Matriz de operación de variables	80
Tabla 7. Sexo o género de habitantes	84
Tabla 8. Aportes al gasto del hogar	87
Tabla 9. Cuántos trabajan en el hogar	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10. Valoración de mantenimiento del agua del pozo comunitario	93
Tabla 11. Registro de miembros pertenecientes a alguna organización	93
Tabla 12. Tipos de organizaciones que participan	94
Tabla 13. Número de participantes en cada hogar en organizaciones	94
Tabla 14. Participaría en organización para proyecto de agua y saneamiento	95
Tabla 15. Control de calidad, análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua que consume por algún organismo o institución	95
Tabla 16. Existe un sistema de cloración para el agua del pozo comunitario	96
Tabla 17. Malestar al consumir agua del pozo comunitario	97
Tabla 18. Tipo de servicio sanitario	97
Tabla 19. Cuenta con agua potable casi siempre	98
Tabla 20. Resultados de parámetros bacteriológicos del agua del pozo	99
Tabla 21. Análisis físico-químicos del agua	100
Tabla 22. Calificación de agua según la dureza	102
Tabla 23. Calidad del agua aceptable	102
Tabla 24. Demanda de agua por personas al día (l/día)	103
Tabla 25. Datos técnicos de la bomba seleccionada	106
Tabla 26. Selección de módulo solar fotovoltaico	107
Tabla 27. Diámetro x Caudal de bombeo l.	109
Tabla 28. Perdidas por accesorios	110
Tabla 29. Presupuesto del sistema de bombeo Fotovoltaico	112
Tabla 30. Presupuesto del sistema de distribución	113
Tabla 31. Presupuesto de tanque de almacenamiento de agua potable	115
Tabla 32. Presupuesto total del sistema	118

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial y necesario para todos ya que de él depende todo tipo el desarrollo a nivel mundial, desde el desarrollo de un pequeño hogar hasta los grandes consumidores del mundo como la agricultura, el comercio y la industria. Sin embargo, su escasez es una realidad que avanza en todo el mundo, por tal razón se está luchando a través de diferentes organizaciones mundiales y métodos alternativos y sostenibles para mitigar esta problemática, según la UNESCO(2022), a medida que el planeta se adapte al cambio climático y al crecimiento demográfico, las aguas subterráneas desempeñarán una función esencial para satisfacer la creciente demanda de alimentos y agua potable. Sin embargo, este recurso esencial se enfrenta a graves riesgos, como una protección inadecuada y una contaminación a veces irreversible.

En el año 2022 el día mundial del agua que es 22 de marzo se celebra bajo el lema Agua subterránea “hacer visible el recurso invisible”, y es que este vital líquido es muy importante para la vida, pues sin él no sería posible la sobrevivencia en la tierra. Según las Naciones Unidas (2022), la mayoría de las zonas áridas y aisladas del planeta dependen por completo de este recurso, que suministra una gran proporción del agua que utilizamos para fines de consumo, saneamiento, producción de alimentos y procesos industriales. A través de tecnologías renovables y responsables al cuidado del medio ambiente es posible obtener este recurso de manera sostenible.

EOS POWER(2018), menciona que el uso de la energía solar aplicado en el bombeo de agua es especialmente útil en zonas rurales donde no hay disponibilidad de energía eléctrica. La actual tendencia es que el bombeo de agua mediante tecnología fotovoltaica es rentable frente a otras tecnologías como las bombas de queroseno, diésel o gasolina.

Los sistemas de bombeo solar Fotovoltaico para agua potable son una de las tecnologías a pequeña escala que se están implementando, ya que permite extraer y trasportar este vital líquido, sobre todo en lugares remotos o aislados de la interconexión de redes eléctricas e hidráulicas de los pueblos o ciudades.

En esta investigación se dimensiono un sistema de bombeo solar fotovoltaico y su red de distribución hidráulica para abastecimiento de agua potable en la comunidad Quebrada Arriba, Pueblo Nuevo. Se propuso diseñar una red hidráulica que se dimensiono desde el pozo comunitario hasta puestos de abastecimiento (grifos) públicos en los puntos más accesibles para las viviendas más alejadas. El propósito es aprovechar el recurso solar que brinda los parámetros requeridos para este sistema, además de aprovechar la abundante agua que existe en el pozo comunitario de manera sostenible y responsable.

A través del desarrollo de este sistema de bombeo solar se da respuesta a las necesidades de abastecimiento de agua potable que presentan las familias, como también la falta de una fuente energética sostenible, económica, y una red hidráulica que les permita tener agua más cerca de sus viviendas. Esto permitirá un impacto social y ambiental positivo, ya que la buena gestión del agua y su saneamiento trae desarrollo integral.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Caracterización del problema

El agua es uno de los recursos naturales más fundamentales para la sobrevivencia, ya que juega un papel muy importante en todo el desarrollo integral, según FAO (2019); la escasez de agua afecta ya a todos los continentes. Cerca de 1.200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial, vive en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación. Otros 1.600 millones, alrededor de un cuarto de la población mundial, se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua, donde los países carecen de la infraestructura necesaria para transportar el agua desde ríos y acuíferos.

Si bien se ha conseguido progresar de manera sustancial a la hora de ampliar el acceso a agua potable y saneamiento, todavía existen familias (principalmente en áreas rurales) que aún carecen de estos servicios básicos. En todo el mundo, una de cada tres personas no tiene acceso a agua potable salubre, dos de cada cinco personas no disponen de una instalación básica destinada a lavarse las manos con agua y jabón, y más de 673 millones de personas aún defecan al aire libre.

Nicaragua, es un país rico en recursos hídricos superficiales y subterráneos, sin embargo, el 31% de las personas que viven en zonas rurales no tienen acceso a este recurso vital. Y es que, a pesar de contar con recursos hídricos, las fuentes de agua están siendo contaminadas por los vertidos de un número importante de sistemas de agua y saneamiento urbanos que carecen de sistemas de tratamiento, viéndose afectados tanto por la utilización de pesticidas y agroquímicos en áreas de cultivos y los desechos industriales.

Quienes más sufren el impacto de la escasez de agua y saneamiento son las mujeres. Y es que quien lleva la responsabilidad tradicional en la familia del uso y administración del recurso, son ellas, ya que tienen a su cargo la satisfacción de las necesidades primarias del núcleo familiar, afectadas en las tareas de recolección, aprovisionamiento y manejo del agua en los espacios domésticos.

1.2.2 Delimitación del problema

El agua es un derecho humano, que se otorga a todos(as) el derecho a tener agua en cantidad suficiente, segura, aceptable, accesible y asequible para usos personales y domésticos. No obstante, los habitantes de la comunidad de Quebrada Arriba tienen gran dificultad para obtener agua potable, debido a la falta de una red de distribución hidráulica que abastezca sus viviendas, por lo que su única opción de obtenerla es de un único pozo, que, aunque es agua subterránea adecuada para el consumo humano; su obtención es de forma tediosa por la gran inversión de tiempo entre este y sus viviendas.

Según datos de censo realizado por la alcaldía de Pueblo Nuevo, la comunidad de Quebrada Arriba cuenta con una población total de 306 personas, alrededor de 84 familias solo en el año 2022. La falta de acceso a agua potable ha sido un factor influyente al detener las actividades diarias y económicas de los pobladores de la comunidad. Quebrada Arriba tiene una expansión territorial extensa por lo que hay familias que viajan a pie o en carretas para abastecerse del agua del pozo comunitario, además la dificultad que se les adjunta con caminos malos y montañosos, situación que no les permite progresar.

1.2.3 Formulación del problema

A partir de la caracterización y delimitación del problema antes expuesto, se plantea la siguiente pregunta principal del presente estudio:

¿Cómo dimensionar un mini acueducto de bombeo solar fotovoltaico que contribuya a la mejora de calidad de vida de los habitantes de la comunidad Quebrada Arriba, Pueblo Nuevo, 2022?

1.2.4 Sistematización del problema

1. ¿Cómo diagnosticar las condiciones actuales de la comunidad en referencia a factores organizativos, económicos, higiene y satisfacción del sistema de abastecimiento actual?
2. ¿Cómo identificar las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua para consumo humano de la comunidad Quebrada Arriba, Pueblo Nuevo?
3. ¿Cómo proponer un mini acueducto de bombeo solar fotovoltaico para abastecer con agua potable las viviendas de la comunidad Quebrada Arriba?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La energía eléctrica y el agua potable son servicios necesarios que permiten el desarrollo de cierto lugar determinado, aparte que es de suma utilidad para realizar las actividades diarias; no obstante, se requiere de un aprovechamiento óptimo, considerando su escasez en algunas zonas.

Actualmente, con la introducción de diversas tecnologías mediante la creación de prototipos de sistemas de riego y almacenamiento que se pueden utilizar con eficacia en el uso efectivo del vital líquido no solo para consumo, sino también para asegurar la producción de calidad. Para mejorar la gestión del agua en las actividades domésticas, es necesario hacer implementación de estos nuevos métodos de almacenamiento, mantenimiento y extracción de recursos, con un impacto positivo en la sociedad para las zonas rurales donde los habitantes desean mejorar su calidad de vida.

En base a los criterios mencionados en los párrafos anteriores, es que se fundamenta la decisión de dimensionar un sistema de bombeo de agua en la comunidad Quebrada Arriba

del municipio de Pueblo Nuevo, que funcione a través de energía solar fotovoltaica, con el propósito de dar solución a la comunidad con fuentes renovables.

Por lo que, este estudio propone un sistema de bombeo solar fotovoltaico con su red hidráulica de distribución es decir con el dimensionamiento de un mini acueducto. Este sistema es más amigable con el medio ambiente y su ecosistema sustituyendo a los de bombeo que dependen de la energía obtenida de los combustibles o fuentes energéticas convencionales para su funcionamiento, además estos no solo son un gasto económico para las familias de escasos recursos sino un problema para su salud y contaminación al medio ambiente por sus emisiones de CO₂.

La importancia de proponer y dimensionar este proyecto está enfocada al beneficio de los habitantes de la comunidad, implementando un método de abastecimiento y distribución en el que las familias puedan poseer el vital líquido más cerca de sus hogares para sus diferentes actividades, por ende, el transporte y mantenimiento quedan reducidos, en condiciones de calidad y continuidad.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Dimensionar un mini acueducto de bombeo solar fotovoltaico que contribuya a la mejora de calidad de vida de los habitantes de la comunidad Quebrada Arriba, Pueblo Nuevo, 2022

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Diagnosticar las condiciones actuales de la comunidad en referencia a factores organizativos, económicos, higiene y satisfacción del sistema de abastecimiento actual.
2. Identificar las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua para consumo humano de la comunidad Quebrada Arriba, Pueblo Nuevo.
3. Proponer un mini acueducto de bombeo solar fotovoltaico para abastecimiento de la comunidad.

CAPITULO II

2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACION

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Peralta (2018), argumenta en su estudio experimental de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en corriente continua, con el objetivo de realizar un estudio experimental para la generación de energía eléctrica utilizando un sistema solar fotovoltaico en corriente continua, donde obtuvo resultados que se dividen en tres componentes: Potencial energético de la zona, desempeño del sistema de bombeo y análisis del proceso de transformación de la energía eléctrica. En su investigación concluyó que el potencial energético de la localidad de Uraca, es zona apta para la instalación de sistemas fotovoltaicos, permitiendo el aprovechamiento de recursos renovables y reducción de emisión de gases tóxicos.

De acuerdo con Martínez (2020), en su estudio de propuesta de diseño de un sistema de bombeo a base de energía solar mediante la aplicación de la teoría fundamental conociendo los conceptos principales y el funcionamiento del equipo de bombeo desarrollando un modelo experimental, posteriormente analizar la diferencia económica entre un sistema de bombeo solar y un sistema de bombeo a gasolina, argumenta que el resultado obtenido se comprobó que los valores son similares a las curvas de operación del fabricante y el equipo cumple con las características de caudal y potencia, para determinar el tamaño de la bomba y los paneles necesarios para su funcionamiento. Obtuvo los puntos de operación de la bomba, las mediciones de caudal, voltaje y corriente que realizaron durante 3 días utilizando paneles solares de 250W.

Según Acosta (2020), en su estudio para la integración de energías fotovoltaica en sistemas de riego en cultivos de cítricos para la reducción de consumo energético en Girón, del cual su propósito está en dimensionar un sistema fotovoltaico para riego, con el fin de disminuir los costos de energía en una hectárea de cultivo de cítricos en Girón, e integrarlo con los sistemas actuales de los usuarios. La metodología que se llevó a cabo para el desarrollo del proyecto consiste en 3 fases, con todo este estudio se logró que , al dimensionar el sistema fotovoltaico de bombeo, se encontró que el más adecuado a utilizar en las veredas de estudio,

para satisfacer las necesidades netas de riego, a una altura estandarizada de 40 m; es el sistema compuesto por la bomba Lorentz PS2-1800 C-SJ5-12, con una eficiencia mayor al 47%, y la potencia fotovoltaica determinada para esta altura es de 1.525 W. Siendo la selección de la bomba, el aspecto técnico más crítico de dimensionado. Además, con la implementación de los sistemas de bombeo fotovoltaico, se beneficiarían alrededor de 104 familias del municipio de Girón, que podrán mejorar la productividad por la satisfacción del total de necesidades de riego, y la disminución del costo de bombeo en una hectárea de cultivo de limón.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Conforme a Campos (2016), en su estudio de Tecnologías de la información e información aplicadas al diseño de redes de agua potable con sistema solar fotovoltaico para el bombeo; con el objetivo de facilitar la utilización de herramientas Tecnológicas de Información y Comunicación en el cálculo y diseño de redes de agua potable para suministro de energía fotovoltaica aplicada al bombeo de agua en comunidades rurales, para el diseño de un modelo de evaluación integral; Como producto del proceso utilizando las TIC's en la aplicación del diseño, se creó una propuesta de red de agua potable para las comunidades del Barro y El Caracol, con una longitud de 4439.04 m de línea de distribución, igualmente se demostró que con el uso de un celular de alta gama (utilizando las App adecuadas para el levantamiento topográfico), y el procesamiento de datos (desde software característicos por medio de un computador se reduce los tiempos de trabajo de campo, equipos y personal especializado, además de los altos costos de inversión para estos estudios previos.

Según Fuentes (2017), en su estudio de Modelo de evaluación integral sostenible para los sistemas de bombeo solar fotovoltaicos en comunidades rurales: El Limón y El Lagartillo, cuyo objetivo está relacionado a la evaluación del funcionamiento de los sistemas de bombeo fotovoltaico y su impacto en la población de estas comunidades, para el diseño de un modelo de evaluación integral sostenible desde el punto de vista organizativo y técnico; encontró que se lograron resultados que evidencian que el proceso de organización y gestión es un instrumento eficaz que contribuye al funcionamiento correcto de un sistema de agua potable comunitario.

2.2 Marco Teórico

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

2.2.1 Generación de Energía Fotovoltaica

El proceso sistemático de evaluación de un sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica tiene un especial interés por implica el aprovechamiento de los recursos naturales para ser utilizados como un elemento de cambio significativo en sitios aislados. Por lo que según Ocaña (2014), “este tipo de tecnología ha demostrado a lo largo de los años ser un modo efectivo de suministro de agua potable para usuarios y comunidades rurales, así como para aplicaciones agrícolas (irrigación) y ganaderas (abrevaderos)”.

2.2.1.1 Radiación Solar y su Aprovechamiento

El Sol, es una fuente inagotable de energía, debido a las reacciones nucleares; nuestra planeta recibe en el exterior de su atmósfera una potencia total de $1.73 \cdot 10^{14}$ kW. La energía solar que cae en la superficie terrestre, tiene una distribución temporal muy variable, por lo que además de variar, la insolación máxima diaria (horas en las que el Sol está por encima del horizonte del lugar), es en cierta forma atenuada por la composición instantánea de la atmósfera que atraviesa; por lo que solo el 47% en término medio de la radiación incidente sobre la atmósfera terrestre alcanza la superficie del planeta. De este, el 31% es la radiación que lo hace de forma directa y el otro 16% se dispersa por el polvo en suspensión, vapor de agua y distintas moléculas presentes en el aire (Figura 1). La energía restante, un 53%, es reflejada hacia el espacio exterior o absorbida en la atmósfera (Joachín Barrios, 2008).

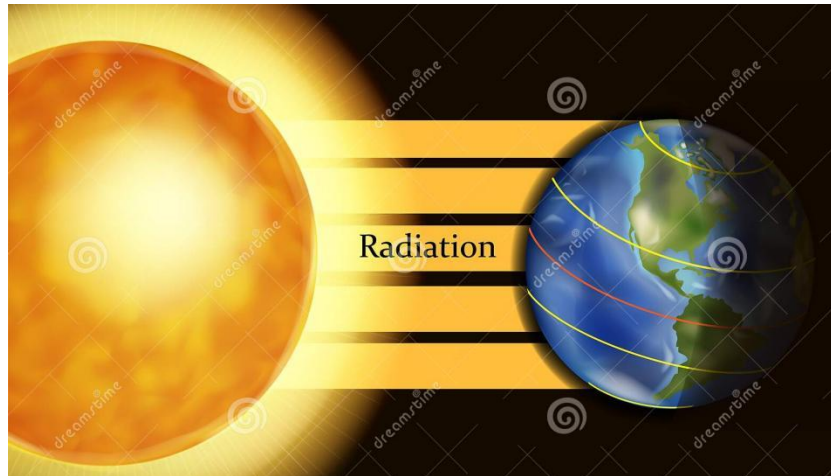


Figura 1. Interacción de la radiación solar con la atmósfera

Fuente: (Google, Google Fotos, 2022)

En un instante determinado, la potencia de la radiación solar que se recibe sobre un metro cuadrado de superficie, se conoce como irradiación (I_s) y se expresa en W/m^2 . Se denomina constante solar (S_s), al valor de la radiación solar en un plano exterior a la atmósfera y perpendicular a los rayos del Sol, para una distancia media Tierra-Sol. El valor determinado por la NASA indica que la constante solar es $1367 W/m^2$ (NASA, 2016).

Componentes de la Radiación en Superficie

La atmósfera terrestre se compone de gases, nubes y partículas sólidas en suspensión, los cuales son culpables de la atenuación de la radiación que se origina debido a los fenómenos físicos de absorción, reflexión y refracción que la radiación solar sufre a medida que atraviesa la masa de aire.

Como resultado de la interacción de la radiación solar con la atmósfera la energía que llega a la superficie tiene diferentes componentes:

- **Radiación directa:** no ha sufrido ninguno de los citados fenómenos y llega a la superficie en la dirección del disco solar.
- **Radiación difusa:** procede del resto de direcciones de la bóveda celeste.
- **Radiación reflejada:** un captador inclinado también puede recibir radiación previamente reflejada en el suelo.
- **Radiación global:** el conjunto de radiaciones que alcanza la superficie.

- **Angulo azimut solar:** El azimut solar ψ , es el ángulo formado por el meridiano del sol, y el meridiano del lugar; en el hemisferio Norte se toma la dirección sur como referencia de 0° y en el hemisferio sur se toma la dirección norte como referencia (figura 2). El azimut solar posee valores positivos de 0° a 180° hacia el oeste y negativos 0 a -180° hacia el Este. La elevación solar γ , es el ángulo que forman los rayos del sol, con respecto al horizontal. Su valor máximo viene definido por la ecuación:

Siendo φ la latitud del lugar y δ la declinación solar. Con ello se observa que cuanto mayor sea la latitud del lugar, menor será la elevación solar y, por tanto, más oblicuos incidirán los rayos solares; por otra parte, en el solsticio en el verano la elevación será mucho mayor que en el solsticio del invierno, puesto que, como ya se ha dicho, la declinación oscila entre $23,45$ y $-23,45^\circ$.

Como veremos, la consideración de estos ángulos es imprescindible para aprovechar lo más posible la energía radiante del Sol. La elevación determinará la inclinación óptima de los paneles solares y el azimut será clave en su adecuada orientación (Moro Vallina, 2010).

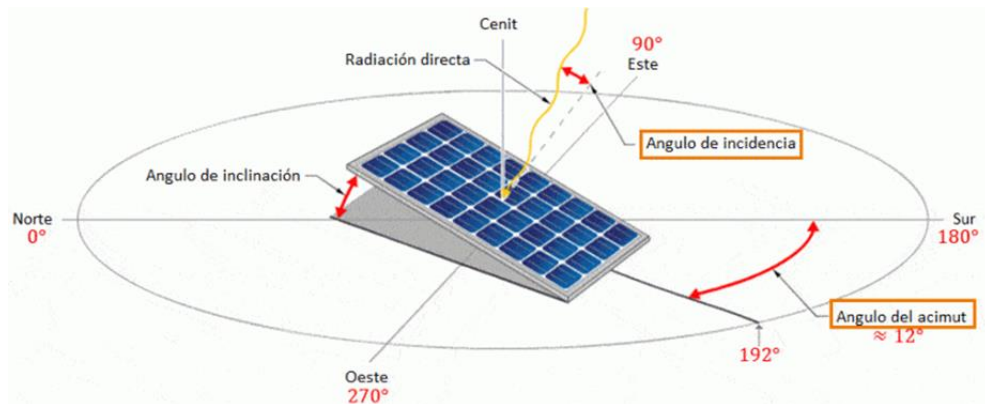


Figura 2. Ángulo azimut

Fuente: (Google, Google Fotos, s.f.)

❖ Mapa de radiación solar de la zona

Las estimaciones de rendimiento de energía solar específicas del sitio disponibles a través del Atlas Solar Global son adecuadas para estudios preliminares, ya que consideran valores predeterminados para muchos factores que son importantes para el diseño de un sistema fotovoltaico.

Los datos que se pueden ver (figura 3) y (tabla 1), especifican la irradiación solar de la zona de Quebrada Arriba, Pueblo Nuevo.

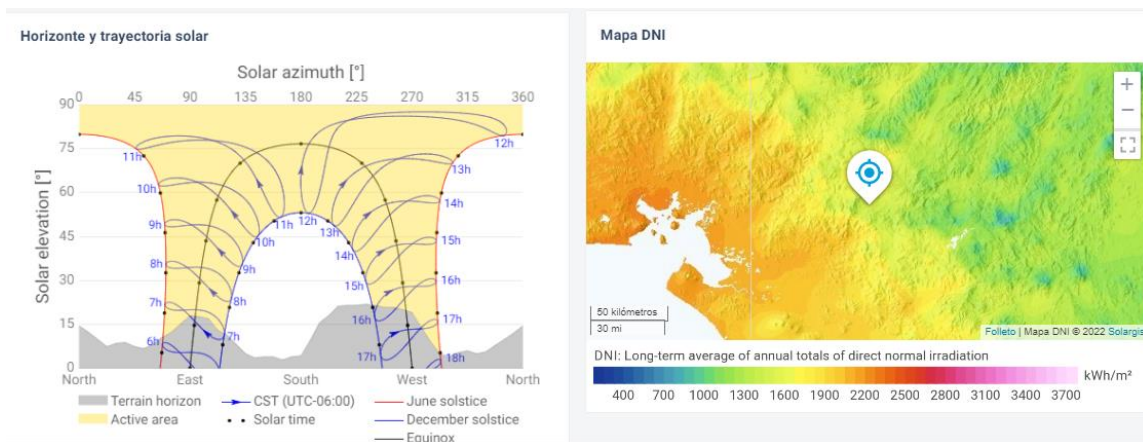


Figura 3. Radiación solar en la comunidad Quebrada Arriba

Fuente: [Global Solar Atlas](#)

Radiación solar

Tabla 1. Radiación solar en la comunidad Quebrada arriba al año

DATOS POR AÑO	
Salida de potencia fotovoltaica específica	1536.8 kWh/kW _p por día
Irradiación normal directa	1374.3 kWh/m ² por día
Irradiación horizontal difusa	846.7 kWh/m ²
Irradiación inclinada global en ángulo óptimo	1922.5 kWh/m ² por día
Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos	15°
Temperatura del aire	24.8°C
Elevación de terreno	635 M

2.2.2 Energía solar fotovoltaica

La energía solar es la energía obtenida directamente del sol. La radiación solar incidente en la tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar, o directamente a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo; pues es un tipo de energía renovable y limpia, lo que se conoce como energía verde.

El sistema fotovoltaico permite la transformación de la energía solar en energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos. Crean una diferencia de voltaje mediante la absorción de luz solar, que al conectar una carga produce una corriente eléctrica que provoca realizar un trabajo en ella. La cantidad de corriente que se produce es proporcional al flujo luminoso que recibe el panel fotovoltaico. En la (figura 4), se representa el efecto fotovoltaico donde una celda solar recibe y transforma la energía solar creando una diferencia de voltaje que alimenta un foco.

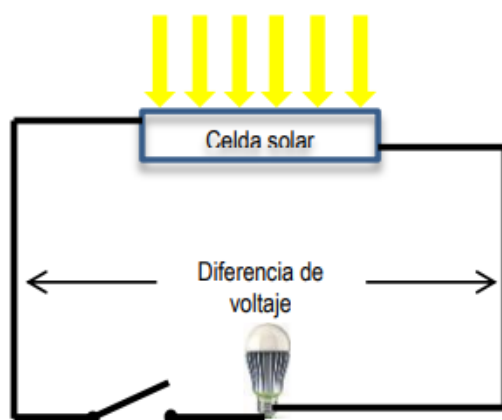


Figura 4. Representación del efecto fotovoltaico

Fuente: (Google, Google Fotos, s.f.)

Para tal efecto Fernández, J (2010), afirma que “La energía solar fotovoltaica corresponde a un sistema directo de conversión, ya que los fotones de la radiación solar interactúan de modo directo sobre los electrones del captador fotovoltaico para dar lugar al efecto fotoeléctrico y, en él, a la generación de corriente eléctrica” (p. 41). Por lo que el componente básico del sistema es la célula solar o celda solar.

El efecto fotovoltaico, se basa en la capacidad de los electrones de un material para excitarse y promocionar a un nivel energético superior. Existen dos niveles o bandas de energía, denominadas banda de conducción y banda de valencia, a la separación entre ambos niveles

se les conoce como gap de energía, los materiales semiconductores, tienen la característica de poseer una pequeña separación, por lo que el efecto fotoeléctrico que se genera en las celdas fotovoltaicas, debido a la incidencia de los fotones sobre dichas celdas permiten que los electrones se separen de sus átomos, convirtiéndose en energía útil que sirve para alimentar la demanda de potencia de los distintos dispositivos de consumo eléctrico.

Existen múltiples aplicaciones para el aprovechamiento de la energía fotovoltaica, entre las que se encuentran energía para bombeo de agua, iluminación de hogares e instalaciones industriales, energía para dispositivos motrices de cualquier tipo.

2.2.3Módulo fotovoltaico

De acuerdo con Torres Pacheco, Jurado Pérez, Granados Liberman, y Lozano Luna (2018), las celdas solares o fotovoltaicas son convertidores de energía en forma de radiación electromagnética a energía eléctrica. Una vez que esta radiación hace contacto con el material semiconductor, éste la transforma en energía eléctrica en forma de corriente continua. La celda solar tiene la capacidad de generar un voltaje que resulta bajo para la mayoría de las aplicaciones, esto quiere decir que se requieren de varias celdas para generar la potencia suficiente y que se logran mediante las conexiones en serie y paralelo. Deben protegerse de los golpes y condiciones ambientales para evitar su degradación, por lo cual son encapsuladas formando una nueva estructura que es llamada módulo fotovoltaico (FV). Se conectan para reunir condiciones a diferentes sistemas de generación de energía y que sean compatibles con las necesidades y estándares del mercado. La figura 5 muestra uno de los tipos de módulo de silicio mono cristalino que se han encontrado en el mercado.



