

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE 2da. Ed.



En colaboración con:



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
ESPAÑA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
EL SALVADOR

TÍTULO DE TESIS PARA OPTAR AL MASTER
EN ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE

**TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN APLICADAS AL DISEÑO DE
REDES DE AGUA POTABLE CON SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL BOMBEO**

Autor:

Yáder Alfredo Campos Carrasco
Ingeniero Civil

Tutor:

Néstor Saavedra Rodríguez
MSc. Energías Renovables y Desarrollo
Sostenible

León, Octubre del 2016



AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES ELIAS Y CRISTINA DE CAMPOS

A mis padres por darme la vida, por todo el apoyo incondicional que me han brindado desde mi formación y contagiarme de sus mayores fortalezas. A mi madre por darme el ejemplo y dedicación de luchar siempre por las metas propuestas para ser una persona ejemplar y excelente profesional; a mi Padre por enseñarme a ser perseverante, paciente y hacerme creer que toda disciplina tiene su recompensa.

A MAGDALENA DEL CARMEN HERNÁNDEZ

Por el apoyo incondicional que me ha brindado en lo personal como profesional, por las palabras de ánimo que me aconsejó durante el proceso de estudio, además de ser mi jefa en el ámbito laboral, es una amiga, una madre que siempre ha deseado lo mejor para mí.

A LA ORGANIZACIÓN FUNDACIÓN ECOLOGÍA Y DESARROLLO (ECODES)

Por el soporte incondicional en la formación de mis capacidades, por la flexibilidad de los tiempos de estudio y por el apoyo económico para el desarrollo de las prácticas de campo, que sin dudar, fue muy importante para la elaboración de este proyecto de tesis.

A LA EMPRESA ENICALSA

Por confiar en mi profesionalidad, por apoyarme a lo largo de la formación del proyecto de tesis en espacio, tiempo y dedicación, por llenar las expectativas de cederme un lugar para la formación de la Maestría II edición en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

AL MSc. NÉSTOR SAAVEDRA RODRIGUEZ

Por su tiempo y dedicación en todos los procesos de formación del proyecto de tesis, por su apoyo incondicional, además por ser un gran amigo y excelente profesional que siempre está dispuesto a compartir sus experiencias e información de investigación a todos.



DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento importante de mi formación profesional, a mis padres por el apoyo incondicional que me brindaron siempre, a mis maestros por el compromiso y excelente calidad de enseñanza, a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León) por abrigarnos en sus instalaciones de clases y brindarnos una enseñanza de calidad y a todos los que creyeron en mi como profesional y que hoy pueden ver que con disciplina podemos cumplir las metas propuestas. *“Toda disciplina tiene su recompensa”*.

Dios bendiga todas las metas propuestas en el 2016.



RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto de tesis, evidencia el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's) aplicadas al diseño de redes de agua potable con sistema solar para bombeo, se elaboró durante el periodo de Septiembre 2015 a Enero 2016. Desde el punto de vista tecnológico se implementaron diferentes TIC's para el desarrollo de las etapas del proyecto de tesis, el cual consistió en aplicar innovaciones tecnológicas al diseño y cálculo de redes de agua potable con sistema solar para bombeo, tomando como ejemplo de implementación, las comunidades rurales El Barro y El Caracol del municipio de Achuapa, departamento de León. En la actualidad estos procesos tienen un alto costo por utilizar métodos operativos tradicionales, lo que muchas veces conlleva a desistir por la falta de inversión para esta primera etapa. Entonces, la finalidad de aplicar TIC's en estos sistemas es obtener resultados precisos, efectivos, de menor costo operativo y tiempo de elaboración, en términos de las aplicaciones tecnológicas implementadas en los sistemas de agua potable, con inserción de las tecnologías fotovoltaica para bombeo. De manera que estas herramientas optimicen todos los trabajos, desde la formulación hasta la ejecución de un proyecto de esta índole. Entre ellas se utilizaron aplicaciones para sistemas Android en celulares de alta gama, Software de usos populares y especializados, con lo que se consiguen los mismos resultados para el cálculo y diseño de una red de agua potable y dimensionado fotovoltaico.