Figura 5. Módulo silicio mono cristalino

Fuente: (Google, Google Fots, s.f.)

Los componentes que forman el módulo son un conjunto de celdas que se conectan entre sí para producir un voltaje y corriente deseado. Las celdas son laminadas entre polímeros contra humedad para aislarlas y protegerlas del clima o algún incidente y soportadas en vidrio. Mediante cables que están en cajas de conexión se lleva la electricidad que se dirige a la carga que se quiere conectar. El laminado es colocado en un marco metálico y este a su vez se monta en una estructura con la orientación requerida para el módulo.

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales empleados, los métodos de fabricación que se empleen y la forma final. A continuación, Torres Pacheco, Jurado Pérez, Granados Liberman, y Lozano Luna (2018, pág. 2) explica, se describen los materiales que pueden formar las células solares:

- Silicio puro monocristalino- Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% para éste tipo de paneles siendo en los comercializados del 16%.

- Silicio puro policristalino- Los materiales son semejantes a los del tipo anterior, aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales (figura 6). Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos (en laboratorio del 19.8% y en los módulos comerciales del 14%) siendo su precio también más bajo.



Figura 6. Módulos Monocristalinos y Policristalinos

Fuente: (Google, Google Fots, s.f.)

Por las características físicas del silicio cristalizado, los paneles fabricados siguiendo esta tecnología presentan un grosor considerable. Mediante el empleo del silicio con otra estructura o de otros materiales semiconductores es posible conseguir paneles más finos y versátiles que permiten incluso en algún caso su adaptación a superficies irregulares. Son los denominados paneles de lámina delgada. Así pues Torres Pacheco, Jurado Pérez, Granados Liberman, y Lozano Luna (2018, pág. 2) menciona, que los tipos de paneles de lámina delgada son:

- Silicio amorfo. (TFS) Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna. Es uno de los menos confiables debido a su proceso de producción menos costoso y por lo tanto no tiene uso suficiente, paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (Calculadoras, relojes). Su rendimiento máximo alcanzado

en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8%. Este panel obtiene un 9% de efectividad menos que el mono cristalino.

- Teluro de cadmio, Rendimiento en laboratorio 16% y en módulos comerciales 8%.
- Arseniuro de galio- Uno de los materiales más eficientes. presenta unos rendimientos en laboratorio del 25.7% siendo los comerciales del 20%.
- Diseleniuro de cobre en indio- con rendimientos en laboratorio próximos al 17% y en módulos comerciales del 9%.
- Triple unión. GaAs, Ge y GaInP2 esta unión de tres semiconductores obtiene un rendimiento del 39%.

2.2.3.1 Tipos de conexiones en sistemas fotovoltaicos

1. Conexión de módulos en paralelo

La tensión del generador es igual a la de un módulo y la intensidad del generador es la intensidad de un módulo por el número de módulos en paralelo (figura 7). El conexionado se realiza conectando el terminal positivo de todos los módulos entre sí para formar el terminal positivo del generador y conectando el terminal negativo de todos los módulos entre sí para formar el terminal negativo del generador.

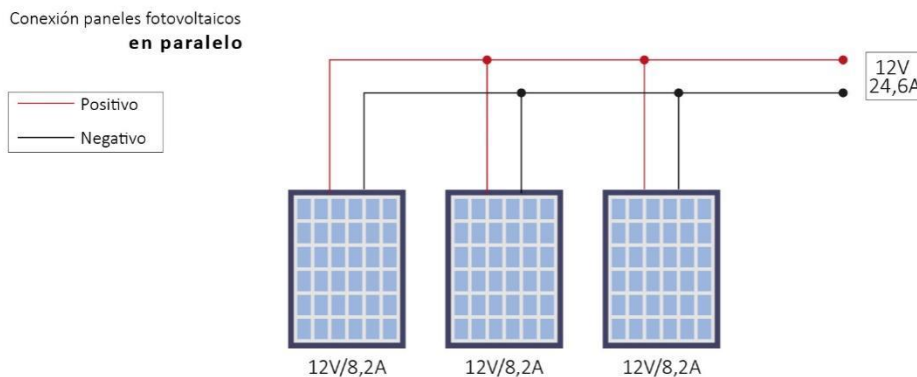


Figura 7. Conexión en paralelo

Fuentes: (Google, Google Fotos, s.f.)

Para incrementar la corriente del sistema se deben conectar los módulos de paralelo para formar un circuito en el cual la corriente de salida será igual a la suma de cada una de las corrientes de cada módulo (figura 8).

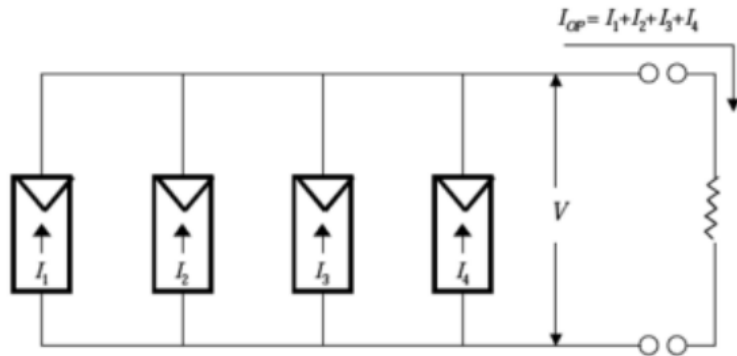


Figura 8. Conexión en paralelo de 4 módulos

Fuente: (Google, Google Fotos, s.f.)

2. Conexión de módulos en serie

La intensidad del generador es igual a la de un módulo y la tensión del generador es la tensión de un módulo por el número de módulos en serie (figura 9). El conexionado se realiza conectando el terminal positivo de un módulo con el negativo del siguiente módulo. El terminal negativo del primer módulo es el terminal negativo del generador y el terminal positivo del último módulo es el terminal positivo del generador.

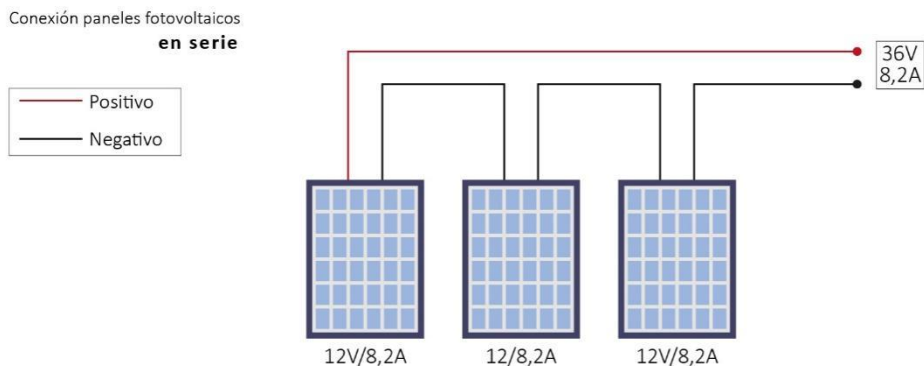


Figura 9. Conexión en serie

Fuentes: (Google, Google Fotos, s.f.)

Al conectar los módulos en serie se obtiene como resultado que el voltaje de cada uno de ellos se suma y se obtenga un mayor voltaje como se muestra en la figura 10. Ahora las características de esta asociación tendrán como voltaje, la suma de los voltajes de cada uno de los módulos, y la corriente será igual a la corriente que genera solo un módulo.

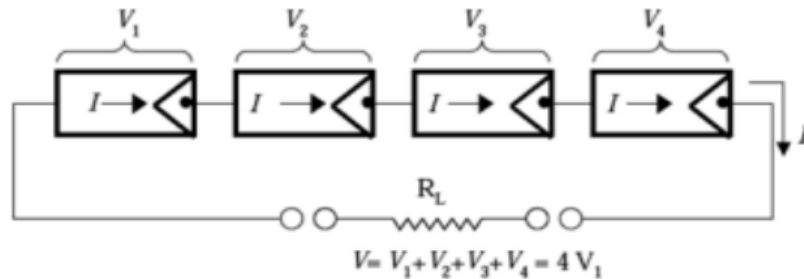


Figura. 10 Conexión en serie de 4 módulos

Fuente: (Google Fotos, s.f.)

3. Conexión de módulos en serie-paralelos

Si queremos añadir más potencia a la serie, pero no podemos añadir más paneles en serie, haremos otro grupo de paneles igual y los conectamos en paralelo, juntamos terminales positivos y negativos de la serie en un único conector.

Este tipo de instalación se realiza uniendo todos los polos negativos de la placa/serie y por otro lado uniendo los polos positivos (figura 11). De este modo la conexión en paralelo de placas solares implica una suma de intensidad de carga (amperios) sin embargo mantenemos el mismo voltaje de trabajo.

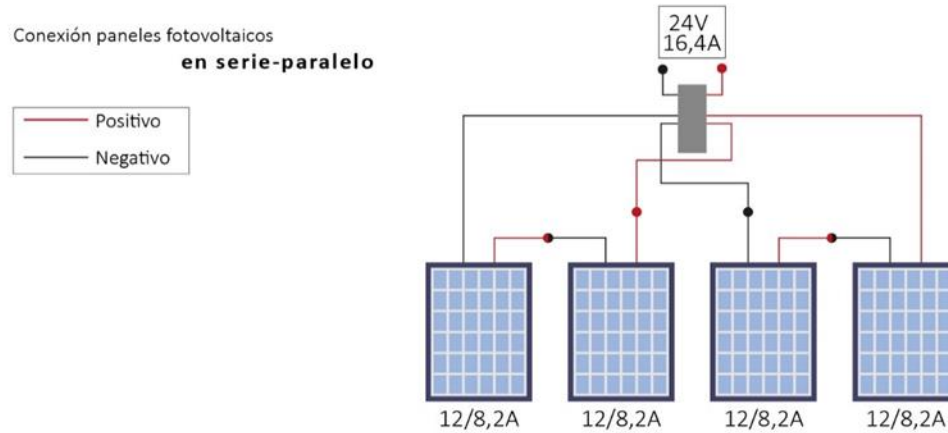


Figura 11. Conexión en serie – paralelo

Fuentes: (Google, Google Fotos, s.f.)

4. Sistemas Aislados

Un sistema fotovoltaico aislado es aquella instalación de placas solares que no cuenta con conexión eléctrica a la red de distribución. De tal forma que, el consumidor es autosuficiente para la producción energética y no depende de ninguna comercializadora (figura 12).

La diferencia entre un sistema aislado de CFE y un sistema interconectado es el uso de banco de baterías, para el almacenamiento de energía. Para realizar una instalación solar fotovoltaica, es necesario conocer la cantidad de energía que demanda el usuario.

Por su parte el sistema interconectado, es basado en el consumo bimestral de tu recibo de luz eléctrica, con este dato se hace un análisis para determinar el número de paneles solares que requiere para abastecer la energía requerida en casa o negocios

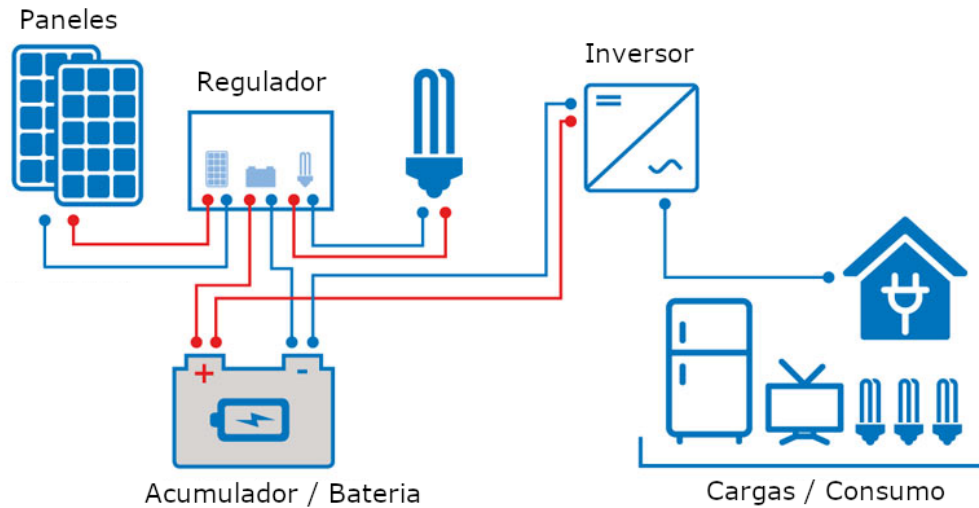


Figura 12. Sistemas Aislados

Fuente: (Google Fotos, s.f.)

2.2.4 Ubicación e Instalación de Sistemas Fotovoltaicos

Es común ver que los paneles FV, son ubicados en bases fijas con orientación hacia el sur y con cierta inclinación que está en correspondencia con la latitud del lugar donde se instalen, en el caso específico de Estelí, Nicaragua con una latitud 13,05o, se sugiere que se ubiquen con una inclinación óptima por lo que se debe inclinar con el ángulo que permita extraer la máxima radiación solar en el periodo más crítico, esto se obtiene por medio del cociente entre la energía que se debe aportar en unidades de (kWh/día) y la radiación solar incidente ($G(0-\beta)$) ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$), el resultado que sea mayor, será el correspondiente al mes más crítico (Fuentes, 2017).

2.2.5 Sistemas de Bombeo Fotovoltaicos

La extracción de agua mediante equipos de bombeo fotovoltaico para abastecer las necesidades de consumo humano, de ganado o de regadío en zonas remotas tiene un enorme potencial de desarrollo. Para Posorsky, R (1996), esto no es solo debido al ahorro energético, sino también a que en los sitios más remotos puede resultar económicamente más viable instalar un equipo de estas características que llevar una línea desde la red.

El sistema de bombeo solar directo responde a un esquema de funcionamiento muy sencillo. Como se puede observar en la figura 13, se trata de un sistema compuesto básicamente por un grupo de paneles fotovoltaicos, un regulador de bombeo y una bomba de agua. El agua se extrae de un pozo únicamente durante el tiempo de radiación solar, almacenándose en un depósito, para su posterior uso cuando sea necesario. Se eliminan las baterías, sustituyéndose el inversor por otras más barato. Esto reduce el precio de la instalación y su mantenimiento. Como solo se puede bombear durante el día, el depósito es en el que se acumula el agua haciendo la función de la batería.

El bombeo solar directo es un sistema eficiente y barato. Las ventajas de la energía solar para el bombeo de agua hacen de este sistema el más idóneo (Martínez Farias, 2020).

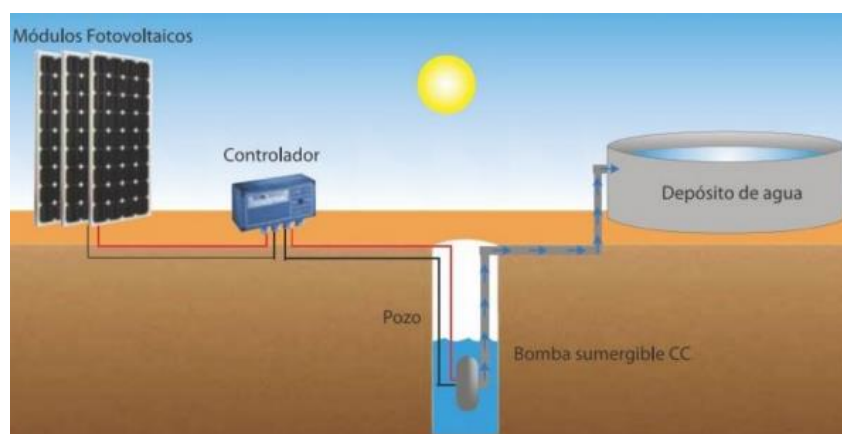


Figura 13. Sistema de bombeo solar directo

Fuente: (Google Fots, s.f.)

Aplicaciones y uso del agua

En los sistemas de bombeo fotovoltaico la demanda de agua se especifica por día, por lo que el siguiente factor en consideración es el uso que se pretende dar al agua bombeada. Las aplicaciones típicas y rentables son aquellas de relativa baja demanda como abrevaderos para ganado y consumo humano. El riego de parcelas de cultivo por lo general no es costeable debido a su gran demanda de agua y bajo valor de las cosechas obtenidas. La excepción es cuando se trata de parcelas e invernaderos con sistemas de riego eficientes y cultivos de baja demanda de agua (Sandia National Laboratories, 2019).

2.2.5.1 Tipos de bombeo solar y funcionamiento

Aunque cada instalación tiene sus particularidades y se pueden encontrar distintas combinaciones y configuraciones, las instalaciones de bombeo solar se pueden clasificar según el suministro de agua o dependiendo de si el suministro energético es exclusivamente solar o hibridado (Vernia, 2018).

- **Bombeo a depósito o balsa**

El agua se bombea hasta una balsa o depósito en altura para después distribuirla con la propia presión de la altura o gracias a otra bomba de menor potencia que puede estar accionada por un grupo electrógeno o energía de red, la figura 14 nos muestra un esquema sencillo al respecto. En este caso, toda el agua que es capaz de extraer la bomba va a la balsa, por lo que no hay inconveniente en que la presión y caudal sean variables y se puede aprovechar mejor la energía que proporcionan las placas solares fuera de las horas de mayor irradiación (Vernia, 2018).

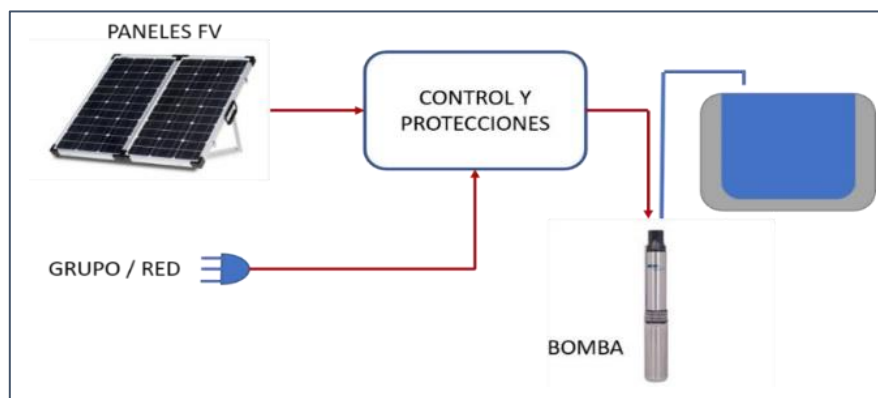


Figura 14. Esquema de suministro a balsa

- **Sistema aislado**

En el sistema aislado toda la energía empleada para el bombeo procede de los paneles fotovoltaicos, independientemente de si el agua se vierte a una balsa o se conduce directamente a riego como se observa en la figura 15.



Figura 15. Esquema de bombeo directo.

Es más factible para sistemas de suministro a balsa, ya que el caudal y presión no son tan limitantes. Si el bombeo es directo a riego habrá que tener en cuenta las sobrepresiones o golpes de ariete que puedan aparecer en la red ante caídas bruscas de potencia (paso de nubes), y también diseñar el sistema de forma que sea capaz de suministrar agua con un caudal y presión adecuados para el correcto funcionamiento de la instalación.

La ventaja de este sistema es que permite no depender de los costes del combustible y de la electricidad. (Vernia, 2018)

2.2.6 Componentes de un sistema de bombeo solar

- **Bomba de agua**

Las bombas comunes disponibles en el mercado han sido desarrolladas pensando en que hay una fuente de potencia constante. Por otro lado, la potencia que producen los módulos fotovoltaicos es directamente proporcional a la disponibilidad de la radiación solar. Es decir, a medida que el sol cambia su posición durante el día, la potencia generada por los módulos varía y en consecuencia la potencia entregada a la bomba (Sandia National Laboratories, 2019).

En los principales casos que contempla el bombeo solar, las bombas empleadas serán de tipo sumergible, para la extracción de agua de pozos; o bombas horizontales, para bombeo o trasiego desde balsas. Aunque parte de las características de la bomba partirán de las necesidades de hidráulicas, la bomba ideal para un sistema de bombeo

tradicional (grupo/red) y la bomba empleada para un sistema de bombeo solar no será la misma.

El caudal (Q) a extraer dependerá de la cantidad diaria de agua necesaria, la velocidad de regeneración de los pozos y acuíferos, pero también de las horas de riego, y por tanto de las horas de sol a lo largo del año. Por otro lado, para determinar la altura de la bomba (H) habrá que tener en cuenta la presión necesaria, la profundidad del pozo y la altura a la que se va a elevar el agua y las pérdidas en la red (Vernia, 2018).

Pero para el caso de bombeo solar siempre es interesante elegir una bomba para una altura superior de forma que, aunque la potencia de los paneles caiga, la bomba pueda seguir trabajando.

Con el avance de las nuevas tecnologías se han diseñado algunas bombas especiales para la electricidad fotovoltaica las cuales se dividen, desde el punto de vista mecánico, en centrífugas y volumétricas.

✚ **Bomba centrífuga:** El flujo es fundamentalmente radial, las trayectorias de las partículas fluidas están contenidas en planos perpendiculares al eje. Estas bombas pueden ser sumergibles o de superficie y son capaces de bombear el agua a 60 metros de carga dinámica total, o más, dependiendo del número y tipo de impulsores. Están optimizadas para un rango estrecho de cargas dinámicas totales y la salida de agua se incrementa con su velocidad rotacional.

✚ **Bombas de Succión Superficial:** Estas se instalan a nivel del suelo y tienen la ventaja de que se les puede inspeccionar y dar servicio fácilmente. Tienen la limitante de que no trabajan adecuadamente si la profundidad de succión excede los 8 metros, en la figura 16 se presenta un pequeño esquema de dicha bomba.

Esquema de bomba superficial

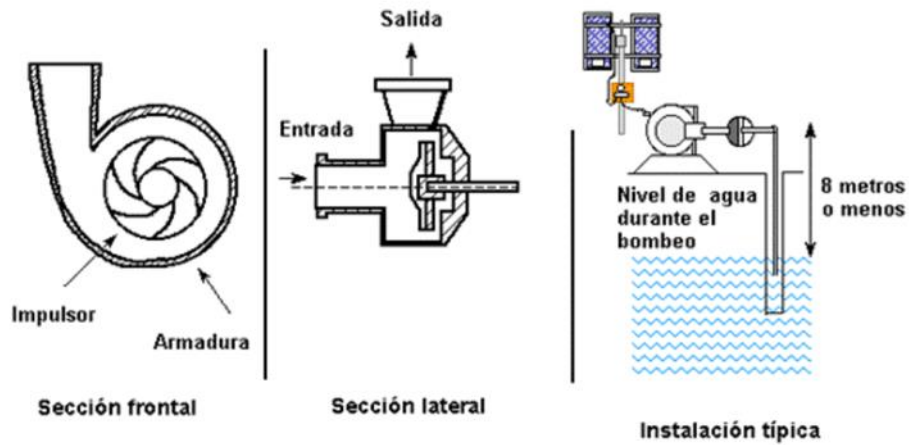


Figura 16. Esquema de una bomba centrífuga superficial

Bombas Centrífugas Sumergibles:

Hay una gran variedad de bombas algunas de estas bombas tienen el motor acoplado directamente a los impulsores y se sumergen completamente. Otras, tienen el motor en la superficie mientras que los impulsores se encuentran completamente sumergidos y unidos por una flecha, esquema en la figura 17. Generalmente las bombas centrífugas sumergibles tienen varios impulsores y por ello, se les conoce como bombas de paso múltiple o de etapas.

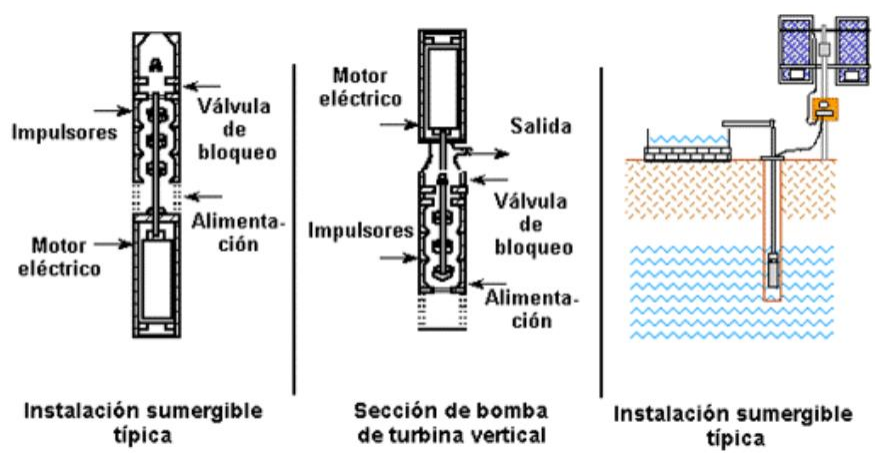


Figura 17. Esquema de una bomba centrífuga sumergible

Bombas volumétricas:

Las bombas volumétricas o de desplazamiento positivo son adecuadas para el bombeo de bajos caudales y/o donde la profundidad es grande.

Algunas de estas bombas usan un cilindro y un pistón para mover paquetes de agua a través de una cámara sellada. Otras utilizan un pistón con diafragmas. Cada ciclo mueve una pequeña cantidad de líquido hacia arriba. El caudal es proporcional al volumen de agua. Esto se traduce a un funcionamiento eficiente en un amplio intervalo de cargas dinámicas. Cuando la radiación solar aumenta también aumenta la velocidad del motor y por lo tanto el flujo de agua bombeada es mayor.

Bombas de cilindro:

Las bombas de cilindro han sido muy populares en aplicaciones de bombeo mecánico activadas por el viento, tracción animal o humana, observe la figura 18. Su principio consiste en que cada vez que el pistón baja, el agua del pozo entra a su cavidad y cuando éste sube, empuja el agua a la superficie. La energía eléctrica requerida para hacerla funcionar se aplica sólo durante una parte del ciclo de bombeo. Las bombas de esta categoría deben estar siempre conectadas a un controlador de corriente para aprovechar al máximo la potencia del arreglo fotovoltaico.



Figura 18. Esquema de una bomba volumétrica de cilindro

Bombas de diafragma:

Estas bombas desplazan el agua por medio de diafragmas de un material flexible y resistente, obsérvese la Figura 19. Comúnmente los diafragmas se fabrican de caucho reforzado con materiales sintéticos. En la actualidad, estos materiales son muy resistentes y pueden durar de dos a tres años de funcionamiento continuo antes de requerir reemplazo, dependiendo de la calidad del agua. Los fabricantes de estas bombas proveen un juego de diafragmas para reemplazo que pueden adquirirse a un precio razonable. Existen modelos sumergibles y de superficie.

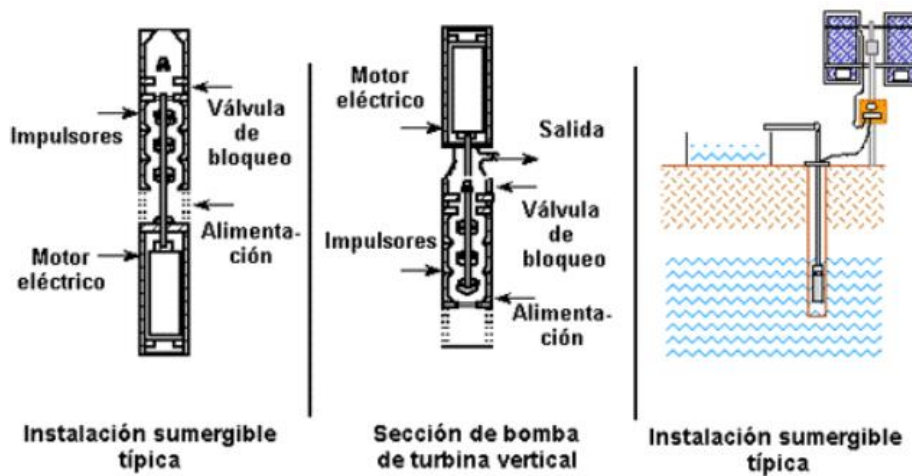


Figura 19. Esquema de una bomba de diafragma sumergible

Según el tipo de bomba, podrá ser alimentada directamente mediante los paneles, si esta trabaja a corriente continua, o tendrá que ser necesario un inversor que transforme la corriente continua de salida de los paneles en corriente alterna para la entrada de la bomba (Sandia National Laboratories, 2019).

Dependiendo de los requerimientos del sistema, se puede realizar otra clasificación de las bombas, a continuación, en la tabla 2 se observa.

Tabla 2. Principales características, ventajas y desventajas de las bombas fotovoltaicas

Bombas Fotovoltaicas	Características y Ventajas	Desventajas
Centrífugas sumergibles	Fácil disponibilidad. Toleran pequeñas cantidades de arena. Pueden utilizar el agua como lubricante. Motores de CC o de CA. Grandes flujos y grandes cargas dinámicas. Diseño modular.	Rango de eficiencia menor que otros tipos de bomba. No pueden trabajar en seco. Mayor mantenimiento que otros tipos. Sufren gran desgaste si el flujo es corrosivo.
Centrífugas de succión	Fácil disponibilidad. Toleran pequeñas cantidades de arena. Fácil operación y mantenimiento. Motores de CC y CA. Grandes flujos.	Rango de eficiencia menor que otros tipos. Gran desgaste si el flujo es corrosivo. Pueden presentar problemas si están expuestas a bajas temperaturas. No trabajan a cargas dinámicas muy grandes.
Desplazamiento positivo de pistón	Grandes flujos y grandes cargas dinámicas. Producción ajustable gracias a la carrera de pistón.	Mantenimiento continuo. No toleran arenas, ni sedimentos. No bombean grandes caudales.
Diafragma	Grandes flujos y grandes cargas dinámicas. Económicas.	No toleran arenas ni sedimentos. No bombean grandes caudales.

- **Control, potencia y protección**

En la figura 20 se muestra un esquema de sistema fotovoltaico los cuales son útiles para sistemas simples y de poca potencia se pueden emplear componentes típicos por separado. Sin embargo, existen equipos especiales que integran sistemas de control, potencia y protecciones especialmente diseñados para bombeo solar, y que permiten

gestionar las distintas entradas de potencia y el funcionamiento de la bomba, evitando así los posibles problemas ocasionados por las caídas o variaciones de potencia y otras dificultades asociadas a los sistemas de bombeo o riego.

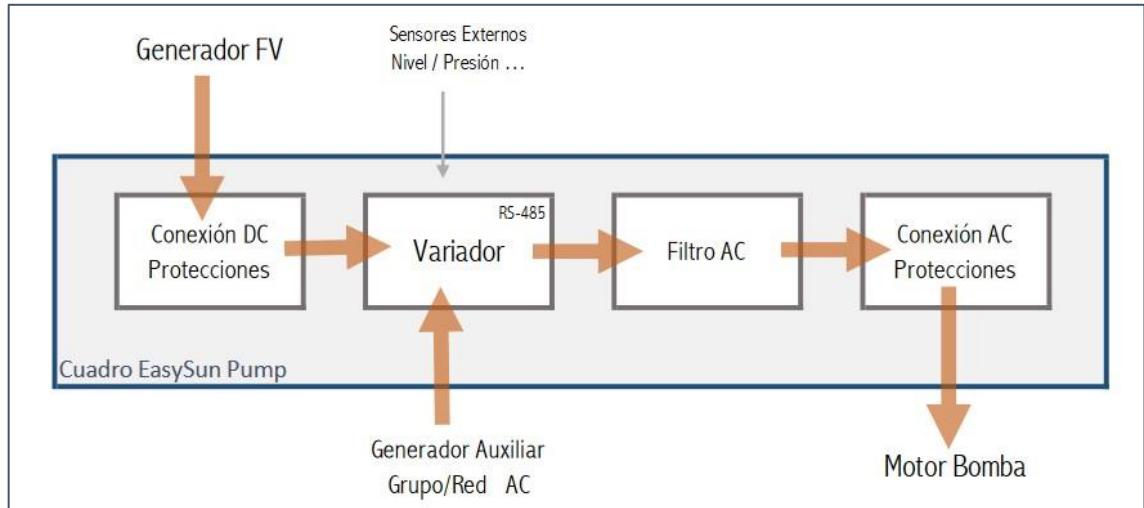


Figura 20. Esquema de sistema fotovoltaico

El variador gestiona la potencia procedente de las distintas fuentes y genera la corriente trifásica que alimenta la bomba. Para ello dispone una entrada en continua para los paneles fotovoltaicos y una entrada en alterna para Red o grupos generadores, pudiendo funcionar simultánea o alternativamente.

La gama de potencias de variadores es muy amplia, pudiendo encontrar desde 1 kW hasta 280 kW, pasando a continuación a los modelos industriales (Vernia, 2018).

La tensión nominal del variador (230 V o 400 V) limitará el voltaje en circuito abierto mínimo y máximo, en condiciones estándar (STC), de los paneles fotovoltaicos (tabla 3).

Tabla 3. Tensiones

Tensión Nominal Variador (Vca)	Entrada DC de Paneles al variador Voc Mín / Máx (Vcc)
230	345 / 385
400	740 / 780

- **Control**

Los sistemas integrados para el bombeo solar, como el EasySun Pump de Atersa, incluyen algunas funciones especialmente diseñadas para la tarea de bombeo:

1. Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (PMP) del generador solar. Aprovecha la máxima potencia disponible en cada momento.
2. Gestión del ‘paso de nubes’. El sistema hace frente a las variaciones bruscas de radiación, evitando paradas y arranques de la bomba que pueden dañar el sistema hidráulico (especialmente en sistemas de alta potencia).
3. Control de Presión. Con la ayuda de un sensor externo, permite mantener o limitar la presión dentro de un intervalo. Esto es muy importante en sistemas directos de bombeo a riego.
4. Entrada AC auxiliar. Gestión de una entrada adicional a la de los paneles fotovoltaicos.
5. Detección de pozo seco. Tiene como objetivo evitar el funcionamiento de la bomba en vacío, para evitar su sobrecalentamiento.
6. Detección de niveles. Posibilidad de conectar sensores de nivel configurables. Útil para controlar el llenado de balsas y depósitos.

- **Filtros y protecciones**

Medidas para evitar funcionamientos del sistema no deseado y posible averías derivadas de los mismos (Vernia, 2018).

- **Estructura de soporte**

La estructura del soporte para paneles F.V como se muestra en figura 21, es uno de los elementos muy importante en cuanto a la estructura. Existen distintos tipos de estructuras de soporte algunos son más simples otros más complejos, según se requiera o se desee. Pueden ser prefabricados, pero también pueden hacerse de manera sencilla por los técnicos de obras, según delegado García, Morán de Rivera, y Reina Hernández (2016) se sugiere utilizar un material adecuado, de preferencia aluminio anodizado o acero galvanizado, para que sea resistente a la corrosión ambiental, los tornillos y pernos de sujeción deberán ser preferentemente de acero inoxidable. Sin embargo, se pueden reducir costos haciendo uso de tubos o columnas

metálicas en general, siempre y cuando se protejan de la inclemencia de los elementos para prolongar su vida útil.



Figura 21. Estructura de soporte para paneles solares fotovoltaicos

Fuente: (Google, s.f.)

2.2.6.1 Dimensionamiento de Componentes del Sistema Solar Fotovoltaico

Consiste en determinar su capacidad para satisfacer la demanda de energía de los usuarios. El orden de cálculo de los componentes es importante, debido a que en cada uno se van determinando factores y tomando decisiones útiles para el siguiente proceso.

- **Censo de cargas de consumo:**

Determinar la demanda de energía.

$$Demanda \left(\frac{Whr}{día} \right) = N^{\circ} \text{ Aparatos idénticos} * Potencia * Horas de uso diario \quad (1)$$

- **Condiciones climáticas:**

Determinar la energía solar disponible en la zona, determinar la eficiencia total del sistema solar FV.

Por cada grado de temperatura (°C) sobre la temperatura optima el módulo FV disminuye en un 5% de su eficiencia. La eficiencia (E) del módulo está dada por:

$$E_{\text{modulo FV}} = 1 - (T_{\text{ambiente}} + \text{Incremento máx. de } T \text{ sobre } T_{\text{ambiente}} - 25^{\circ}\text{C}) \cdot 0.005 \quad (2)$$

Eficiencia de la batería:

Es el resultado de: $E_{\text{bateria}} = E_{\text{proceso de carga}} * E_{\text{proceso de descarga}}$ (3)

La mayoría de las baterías tiene una eficiencia de 85%, cuando la energía pasa por la batería, 15% de la energía se disipa en calor.

$$E_{\text{bateria}} = 0.85 = 85\% \quad (4)$$

Eficiencia del cableado:

Las pérdidas de tensión de los cables permitidos están entre los 2%, 3% y 5% máximo, correspondiente a 98%, 97% y 95% de eficiencia.

Eficiencia total del sistema solar FV:

Esta dada por el producto de las eficiencias de todos los componentes del sistema solar FV,

$$E_{\text{SSFV}} = E_{\text{modulo FV}} * E_{\text{bateria}} * E_{\text{cable}} \quad (5)$$

▪ **Modulo Solar FV:**

Determinar la capacidad del módulo FV, determinar la configuración serie-paralelo.

Se entiende como capacidad del módulo del SSFV a la potencia total requerida en watts (W), este resultado puede estar compuesto por un solo módulo FV o varios módulos formando un arreglo solar FV.

La capacidad depende de los siguientes factores:

Demanda de energía (Wh/día)

Eficiencia del sistema

Horas sol pico por día (HSP) valor promedio anual

$$\text{CapacidadMóduloSSFV} = \frac{\text{Demandadeenergía}\left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}}\right)}{\text{EficienciadelSSFV} * \text{horassolpico}\left(\frac{\text{h}}{\text{día}}\right)} \quad (6)$$

$$\text{CantidadtotaldemódulosFV} = \frac{\text{CapacidadmóduloSSFV}}{\text{CapacidadmóduloFVseleccionado}} \quad (7)$$

$$\text{Númerodemódulosenserie} = \frac{\text{VoltajesNominaldelSSFV (V)}}{\text{VoltajesNominaldelmóduloFVseleccionado}} \quad (8)$$

$$\text{Númerodemódulosenparalelo} = \frac{\text{NúmerototaldemódulosFV}}{\text{Númerodemódulosenserie}} \quad (9)$$

$$\text{Arreglo SSFV} = \text{N}^\circ \text{ de módulos en serie} * \text{N}^\circ \text{ de módulos en paralelo} \quad (10)$$

- **Batería del Sistema Solar FV:**

Determinar la capacidad del banco de baterías, determinar la configuración serie-paralelo.

Demanda de la energía (Wh/día)

Eficiencia de la batería (normalmente es de 85%)

Profundidad de descarga (del 100% de la energía contenida cuanto porcentaje podemos extraer), mientras más bajo sea el nivel de descarga más vida útil tiene la batería.

Días de autonomía, son los días consecutivos que generalmente pasa nublado (para Nicaragua es de 3 a 5 días).

$$E_{baterias} (Wh) = \frac{E_{tot} \left(\frac{Wh}{día} \right) * días \ de \ autonomía}{profundidad \ de \ descarga} \quad (11)$$

$$N^{\circ} \ de \ baterías = \frac{E_{bat}}{P_{bat}} \quad (12)$$

$$Días \ de \ carga = \frac{E_{bat}}{E_{exc}} \quad (13)$$

$$E_{exc} = E_{gen} - E_{tot} \quad (14)$$

$$E_{gen} = P_{gen} * \text{variación tiempo} \quad (15)$$

▪ **Controlador de Carga**

Determinar la capacidad del controlador de carga.

El controlador de carga debe de ser capaz de soportar un 156% de la corriente de cortocircuito (I_{cs}) del arreglo solar FV, el factor de seguridad será de 1.56.

$$Capacidad \ del \ controlador \ allad \ del \ arreglo \ FV = N^{\circ} \ módulos \ en \ paralelo * I_{max} * 1.56 \quad (16)$$

$$I_{max} = \frac{P}{V} \quad (17)$$

El controlador debe ser capaz de soportar el 125% de la corriente de las cargas de consumo, el factor de seguridad será de 1.25.

$$Capacidad \ del \ controlador \ allad \ de \ las \ cargas = \frac{\Sigma Cargas_{CC}(W) * 1.25}{Voltaje \ nominal \ del \ SSFV (V)} \quad (18)$$

$$N^{\circ} \ de \ controladores \ en \ paralelo = \frac{Maximo \ amperaje \ necesario (A)}{Capacidad \ del \ controlador \ seleccionado (A)} \quad (19)$$

Seleccione un controlador con una capacidad igual a la calculada, si no existe considere que el voltaje de su sistema debe cambiarse a 24 V, en este caso el número de paneles y baterías debe ser par.

- **Inversor de carga**

Determinar la capacidad del inversor de carga. Se debe considerar todos los requisitos que la carga AC imponga sobre el inversor, potencia, variaciones de la tensión, frecuencia y forma de onda que se pueda tolerar; para inversores de conexión a baterías por lo general tiene un solo voltaje de entrada en corriente continua (12, 24, 48 V CC), un voltaje de salida de 110 o 220 v AC a 50 o 60 Hz.

$$\text{Capacidad del inversor} = \Sigma \text{Cargas AC} * 2.0 ; \text{Cargas resistivas} \quad (20)$$

$$\text{Capacidad del Inversor} = \Sigma \text{Cargas AC} * 3.0; \text{Cargas Inductivas} \quad (21)$$

El inversor seleccionado debe tener una capacidad en Watts igual o inmediatamente superior al calculado, se debe asegurar que funcione bajo un voltaje igual al del banco de baterías.

- **Cableado**

Determinar el calibre de los conductores eléctricos, desde los módulos FV pasando por el controlador de carga y hasta las baterías, debe ser un cable resistente al agua, rayos UV, temperaturas de 60°C hasta 90°C; la línea que va desde el controlador de carga hasta las cargas CC puede ser TSJ; la línea que va desde las baterías al inversor, debe utilizarse el cable indicado en el manual de instalación del inversor.

El calibre del cable se debe elegir usando tablas exclusivas para CC y bajo las siguientes condiciones

Cable del módulo FV hasta batería:

Voltaje igual al voltaje nominal del SSFV

Caída de tensión: 3% Máximo

Distancia, la ruta más corta entre módulos y batería (m)

La corriente de corto circuito (Ics) del arreglo solar FV por el factor 1.56.

$$Corriente = I_{cs} * 1.56 \quad (22)$$

Cable de las cargas

Voltaje igual al voltaje nominal del SSFV

Caída de tensión: 3% Máximo

Corriente de las cargas de consumo suponiendo que estas se encienden al mismo tiempo multiplicado por el factor 1.25.

$$Corriente = \frac{\sum Cargas_{CC}}{V_{SSFV}} * 1.25 \quad (23)$$

Después de calcular los valores y parámetros que se deben calcular se procede a diseñar el arreglo fotovoltaico (figura 22), y su respectiva conexión.

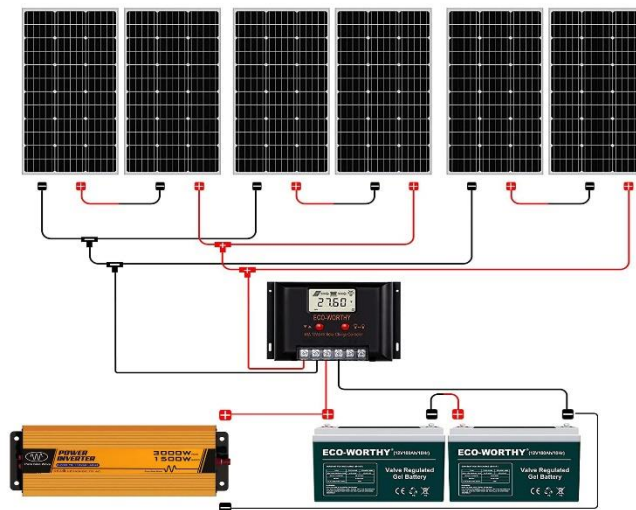


Figura 22. Arreglo Fotovoltaico

Fuente: (Google, s.f.)

2.2.7 Ventajas y Desventajas de Sistema de Bombeo Solar Fotovoltaico

Todo sistema de bombeo solar tiene sus ventajas y desventajas o posibles beneficios o perjuicios como se presentan en la tabla número 4 según Cruz Baldán (2011) Menciona las ventajas y desventajas en la aplicación de sistemas de bombeo solar.

Ventajas y desventajas de sistemas de bombeo solar fotovoltaico

Tabla 4. Ventajas y Desventajas de Sistemas de Bombeo Solar Fotovoltaico

Ventajas	Desventajas
1. No dependen de la existencia de una red distribuidora de energía eléctrica para ser puestos en funcionamiento.	1. El volumen extraído por hora es menor que el de una bomba de varios caballos. El criterio de diseño para un equipo de bombeo solar sólo considera el volumen diario requerido.
2. No depende de generadores eléctricos portátiles que consumen combustibles que polucionan el ambiente, o son caros o difíciles de obtener.	2. La reparación o el mantenimiento preventivo de motores de menor tamaño (sistemas solares) son más factibles de ser hechos en el lugar de utilización, ahorrándose el costo del transporte.
3. Su diseño es simple, ya que no requieren un banco de baterías (uso diurno).	3. La reparación o el mantenimiento preventivo de motores de menor tamaño (sistemas solares) son más factibles de ser hechos en el lugar de utilización, ahorrándose el costo del transporte.
4. Sistemas de bombeo para profundidades moderadas pueden ser acarreados entre locaciones.	4. Necesita un tanque de acumulación para compensar por los días con radiación solar baja o nula. 30
5. Las bombas modernas pueden operar a grandes profundidades y son más durables y eficientes.	

Las ventajas no son una situación relevante a la hora de hacer comparaciones un ejemplo de ello es el que expresa Cruz Baldán (2011), "El costo inicial del sistema es alto, debido al costo

de los paneles. Sin embargo, la sencillez del mismo y la duración de las nuevas bombas, permiten la amortización del costo de un sistema solar en tiempos relativamente cortos”.

2.2.8 Almacenamiento de agua

La gran desventaja de la energía solar es que es una fuente energética que no es disponible bajo demanda, se requiere sistemas de almacenamiento (baterías), para aplicaciones de abastecimiento. Puede ser crítico ya que sin un sistema de almacenamiento ya sea para almacenar energía eléctrica en bancos de baterías o para almacenar el agua durante el día en un tanque o pileta; los pobladores están expuestos a ser afectados por la falta de agua por la noche o cuando no hay sol. Por lo tanto, cuando se utiliza bombeo con energía solar, se debe considerar el almacenamiento de agua, se recomienda almacenar el agua para tres días de abasto, ya que almacenar agua es mucho más económico que almacenar energía en baterías, siendo que después de cinco años o menos las baterías se deben remplazar, mientras que la vida útil de un tanque bien construido es de varias décadas.

De acuerdo con Kenna y Gillett (2014), hay dos tipos de almacenamiento de agua:

a) Almacenamiento a largo plazo

Es el que el agua se almacena de meses para nivelar el patrón de demanda. Este tipo de almacenamiento se puede permitir el riego a demanda y minimizar el efecto de la variación en la demanda mensual de agua, el almacenamiento a largo plazo para los sistemas de riego no suele ser factible para razones prácticas y económicas.

b) Almacenamiento a corto plazo

Es el que permite almacenar agua de un día para el otro esto tiene el doble propósito de dar un mejor control de la gestión del agua, y suavizando las variaciones de un día a otro, es decir, en un día con un alto nivel de energía solar, cuando la bomba solar podría proporcionar el agua suficiente, el exceso de agua se almacena para que pueda ser utilizado para un día con un bajo nivel de energía solar.

2.2.9 Sistema de agua potable y sus componentes

- **Agua.**

El agua es uno de los elementos más importantes e indispensables para la vida, aunque está considerado como una fuente renovable (inagotable), en muchas partes del mundo no es accesible su uso y en otras está en un proceso rápido de extinción, principalmente donde habita el hombre y por ende existe una demanda para su consumo doméstico y productivo; por ello es necesario conocer con más detalles los recursos hídricos con los que contamos, y así programar un posible uso sostenible de éste para el bien de la humanidad, pero siempre de la mano con el medio ambiente; su existencia es de mucha importancia para todos los seres vivos.

- **Agua potable y abastecimiento**

El agua es el recurso más importante para la humanidad y está presente en todas sus actividades sociales, económicas y ambientales. Es el requisito para la existencia de vida en nuestro planeta, un factor que influye en el desarrollo social y tecnológico, una fuente posible de bienestar o de miseria, de cooperación o de conflicto (UNESCO, 2021).

2.2.9.1 Calidad del agua

En la definición dada en las guías de la OMS, se explica que el agua potable segura es aquella que no hará que las personas se enfermen en ninguna etapa de sus vidas, sin importar si son jóvenes o ancianos o si están enfermos. El agua potable segura debería ser apta para utilizar en todas las necesidades personales, como beber, cocinar y lavar (CAWST, 2013).

El agua de consumo se obtiene de distintos lugares, según en qué parte del mundo se viva. Las tres fuentes que se usan para obtener agua de consumo son las siguientes.

- **Agua subterránea:** el agua que se aloja entre las rocas y el suelo, que forma un acuífero. La profundidad y la calidad del agua subterránea varían de lugar en lugar. Aproximadamente la mitad del agua del mundo proviene del suelo.

- **Agua superficial:** el agua que se obtiene directamente de un arroyo, río, lago, estanque, manantial u otra fuente similar. En general, el agua superficial no es segura para beber si no se la trata previamente.
- **Agua de lluvia:** el agua que se recolecta y se almacena usando un techo, una superficie en el suelo o una superficie rocosa de captación. La calidad del agua de lluvia recolectada usando un techo suele ser mejor que aquella captada por una superficie en el suelo o una superficie rocosa de captación (CAWST, 2013).

2.2.9.2 Calidad microbiológica del agua

La verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general se basa en el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal y usualmente se elige *Escherichia coli*, alternativamente, coliformes termotolerantes. El monitoreo de agentes patógenos específicos se puede incluir en ocasiones muy limitadas para verificar que un brote fue transmitido a través del agua o que un PSA ha sido eficaz.

Escherichia coli proporciona pruebas concluyentes de reciente contaminación fecal y no debe estar presente en el agua de consumo humano.

En ciertas circunstancias, se pueden utilizar indicadores adicionales, como bacteriófagos o esporas bacterianas. Sin embargo, la calidad del agua puede variar rápidamente y todos los sistemas presentan fallas ocasionales. Por ejemplo, la lluvia puede aumentar en gran medida los niveles de contaminación microbiana en las fuentes de agua y los brotes de enfermedades transmitidas por el agua son frecuentes después de periodos de lluvias. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta cuando se interpretan resultados de los análisis (OMS, 2018).

2.2.9.3 Calidad química del agua

La evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua de consumo humano se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia. Estas Guías proporcionan valores de referencia para muchos más contaminantes químicos que en realidad pudieran afectar a cualquier suministro de agua en particular, por lo que antes de iniciar una evaluación química analítica se deben elegir opciones apropiadas para el seguimiento y la vigilancia. Para los componentes adicionados (es decir, para las sustancias químicas que se

derivan principalmente de materiales y productos químicos empleados en la producción y distribución del agua de consumo humano), se hace hincapié en el control directo de la calidad de estos productos comerciales empleados.

La mayoría de los productos químicos que pueden estar presentes en el agua de consumo humano solo constituyen un peligro si se produce una exposición prolongada; sin embargo, algunas sustancias peligrosas generan preocupación debido a los efectos derivados de múltiples exposiciones en un periodo corto. Si la concentración del producto químico en cuestión tiene grandes fluctuaciones, (por ejemplo, nitratos/nitritos, que se asocian con la metahemoglobinemia en lactantes alimentados con biberón), incluso una serie de resultados analíticos no permitiría determinar ni describir completamente el riesgo que supone para la salud pública. Para controlar estos peligros, es preciso conocer los factores causantes, como el uso de fertilizantes en la agricultura y las tendencias de las concentraciones detectadas, ya que pueden indicar un posible problema importante en el futuro.

Otros peligros pueden surgir de forma intermitente, generalmente asociados a actividades o circunstancias estacionales. Un ejemplo es la aparición de floraciones de cianobacterias tóxicas en aguas superficiales. Un valor de referencia es la concentración de un componente que no ocasiona un riesgo para la salud superior al tolerable cuando se consume durante toda una vida. Los valores de referencia de algunos contaminantes químicos (por ejemplo, el plomo y el nitrato) se establecen de modo que protejan a subgrupos vulnerables de la población. Estos valores protegen también a la población general que consume el agua durante toda la vida. Es importante que los valores de referencia recomendados estén justificados y respaldados desde el punto de vista científico, que su implementación sea práctica y factible, y que protejan la salud pública. No suelen establecerse valores de referencia en concentraciones inferiores a los límites de detección que logran los métodos analíticos de los laboratorios. Más aún, algunos valores de referencia se establecen teniendo en cuenta las técnicas disponibles para controlar, eliminar o reducir la concentración del contaminante hasta el nivel deseado. Por lo tanto, en algunos casos, se han fijado valores de referencia provisionales para contaminantes cuyos valores basados en la salud no son alcanzables en la práctica (OMS, 2018).

2.2.9.4 Parámetros indicadores de la calidad del agua

A medida que el agua realiza su ciclo, recoge de forma natural muchas cosas en el camino. La calidad del agua lógicamente variará de lugar en lugar, según las estaciones y los tipos de roca y suelo que atraviese.

El agua también se puede contaminar a causa de las actividades de los seres humanos, como la defecación al aire libre, el manejo inadecuado de las aguas residuales, el vertido de desechos, las malas prácticas agrícolas (p. ej., el uso de fertilizantes o pesticidas cerca de fuentes de agua) y los derrames de sustancias químicas en zonas industriales. En los países en desarrollo, 75% de todos los desechos industriales y hasta 85% de las aguas residuales se vierten sin ningún tratamiento en aguas superficiales

Aunque el agua sea cristalina, no significa necesariamente que sea segura para consumir. Es importante evaluar la seguridad del agua teniendo en cuenta los siguientes tres parámetros enumerados a continuación.

- Microbiológico: bacterias, virus, protozoos y helmintos (gusanos).
- Químico: minerales, metales, sustancias químicas y pH.
- Físico: temperatura, color, olor, sabor y turbidez.

El agua segura debería tener las siguientes características microbiológicas, químicas y físicas:

- Estar libre de agentes patógenos (un agente patógeno es un organismo que causa enfermedades. Los agentes patógenos que suelen estar presentes en el agua son las bacterias, los virus, los protozoos y los helmintos).
- Tener bajas concentraciones de sustancias químicas tóxicas.
- Ser cristalina.
- Ser insípida, inodora e incolora (por una cuestión estética).

En general, la calidad microbiológica es la preocupación principal dado que las enfermedades infecciosas causadas por las bacterias, virus, protozoos y helmintos son el riesgo para la salud relacionado con el agua más común y generalizado. Solo unas pocas sustancias químicas han tenido efectos generalizados sobre la salud en personas que consumieron cantidades

excesivas de esas sustancias. Entre ellas, se incluye el fluoruro, el arsénico y el nitrato (CAWST, 2013).

2.2.9.4.1 Parámetros bacteriológicos

Existe una amplia gama de indicadores bacteriológicos entre los representantes del reino vegetal, animal y mónera. Este estudio se centrará más en el grupo de bacterias indicadoras de la calidad sanitaria del agua, ya que, en términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo del agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de aves). Los excrementos pueden ser una fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede estar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas, siendo las más importantes las siguientes:

Coliformes Totales: La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Este grupo de bacterias también se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar (Todos los coliformes de cualquier origen) que fermentan la lactosa a temperatura de 35° a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, no forman esporas y presentan actividad enzimática (Truque, 2014).

Las bacterias coliformes totales se detectan con los métodos de membrana de filtración y tubos múltiples, con medios específicos, y se incuban a 35-37 °C hasta 48 horas. Los análisis de coliformes pueden efectuarse en un laboratorio de nivel básico o también en el campo. Esta última es una forma práctica de analizar una muestra de agua, para lo cual se necesitan un equipo de campo y algunos materiales complementarios.

La presencia de Coliformes totales en muestras agua sólo indican la existencia de contaminación, pero no aseguran su origen de hecho se ha considerado la presencia de Coliformes totales únicamente como un indicador de la sanidad del agua (Obon de Castro, 2016).

Coliformes Fecales: Las bacterias Coliformes de origen fecal también denominados Coliformes termo tolerantes, aquellas comprendidas en el grupo anterior (Coliformes totales), que además son capaces de fermentar la lactosa, con producción de ácido y de gas a 44°C, en un tiempo máximo de 24h.

En los análisis de agua para consumo humano la presencia de Coliformes fecales se considera un buen indicador de contaminación fecal y es el parámetro más utilizado para el monitoreo de calidad del agua.

2.2.9.4.2 Parámetros Organolépticos

Estos parámetros permiten detectar la aceptabilidad del agua por la persecución de nuestros sentidos y son los de mayor impacto en el consumidor, ya que estos pueden llevar al rechazo del agua suministrada. A continuación, se describen los principales parámetros organolépticos de importancia según las normas CAPRE.

Color verdadero

El color causado por la materia en suspensión es llamado color aparente y es diferente al color debido a extractos vegetales u orgánicos, que son coloidales, al que se llama color real. En el análisis del agua es importante diferenciar entre el color aparente y el real. El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. En general, el agua presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos. Normalmente el color se mide en un laboratorio por comparación de un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto, Cl₂Co y Cloroplatinato de potasio, Cl₆PtK₂ y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (unidad Hazen) o Pt las aguas superficiales pueden alcanzar varios centenares de ppm de Pt (OMS, 2018).

Turbiedad

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos y es la medida de la cantidad de estos materiales en suspensión. Se expresa en unidades nefelométricas de turbiedad (UTM) y se mide en un turbidímetro (OMS, 2018).

Para la determinación de la turbiedad se recomienda el método Nephelométrico que mide la fracción de luz que es dispersa 90 grados con respecto a la luz incidente. Para lo cual se utiliza un instrumento llamado Nephelométrico y un patrón de referencia a base de polímero fromazina (Sulfato de hidrazazina, hexametilentetramina y agua destilada), que generalmente tiene una turbiedad de 400 unidades, aun cuando algunos casos se elaboran con 4000 unidades de turbiedad. Otro método para medir la turbiedad es denominado turbidímetro de bujía.

Olor

En su forma pura, el agua no produce sensaciones olfativas. El olor en el agua puede utilizarse de manera subjetiva para describir cualitativamente su calidad, estado, procedencia o contenido. El olor se reconoce como factor de calidad que afecta a la aceptabilidad del agua potable, compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones.

Este parámetro organoléptico se puede evaluar mediante percepciones sensoriales que se realizan directamente en campo, pero en caso que se quiera confirmar y cuantificar se miden nuevamente en el laboratorio mediante técnicas estándares más precisos. La determinación del olor se hace con el límite umbral: dilución máxima de agua inolora para hacer susceptible su olor. No existe una concentración absoluta de olor umbral debido a la variación inherente a la capacidad olfatoria individual (DIGESA, 2018).

Sabor

Al igual que el olor este parámetro es determinación organoléptica y subjetiva. Sin embargo, la ausencia de sabor no proporciona garantía de que esté libre de gérmenes patógenos o de algunas sustancias químicas inorgánicas tóxicas. Para el consumidor el sabor puede ser lo más importante y generalmente en sistemas de agua potable son los que presentan mayor cantidad de quejas por los consumidores. En el agua se pueden considerar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo (DIGESA, 2018).

2.2.9.4.3 Parámetros Físico – Químicos

En general la composición física y química de las aguas se debe a la presencia de muchos compuestos en estado coloidal o disueltos, que provienen de diversas fuentes, tales como: la erosión de suelos y rocas, reacciones de disolución y precipitación que ocurren bajo la superficie de la tierra y también de los efectos que resultan de las diversas actividades del hombre (Moraga Marín, Benavidez Markó, & Camas Moreno, 2022)

Los parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad del agua según las normas CAPRE se describen a continuación

Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente (Barrenechea, s/f).

Cloro Residual

Es el cloro activo que permanece en el agua luego de desinfectarla, a fin de asegurar la desinfección durante un tiempo determinado. Según la Organización

Mundial de la Salud (2013), “En la actualidad, la desinfección con cloro es la mejor garantía del agua microbiológicamente potable”. Por sus propiedades, el cloro es efectivo para combatir todo tipo de microbios contenidos en el agua incluidos las bacterias, los virus, los hongos y las levaduras y las algas y limos que proliferan en el interior de las tuberías de suministro y en los depósitos de almacenamiento. En condiciones normales, el cloro residual varía entre 0,2 ppm y 0,5 ppm, lo ideal es 0,5 ppm a la salida del tratamiento y no menos de 0,2 ppm en el punto más alejado de la red. Solo la cloración garantiza que el agua ya tratada se mantenga libre de gérmenes durante su tránsito por tuberías y depósitos antes de llegar al grifo, además es el método más económico.

Cloruros

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas; por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad en este tipo de aguas (Barrenechea, s/f).

Conductividad

La conductividad es la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica y es una medida indirecta de la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (cuenca).

Debe tenerse en cuenta que derrames de hidrocarburos (aceites, petróleo), compuestos orgánicos como aceites, fenol, alcohol, azúcar y otros compuestos no ionizables (aunque contaminantes), no modifican mayormente la conductividad (Gollenola G. 2007). La Unidad de medida de la conductividad es Micro siemens por cm (μ siemens/cm) (García de la Fuente, 2013).

Dureza

La dureza del agua corresponde a la suma de calcio y magnesio, a los que se añaden los iones hierro, aluminio, manganeso, etc. Su medida se expresa habitualmente en °F (grados franceses) °dH (grados alemanes) o ppm de carbonato cálcico (CaCO₃). Las equivalencias entre estas unidades son las siguientes:

- 1 °F = 10 ppm de CaCO₃
- 1 °dH = 1,78 °F
- 1 °dH = 17,8 ppm de CaCO₃

La dureza del agua está formada por las sales de calcio y de magnesio. La dureza procedente de las sales de calcio se llama dureza cálcica y la dureza procedente de las sales de magnesio se llama dureza magnésica. Los principales componentes de la dureza son los bicarbonatos, sulfatos y cloruros, ya que los carbonatos y los hidróxidos son muy insolubles y están en pocas cantidades en el agua (García de la Fuente, 2013).

Sulfatos

Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo.

Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones. Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas. La remoción de sulfato puede resultar costosa y requerir métodos complicados, por lo cual es preferible elegir

fuentes naturales con niveles de sulfato por debajo de los límites aconsejados (Barrenechea, s/f).

Aluminio

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbiedad del agua. Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 ppm.

El problema mayor lo constituyen las aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo, debido a sus propiedades anfóteras, que hacen que sus sales se hidrolicen formando ácidos débiles. Durante el tratamiento es posible remover las sales de aluminio solubles, mediante la formación de hidróxido de aluminio. Sin embargo, es necesario tener mucho control del pH, pues si este sube excesivamente, podría producirse la formación de aluminatos, nuevamente solubles. La coagulación, en este caso, se realiza mediante polímeros orgánicos, por lo general aniónicos (Barrenechea, s/f).

Calcio

La concentración de calcio conjuntamente con la de magnesio es utilizada para caracterizar las aguas duras y blandas. Es un metal alcalino-térreo, es el principal constituyente de muchas rocas minerales comunes y tiene un solo estado de oxidación Ca^{2+} . Su comportamiento en los sistemas naturales acuosos está gobernado por la disponibilidad de los sólidos más solubles que contienen calcio y por el equilibrio que involucra las especies de bióxido de carbono o por la disponibilidad de azufre en la forma de sulfatos.

La presencia de calcio proviene del paso del agua a través de depósitos de caliza, dolomita, yeso y pizarras yesíferas. Las concentraciones de calcio varían de 10 y 250 ppm en aguas dulces, pudiendo llegar a 600 ppm en aguas selenitosa (OMS, 2013).

Cobre

La presencia de cobre en un sistema de abastecimiento de agua de consumo se debe, por lo general, a la acción corrosiva del agua que disuelve las tuberías de cobre. El cobre en el agua de consumo puede aumentar la corrosión de accesorios de acero y hierro galvanizados. Cuando la concentración de cobre del agua es mayor que 1 mg/l, mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. A niveles mayores que 5 mg/l, el cobre también tiñe el agua y confiere un sabor amargo no deseado. Aunque el cobre puede conferir sabor al agua, es seguramente aceptable a concentraciones iguales al valor de referencia basado en efectos sobre la salud (OMS, 2013).

Magnesio

El magnesio no existe libre en la naturaleza. Se encuentra combinado como carbonato, $MgCO_3$, constituyendo el mineral llamado magnesita o giobertita. Se encuentra generalmente en las aguas en cantidades mucho menores que el calcio, pero su importancia biológica es grande, ya que es indispensable en el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos, actuando igualmente en la constitución de los huesos. Una persona adulta debe de tomar por término medio 200 a 300 mg por día. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, puede esta actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo (Bonilla, 2022).

Sólidos Disueltos Totales

La cantidad de sólidos disueltos totales (TDS) es uno de los principales indicadores de la calidad del agua. El TDS es el total de sales disueltas y se puede expresar en mg/l, g/m^3 o ppm (mg/l). El hecho de que el agua tenga sales en disolución, hace que ésta sea conductiva a la electricidad. Así un agua con muchas sales, es muy conductiva y la medida de la conductividad nos permite evaluar de una forma rápida la salinidad del agua.

Las sales más frecuentes en el agua son las de calcio, magnesio y sodio. En aguas no salobres, el 90 % del contenido de sales en el agua, son por presencia de calcio

y magnesio. Además, dicho calcio y magnesio son molestos en la utilización del agua (García de la Fuente, 2013).

Zinc

Las aguas naturales pueden contener cinc en concentraciones bastante bajas. En el agua de suministro, el cinc proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce. El cinc es un elemento esencial y benéfico para el metabolismo humano, ya que muchas enzimas dependen de él para la descomposición del ácido carbónico y de la insulina, hormona esencial en el metabolismo de los hidratos de carbono (Barrenechea, s/f).

La salubridad del cinc es variable y depende del pH y de la alcalinidad. Diferentes estudios han demostrado que el cinc no tiene efectos sobre la salud, pero en concentraciones altas tiene un marcado efecto sobre el sabor; por ello su contenido debe limitarse.

Debido a su influencia en el sabor las normas CAPRE recomiendan que la concentración de cinc en aguas de consumo no exceda los 3 mg/L.

2.2.10 Mini Acueducto por bombeo eléctrico (MABE)

Un mini acueducto por bombeo eléctrico es un conjunto de estructuras que forman un sistema donde mediante el uso del bombeo eléctrico se extrae e impulsa el agua desde un punto de captación hasta un punto determinado lo que podría ser un poblado, caserío, o simplemente un depósito de almacenamiento hídrico. Según Guzmán Maliaños, Rodríguez García, y Salmerón Altamirano(2015)“un MABE, se compone de los siguientes elementos: Fuente de abastecimiento (generalmente un pozo perforado), estación de bombeo, línea de conducción, depósito y red de distribución. p. 28.

2.2.11 Diseño de los componentes del sistema MABE

2.2.11.1.1 Fuentes

1. Fuente energética

La fuente de energía eléctrica su equipo eléctrico es uno de los requisitos fundamentales para la elaboración del proyecto según, se debe tener en cuenta los siguientes puntos:(NORMAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA - NTON 09 003-99 (gaceta n° 105,2000), 2000)

- 1) Estudiar cuidadosamente las alternativas para determinar la fuente de energía más económica y eficiente para el funcionamiento de las bombas, actualmente se está implementando diversas tecnologías que son más rentables económicamente y ecológicamente.
- 2) Que sea posible suministrar suficiente energía para operar las bombas a su máxima capacidad en caso de emergencia.
- 3) Cuando el caso lo requiera se proveerá una fuente eléctrica de emergencia.

2. Fuente hídrica: la fuente de abastecimiento hídrico pueden ser Aguas superficiales, o aguas subterráneas.

✓ Aguas subterráneas

Para el abastecimiento por aguas subterráneas se debe obtener la siguiente información:

Geológica: Información geológica y estratigráfica. Características físicas de los acuíferos (magnitud, espesor, límites, etc.). Propiedades físicas de los acuíferos (permeabilidad, rendimiento específico, permeabilidad de los acuíferos adjuntos, coeficiente de almacenamiento, etc.).

Hidrológico: Nivel piezométrico para el cual es necesario conocer la profundidad y los cambios de altura de las capas freáticas.

Precipitación anual, escorrentía y posibles recargas al sub-suelo, pérdidas por evaporación, transpiración y descargas de aguas subterráneas.

Calidad del agua: Características minerales del agua de cada acuífero.

✓ **El Pozo**

La selección de la clase de pozo que se necesite dependerá de los factores calidad y cantidad de agua requerida, profundidad del agua subterránea, condiciones geológicas, disponibilidad de equipo para la succión del agua y/o equipo para construcción de pozos y los factores económicos.

2.2.10.1.2 Estación de bombeo o caseta de control

La caseta de control debe ser bien diseñada y con suficiente espacio para los equipos, debe estar protegida del público con cercas apropiadas y tener un buen acceso durante todo el año, se diseña de mampostería reforzada acorde a un modelo típico, incluyéndose la iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos (Rodríguez Molina, 2017).

2.2.10.1.3 Línea de conducción

Esta se define como línea de conducción a la parte del sistema constituida por el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación, hasta un punto que bien puede ser un tanque de regulación, una planta potabilizadora, o la red de distribución, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución (NORMAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA - NTON 09 003-99 (gaceta n° 105,2000), 2000).

Se distingue dos clases de líneas de conducción en base a la naturaleza y características de la fuente que son: por gravedad o por bombeo. Para su dimensionamiento deberá considerarse los siguientes aspectos:

1) Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (CMD=1.5 CP, más las pérdidas).

2) La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas, además de los siguientes aspectos indispensables:

✓ **Diámetro de la tubería:** Será igual al requerido por la demanda, y su resistencia ante la corrosión y presiones a la que este expuesta.

✓ **Velocidad:** La velocidad en la línea de conducción será calculada a partir de la fórmula de continuidad.

✓ **Perdidas por fricción:** Se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen - Williams, donde se despeja la gradiente hidráulica.

✓ **Golpe de Ariete:** Se denomina al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente.

✓ **Válvulas y estructuras complementarias**

a) **Válvula de compuerta:** Diseñada para permitir el flujo de gas o líquido en línea recta con una caída de presión.

b) **Válvula de globo:** El uso principal de las válvulas de globo consiste en regular o estrangular un fluido, desde el goteo hasta el sello completo y opera eficientemente en cualquier posición intermedia del vástago.

c) **Válvulas de admisión y expulsión de aire:** Son para expulsar el aire que pueda haber entrado en la tubería de impulsión mezclado con el agua o que esté presente en esta antes de comenzar su funcionamiento. Igualmente, para admitir aire en la tubería y romper así el vacío que pueda producirse dentro

de esta e impedir la falla por aplastamiento al producirse el cierre de las válvulas de compuerta.

- d) **Válvulas de retención o de check:** Su disposición tiene como objetivo en la línea de impulsión impedir que la inversión de la corriente de agua ocasione la rotación inversa del conjunto para preservar el motor de la bomba e impedir el vaciado de la línea de impulsión y posibles inundaciones de la casa de bombas.
- e) **Válvulas de alivio contra el golpe de ariete:** En las sargas de bombeo, estas se colocan después de la válvula de retención para disipar la sobrepresión que se pueda producir y así proteger el equipo de bombeo y accesorios del golpe de ariete.
- f) **Cámara de válvula de aire:** El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área del flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto.
- g) **Cámara de válvula de purga:** Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.
- h) **Cámara rompe-presión:** Usada mayormente en miniacueductos por gravedad, la pila rompe presión sirve para aliviar las presiones que pueden ocasionar daños a las tuberías.

2.2.10.1.4 Trazado de línea de conducción

En la selección del trazado de la línea de conducción deben considerarse los siguientes factores:

- 1) Que la conducción sea por gravedad siempre que sea posible.
- 2) Que sea cerrada y a presión.
- 3) Que el trazado de la línea sea lo más directo posible desde la fuente a la red de distribución.

- 4) Evitar que la línea atraviese por terrenos extremadamente difíciles o inaccesibles.
- 5) Que esté siempre por debajo de la línea piezométrica un mínimo de 5 metros, y a la vez que se eviten presiones mayores de los 50 metros.
- 6) Evitar que la línea pase por zonas de probables deslizamientos o inundaciones.
- 7) Para proteger la tubería en el caso de paso obligado bajo carreteras, ríos, otro y efectuar obras de protección de la tubería.

2.2.10.2 Red de distribución Hidráulica

La red de distribución no es más que el conjunto de accesorios y tubería que permiten el paso del agua hasta los puntos de acceso públicos o privados. Según Guzmán Maliaños, Rodríguez García, y Salmerón Altamirano (2015), “Es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo”. p. 37

Según la forma de los circuitos, existen dos tipos de sistemas de distribución.

- a) **Redes abiertas:** Redes abiertas: Son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. La principal desventaja de este sistema son los puntos muertos, donde se requiere instalar válvulas de limpieza.
- b) **Red cerrada:** son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red elimina los puntos muertos, además de ser más económico, los tramos son alimentados por ambos extremos consiguiéndose menores pérdidas de carga y por lo tanto menores diámetros.

Para su diseño deberá considerarse proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

2.2.10.2.1 Funciones de la red de distribución

El o los sistemas de distribución tienen las siguientes funciones principales de suministrar el agua potable suficiente a los diferentes consumidores en forma sanitariamente segura, y de proveer suficiente agua para combatir incendios en cualquier punto del sistema.

2.2.10.2.2 Accesorios y obras complementarias de la red de distribución

1) Válvulas de pase

Deberán espaciarse de tal manera que permitan aislar tramos máximos de 400 metros de tuberías, cerrando no más de cuatro válvulas. Serán instaladas siempre en las tuberías de menor diámetro y estarán protegidas mediante cajas metálicas subterráneas u otras estructuras accesibles especiales.

2) Válvulas de limpieza

Estos dispositivos que permitirán las descargas de los sedimentos acumulados en las redes deberán instalarse en los puntos extremos y más bajos de ellas.

3) Válvula reductora de presión y cajas rompe presión

Deberán diseñarse siempre y cuando las condiciones topográficas de la localidad así lo exijan.

4) Tubería y su material

Las tuberías es otro de los componentes de una línea de conducción, como también de una red de distribución. Esta tubería debe resistir las presiones internas estáticas, dinámicas, de golpe de ariete, y las presiones externas de rellenos y cargas vivas debido al tráfico. Su material puede ser de metal, PVC, entre otros.

2.2.10.3 Almacenamiento o depósito

Su objetivo es suplir la cantidad 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 o depósitos deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno para asegurar un buen rendimiento del sistema de distribución. Existen diferentes clases de tanques según su diseño y material de fabricación. Las clases de tanques pueden ser de concreto armado, acero, mampostería, los tipos de tanque que habitualmente se recomiendan construir son tanque sobre el suelo, tanque elevado y cisterna. Una propuesta del esquema de un tanque o pila de almacenamiento sobre el suelo se puede observar en el anexo 39.

2.2.10.3.1 Accesorios para tanques de mampostería o concreto

- 1) **Tubo de entrada:** El diámetro está definido por la tubería de conducción, debiendo estar provista de una válvula compuerta de igual diámetro antes de la entrada.
- 2) **Tubería de salida:** El diámetro de la tubería de salida será el correspondiente al diámetro de la línea de aducción, y debe estar provisto de una válvula compuerta que permita regular el abastecimiento de agua a la población.
- 3) **Tubería de limpieza:** La tubería de limpia debe tener un diámetro tal que facilite la limpieza del reservorio de almacenamiento en un periodo no mayor de 2 horas. Esta tubería será provista de una válvula compuerta.
- 4) **Tubería de rebose:** La tubería de rebose se conecta con descarga libre a la tubería de limpia y sin ser provista de válvula de compuerta, permitiendo la descarga de agua en cualquier momento.

2.2.10.4 Normas y reglamentos para un MABE

Un correcto funcionamiento de un sistema de agua potable es legislado por normas y criterios que van acorde al lugar o localidad donde se desarrolle. La zona rural se requiere de una serie de normas y criterios que no necesariamente deben ser los mismos del sector urbano, debido a que entre ambos existen diferencias de índole cultural, económica y social. Las normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua - NTON 09 003-99 (gaceta n° 105,2000), expresa todos los criterios necesarios para un sistema de bombeo y distribución hidráulica transporte de forma eficiente, accesible el agua necesaria(Guzmán Maliaños, Rodríguez García, & Salmerón Altamirano, 2015).

2.2.11 Mantenimiento Preventivo

Durante el mantenimiento preventivo o conocido también como de rutina o corriente se realizan las siguientes prevenciones: corregir problemas pequeños o reemplazar piezas de poca importancia, eliminar pequeños defectos, regular o reubicar algunos elementos del equipo, indicar medidas de precaución para el uso del equipo, asegurando así su

funcionamiento normal hasta la reparación planificada de turno. Se realizan trabajos como la limpieza de componentes, la restitución de pequeños sectores de aislamiento deteriorados en las uniones o empalmes de líneas de distribución, fijación de las líneas de distribución, verificación de niveles de electrolitos y añadir agua limpia (destilada) si es necesario, inspeccione el funcionamiento de los interruptores. Las reparaciones de mantenimiento se llevan a cabo sin desarmar el sistema aprovechando los periodos en donde hay menos demanda de los componentes (Martínez Tercero, 2020).

El mantenimiento del sistema de bombeo solar Fotovoltaico (SBSFV), se realizará rutinariamente, este en su mayor parte debe estar a cargo de los usuarios, las tareas más comunes de mantenimiento de rutina para los Kits de iluminación son:

- 1) **Limpieza del módulo solar:** con un paño húmedo y escurrido se limpia las superficies del módulo para eliminar polvo e incrustaciones, se verifica el estado de las conexiones dentro de la caja de conexión del módulo y se verifica la fijación de los cables.
- 2) **Limpieza del controlador de carga:** elimine todo rasgo de suciedad debido a insectos en las ranuras u orificios del controlador, asegúrese de que los indicadores o luz del controlador no estén tapados debido a polvo o a casa de insectos, use una escobilla suave para limpiar los orificios y ranuras del controlador.
- 3) **Limpieza de baterías (si existe banco de batería en el SBSFV):** limpie el polvo sobre las baterías, asegúrese que el cargador de la batería este bien fijado, puede lavar la batería con suficiente agua y un poco de bicarbonato de sodio, no agregue agua de ríos o pozos al interior de la batería, mantenga su batería y el contenedor bien secas y libres de suciedad, no exponga su batería al calor. otras normas en cuanto al mantenimiento de las baterías muy importantes es el visual, estos no se pueden omitir según SG-SICA/ Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica. (2013) La inspección visual de las baterías debe efectuarse mensualmente. Se debe de comprobar si aparece alguno de los siguientes efectos degradativos:

- a) **Corrosión:** Provoca que la corriente no se distribuya uniformemente por todos los vasos de la batería.

 - b) **Sulfatación:** Aparece cuando la batería trabaja en estados de carga deficitarios, se caracteriza por la aparición de cristales de color azul verdoso en la bornera positiva principalmente.

 - c) **Limpieza:** Limpiar los vasos con un paño humedecido, las conexiones con una brocha metálica y en las borneras se debe de aplicar vaselina para prevenir la corrosión.
- 4) **Cableado:** asegúrese que todos los cables estén fijos y no holgados, no trate de halar los cables, no use los cables para enganchar o amarrar otras cosas, nunca corte los cables o trate de hacer conexiones a ellos, esto puede provocar cortocircuito y dañar el controlador de carga, asegúrese que los cables conectados al controlador de carga estén bien fijados.
- 5) **Uniones o empalmes:** no extraiga cinta adhesiva de las uniones de los cables, estos deben estar bien cubiertos para evitar cortocircuitos, no hale los cables, estos pueden desconectarse.
- 6) **Interruptores:** asegúrese que los interruptores estén bien fijos y funcionando adecuadamente, o forje el contenido de la palanca del interruptor, esto puede deteriorarlo.

De acuerdo con Delgado, Morán, y Hernández (2016) otras estimaciones para mantenimiento preventivo se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento Preventivo

Tanque de almacenamiento de agua: Limpieza del tanque para evitar la producción de bacterias o musgo cada 3 meses.

Bomba para agua: No requiere mantenimiento a menos que haya obstrucción por exceso de materiales como arena, algas, etc., altos niveles de acidez o baja de presión

Materiales metálicos: La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos está fabricada íntegramente con perfiles de aluminio y tornillería de acero inoxidable, por lo que no requieren mantenimiento anticorrosivo. El mantenimiento de las mismas consistirá en:

Anualmente

- Comprobación de posibles degradaciones (deformaciones, grietas, etc.).
- Comprobación del estado de fijación de la estructura a cubierta. Se controlará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, controlando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se sustituirá por otro nuevo.
- Cerciorarse de que todas las juntas se encuentran correctamente selladas, reparándolas en caso necesario.

Limpieza total del área de la instalación: Esta limpieza se realizará cada 3 meses y consiste en la limpieza de los alrededores del sistema de riego para evitar la aparición de árboles, hierba o pasto.

2.2.12 Dimensionamientos de componentes del Sistema de bombeo

Demanda de agua (litros/día)

$$\text{Volumendeagua} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{días}} \right) = \frac{\text{Volumendeagua} \left(\frac{\text{l}}{\text{día}} \right)}{1000 \text{ l/m}^3} \quad (24)$$

$$\text{Volumendeagua}(\text{GPD}) = \frac{\text{Volumendeagua} \left(\frac{\text{l}}{\text{día}} \right)}{3.785 \text{ l/gal}} \quad (25)$$

Régimen de bombeo

$$\text{Caudal} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = \frac{\text{Volumendeagua} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right)}{\text{HorasSolPico} \left(\frac{\text{h}}{\text{día}} \right)} \quad (26)$$

$$\text{Caudal}(\text{GPM}) = \frac{\text{Volumendeagua}(\text{GPD})}{\text{HorasSolPico} \left(\frac{\text{Hr}}{\text{día}} \right) * 60 \text{ min/h}} \quad (27)$$

Carga Estática (CE)

$$CE = \text{Nivel de bombeo} + \text{Nivel o espejo de Agua} + \text{Altura de descarga de agua.} \quad (28)$$

Pérdidas por fricción

$$\text{Perdidasporfricción} = (CE + \text{Recorridoodistanciadetubería}) * 0.035 \quad (29)$$

Carga Dinámica Total (CDT)

$$CDT = CE + \text{Pérdidasporfricción} \quad (30)$$

Ciclo Hidráulico

$$\mathbf{CicloHidráulico(m^4)} = CDT * Volumendeagua \quad (31)$$

Selección de la bomba CC

En base a la demanda de agua o el caudal y la CDT en metros o en pies, se selecciona en un catálogo de bombas un modelo que se adapte a los requerimientos de caudal y altura.

Tensión de Operación en Corriente Continua

En base a los datos proporcionados por los fabricantes, debe seleccionarse la tensión de operación para la cual el sistema de bombeo proporciona mayor eficiencia.

$$\mathbf{Energíadelsistema (Whr/día)} = \frac{Volumendeagua (l/día) * CDT}{367 * Esistemadebombeo} \quad (32)$$

Donde;

367 es una constante de conversión de energía hidráulica a energía eléctrica.

E corresponde a la eficiencia del sistema de bombeo.

Corriente del Generador Solar FV

$$\mathbf{CorrienteSSFV (Amp)} = \frac{Energíadelsistema (Whr/día)}{VoltajeSSFV * Econductores * Emódulos * HS} \quad (33)$$

Voltaje SSFV: Voltaje nominal de operación del sistema de bombeo.

E conductores: Eficiencia de los conductores corresponde a 95%

E módulos: Eficiencia de los módulos FV corresponde a 90%

HSP: Horas de sol pico incidentes en la zona.

Selección del módulo solar FV

En base a la corriente del generador solar FV, seleccione un módulo FV, que:

Su corriente I_{pmax} sea aproximadamente igual a la calculada, o bien,

Su corriente I_{pmax} sea aproximadamente la mitad de la calculada.

Número de módulos FV en paralelo

$$\text{Número de módulos FV en paralelo} = \frac{\text{Corriente SSFV}}{\text{Corriente } I_{pmax} \text{ módulo seleccionado}} \quad (34)$$

Número de módulos FV en serie

$$\text{Número módulos serie} = \frac{\text{Voltaje SSFV}}{\text{Voltaje } I_{pmax} \text{ del módulo seleccionado}} \quad (35)$$

Potencia del Arreglo SSFV

$$P. SSFV = \text{No. Módulos paralelo} * \text{No. Módulos serie} * P_{n\text{módulo}} \quad (36)$$

Donde;

P_n = Potencia nominal del módulo seleccionado.

Agua Bombeada (Litros por día)

$$A. \text{ Bombeada (l/día)} \quad (37) \\ = \frac{\text{No. módulos paralelo} * \text{Corriente } I_{pmax} * \text{Tensión SSFV} * \text{Esistema de bombeo} * 367 * \text{HSP} * E_{\text{módulos}}}{CDT}$$

Régimen de bombeo (Galones Por Minutos)

$$\text{Régimen de bombeo (GPM)} = \frac{\text{Agua Bombeada}}{\text{HSP} * 60 \text{ min/h} * 3.785 \text{ l/gal}} \quad (38)$$

- Almacenamiento de agua.

Se calcula el volumen de agua almacenado.

$$V_{alm} = Q * D_{aut} \quad (39)$$

Donde;

V_{alm}: volumen almacenado

Q: es el caudal

D_{aut}: son los días de autonomía

2.3 Hipótesis

El dimensionado y desarrollo de un mini acueducto de bombeo solar fotovoltaico, dependerá del diagnóstico socioeconómico y la disposición de los habitantes a una mejor calidad de vida, siempre y cuando las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua para consumo humano estén dentro de las normas CAPRE y se disponga del recurso solar y abundante agua en el pozo de la comunidad.

CAPITULO III. DISEÑO METODOLOGICO

3.1 Tipo de Estudio

De acuerdo al enfoque filosófico, por el uso de los instrumentos de recolección de la información, análisis y vinculación de datos, el presente estudio se fundamenta en la integración sistémica de los métodos y técnicas cuantitativas de investigación, por tal razón, se realiza mediante un enfoque filosófico de investigación cuantitativo.

Con respecto al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información según Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista(2014) es prospectivo debido a que se registraron hechos según iban ocurriendo.

Según el periodo y secuencia del estudio este se cataloga como transversal ya que se recolectan los datos en un solo momento, en un tiempo único. Como señala Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista(2014) el propósito del estudio transversal es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Según el nivel de profundidad del conocimiento es descriptivo, el investigador se limita a medir la presencia, las características o la distribución de un fenómeno en una población en un momento acorde al tiempo, están dirigidos a determinar "cómo es" o "cómo está" la situación de las variables que se estudian en una población.

Según Rojas (2002) por la ocurrencia de los hechos respecto al estudio y el diseño de la investigación es no experimental ya que no se manipulan las variables independientes para ver sus efectos sobre las otras variables solo se observarán los fenómenos en el contexto natural y su comportamiento.

3.2 Área de Estudio

3.2. 1 Ubicación geográfica

El área geográfica se enfoca en la comunidad Quebrada Arriba perteneciente al municipio de Pueblo Nuevo departamento de Estelí- Nicaragua, con las siguientes coordenadas geográfica **latitud** 13.39328° o 13° 23' 36" norte; **longitud** -86.48559° o 86° 29' 8" oeste, altitud 885.00 m o 2903.54 ft, (ver figura 23).

La población total de Pueblo Nuevo según datos obtenidos por Yumpu (2015), es de 18,602 habitantes distribuidos en un área urbana y comunidades rurales. La población urbana está compuesta por un total de 2,911 habitantes, que corresponde al 18% de la población total municipal; mientras la población rural por un total de 15,691 habitantes.

La comunidad Quebrada Arriba está conformada por aproximadamente 84 familias 306 personas, donde se realizará el estudio para proponer un sistema de mini acueducto de bombeo solar fotovoltaicos para abastecimiento de agua potable a dicha comunidad.

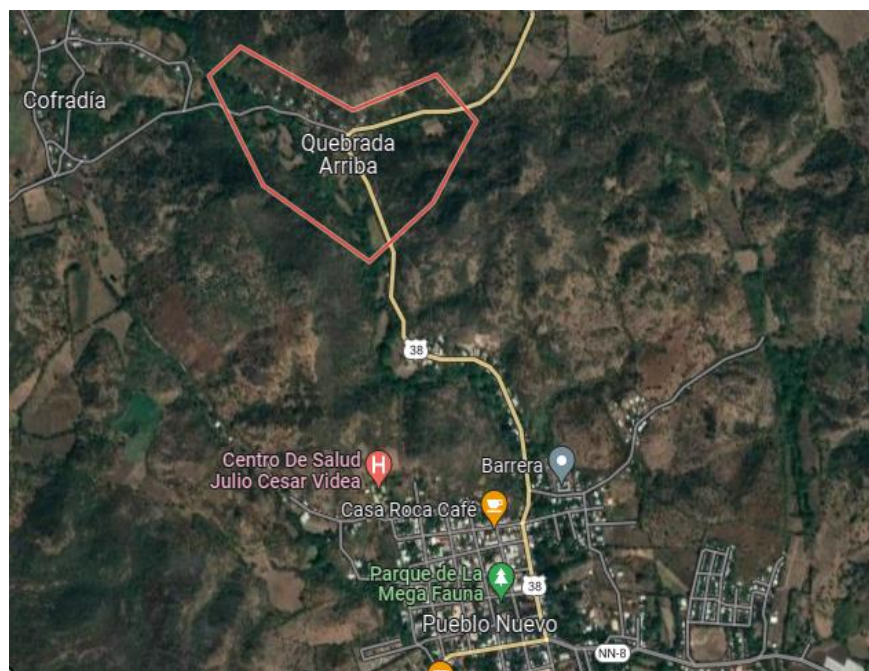


Figura 23. Ubicación de la comunidad Quebrada Arriba

Fuente: (Google Maps, 2022)

3.2.2 Área de conocimiento

Esta investigación pertenece al área de estudio de INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN de la línea de investigación IIC-1: Innovación, Tecnología y medio ambiente y responde a la sub línea IIC-1.1: Energía renovable de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN –MANAGUA) /Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM – ESTELÍ).

3.3 Universo y Muestra

3.3.1 Universo y muestra

La comunidad está conformada por aproximadamente 306 personas, entre niños, jóvenes, adultos y ancianos, está fue la población para la investigación presente. Existen 84 viviendas por lo tanto la muestra es de 49 personas que representan 49 casas, se tomó como muestra únicamente una persona por vivienda.

3.3.2 Tipo de muestreo

La muestra es igual al resultado obtenido aplicando la ecuación de la población finita, la cual permite determinar el número de usuarios. De acuerdo a Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista(2014), la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población. Según Fidias G. (2012) el tipo de Muestreo es no probabilístico ya que es un procedimiento de selección en el que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra.

3.4 Matriz de Operacionalización de Variables Tabla 6. Matriz de operación de variables

Dimensionar un mini acueducto de bombeo solar fotovoltaico que contribuya a la mejora de calidad de vida de los habitantes de la comunidad Quebrada Arriba, Pueblo Nuevo, 2022				
Objetivos específicos	Variable conceptual	Subvariables o Dimensiones	Variable operativa o indicador	Técnicas de recolección Datos e información
Diagnosticar las condiciones actuales de la comunidad en referencia a factores organizativos, económicos, higiene y satisfacción del sistema de abastecimiento actual.	Condiciones socio geográficas y económicas actuales	-Organización comunitaria -Satisfacción económica, salud e higiene comunitaria	<u>Indicadores de organización</u> Número de habitantes, edad, sexo, tiempo de vivir, leer, escribir, nivel académico. <u>Indicadores económicos</u> -Situación laboral -Ingreso económico -Aporte económico -Pago de energía <u>Indicadores de higiene</u> -Saneamiento -Control de calidad -Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos <u>Indicadores de salud</u> -Agua para necesidades básicas -Cloración del agua -Malestar gastrointestinal -Tipo de servicio sanitario -Consumo y uso del agua.	-Encuesta -Programa SPSS

3.5 Métodos técnicas e instrumentos para la recolección de Datos e información.

El método de recolección de datos utilizados permitió recoger, validar y analizar la información necesaria para lograr los objetivos de la investigación.

- 1. Observación:** este método consiste en el uso sistemático de nuestros sentidos, además se realizó de tipo estructurada a través de la observación en el área geográfica de estudio aplicando formatos específicos para levantamiento de datos, y trabajo de fotografía.
- 2. Encuesta:** Es del tipo escrita a través de cuestionario con preguntas cerradas, o abiertas, en el caso de esta investigación las preguntas son del tipo semiestructurada con el propósito de analizar las variables. Este instrumento se puede observar en el anexo número 1, además su análisis en el capítulo IV, página número 85.
- 3. Análisis del agua del pozo:** examen realizado en Laboratorios Químicos S. A, LAQUISA, fisicoquímico y bacteriológico.

3.6 Procedimiento de recolección de datos de la información

- 1. Diagnosticar las condiciones actuales de la comunidad en referencia a factores organizativos, económicos, higiene y satisfacción del sistema de abastecimiento actual**

A través de los instrumentos para la recolección de los datos en este caso la encuesta se logró conocer las condiciones socio geográficas y socioeconómicas actuales de la comunidad, con una lista de preguntas realizadas a los habitantes se midieron los factores de organización, economía, y satisfacción del sistema de abastecimiento actual.

- 2. Identificar las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua para consumo humano de la comunidad Quebrada Arriba, Pueblo Nuevo**

Se identificaron las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua con la finalidad de dar una noción optima a la población, aunque en las entrevistas se obtuvo que el agua es hasta la actualidad apta para el consumo humano. La determinación de

las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del agua se realizaron en el laboratorio LAQUISA ubicado en la ciudad de León, las muestras fueron recolectadas por el equipo de investigación, se analizó un total de 16 variables, de las cuales, 14 corresponden a físicas – químicas y 2 a microbiológicas.

3. Proponer un mini acueducto de bombeo solar fotovoltaico para abastecimiento de la comunidad

Los datos relacionados al objetivo de propuesta de mini acueducto solar fotovoltaico para el consumo de agua, provinieron de los cálculos realizados mediante la toma de datos y ecuaciones matemáticas, para obtener radiación solar, caudal, demanda energética, entre otros, además de la demanda de agua diaria obtenida a través de cálculos y la estimación de consumo que se tomó en este caso 30 litros al día por persona.

3.7 Plan de Tabulación y Análisis Estadístico

A partir de los datos que se han recolectado se diseñó la base de datos correspondiente en el programa de SPSS, en este se realizaron gráficos de pastel, barras, caja y tablas de frecuencia. Se realizó el estudio geográfico de la zona con la App Google Earth para determinar los puestos de abastecimiento de agua potable y se mido parámetros del sol y agua.

CAPITULO IV

4.1. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1.1 Condiciones socios geográficos actuales de la comunidad

Se elaboró la encuesta con una serie de preguntas que fueron aplicadas a una persona encuestada representante de cada vivienda, para obtener la representación de un total de 49 familias que son la muestra que representan a la población de la comunidad de 84 familias, se tomaron variables paramétricas y no paramétricas, los resultados estadísticos se obtuvieron con la recolección de datos y el uso del programa SPSS para su posterior análisis.

Del total de personas de la comunidad que participaron en las encuestas, el 46.9 % son mujeres y el 53.1 % varones. En la tabla 7 se observa que el género femenino es el que más predomina en la comunidad, concluyendo que por hábitos tradicionales es el género que más uso da al agua en sus hogares.

Tabla 7. Sexo o género de habitantes

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Masculino	26	53.1	53.1	53.1
Femenino	23	46.9	46.9	100.0
Total	49	100.0	100.0	

1. Edad de los encuestados

El diagrama de caja que muestra la figura 24, nos indica la relación de las edades. En el bigote superior se muestra que la edad de 81 años es la más alta perteneciendo al género femenino, al contrario del bigote inferior que nos indica la edad mínima de 18 años perteneciendo al género masculino. En el rango inter cuartil que se comprende entre el cuartil 1 y cuartil 2 se observan las edades desde 35 a 57 años, la mediana está entre 45 y 46 años aproximadamente.

Valores máximos y mínimos de edades en la comunidad

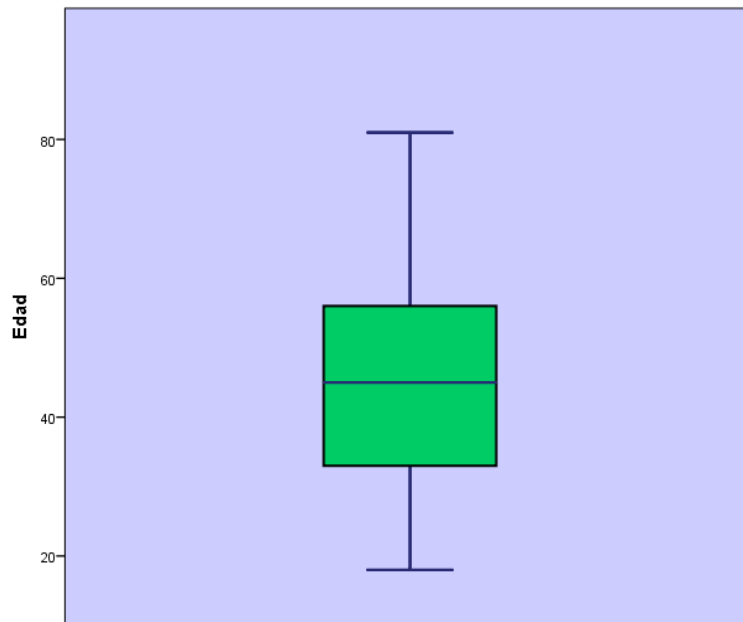


Figura 24. Edad

2. Tiempo de vivir en la comunidad

En la siguiente figura 25 de barra refleja datos estadísticos del tiempo que tienen de habitar, donde son encuestados 49 habitantes con el valor más alto de 30 años correspondiente al 12.24% equivalente a 6 personas y el valor más bajo corresponde a una persona representada por el 2.04% que ha habitado por 8 años en la comunidad.

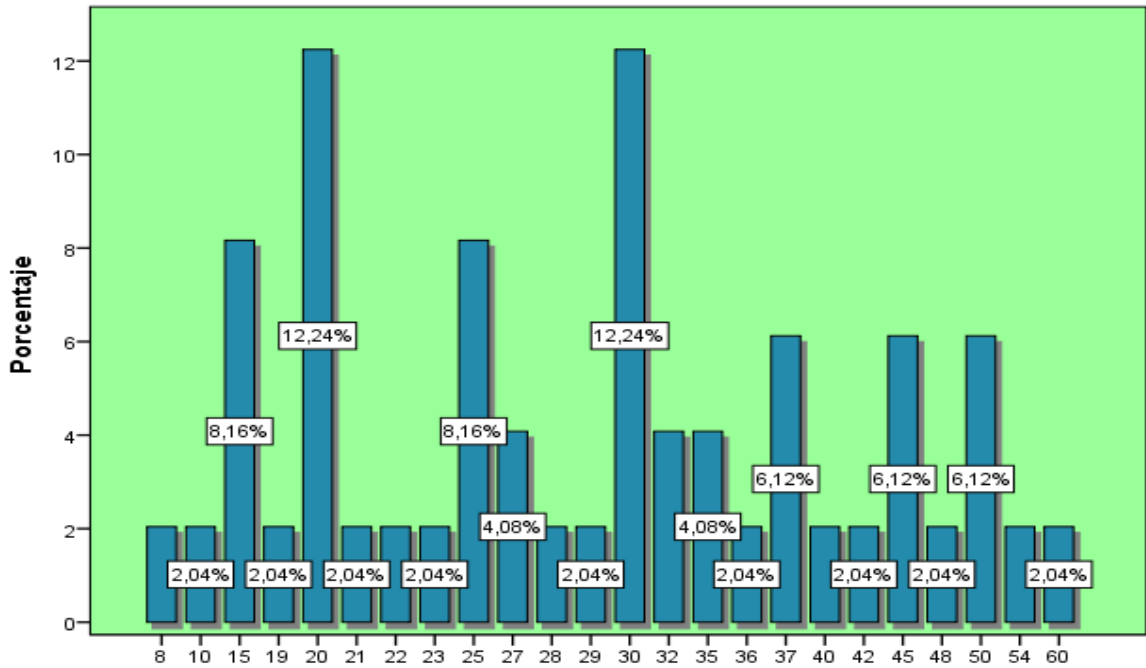


Figura 25. Porcentaje de habitar en la comunidad

3. Sabe leer y escribir

En los datos estadísticos referentes a saber leer y escribir se encontró que el 100% de encuestados sabe leer y escribir.

4. Nivel académico

Se observa en la figura 26, que entre los niveles encontrados se destacan un 38,78% como el porcentaje académico más alto es de estudios de primaria, y un 4,08% que pertenece a estudios de técnico medio como el grado o nivel académico más bajo.

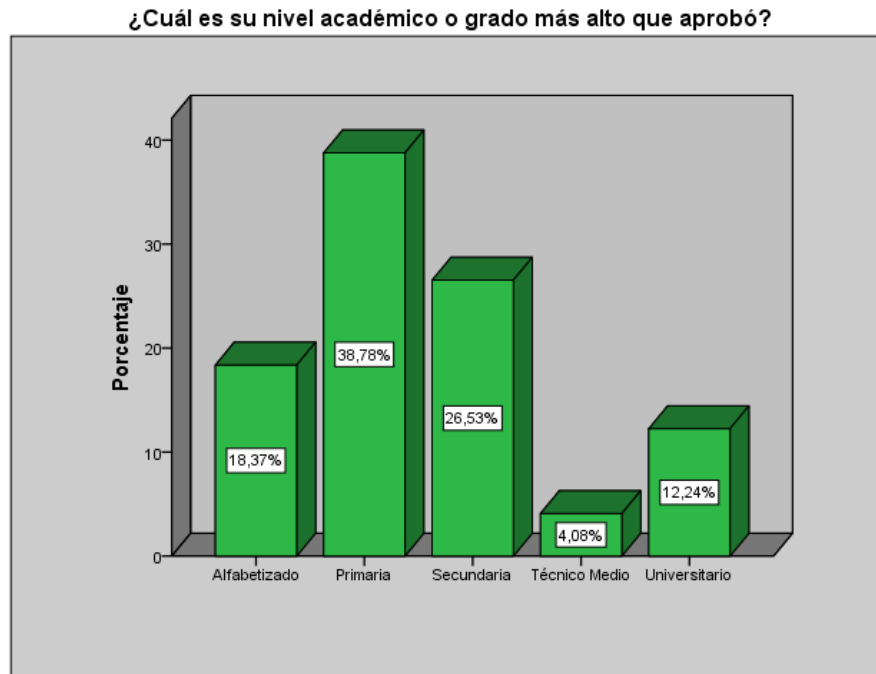


Figura 26. Nivel académico aprobado

5. Personas que aportan a los gastos del hogar

Según la tabla 8 de frecuencias en veinte viviendas solo 1 persona aporta al hogar para los diferentes gastos económicos, y en el caso que aporten 4 personas se da nada más en una vivienda. Lo que se observa más habitual es que aporten 2 personas siendo de 21 viviendas.

Tabla 8. Aportes al gasto del hogar

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 1	20	40,8	40,8	40,8
2	21	42,9	42,9	83,7
3	7	14,3	14,3	98,0
4	1	2,0	2,0	100,0
Total	49	100,0	100,0	

6. De las Personas que aportan al hogar, ¿cuántas de ellas reciben otros ingresos?

Las personas que aporta al hogar en la figura 27, actividad económica propia o de negocio propio es el ingreso más alto del 48.82% que corresponde a 20 casas donde residen las personas que tienen este ingreso, otro ingreso es cuando reciben de todas las opciones y son las viviendas donde su porcentaje es 8.16%, corresponde a 4 casas relativamente bajo en comparación con el anterior.

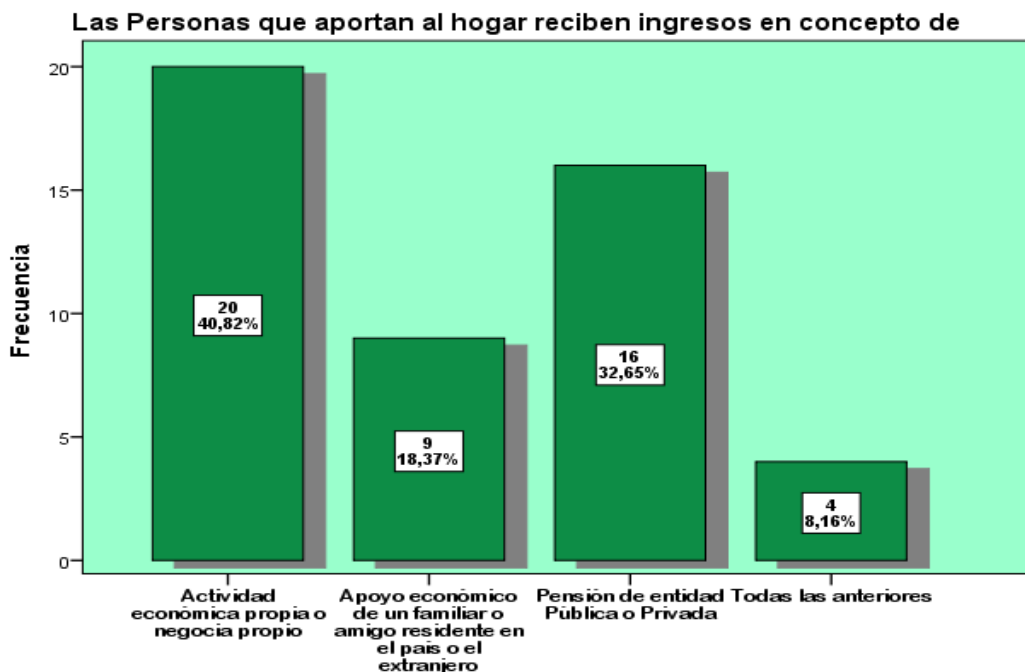


Figura 27. Aporte de otros ingresos

8. Cantidad de Personas del hogar que trabajan

Se puede observar en la tabla9 que en 8 casas es donde solo un miembro del hogar trabaja y lo contrario a esto es que donde hay más de 4 miembros que trabajen solo se da en una de las viviendas, mientras que en las demás viviendas es variantes los que trabajan de 2 a 4 personas.

Tabla 9. Cuántos trabajan en el hogar

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	una persona	8	16,3	16,3	16,3
	dos personas	17	34,7	34,7	51,0
	tres personas	18	36,7	36,7	87,8
	cuatro personas	5	10,2	10,2	98,0
	más de cuatro personas	1	2,0	2,0	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

9. Ingreso económico del mes, en este hogar

Se puede observar en la figura 28 que los resultados obtenidos su valor de ingreso mínimo es de 1,500 córdobas, sin embargo, no es un ingreso económico frecuente ya que pertenece solo a una vivienda, la mediana es de 9,000 córdobas y el valor máximo es de 15,000 córdobas, se concluye que el nivel de ingreso económico es medianamente sostenible.

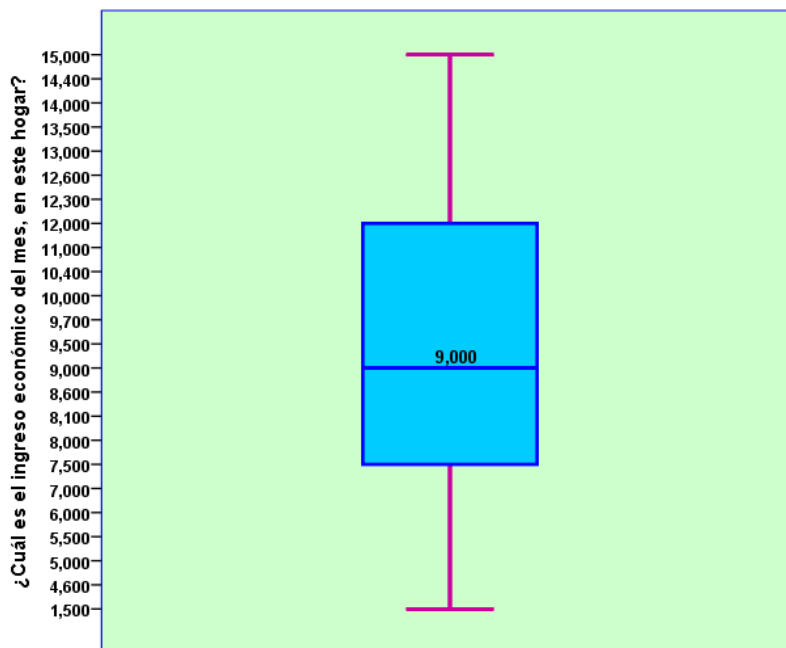


Figura 28. Ingreso económico por mes

10 ¿De cuánto fue el último pago de energía eléctrica realizado en el hogar?

La mediana del pago está en 116 córdobas (figura 29), mientras que el costo más bajo que se cobró por el consumo eléctrico es de 50 córdobas, y de 190 córdobas el más alto.

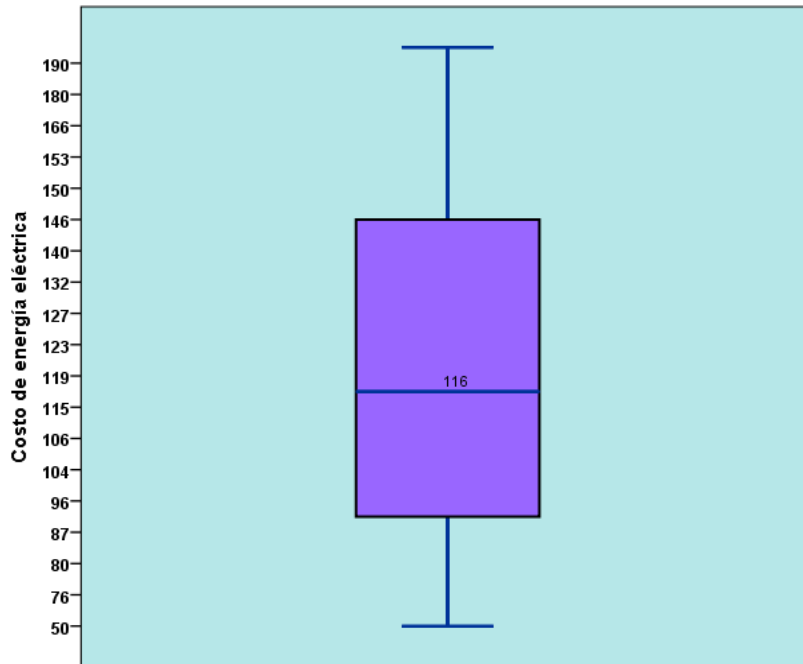


Figura 29. Costo del último recibo eléctrico

11. Ocupación o trabajo actual

Se observa en (figura 30), que un 36,73% de los habitantes se dedican a trabajar en la agricultura, ocupación que sobre sale a los demás trabajos, continuando las amas de casas con un 28,57%, la ocupación en la comunidad de estudiante y trabajo estatal es mínimo del 6,12%, mientras que comerciante y docencia mantienen porcentajes similares.

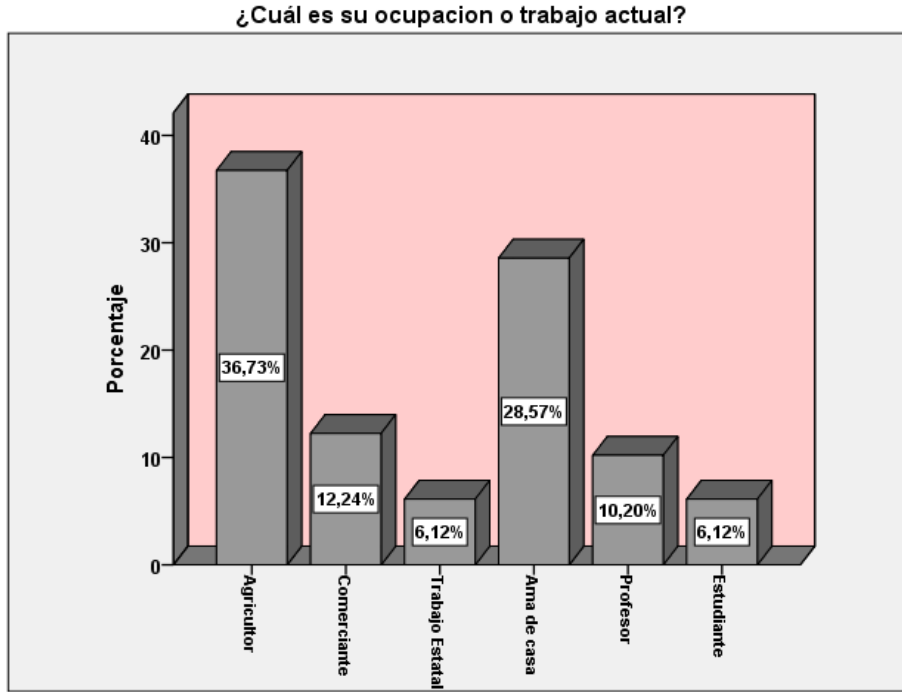


Figura 30. Ocupación o trabajo actual

12. Grado de satisfacción respecto al agua del pozo comunitario

La satisfacción evaluada en la población en la figura 31, es positiva ya que el 57,14% consideran que el agua del pozo comunitario es buena, pero solo un 2,04% la consideran excelente, sin evadir que para un 18,37% nada más es regular.

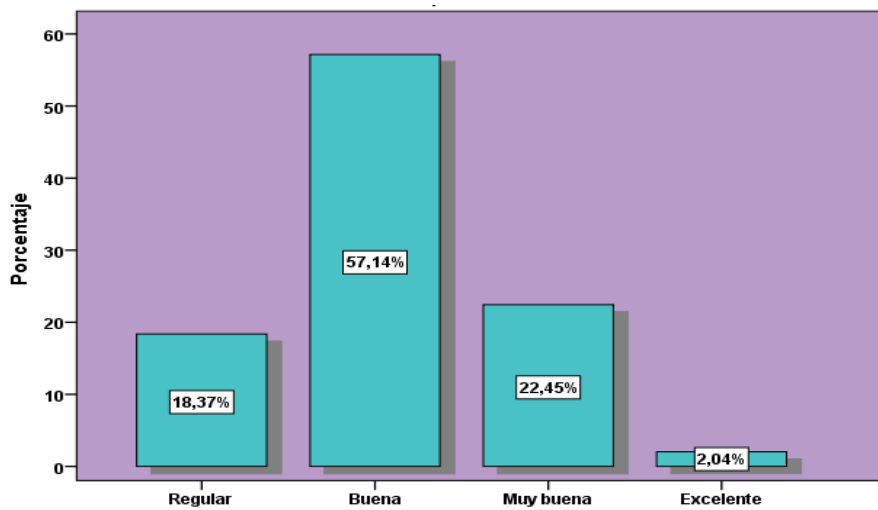


Figura 31. Grado de satisfacción de abastecimiento del pozo

13. Uso de agua obtenida del pozo comunitario

Con respecto a la figura 32 se observa que el aseo del hogar, higiene personal, y cocina es de 51,02% correspondiente al porcentaje más alto de uso del agua del pozo, un siguiente valor muy similar es para la higiene personal con un 28,57%, y solo un 20,41% dicen utilizarla para riego.

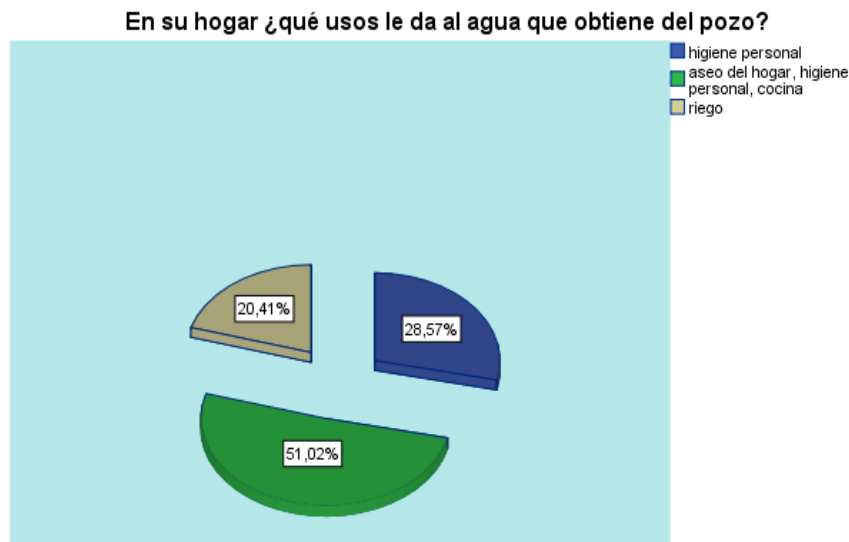


Figura 32. Usos del agua en el hogar

Fuente: (Programa SPSS, 2023)

14. Uso racional del agua

Se puede obtener como resultado que el 100% de las familias encuestadas de la comunidad afirman hacer uso racional del agua.

15. Valoración del mantenimiento del sistema actual del pozo comunitario

En la tabla 10 se observa que el mantenimiento del sistema actual del pozo es incierto ya que 17 viviendas dicen que es bueno lo que equivale hasta un 34,7%, solo un 6,1% afirma que es excelente, lo que se contradice con un valor considerable de 30,6% al

decir que es regular. Un 10,2% cree que este es malo, y un 18,4% que cree no realizarse mantenimiento alguno.

Tabla 10. Valoración de mantenimiento del agua del pozo comunitario

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	5	10,2	10,2	10,2
	Regular	15	30,6	30,6	40,8
	Bueno	17	34,7	34,7	75,5
	Excelente	3	6,1	6,1	81,6
	No se hace	9	18,4	18,4	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

16. Miembros del hogar que pertenecen a alguna organización

De las 49 viviendas solo en 36 viviendas hay miembro perteneciente a alguna organización, y 13 de las viviendas no pertenece (tabla 11).

Tabla 11. Registro de miembros pertenecientes a alguna organización

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	36	73,5	100,0	100,0
Perdidos	No	13	26,5		
	Total	49	100,0		

17. Tipos de organización presentes en la comunidad

Al menos tres tipos de organizaciones se registraron en la base de datos por las encuestas realizadas, obteniendo las participaciones más altas en la de productividad, con un 32,7%. Se puede apreciar las demás en la tabla 12.

Tabla 12. Tipos de organizaciones que participan

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Productiva	16	32,7	32,7	32,7
	Social	11	22,4	22,4	55,1
	Religiosa	9	18,4	18,4	73,5
	Ninguna	13	26,5	26,5	100,0
	Total	49	100,0	100,0	

18. Miembros del hogar participantes en la organización de la comunidad

Se observa que habitualmente son 2 miembros los que participan con un porcentaje del 46.9%. Entre otras participaciones en diferentes viviendas que varían entre 1, 3, y hasta más de tres y en algunas prefieren no participar tabla 13.

Tabla 13. Número de participantes en cada hogar en organizaciones

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	2	23	46,9	100,0	100,0
Perdidos	1	21	42,9		
	más de 3	3	6,1		
	no participan	2	4,1		
	Total	26	53,1		
Total		49	100,0		

19. Evaluación de aceptación de participación de forma organizada, en la construcción de un proyecto de agua potable y saneamiento para su comunidad

Según los resultados de la tabla 14. La aceptación de participación es positiva con 81.6% que corresponde a 40 casas casi la mayoría de las que se aplicó la encuesta, solo quedando 9 casas que no participarían en dicho proyecto.

Tabla 14. Participaría en organización para proyecto de agua y saneamiento

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	40	81,6	100,0	100,0
Perdidos	No	9	18,4		

20. Hacen control de calidad, análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua que consume por algún organismo o institución ligados al saneamiento y abastecimiento de agua potable

El análisis de datos obtenidos de esta encuesta sobre el control de calidad del agua es de 79.6 % respecto a no realizarse un control de calidad o análisis en laboratorio y solo un 20,4% dice creer que si se realiza análisis para su calidad y potabilidad. Resultados en tabla 15.

Tabla 15. Control de calidad, análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua que consume por algún organismo o institución

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	10	20,4	100,0	100,0
Perdidos	No	39	79,6		
Total		49	100,0		

21. ¿Cómo considera la calidad del agua del pozo?

Se analizó la calidad del agua (figura 33), el 59,18% de la población ha respondido que la calidad del agua es buena, un 28,57% respondió que la calidad es muy buena, un 2% respondió que es excelente calidad. Teniendo como conclusión que ningún habitante se queja que el agua sea mala para el consumo humano.

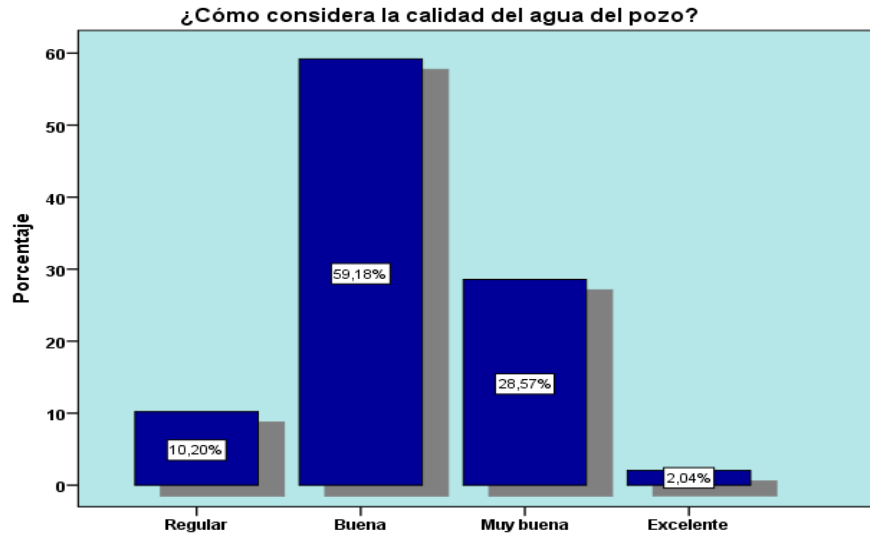


Figura 33. Calidad del agua el pozo

22. Existe un sistema de cloración

Se muestra en la tabla 16 que se obtuvo un promedio 91.8% siendo 45 casas que aseguran no dársele un sistema de cloración al agua del pozo, y solo un 8.2 % cree dársele este servicio de cloración.

Tabla 16. Existe un sistema de cloración para el agua del pozo comunitario

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	4	8.2	100.0	100.0
Perdidos	No	45	91.8		
Total		49	100.0		

23. Piensa que usted o algún familiar presento malestar al consumir agua del pozo comunitario

Según las estadísticas obtenidas el 93,9% dicen no haber tenido ningún malestar, y el 6,1% cree haber tenido malestar por consumir agua del pozo (tabla 17), muestra el análisis de resultado.

Tabla 17. Malestar al consumir agua del pozo comunitario

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	3	6,1	100,0	100,0
Perdidos	No	46	93,9		
Total		49	100,0		

24. Tipo de servicios sanitarios en la comunidad

En la tabla 18 el dato en cuanto a servicio sanitario presenta que haya más letrina ya que de las 49 viviendas solo 5 viviendas tienen inodoro.

Tabla 18. Tipo de servicio sanitario

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Letrinas	44	89,8	89,8	89,8
	Inodoros	5	10,2	10,2	100,0
Total		49	100,0	100,0	

25. Estado del servicio sanitario

Encontramos que los servicios sanitarios en la comunidad se encuentran en buen estado. En la figura 34 se obtuvo un valor del 44.90 % como bueno y solo el 10.20% de manera regular.

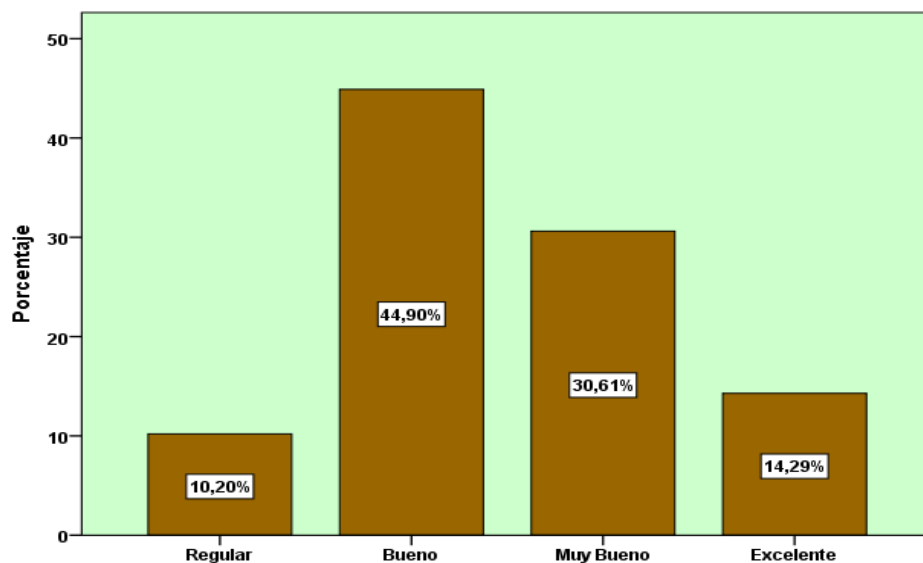


Figura 34. Estado del servicio sanitario

Fuente(Programa SPSS, 2023)

26. Agua para necesidades básicas

Se observa en la tabla 19 que la comunidad cuenta con agua casi siempre a pesar de tener que trasportarla desde el pozo a sus casas. De las 49 viviendas solo 6 tienen más escasez del vital líquido.

Tabla 19. Cuenta con agua potable casi siempre

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	43	87.8	100.0	100.0
Perdidos	No siempre	6	12.2		
Total		49	100.0		

4.2. Propiedades Físico-químicas y Bacteriológicas del agua

El acceso al agua potable es fundamental para la salud, uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud. El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de ello, la mejora del acceso al agua de consumo humano puede proporcionar beneficios tangibles para la

salud, se debe hacer el máximo esfuerzo para lograr que el agua de consumo humano sea tan segura como sea posible.

El agua de consumo humano segura, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume a lo largo de toda la vida, teniendo en cuenta las vulnerabilidades diferentes que se pueden presentar en distintas etapas de la vida.

Tal como lo menciona OMS (2018) "Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo humano representan una carga importante en la salud, las medidas para mejorar la calidad del agua de consumo humano proporcionan un gran beneficio significativo para la salud".

Se analizó un total de 17 variables, de las cuales 15 corresponden a físicas- químicas, 2 a microbiológicas. Los resultados se compararon con la norma CAPRE de consumo humano.

- **Análisis bacteriológicos**

La determinación de la calidad bacteriológica reviste gran importancia en el ámbito de la salud pública ya que permite garantizar la inocuidad del agua destinada al consumo evitando así epidemias gastrointestinales.

Los parámetros microbiológicos están formados por: Coliformes totales y Coliformes fecales. En la tabla 20 se muestra los resultados obtenidos y su comparación con las normas vigentes (Numero más probable por cada 100 ml)

Tabla 20. Resultados de parámetros bacteriológicos del agua del pozo

Análisis	Método	Unidad	Resultado Quebrada Arriba	Valor recomendado (CAPRE)	Valor máximo Admisible (CAPRE)
*Coliformes Totales	SMEWW 9221 B	NMP/100 ml	5	Negativo	Neg
*Coliformes Fecales	SMEWW 9221 E	NMP/100 ml	ND(<1,8)	Negativo	Neg

Los resultados indican que el agua del pozo de Quebrada Arriba presenta 5 NMP/100 ml Coliformes totales, así mismo No se detectó (ND) Coliformes fecales.

En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En este caso no se detectó una muestra positiva por lo tanto no es necesario un re muestreo. Aun así, son necesarias las actividades de inspección sanitaria que se establezca en la comunidad.

Con los resultados mencionados anteriormente, las aguas desde el punto de vista biológico, según las normas CAPRE, no sobrepasan el máximo admisible permitido para consumo humano. En la tabla 21 se muestra el resultado del análisis físico-químico.

Tabla 21. Análisis físico-químicos del agua

<i>Análisis</i>	<i>Método</i>	<i>Unidad</i>	<i>Resultado</i>	<i>Valor recomendado (CAPRE)</i>	<i>Valor máximo Admisible (CAPRE)</i>
Sodio	SMEWW 3111 B	ml/g	29,71	25	200
*Potasio	SMEWW 3111 B	ml/g	0,36	-	10
*Calcio	SMEWW 3111 B	ml/g	122,23	100	-
*Magnesio	SMEWW 3111 B	ml/g	25,94	30	50
Carbonatos	SMEWW 2320 B	ml/g	ND (<2,4)	NA	NA
Bicarbonatos	SMEWW 2320 B	ml/g	504,71	NA	NA
*Sulfatos	SMEWW 4500 SO4 E	ml/g	6,56	25	250

Cloruros	SMEWW 4500 CI B	ml/g	33,84	25	250
*pH	SMEWW 4500 H B		7,0	6.5 a 8.5	-
*Conductividad Eléctrica	SMEWW 2510 B	μS/cm	970,3	400	-
*Nitritos	SMEWW 4500 NO2 B	ml/g	ND(<0,007)	-	1
Nitratos	NMX-AAA- 079-SCFI- 2001	ml/g	16,47	25	50
Fosfatos	SMEWW 4500-P E	ml/g	ND (<0,06)	NA	NA
Dureza Como Carbonato de Calcio	SMEWW 2340 C	ml/g	412,19	400	-
Fluoruros	SMEWW 4500 F D	ml/g	NC (<0,3)	-	0.7 - 1.5

Nota: NA: No aplica; ND: No detectado; NC: No corresponde

Observemos que todos los parámetros evaluados al compararse con la norma CAPRE, no superan los valores establecidos por esta norma, por lo que se puede afirmar que el agua es apta para consumo humano, desde el punto de vista físico-químico.

Dureza como Carbonatos de calcio

La dureza como carbonatos de calcio del agua proviene de sales de cationes metálicos divalentes. Estos iones son capaces de reaccionar con jabón y formar precipitados, o en la presencia de aniones apropiados, formar sarro en tuberías de agua caliente. Los principales cationes causantes de dureza son los cationes de calcio y magnesio, aunque el estroncio, hierro y manganeso también pueden contribuir a la dureza del agua.

Clasificación del agua según la dureza

El valor que se observa en la tabla 22, son los datos obtenidos en el laboratorio con la clasificación de la dureza del agua como muy duras, al encontrarse que sobrepasa el rango de 180 mg/L de dureza CaCO₃.

Tabla 22. Calificación de agua según la dureza

Rango de Dureza (mg/L CaCO ₃)	Descripción
0 – 60	Suaves
61 – 120	Moderadamente duras
121 – 180	Duras
Más de 180	Muy Duras

Desde el punto de vista de calidad del agua estimada a partir de la dureza total se clasifica como aguas de calidad aceptable en relación con los valores contenidos tabla 23.

Tabla 23. Calidad del agua aceptable

Calidad del Agua	Rango de dureza
Aguas de buena calidad	Hasta 150 mg de CaCO ₃
Aguas de calidad media	Hasta 300 mg de CaCO ₃
Aguas de calidad aceptable	Hasta 500 mg de CaCO ₃
Aguas difícilmente utilizables	Por encima de 600 mg de CaCO ₃

4.3 Dimensionado del Sistema de Bombeo Solar Fotovoltaico Comunidad Quebrada Arriba-Pueblo Nuevo

Comunidad	Litros por persona	Cantidad de personas en la comunidad	Total, de agua demandada
Quebrada Arriba	30l por persona diario	306*30l = 9,180l/d	9,180l/d

Tabla 24. Demanda de agua por personas al día (l/día)

$$\text{Volumendeagua} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{días}} \right) = \frac{\text{Volumendeagua} \left(\frac{\text{l}}{\text{día}} \right)}{1000 \text{ l/m}^3}$$

$$\text{Volumendeagua} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{días}} \right) = \frac{9,180 \text{ l/día}}{1000 \text{ l/m}^3} = 9.18 \text{ m}^3/\text{días}$$

$$\text{Volumendeagua(GPD)} = \frac{\text{Volumendeagua} \left(\frac{\text{l}}{\text{día}} \right)}{3.785 \text{ l/gal}}$$

$$\text{Volumendeagua(GPD)} = \frac{9,180 \text{ l/día}}{3.785 \text{ gal}} = 2,425.36 \text{ GPD}$$

De este modo se estima la demanda diaria de 9.18 m³/día.

Régimen de bombeo

$$\text{Caudal} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{Hr}} \right) = \frac{\text{Volumendeagua} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right)}{\text{HorasSolPico} \left(\frac{\text{Hr}}{\text{día}} \right)}$$

$$\text{Caudal} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{Hr}} \right) = \frac{9.18 \text{ m}^3/\text{día}}{5 \text{ HSP}} = 1.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Caudal(GPM)} = \frac{\text{Volumendeagua(GPD)}}{\text{HorasSolPico} \left(\frac{\text{Hr}}{\text{día}} \right) * 60 \text{ min/h}}$$

$$\text{Caudal} \left(\frac{m^3}{Hr} \right) = \frac{2,425.36 \text{ GPD}}{5 \text{ HSP} * 60 \text{ min/h}} = 8.06 \text{ GPM}$$

Carga Estática (CE)

Es la sumatoria de las alturas desde el nivel de bombeo hasta el punto de descarga en el tanque de almacenamiento de agua, también se llama altura estática y se expresa en metros.

CE = Nivel de bombeo + Nivel o espejo de Agua + Nivel descarga de agua.

Nivel de bombeo = 49.7 m

Nivel o espejo de agua = 30 m

Nivel descarga de agua = 33 m

$$CE = 49.7m + 30m + 33 = 112.7mts$$

Pérdidas por fricción

Es la carga que se genera por la fricción que sufre el agua al recorrer la tubería de conducción del agua. Su valor se obtiene por factores físicos que dependen del tipo de tuberías, longitud, área y el caudal que circula por la tubería. Se calcula con la sumatoria de la carga estática (CE) más el recorrido de la tubería en metros, el resultado se multiplica por un factor de fricción estimado en 0.035.

$$Pf = (CE + \text{Recorridoo} \text{distancia} \text{de} \text{tubería}) * 0.035$$

$$Pf = (112.7m + 250m) * 0.035 = 12.69 \text{ mts}$$

Carga Dinámica Total (CDT)

Es la carga hidráulica total del proceso de bombeo, es la resultante de la sumatoria de la carga estática con las pérdidas por fricción.

$$CDT = CE + \text{Pérdidas} \text{por} \text{fricción}$$

$$CDT = 112.7m + 12.69 = 125.39 \text{ mts}$$

Ciclo hidráulico

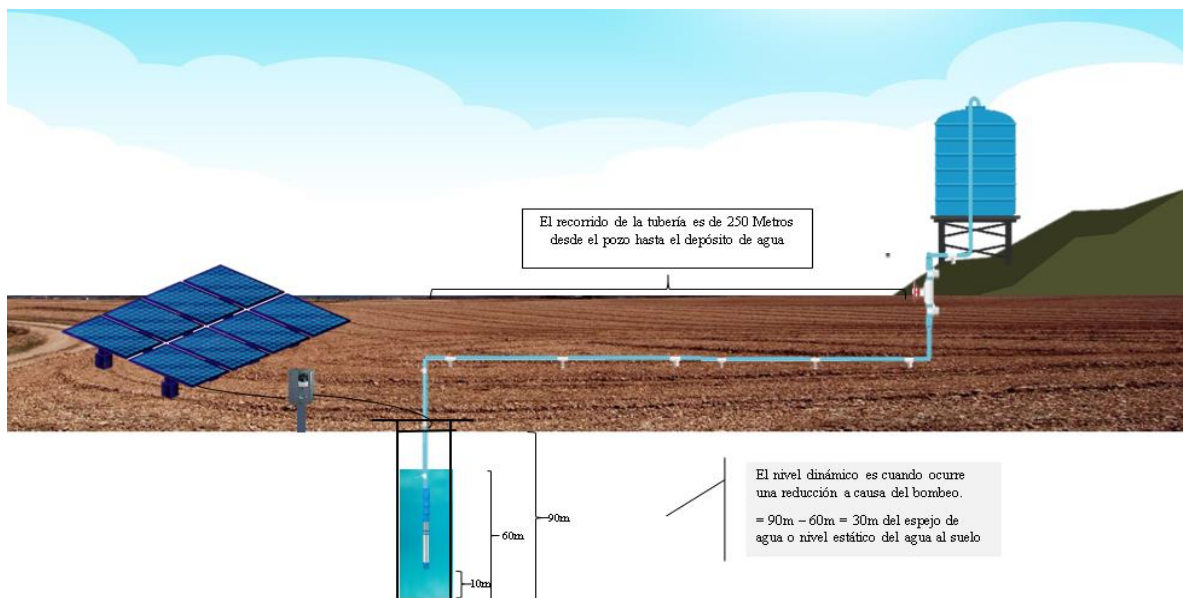
$$\text{Ciclohidráulico}(m^4) = CDT * \text{volumendeagua}$$

$$CH = 125.39 \text{ m} * 9.18 \left(\frac{m^3}{\text{dia}}\right) = 1,151.08 \text{ m}^4/\text{dia}$$

Selección de la bomba CC

Pearl Bomba sumergible 4PWS07G20

Figura 35. Esquema del mini acueducto bombeo solar fotovoltaico



Fuente: elaboración propia

Tabla 25. Datos técnicos de la bomba seleccionada

Potencia	1.5 kW - 2,00 Hp
Intensidad nominal (consumo)	10.6A
Tensión de alimentación	230V Monofásico
Peso	40 Kg

Tensión de operación en corriente continua:

En base a los datos proporcionados por los fabricantes, debe seleccionarse la tensión de operación para la cual el sistema de bombeo proporciona mayor eficiencia.

Energía del sistema (Whr/día)

$$EnergíaHidráulica (Whr/día) = \frac{Volumendeagua (l/día) * CDT}{367}$$

$$Energíadelsistema (Whr/día) = \frac{EnergiaHidráulica}{EficienciadelSistemadebombeo}$$

Donde;

367 es una constante de conversión de energía hidráulica a energía eléctrica.

E corresponde a la eficiencia del sistema de bombeo.

$$EnergíaHidraulica (Whr/día) = \frac{9,180 \frac{L}{día} * 125.39 m}{367} = 3,136.45 Wh/d$$

$$Energíadelsistema (Whr/día) = \frac{3,136.45}{0.65} = 4,825.30 Wh/d$$

Corriente del Generador Solar FV

$$CorrienteSSFV (A) = \frac{Energíadelsistema (Whr/día)}{VoltajeSSFV * Econductores * Emódulos * HS}$$

Donde;

Voltaje SSFV: voltaje nominal de operación del sistema de bombeo.

E conductores: eficiencia de los conductores corresponde a 95%

E módulos: eficiencia de los módulos FV corresponde a 90%

HSP: horas de sol pico incidentes en la zona.

$$Corriente_{SSFV}(A) = \frac{4,825.30 \frac{Wh}{d}}{230V * 0.9 * 0.95 * 5} = 4.9A$$

Selección del módulo solar FV

En base a la corriente del generador solar FV, seleccione un módulo FV, que:

Su corriente I_{pmax} sea aproximadamente igual a la calculada, o bien,

Su corriente I_{pmax} sea aproximadamente la mitad de la calculada.

Potencia pico (Pmax)	400W
Voltaje a máxima potencia (Vmpp)	34.2V
Intensidad a máxima potencia (Imp)	11.70A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	41.2V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	12.28A

Tabla 26. Selección de módulo solar fotovoltaico

Número de módulos FV en paralelo

$$Número_{módulosFVenparalelo} = \frac{Corriente_{SSFV}}{Corriente_{Ipmaxmóduloseleccionado}}$$

$$Número_{módulosFVenparalelo} = \frac{4.9A}{11.60A} = 0.42 \approx 1 \text{ Módulo en paralelo}$$

Número de módulos FV en serie

$$Número_{módulosserie} = \frac{Voltaje_{SSFV}}{Voltaje_{Ipmaxdelmóduloseleccionado}}$$

$$Número_{módulosserie} = \frac{230V}{34.2V} = 6.7 \approx 7 \text{ módulos serie}$$

Resultado: 1 paralelo y 7 en serie $1 * 7 = 7 \text{ módulos}$

Para un mejor resultado de estética y eficiencia se pueden usar 8 módulos

Potencia del arreglo SSFV

$$P.SSFV = No. \text{módulos paralelo} * No. \text{módulos serie} * Pn \text{módulo}$$

Donde; Pn es la potencia nominal del módulo seleccionado

$$P.SSFV = 1 \text{ módulo} * 8 \text{ módulo} * 400W = 3,200Wp$$

Agua Bombeada (Litros por día)

A. Bombeada (L/día)

$$= \frac{No. \text{módulos paralelo} * Corriente I_{pmax} * Tensión SSFV * Esistema de bombeo * 367 * HSP * Emodulos}{CDT}$$

$$A. \text{ Bombeada} \left(\frac{l}{día} \right) = \frac{1 * 11.60A * 230V * 0.65 * 367 * 5 * 0.95}{125.39m} = 24,012.26 \text{ l/día}$$

Régimen de bombeo (Galones Por Minutos)

$$\text{Régimen de bombeo (GPM)} = \frac{\text{Agua Bombeada}}{HSP * 60 \text{ min/h} * 3.785 \text{ l/gal}}$$

$$\text{Régimen de bombeo (GPM)} = \frac{24,012.26 \frac{\text{Lts}}{\text{día}}}{5 \text{ hps} * 60 \text{ min/h} * 3.785 \text{ l/gal}} = 21.14 \text{ GPM}$$

Almacenamiento de agua

Se calcula el volumen de agua almacenado.

$$V_{alm} = Q * D_{aut}$$

$$V_{alm} = 24,012.26 \text{ l/día}$$

Donde;

V_{alm} : volumen almacenado

Q : es el caudal

D_{aut} : son los días de autonomía

El caudal diario de agua debe de ser igual a las necesidades hídricas diarias, 24,012.26 l/día. Se ha considerado 1 día de autonomía. Entonces el volumen almacenado lo consideramos de 30 000 l/día.

Luego de concluir con los cálculos se propone obtener un tanque de almacenamiento de agua potable de la marca Tecnotanques de aproximadamente 30,000l, para cumplir con la demanda de l /día en la comunidad.

4.4 Diseño de la línea de conducción

- **Diámetro**

Para la columna de bombeo se utilizó un diámetro nominal de 75 mm, debido a que el caudal fue de 1.43 l/s, por tanto, basado en la recomendación de la norma según la tabla 42, se seleccionó un diámetro comercial de tubería H°G° clase 40 de 3 pulgadas con diámetro intento de 77.9 mm.

Diámetro de columna de bombeo (mm)	Caudal de bombeo L/s
75	3.15
100	6.3
150	37.8
200	75.7

Tabla 27. Diámetro x Caudal de bombeo l

- **Calculo hidráulico en la línea de conducción**

Para el cálculo hidráulico las pérdidas por fricción en la longitud de conducción se determinarán por medio de la fórmula de Hazen – Williams.

$$H = \frac{10.675 * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}} * L \quad (40)$$

La longitud de la columna de bombeo fue de 12 metros, la cual incluye una longitud de 1 metro del terreno más nivel dinámico de 5 metros más 6 metros sumergidos de acuerdo como se indican en las normativas.

Tabla 28. Perdidas por accesorios

Accesorios	Cantidades	K	Kt
Tee lateral 2" HG	1	1.8	1.8
Tee recta 2" HG	1	0.3	0.3
Reductor 3"x2" HG	1	0.15	0.15
Macro medidor 2"	1	2.47	2.47
Unión dresser 2" HG	1	0.3	0.3
Val. De compuerta 2" HG	1	0.2	0.2
Val. De retención 2" HG	1	2.5	2.5
Codo 45 HG	2	0.2	0.4
Total			8.12

Para el cálculo de las perdidas por accesorios se utilizó la siguiente fórmula:

$$h_l = \left[\sum_{i=1}^n k_i \right] \frac{v^2}{2g} \quad (41)$$

Perdidas en tuberías de la sarta:

$$h_f = 10.549 \left(\frac{0.00143 m^3/s^{1.85}}{130^{1.85} 0.05248 m^{4.87}} \right) 6m$$

$$h_f = 0.118 m$$

Perdidas por accesorios en la sarta:

$$h_l = 8.12 \frac{0.661^2}{2(9.61\text{m/s}^2)}$$

$$h_l = 0.1809 \text{ m}$$

Pérdida total en la sarta:

$$h_l = \text{sarta} = H_f + H_l$$

$$h_l \text{ sarta} = 0.118\text{m} + 0.1809\text{m}$$

$$h_l \text{ sarta} = 0.399\text{m}$$

Perdidas de carga por fricción en línea de impulsión:

$$h_f = 10.643 \left(\frac{0.00143^{1.85}}{150^{1.85} 0.053^{4.87}} \right) 2131.77$$

$$h_f = 18.764$$

• **Carga estática**

Para obtener la carga estática se calculó a partir de la cota del nivel dinámico (cota 1) y la cota de descarga en el tanque (cota 2), obteniendo un resultado de 153.03 m. A continuación, se presentan los resultados.

Cálculo de altura de la carga estática:

$$H_g = \text{cota 1} - \text{cota 2}$$

$$H_g = 481 \text{ m} - 634.03 \text{ m}$$

$$H_g = 153.03 \text{ m}$$

Pérdidas totales de la línea de conducción:

$$CDT = 153.03 \text{ m} + 18.9 \text{ m} + 0.18 \text{ m}$$

$$CDT = 172.11 \text{ m}$$

4.5 Estudio Financiero

4.5.1 Presupuesto

Tabla 29. Presupuesto del sistema de bombeo Fotovoltaico

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo Por unidad</i>	<i>Costo Total</i>
Paneles Trinasolar monocristalino Vertex400Wp	8	\$195.00	\$1,560.00
Variador de frecuencia Toshiba 2Hp	1	\$570.00	\$570.00
Equipo Frankin Electric 2HP, 10GPM, 400ft de CDT	1	\$1,700.00	\$1,700.00
Base soporte Aluminio anodizado CHIKON	1	\$345.00	\$345.00
Material Eléctrico e Hidráulico de sistemas de bombeo solar	1	\$1,380.00	\$1,380.00
Mano de obra de instalación y configuración del sistema	1	\$1,006.25	\$1,006.25
Trasporte de equipos y materiales para sistema solar	1	\$230.00	\$230.00
		Total	\$6,791.25

4.5.2 Precios estimados de mini acueducto

Los estudios económicos del sistema de mini acueducto, se realizó de manera generalizada y solo se estimó un costo promedio, ya que no se incluyó costos iniciales como la mano de obra: la limpieza de la zona, trazos, nivelación, excavación para tubería, relleno y compactación, cercas perimetrales, sistema de cloración y los materiales para la construcción de la caseta de control.

Tabla 30 Presupuesto del sistema de distribución

	Descripción	Ud	Precio Unit	Total
1	Tubería			
1.1	Tubería de HG diám.=2 1/2" (CED40)	10	2,160	21,600
1.2	Tubería de PVC diám.=2" (sdr-26)	70	738.26	51,678.2
1.3	Tubería de HG diám.=3"	8	1.246.69	9,973.52
1.4	Tubería de HG diám.=3" (CED40)	10	2,160	21,600
1.5	Tubería de PVC diám.=1/2" (sdr-13.5)	20	19.38	387.6
2.	Válvulas y accesorios			
2.1	Válvula de compuerta o gaveta bronce diam. = 3"	1	3,903.48	3,903.48
2.2	Válvula de retención o Check horizontal de bronce diám. = 1½" con 1mtubo hierro 1½"	1	1,251.30	1,251.30
2.3	Válvula (o llave) de pase de bronce de bola diám. = ½"	1	149	149

2.4	Codo de hierro galvanizado de 3"x45°	2	703.48	1,406.96
2.5	Codo de hierro galvanizado de 3"x90°	1	773.04	773.04
2.6	Codo liso PVC diám.= 2" x 90°(s40)	1	72.70	72.70
2.7	Codos hembra ½ pvc	12	8.5	102
2.8	Unión dresser de H°F° Diam= 3"	1	599.13	599.13
2.19	Reductor concéntrico de hierro galvanizado de 3" x2"	1	1,198.08	1,198.08
2.10	Tee lisa de PVC diam=2" (s40)	1	165.9	165.9
2.11	Tee reducida lisa sch-40 PVC diám.= 2" x ½".	9	153.12	13,378.08
2.13	Sarta de hierro galvanizado + válvula diám. = 2"	1	90,484.14	90,484.14
2.14	Tapón hembra liso de PVC diam = 2" (s40)	1	360	360
2.15	llave de chorro de bronce diam= 1/2"	12	69	828
Total			C\$	219,911.13
			\$	6,024.96

Tabla 31 Presupuesto de tanque de almacenamiento de agua potable

DESCRIPCIÓN	U.M	CANT. CONTRACTUAL	CANT. REAL QUE SE LE ASIGNO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL C\$	CANTID
OBRAS GRISAS / EJECUCION POR ACTIVIDADES						
345 - ESTACIÓN DE BOMBEO - AGUA POTABLE						
34501 - CASETA DE CONTROL						
04275 - CASETA DE MAMPOSTERIA CONFINADA DE PARED DE BLOQUE DE MORTERO+CUBIERTA DE TECHO DE ZIN /CLORACION Y CONTROLES ELECT	c/u	1.00	1.00	C\$ 30,000.00	C\$ 30,000.00	1
ANEXO DE OBRAS						
EMPOTRE DE PANEL ELECTRICO DE 12 ESPACIOS	UNIDAD		1.00	C\$ 300.00	C\$ 300.00	1
MURO DE CONTENSION - PIEDRA BOLON						
EXCAVACION MANUAL EN MURO DE CONTENSION	ml	5.76	5.76	C\$ 130.00	C\$ 748.80	5.76
VOLUMEN DE CONCRETO CICLOPEO	c/u	2.40	2.40	C\$ 600.00	C\$ 1,440.00	2.4
AREA DE FORMAleta DE MURO DE CONTENSION	m2	12.00	12.00	C\$ 120.00	C\$ 1,440.00	12
DADO DE PROTECCION EN LINEA DE DISTRIBUCCION						
DADO DE PROTECCION EN LINEA DE DISTRIBUCCION EN TUBERIA DE 1 1/2 "	ML		8.50	C\$ 60.00	C\$ 510.00	8.5
335 - TANQUE DE ALMACENAMIENTO						
33501 - MOVIMIENTO DE TIERRA PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO						
92287 - CORTE MANUAL DE TERRENO- COMFORMAR A 0.30 PARA LLENAR LOSA DE CONCRETO (Suelo cemento 2.5 cm por arriba de Nivel)	M3	81.00	53.29	C\$ 15.0	C\$ 799.35	53.29
33502 - TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MAMPOSTERIA						
03748 - CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO DE 2,500 PSI REF.+PARED DE LADRILLO CUARTERON DE Ancho 1=0.60m,	C/U	1.00	1.00	C\$ 800.00	C\$ 800.00	

Ancho 2=0.60m,Alt.=0.85m CON REPELLO CORRIENTE(INCL. EXC						
04721 - MAMPOSTERIA DE PIEDRA BOLÓN CLASIFICADA (CONS. COMPRA DE P. BOLÓN) CON MORTERO PROPORCIÓN 1:3 , INCL. FUNDIDA DE CONCRETO (NO INCL. EXC	M3	36.82	36.82	C\$ 650.00	C\$ 23,933.00	36.82
04930 - CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO DE 2,500 PSI REF.+PARED DE BLOQUE DE MORTERO DE Ancho 1=1.00m,Ancho 2=1.00m,Alt.=1.00m CON REPELLO y FINO(NO INCL.EXC	C/U	1.00	1.00	C\$ 1,500.00	C\$ 1,500.00	
05017 - TAPA DE CONCRETO DE 3,000 PSI, REF.#3@0.14m EN A/D, Espesor de tapa=0.075m CON REPELLO y FINO CORRIENTE	M2	3.63	3.63	C\$ 350.00	C\$ 1,270.50	3.63
92021 - NIVELETA SENCILLA DE MADERA PINO L=1.10m	C/U	4.00	4.00	C\$ 50.00	C\$ 200.00	4.00
92022 - NIVELETA DOBLE DE PINO DE 1.50m x 1.50m	C/U	4.00	4.00	C\$ 80.00	C\$ 320.00	4.00
92137 - REPELLO Y FINO CORRIENTE	M2	98.87	98.87	C\$ 130.00	C\$ 12,853.10	49.44
92147 - PINTURA DE ACEITE (COLOR DE LÍNEA) CALIDAD STANDARD (INCL. 2 MANOS)	M2	62.07	62.07	C\$ 30.00	C\$ 1,862.10	
92160 - PIQUETE TOTAL EN CONCRETO FRESCO	M2	98.87	98.87	C\$ 25.00	C\$ 2,471.75	98.87
92282 - FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEMENTO- CONCRETO DE LOSA SUPOERIOR	M3	4.33	4.33	C\$ 400.00	C\$ 1,731.20	4.33
92282 - FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEMENTO	M3	18.94	16.98	C\$ 400.00	C\$ 6,792.29	16.98
92345 - FORMAleta DE MADERA DE PINO PARA VIGAS	M2	6.00	6.00	C\$ 120.00	C\$ 720.00	
92371 - FORMAleta DE MADERA DE PINO PARA MUROS	M2	95.75	95.75	C\$ 120.00	C\$ 11,490.00	95.75
92388 - FORMAleta DE MADERA DE PINO PARA FUNDACIONES	M2	12.28	12.28	C\$ 120.00	C\$ 1,473.60	12.28
92853 - TUBERIA SECCIÓN CIRCULAR DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" (NO INCL. EXCAVACION)	ML	13.20	13.20	C\$ 30.00	C\$ 396.00	9.22
93352 - HIERRO (EN VARILLAS) LISO DE CONSTRUCCION DE VIGA CORONA	LBS		56.19	C\$ 5.00	C\$ 280.96	56.19
93352 - HIERRO (EN VARILLAS) LISO DE CONSTRUCCION	LBS	144.87	144.87	C\$ 5.00	C\$ 724.35	91.57
93353 - HIERRO en sección de losa aérea (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám.	LBS		1,199.31	C\$ 8.00	C\$ 9,594.50	1,090.28

<= AL No. 4+TACOS SEPARADORES						
93353 - HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. <= AL No. 4+TACOS SEPARADORES	LBS	2,420.87	3,255.96	C\$ 8.00	C\$ 26,047.69	2,420.87
93411 - PINTURA EPOXICA BLANCA (INCL. CATALIZADOR EPÓXICO BLANCO) SOBRE PAREDES DE TANQUES DE AGUA POTABLE	M2	52.80	52.80	C\$ 30.00	C\$ 1,584.00	
93873 - RESPIRADERO DE TUBO DE Ho. Go. Diám. = 3"	C/U	1.00	1.00	C\$ 152.00	C\$ 152.00	
94979 - CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2"X90° EXTREMOS ROSCABLES	C/U	7.00	7.00	C\$ 60.00	C\$ 420.00	
95110 - CONCRETO DE 4,000 PSI Esto es de Losa Superior (CON MEZCLADORA) (NO INCL. FUNDIDA)	M3	4.33	4.33	C\$ 400.00	C\$ 1,731.20	4.33
95110 - CONCRETO DE 4,000 PSI (CON MEZCLADORA) (NO INCL. FUNDIDA)	M3	18.94	16.98	C\$ 400.00	C\$ 6,792.29	16.98
95561 - FORMAleta DE MADERA DE PINO PARA LOSA AEREA @ Alt.=1.70m (INCL. BARULES)	M2	15.36	16.00	C\$ 200.00	C\$ 3,200.00	16.00
96221 - IMPERMEABILIZANTE (MORTERO CEMENTICIO CON BASE AGUA) PARA REC. TIPO SIKA-101 O SIMILAR	M2	52.80	52.80	C\$ 110.00	C\$ 5,808.00	
33507 - OTRO TIPO DE OBRAS	GLB					
02146 - TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" (NO INCL. EXCAVACION) (INCL. BLOQUE DE REACCION)	ML	12.00	12.00	C\$ 150.00	C\$ 1,800.00	
03106 - ANDEN DE CONCRETO DE 2,500 PSI SIN REF. Espesor=0.075m	M2	20.85	20.85	C\$ 120.00	C\$ 2,502.00	
03216 - CANAL DE DRENAJE PLUVIAL RECT. DE CONCRETO DE 2,000 PSI SIN REF. Ancho=0.30m,Alt.=0.15m,Esp.=0.10m CON REPELLO CORRIENTE(NO INCL. EXC.	ML	25.00	25.00	C\$ 165.00	C\$ 4,125.00	
04917 - PELDAÑO DE VARILLA DE HIERRO CORRUGADO GRADO 40,Diám.=3/4", Ancho de peldaño=0.20m, Desarrollo=0.80m (INCL. PINTURA ANTICORROSIVA)	C/U	16.00	16.00	C\$ 50.00	C\$ 800.00	16.00
05064 - POZO DE ABSORCIÓN SIN REVESTIR DE 1.00mx1.00m, Prof.=1.00m CON RELLENO DE PIEDRA BOLÓN(CONS.COMPR	C/U	1.00	1.00	C\$ 300.00	C\$ 300.00	

DE PIEDRA)(INCL. CODO LISO SANITARIO y EXC.)						
96161 - VALVULA DE BOYA (FLOTADOR) DE CONTROL DE NIVEL DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2"	C/U	1.00	1.00	C\$ 500.00	C\$ 500.00	
33508 - CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES	M2					
04243 - CERCO (A) DE POSTES DE MADERA COMENEGRO RÚSTICO Diám.=4" @2.50m CON ALAMBRE DE PUAS Cal.#13(INCL.BASES DE CONCRETO CICLÓPEO)(CONS.COMPRAS DE P.BOLÓN)	ML	60.37	60.37	C\$ 54	C\$ 3,233.42	
93056 - PUERTA DE MARCO DE MADERA BLANCA Y FORRO DE ALAMBRE DE PÚAS CAL. # 13½ (NO INCL. HERRAJES)	C/U	1.00	1.00	C\$ 500.00	C\$ 500.00	
				Sub Total	C\$ 173,147.09	
				Retención del 2%	C\$ 3,462.94	
				Total a Recibir	C\$ 169,684.15	

Tabla 32. Presupuesto total del sistema

PRESUPUESTO TOTAL DEL SBSFVMA	
Sistema de Bombeo Solar	\$ 6,791.25
Mini acueducto	\$ 6,024.96
Tanque de almacenamiento	\$4,633.59
TOTAL	\$ 17,449.8

CAPITULO V

5.1 Conclusiones

- El diagnóstico que se realizó de los factores de organización, economía, higiene, y satisfacción del sistema de abastecimiento actual, permitió conocer y evaluar las condiciones actuales de la comunidad permitiendo precisar los alcances sustanciales para proponer un sistema de bombeo con mini acueducto solar F.V acorde a las situaciones encontradas las cuales son óptimas.
- De acuerdo a los resultados del análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo de la comunidad Quebrada Arriba se concluye que desde el punto de vista biológico, según las normas CAPRE, no sobrepasan el máximo admisible permitido para consumo humano. Desde el punto de vista de calidad del agua estimada a partir de la dureza total se clasifican como aguas de calidad aceptable en relación con los valores contenidos.
- A partir de los resultados del dimensionado del sistema y los parámetros medidos y calculados, se concluye que el dimensionamiento de un mini acueducto de bombeo solar fotovoltaico es factible energéticamente, hidráulicamente y ecológicamente.
- Se concluye en la investigación de tesis que la propuesta del dimensionado del SBSFVMA, es factible para la comunidad Quebrada Arriba, siempre que se realicen los estudios necesarios que aún no se hicieron por la falta del equipo correcto.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Se demostró la necesidad de un sistema de distribución hidráulico es decir dimensionar un sistema de bombeo solar fotovoltaico con mini acueducto para solucionar el problema de acceso al agua por las grandes distancias que los habitantes tienen que recorrer para su obtención, por lo cual se les recomienda a Enacal organizar a la comunidad y emplear este tipo de proyecto ya que existe la disposición de parte de los habitantes.

- ✓ Se recomienda al MINSA, ENACAL, y otras instituciones tomar la iniciativa del buen uso y cuidado del agua para evitar el derroche en las viviendas, además que contribuye a tener controladas las enfermedades que se relacionan al consumo del agua y evitar criaderos de mosquitos y otras plagas.
- ✓ Se recomienda mejor cobertura a la comunidad de parte de las autoridades competentes como de organismos gubernamentales, entre los cuales esta, Alcaldía de Pueblo Nuevo, ENACAL, MINSA, INAA etc.
- ✓ A los proyectistas y entidades que se dedican a la elaboración de proyectos del sector de suministro de agua, buscar asesoramiento con los organismos como podría ser INAA, ente regulador del sector de agua potable y alcantarillado sanitario y es quien conoce las normas de diseño de sistemas de abastecimiento y potabilización del agua, obteniendo así los parámetros de diseño correctos y necesarios para sistemas de abastecimiento de agua.
- ✓ Se recomienda al líder comunitario crear una junta directiva CAPS para mejorar la atención y administración de la comunidad, de manera que reciba capacitación continua en cuanto a administración, saneamiento del agua, talleres de mantenimiento preventivo y correctivo, con el propósito de tener más higiene y evitar enfermedades.
- ✓ Solicitar el análisis bacteriológico al menos dos veces por año del agua que consumen, a las instituciones encargadas como ENACAL, MINSA o la Alcaldía de Pueblo Nuevo.
- ✓ Se recomienda realizar análisis más secuencial a la calidad del agua ya que, aunque el examen realizado en el laboratorio LAQUISA dio resultados positivos declarando que las aguas son aptas para consumo humano, se debe tener en cuenta que al paso del tiempo sus características físicas y químicas y bacteriológicas varían lo que las hace menos apta para el consumo humano.

- ✓ Que los responsables o líderes de la comunidad, en conjunto con las autoridades mantengan una administración eficiente hacia el sistema, para tener control de todo tipo de acciones en cuanto a mantenimiento del mismo.

5.3 Bibliografía

Guzmán Maliaños, J. C., Rodríguez García, E. J., & Salmerón Altamirano, M. D. (Agosto de 2015). *Propuesta de diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) para la* . Obtenido de Propuesta de diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) para la : <https://repositorio.unan.edu.ni/1055/1/81364.pdf>

Programa SPSS. (2023).

Acosta, j. (2020). Obtenido de ESTUDIO PARA LA INTEGRACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN SISTEMAS DE RIEGO EN CULTIVOS DE CÍTRICOS PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO EN GIRÓN: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7331/2020_Tesis_John_Alexander_Acosta_Calderon.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barrenechea, A. (s/f). *ASPECTOS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>

Bonilla, J. (02 de 12 de 2022). *Magnesio*. Obtenido de <https://www.midiccionario.com/magnesio>

Campos, Y. A. (10 de 2016). Obtenido de TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN APLICADAS AL DISEÑO DE REDES DE AGUA POTABLE CON SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL BOMBEO: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/7133/1/240786.pdf>

Castellano, W. (2023). *Presupuesto de tanque de almacenamiento de agua potable*.

CAWST. (10 de 2013). Obtenido de https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cawst_introduccion_al_analisis_de_la_calidad_del_agua_de_consumo_2013.pdf

Cruz Baldán, D. (2011). *Estudio del ahorro mediante Bombeo Solar*. Obtenido de Estudio del ahorro mediante Bombeo Solar: https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/1807/0126_Cruz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Delgado, G., Morán, S., & Hernández, S. (JUNIO de 2016). *“FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA*. Obtenido de “FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13931/1/F.%20T.%20y%20E.%20para%20la%20impl em.%20de%20un%20sist.%20de%20bombeo%20FV%20para%20un%20zona%20de%20riego%20agr%20C3%20ADcola.%20UES%20FMOcc%20201.pdf>

DIGESA. (2018). *PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS*. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

- Elaboración Propia, programa Excell. (2023). Estelí.
- Elaboración propia; programa SPSS. (01 de enero de 2023).
- EOS POWER. (23 de abril de 2018). *Bombeo de agua en lugares remotos utilizando energía solar*. Obtenido de Bombeo de agua en lugares remotos utilizando energía solar: <https://www.eos-power.com/post/bombeo-de-agua-en-lugares-remotos-utilizando-energ%C3%ADa-solar>
- FAO. (11 de 2019). *Cómo superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/nicaragua/noticias/detail-events/es/c/1333446/>
- Fernández, J. (2010). *Compendio de Energía Solar: Foltovoltaica, Termica y Termoelectrica*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Fidias G., A. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: EPISTEME, C.A.
- Fuentes, L. L. (07 de 2017). Obtenido de Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo: <https://repositorio.unan.edu.ni/9375/1/18891.pdf>
- García de la Fuente, C. (7 de 11 de 2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *PV ALBEITAR*, 4. Obtenido de https://www.adiveter.com/ftp_public/A3081113.pdf
- Google. (s.f.). Obtenido de <https://lh3.googleusercontent.com/bEXI559xm2QvHW2Y6aOILvEfWSazwpgT0pNpQD7gNMWF20Hb5dz5J8L6O80qs3ff8Ox45A=s151>
- Google. (s.f.). Obtenido de https://lh3.googleusercontent.com/GnG9AGJB3qS31_n2kIK9O71xLMhHjZQKtIsORsTzK-FtmQAO00U-MPfxHDAugzFa8tjfw=s102
- Google. (s.f.). Obtenido de https://lh3.googleusercontent.com/aIbAvm9bRFq3UO596UN-jWnLZjYQz7mqC5SxIBh8JGN6aukIEtfx_x4YqRM1ivijdPs9=s98
- Google. (5 de Julio de 2022). *Google Fotos*. Obtenido de <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fthumbs.dreamstime.com%2Fz%2Fjordens-atmosf%25C3%25A4risk-absorption-av-ultraviolett-str%25C3%25A5lning-fr%25C3%25A5n-sol-jord-planetens-atmosf%25C3%25A4r-och-solstr%25C3%25A5lning-198586605.jpg&imgrefurl=>
- Google *Fotos*. (s.f.). Obtenido de https://lh3.googleusercontent.com/YssjI_yV4MHHgb4sC7Op5G1CqC1At2ZjVn96VnfyG2WJQ5Pb5S6mB05oDfvB2kQSnIaSAQ=s151
- Google *Fotos*. (s.f.). Obtenido de https://www.google.com/search?sa=G&hl=es-419&tbs=simg:CAQS6AEJGGQwqUPJf_1Ma3AELELCmpwgaOgo4CAQSFMs6vA6iLa0-qh_1iF8UV0hDwFqYtGhp85MLmTIKiC9-Cajt4Tox1xToqJJ-fAIucNCAFMAQMCxCOrv4IGgoKCAgBEgS9QN8pDAsQne3BCRp9ChsKCHZlcnRpY2Fs2qWI9gMLCgkvYS80aGgzcDAKHQoKaG9yaXp

- Google *Fotos.* (s.f.). Obtenido de https://lh3.googleusercontent.com/jbK9Tb3TeMQjzIEcqmy4rwOs2cRkRryw-RRkHfwcXfXOGK7S0fvHA7yguMzilx3s_0zBBQ=s151
- Google. (s.f.). *Google Fotos.* Obtenido de https://www.google.com/search?sa=G&hl=es_419&tbs=simg:CAQSnAIJDeJWSD36HmoakAILELCMpwgaOgo4CAQSFOIX_1TLBN44nyzq_1GOs1vRrNL4gRGhp3iZ6NgQxtyBvIH-njyk89d4Sfb8DTg9daNyAFMAQMCxCOrv4IGgoKCAgBEgSj0RFZDAsQne3BCRqwAQobCgh2ZXJ0aWNhbNqliPYDCwoJL2EvNGhoM3AwCh8KC3NvbGF
- Google. (s.f.). *Google Fotos.* Obtenido de https://lh3.googleusercontent.com/PJ71eePdQtd7JkK-HuQ5b13u0nRquf57ISlaEJZlh3OugRBOWSB_chZSNHgLFREwCZg6YA=s151
- Google. (s.f.). *Google Fotos.* Obtenido de https://lh3.googleusercontent.com/WjzvYuJuHIE1cxFxm8HarskCK7E4bt8dTVjEreloM1MShNhTmtG_u-ye_tyYjXcgIC9kw=s151
- Google. (s.f.). *Google Fotos.* Obtenido de <https://lh3.googleusercontent.com/2yl7q02OOtozFfAhOBbImMyYm9kHbgKIRxdi6iKDx9zjZtqb5jwNDsZmmwFxxEuMGFqlsA=s170>
- Google. (s.f.). *Google Fotos.* Obtenido de <https://lh3.googleusercontent.com/d1rvhCXWpfi8atW42wSYLVVzCRcruxvqA-vrBrEwA28jfYDdoPcZhkBXF-HBIObfEgg07fY=s85>
- Google Maps. (09 de Julio de 2022). *Google Map.* Obtenido de Google Map: <https://www.google.com/maps/place/Quebrada+Arriba/@13.3901628,-86.48976,3475m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8f71e43a257296af:0x28149ff974bc92d5!8m2!3d13.3928969!4d-86.4851207>
- Hernández Sampieri, R. (4 de septiembre de 2014). *Metodología de la investigación, sexta edición.* Obtenido de Metodología de la investigación, sexta edición: <file:///C:/Users/User/Documents/Asig.%20Investigacion%20Aplicada/Doc.%20Edwin/Metodologia%20de%20la%20Investigacion-Sampieri-6ta%20ed.pdf.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, M. (04 de septiembre de 2014). *Metodología de la investigación.* Obtenido de Metodología de la investigación: https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Joachín Barrios, C. (06 de 2008). *DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO.* Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1079_Q.pdf
- Kenna, J., & Gillett, B. (3 de marzo de 2014). *Solar Water Pulping: A Handbook.* Obtenido de [Solar Water Pulping: A Handbook: https://archive.org/details/fe_Solar_Water_Pumping_A_Handbook](https://archive.org/details/fe_Solar_Water_Pumping_A_Handbook)

- Martínez Farias, C. (2020). Obtenido de DISEÑO DE SISTEMA DE BOMBEO A BASE DE ENERGÍA SOLAR PARA SUMINISTRO DE AGUA: https://www.uv.mx/veracruz/miaplicada/files/2021/07/Tesis_Carlos-Alberto-Martinez-Farias.pdf
- Martínez Tercero, A. J. (2020). *Diseño, Instalacion y Mantenimiento de Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica (2020)*. Condega: Asociación de Mujeres Constructoras de Condega.
- Moraga Marín, M., Benavidez Markó, R., & Camas Moreno, Y. (10 de 02 de 2022). *Evaluación de la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua en la comunidad de Paso Ancho del municipio de Estelí en el año 2021*. Obtenido de <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#sent?projector=1>
- Moro Vallina, M. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo, SA 1a edición. Recuperado el 2022, de <https://books.google.com.ni/books?id=X22CtI-VomgC&pg=PA16&dq=azimut+solar&hl=es-#v=onepage&q=azimut%20solar&f=false>
- Naciones Unidas . (22 de marzo de 2022). *Día mundial del agua* . Obtenido de Día mundial del agua : <https://www.un.org/es/observances/water-day>
- NASA. (2016). Obtenido de <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?+s1#s1>.
- NORMAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA - NTON 09 003-99 (gaceta n° 105,2000). (05 de Junio de 2000). *NORMAS TECNICAS*. Obtenido de NORMAS TECNICAS: https://delcampo.net.ni/file_bibli/ncal/NTON_09_003-99_ParaEIDisenoAbastecimientoPotabiliacionAgua.pdf
- Obon de Castro, J. M. (2016). *Análiss Microbiológico del Agua*. Obtenido de https://www.upct.es/~minaees/analisis_microbiologico_aguas.pdf
- Ocaña, J. (2014). *Evaluación Paramétrica Recurso Solar*. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/Paginas/PageNotFound.aspx?requestUrl=https://www1.upme.gov.co/sgic/sites/default/files/Bombeo%20Solar%20Taminango.pdf>
- OMS . (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano cuarta edición que incorpora la primera adenda*. Ginebra. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- OMS. (2013). *Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua*. Santo Domingo, D,N.
- ONU. (09 de 2003). Obtenido de <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>.

- Peralta, A. (05 de 04 de 2018). Obtenido de Estudio experimental de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en corriente continua: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1132/Aixa%20Peralta_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachillerato_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Posorski, R. (1996). Solar Energy.
- Programa SPSS. (01 de enero de 2023).
- PV ALBEITAR. (7 de 11 de 2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *PV ALBEITAR*, 4. Obtenido de https://www.adiveter.com/ftp_public/A3081113.pdf
- RADIOL, Powered by sun. (06 de mayo de 2022). *Energia Solar*. Obtenido de Energia Solar : <https://radiol.mx/energia-solar-2/>
- Rodríguez Molina, Y. A. (diciembre de 2017). *DISEÑO DE MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO EN LA*. Obtenido de DISEÑO DE MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO EN LA : <https://core.ac.uk/download/pdf/250145823.pdf>
- Rojas C, M. (0 de enero de 2002). *Manual de investigación y redaccion científica*. Obtenido de Manual de investigación y redaccion científica: <file:///C:/Users/User/Documents/Asig.%20Investigacion%20Aplicada/Doc.%20Edwin/Libro%20Metodologia%20de%20Investigacion-MROJAS.pdf>
- Sandia National Laboratories. (2019). *Guia para el desarrollo de proyectos de Bombeo de Agua con Energia Fotovoltaica*. Recuperado el 19 de Junio de 2022, de <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Guia-Bombeo-Agua-Energia-Fotovoltaica-Vol1-Libro-de-consulta.pdf>
- SG-SICA/ Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica. (Octubre de 2013). *MANUAL DEL USUARIO: Operacion y Mantenimiento de acueductos y Sistemas Solares (Fotovoltaicos)*. Obtenido de MANUAL DEL USUARIO: Operacion y Mantenimiento de acueductos y Sistemas Solares (Fotovoltaicos): <file:///C:/Users/User/Downloads/doc.%20informacion%20para%20tesis%20de%20bombeo%20solar/tesis/Doc.Manual%20de%20usuario%20mantenimiento%20Fv.pdf>
- TECNOSOL. (2011). *TECNOSOL energia en manos, 1*. Obtenido de SISTEMA DE BOMBEO.
- Torrez Pacheco, S., Jurado Pérez, F., Granados Liberman , D., & Lozano Luna, A. (2018). Eficiencia en paneles solares. *Revista del Diseño Innovativo*. Obtenido de https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Diseno_Innovativo/vol2num2/Revista_Diseno_Innovativo_V2_N2_2.pdf

- Truque, P. (2014). *ARMONIZACION DE LOS ESTANDARES DE AGUA POTABLE EN LAS AMERICAS*. Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>
- UNESCO. (2021). *Garantizar el suministro de agua*. Obtenido de <https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua>
- UNESCO. (22 de Marzo de 2022). *Día Mundial del Agua, 22 de marzo*. Obtenido de Día Mundial del Agua, 22 de marzo: <https://www.unesco.org/es/days/world-water>
- Vernia , V. (2018). *Bombeo solar*. Recuperado el 24 de 06 de 2022, de https://www.fisica.uji.es/priv/web%20master%20SIH007/treballs%202017/Bombeo%20solar_trabajo.pdf
- Xue, J. (06 de 2017). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Pergamon. . Obtenido de Photovoltaic agriculture - New opportunity for photovoltaic applications in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117301053?via%3Dihub>
- Yumpu. (9 de julio de 2015). *Ficha Municipal nombre del municipio de Pueblo Nuevo*. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/view/40055501/ficha-municipal-nombre-del-municipio-pueblo-nuevo->

5.4 Anexos

1. Instrumentos de recolección de datos



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE ESTELI**

Encuesta

no.: _____

Diagnosticar las condiciones actuales de la comunidad en referencia a factores organizativos, económicos, higiene y satisfacción del sistema de abastecimiento actual.

Introducción

Este instrumento (encuesta), tiene como propósito conocer aspectos relacionados al objetivo específico sobre las condiciones actuales de la comunidad y la percepción de los habitantes sobre el sistema de abastecimiento actual. Agradecemos mucho su participación al brindar información, la cual será utilizada únicamente con fines investigativos por lo que de la manera más atenta se le solicita por favor responder de forma objetiva a cada una de las preguntas que se le realizan dado que son de mucha importancia para el análisis de este estudio.

I. DATOS GENERALES

1.1. Fecha de encuesta: ____/____/____

1.2 Comunidad: _____

1.3 Sexo: Hombre () ; Mujer ()

1.4 Edad: _____ (años)

1.5 Tiempo de vivir en la comunidad: _____(años)

1.6 Sabe leer y escribir:

- a) Si ()
- b) No ()

1.7 ¿Cuál es su nivel académico o grado más alto que aprobó?

- a. Ninguno (); b. Alfabetizado y/o Educación de adultos(); c. Primaria (); d. Secundaria (); e. Técnico medio (); f. Técnico superior (); g. Universitario ()

1.8 ¿Cuántas Personas aportan a los gastos del hogar? _____

1.9 De las personas que aportan al hogar, cuántas de ellas reciben ingresos en concepto de:

- 1.9.1. Actividad económica propia o negocia propio: _____
- 1.9.2. Apoyo económico de un familiar o amigo residente en el país o el extranjero: _____
- 1.9.3. Pensión de entidad pública o privada: _____
- 1.9.4. Todas las anteriores _____

1.10 ¿Cuántas personas del hogar trabajan? _____

1.11 ¿Cuál es el ingreso económico del mes, en este hogar? C\$ _____

1.12 ¿De cuánto fue el último pago de energía eléctrica realizado en el hogar? C\$ _____

1.13 ¿Cuál es su ocupación o trabajo actual?

- a. Agricultor: ___; b. Comerciante: ___; c. Trabajador Estatal: ___; d. Ama de casa: ___; e. Profesor: ___; f. Estudiante: ___ g. Otro (especifique) _____

II. ASPECTOS RELACIONADOS AL ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL POZO COMUNITARIO.

2.1. ¿Qué grado de satisfacción tiene usted con relación al abastecimiento de agua del pozo?

a. Malo (); b. Regular: (); c. Bueno: (); d. Muy Bueno: (); e. Excelente: ()

2.2. En su hogar. ¿qué usos le da al agua que obtiene del pozo?

a. Higiene personal: (); b. Aseo del Hogar: (); c. Riego: (); d. Otro Especifique: ()

2.3. ¿Usted realiza uso racional del agua?

a. Sí: ()

b. No: ()

2.4. ¿Cómo valora el mantenimiento que se realiza al sistema del pozo de agua en su comunidad?

a. Malo: (); b. Regular: (); c. Bueno: (); d. Muy Bueno: (); e. Excelente: () f. No se hace ()

III. ORGANIZACIÓN COMUNITARIA

3.1 ¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización?

1[] Si 2[] No

3.2 ¿Qué tipo? 1[] Productiva 2[] Social 3[] Religiosa 4[] Otra _____

5. Ninguna () ¿Porque?

3.3 ¿Cuántos miembros del hogar participan en la organización comunitaria?

1[] Hombres____ 2[] Mujeres____ 3[] Total_____

3.4. ¿Las personas de este hogar participarían de forma organizada, en la construcción de un proyecto de agua potable y saneamiento para su comunidad?

1[] Si 2[] No, ¿Por qué?_____

IV. ASPECTOS DE HIGIENE Y SALUD

5.1. ¿Sabe si se supervisan o se hacen control de calidad, análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua que consume por algún organismo o institución ligados al saneamiento y abastecimiento de agua potable?

- a. Sí: ()
- b. No: ()

5.2. ¿Cómo considera la calidad del agua del pozo?

- a. Mala: ()
- b. Regular: ()
- c. Buena: ()
- d. Muy Buena: ()
- e. Excelente: ()

5.3. ¿Sabe si existe un sistema de cloración para el agua del pozo?

- a. Sí: ()
- b. No: ()

5.4. ¿Piensa que usted o algún familiar alguna vez ha presentado un malestar al consumir agua del pozo comunitario?

- a. Sí: ()
- b. No: ()

5.5. ¿Qué tipo de servicios sanitarios tiene?

- a. Letrinas: ()
- b. Inodoros: ()

5.6. ¿En qué estado se encuentra el servicio sanitario?

- a. Malo: ()
- b. Regular: ()
- c. Bueno: ()
- d. Muy Bueno: ()
- e. Excelente: ()

5.7. ¿Cuenta con agua potable para sus necesidades básicas casi siempre?

- a. sí: ()
- b. no: ()

2. Fotografías



Figura 36. Pozo comunitario Quebrada Arriba



Figura 37. Recolección de muestra



Figura 38. Encuesta a habitantes de la comunidad

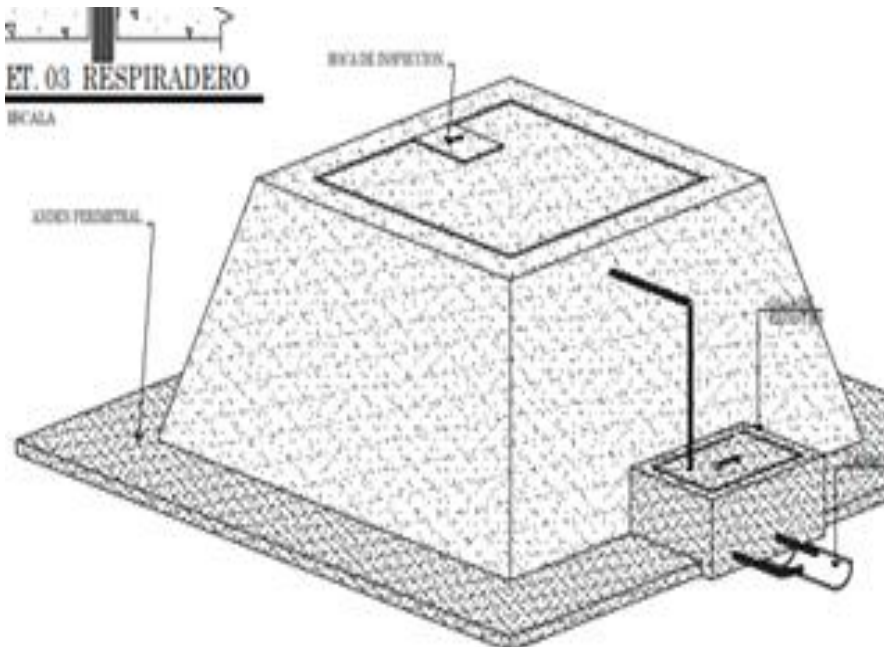


Figura 39. Esquema de pila de almacenamiento

3. Resultados del examen bacteriológico del agua



LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A.
LAQUISA



LAQUISA-RT-FM-68-E

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: Alexis Tercero	Lugar de muestreo: Comunidad Quebrada Arriba	
Dirección: Cruz Roja Esteli, 2 C al Este, 1/2 al Norte	Municipio/Depto.: Pueblo Nuevo /Esteli	
Nombre de muestra: Comunidad Quebrada Arriba Pueblo Nuevo	Fecha muestreo: 2022/11/30	
Descripción muestra: Agua	Fecha de realización de ensayo: 2022/12/01-2022/12/05	
Fecha ingreso: 2022/11/30	Fecha de emisión: 2022/12/05	
Ref. laboratorio: MC-3382-22	Muestreado por: Cliente	
Número de muestreo: -		

Análisis	Método	Unidad	Resultado
*Coliformos Totales	SMEWW 9221 B	NMP/100 ml	5
*Coliformos Fecales	SMEWW 9221 E	NMP/100 ml	ND(<1,8)

LAQUISA es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida, de los tests sometidos a ensayo y al cliente de la información proporcionada.
Para la reproducción de este informe deberá hacer un escaneo autorizado por LAQUISA.

ND: No Detectado




Lc. Benito Zapata Arriaga
Director Ejecutivo




Lc. Marvin José Méndez Mendocá
Responsable de Bacteriología

Fin del Informe de Análisis




Para verificar los escaneos dentro del alcance de acreditación, escanee el siguiente código QR.

📍 Av. 83 Carretera Managua-Ledón
✉️ recepcion@quimicos.com / resultados@quimicos.com
☎️ +505 2581 8894 • 2590



LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A.
LAQUISA



LAQUISA-RT-FM-68-E

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: Alexis Tercero	Lugar de muestreo: Comunidad Quebrada Arriba	
Dirección: Cruz Roja Esteli, 2 C al Este, 1/2 al Norte	Municipio/Depto.: Pueblo Nuevo /Esteli	
Nombre de muestra: Comunidad Quebrada Arriba Pueblo Nuevo	Fecha muestreo: 2022/11/30	
Descripción muestra: Agua	Fecha de realización de ensayo: 2022/12/01-2022/12/05	
Fecha ingreso: 2022/11/30	Fecha de emisión: 2022/12/05	
Ref. laboratorio: MC-3382-22	Muestreado por: Cliente	
Número de muestreo: -		

Análisis	Método	Unidad	Resultado
*Coliformos Totales	SMEWW 9221 B	NMP/100 ml	5
*Coliformos Fecales	SMEWW 9221 E	NMP/100 ml	ND(<1,8)

Figura 40. Análisis bacteriológico

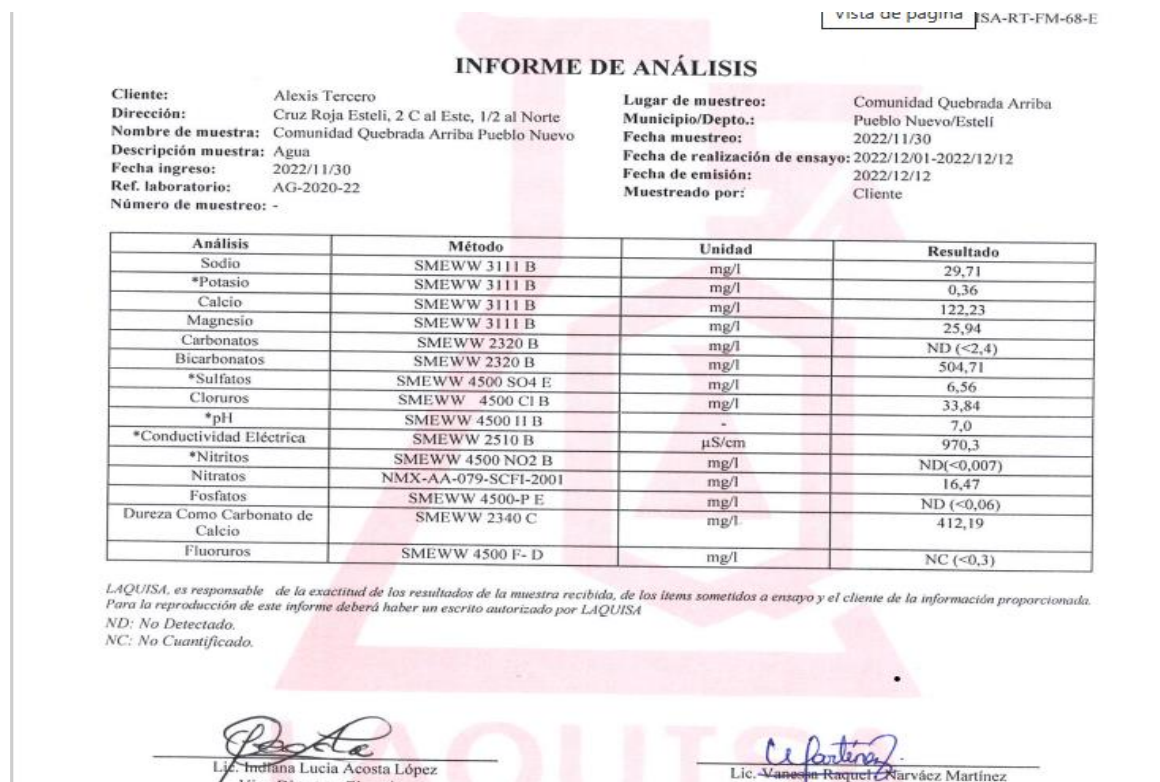


Figura 41. Análisis fisicoquímicos

4. Diseño de red de distribución hidráulica



Figura 42. Esquema de mini acueducto del SBSFV

Fuente: Google Earth

Nota: el sistema está diseñado para puestos públicos no para viviendas en particular

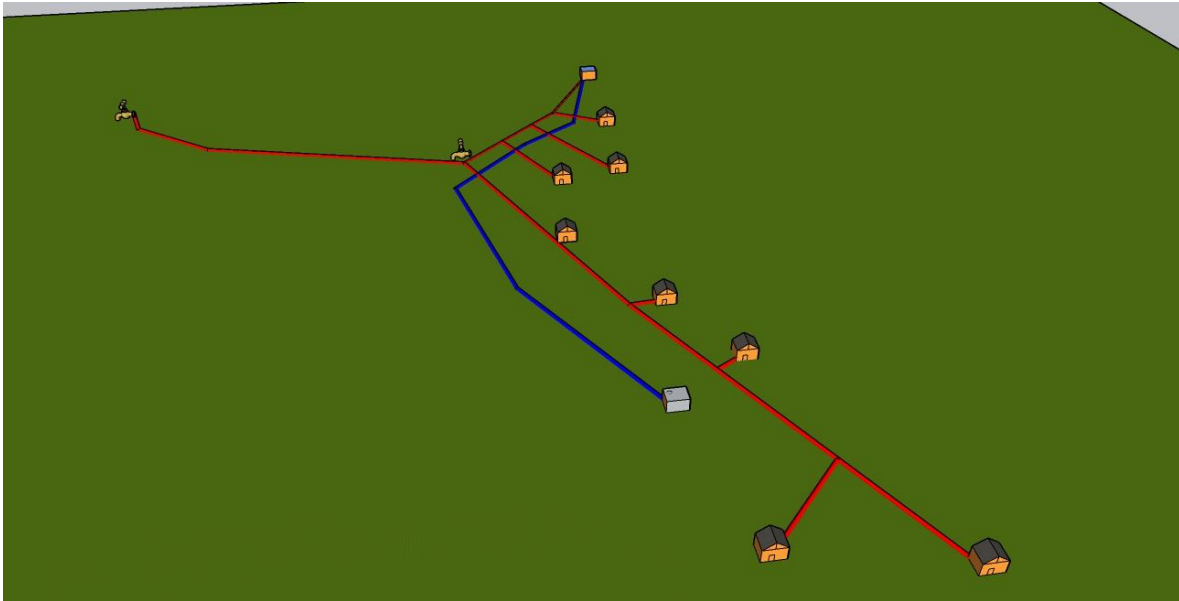
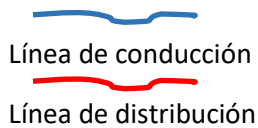


Figura 43. Esquema de red hidráulica de línea de conducción y de distribución

Nota: el sistema está diseñado para puestos públicos no para viviendas en particular

Fuente: propia SketchUp



5. Nomenclaturas

BSFVMA: bombeo solar fotovoltaico con mini acueducto

CAPRE: Normas de calidad del agua para consumo humano

CAPS: Comités de Agua Potable y Saneamiento

CDT: Carga Dinámica Total

CE: Carga Estática

CO₂: Dióxido de carbono

D.aut: Días de autonomía

E: eficiencia

ENACAL: Empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillado

ESSFV: Eficiencia del sistema solar fotovoltaico

Etot: Eficiencia total

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FAREM: Facultad Regional Multidisciplinaria

FV: Fotovoltaico

GaAs, Ge y GaInP2: Galioarceñico, germanio, galio

GPM: Galones por minutos

HSP: Horas sol pico

INAA: Instituto nicaragüense de acueductos y alcantarillados.

MABE: Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico.

MINSA: Ministerio de Salud

NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense.

OMS: Organización mundial de la salud

ONG: Organismos no gubernamentales

PMP: Punto de Máxima Potencia

Pn: Potencia nominal del módulo seleccionado

PSS: Programa

PSSFV: Potencia del sistema solar fotovoltaico

SBSFVMA: Sistema de bombeo solar fotovoltaico con mini acueducto

SBSFV: Sistema de bombeo solar fotovoltaico.

SG-SICA/ Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica

SSFV: Sistema Solar Fotovoltaico

TDS: Sólidos disueltos totales

UNAN MANAGUA: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Managua

UNESCO: La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

V.alm: Volumen almacenado