PROJECT SUMMARY

This thesis project demonstrates the use of Information Technology and Communication (ICT) applied to the design of potable water with solar pumping system, was developed during the period September 2015 to January 2016. From the technologically different ICTs for development stages of the thesis project, which consisted of applying technology to the design and calculation of potable water with solar system for pumping innovations were implemented, using the example of implementation, El Barro and rural communities in the municipality of El Caracol Achuapa, department of Leon. Today these processes have a high cost of using traditional operating methods, which often leads to desist from lack of investment for this first stage. So the purpose of applying ICT in these systems is to obtain accurate and effective results, lower operating cost and processing time, in terms of technological applications implemented in drinking water systems with integration of photovoltaic pumping technologies. So these tools optimize all work, from formulation to implementation of a project of this nature. They are including applications for Android cell systems used in high-end, specialized software and popular applications, so that the same results for the calculation and design of a drinking water network are achieved and sized photovoltaic.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	6
ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN	7
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2.2 ANTECEDENTES.....	8
2.3 JUSTIFICACIÓN	10
2.4 LOS OBJETIVOS	11
2.4.1 <i>Objetivo general</i>	11
2.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	11
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	12
3.1 SISTEMA DE REDES DE AGUA POTABLE.....	12
3.2 INSTRUMENTOS, APLICACIONES Y SOFTWARE TECNOLÓGICOS	14
3.3 PROCESAMIENTO DE DATOS EN REDES DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	16
3.4 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	21
3.5 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	27
3.6 EMISIÓN DE GASES DE EFECTO DE INVERNADERO Y SUS FUENTES	37
DISEÑO METODOLÓGICO DEL ESTUDIO	39
4.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO METODOLÓGICO	39
4.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO	41
4.3 PRINCIPALES ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN	42
4.4 INSTRUMENTOS, APP Y SOFTWARE APLICADOS A LA METODOLOGÍA.....	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
5.1 RESULTADOS, DISCUSIÓN DEL CÁLCULO Y DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE REDES DE AGUA POTABLE APLICANDO TIC'S.....	45
5.1.1 <i>Resultado del cálculo de la Tasa de crecimiento Anual (TAC)</i>	45
5.1.2 <i>Resultado del levantamiento topográfico</i>	45
5.1.3 <i>Resultado del cálculo hidráulico del sistema de redes de agua potable</i>	47
5.1.4 <i>Resultado de la estimación del promedio consumo diario</i>	47
5.1.5 <i>Resultado del cálculo de caudal de diseño de red de agua</i>	48
5.1.6 <i>Resultado del dimensionamiento del tanque de almacenamiento</i>	49
5.1.7 <i>Resultado del dimensionado de tubería de distribución</i>	49
5.1.8 <i>Resultados y discusión del cálculo y dimensionado del Sistema solar fotovoltaico para bombeo, aplicando TIC's</i>	52
5.1.9 <i>Resultado del procedimiento del cálculo del caudal de bombeo QB</i>	52
5.1.10 <i>Resultado del cálculo del dimensionado de tubería de conducción</i>	53
5.1.11 <i>Resultado del cálculo de bomba y motor</i>	53
5.1.12 <i>Criterios de selección para el sistema de bombeo con energía solar, según Sandia National Laboratories</i>	54
5.1.13 <i>Resultados y discusión del cálculo y dimensionado del sistema solar fotovoltaico para bombeo.</i>	56
5.1.14 <i>Resultados y discusión del cálculo de emisiones de CO₂</i>	59



CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
NOMENCLATURA Y GLOSARIO DE TÉRMINOS	62
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	66
GRÁFICA 1. ÍNDICE DE COBERTURA ELÉCTRICA NACIONAL EN 2013	66
GRÁFICA 2. ÍNDICE DE COBERTURA ELÉCTRICA AÑO 2013-DEPARTAMENTO DE LEÓN.	66
GRÁFICA 3. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA SQF 3A-10	66
GRÁFICA 4. COMPORTAMIENTO DE LA TEMP. AIRE E IRRADIANCIA BARRO-CARACOL.	66
FIG. 8 NUBE DE PUNTOS REFERENCIADOS SOBRE LA PLATAFORMA DE GOOGLE EARTH.....	67
FIG. 9 CONVERSIÓN DE ORIENTACIÓN EN PLATAFORMA GLOBAL MAPPER	67
FIG. 10 PRESENTACIÓN DEL DISEÑO DE RED DE AGUA EN AUTOCAD 2D.	67
FIG. 11 EXPORTACIÓN DE CAPAS (NODOS Y TRAMO DE TUBERÍAS) EPACAD.	68
FIG. 12 CÁLCULOS HIDRÁULICOS DEL DISEÑO DE REDES DE AGUA POTABLE-EPANET	68
FIG. 13 BOMBA CENTRIFUGA Y SUS COMPONENTES. FIG. 14 BOMBA HELICOIDAL Y SUS COMPONENTES.	68
FIG. 15 COMPONENTES DE SISTEMA DE BOMBEO CON SOLAR FOTOVOLTAICA.	69
FIG. 16 SISTEMA DE RED DE AGUA POTABLE PARA BOMBEO CON SUMINISTRO DE ENERGÍA DEL SFV.....	69
FIG. 17 CONTROLADOR CU 200 SQFLEX.	69
FIG. 18 ESQUEMA DE TIPOS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS.....	70
TABLA 13. PROMEDIO MENSUAL DE LA RADIACIÓN QUE INCIDE SOBRE UNA SUPERFICIE ACENTUADA INCLINADA-ECUADOR (kWh / m ² / día), UBICACIÓN ACHUAPA, COMUNIDADES EL BARRO Y EL CARACOL	70
TABLA 14. VALORES RECOMENDADOS PARA LA CAÍDA DE TENSIÓN C/100.	70
TABLA 15. VALORES RECOMENDADOS PARA LA ESTIMAR EL DIÁMETRO DEL CABLE A TRAVÉS DE LA TABLA DE CONVERSIÓN DE MM ² A AWG.	71
TABLA 16. CENSO POBLACIONAL APLICADO EN EL AÑO 2016 COMUNIDADES EL BARRO-EL CARACOL.....	71
TABLA 17. NUBES DE PUNTOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	72
TABLA 18. SECCIONES DE TUBERÍAS EN PULGADAS Y MILÍMETROS	72
TABLA 19. RESULTADOS DEL CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN.	73
TABLA 20. VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA FLUIDOS EN TUBERÍAS.....	73
TABLA 21. CATÁLOGO AMANCO 2013.....	73
TABLA 22. PROMEDIO MENSUAL DE LA RADIACIÓN QUE INCIDE SOBRE UNA SUPERFICIE ACENTUADA INCLINADA A 13°-ECUADOR (kWh / m ² / día)	74
TABLA 23. DATOS TÉCNICOS DE GRUNDFOS BOMBA SQFLEX.....	74
TABLA 24. CATÁLOGO SCHOTT PERFORM™ MONO180/185/190.....	75
MAPA NO. 1 ÍNDICE DE POBREZA DEL MUNICIPIO DE ACHUAPA	76
TABLA 25. CONSOLIDADO DE COSTOS DE INVERSIÓN	76
DISEÑOS CONSTRUCTIVOS, COSTOS Y PRESUPUESTOS EN DIGITAL (ANEXO DVD)	76
FOTOS DEL PROCESO DE LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE VISITAS TÉCNICAS DE CAMPO.....	76



INTRODUCCIÓN

Nicaragua es el país de Centroamérica con más agua en su territorio. Tiene 21 cuencas, 85 ríos (en total 6,695 km de longitud), 47 lagunas y 2 lagos (10,033 km² de superficie). El 7.7% del territorio es agua. Es significativo el deterioro de éstas: las superficiales están contaminadas por vertidos domésticos e industriales además de una grave la deforestación en las cuencas de los ríos. Son éstos los dos principales problemas que afectan el agua de Nicaragua.

En Nicaragua sólo un 63.9% de la población total recibe agua potable en sus casas y la obtiene sólo abriendo la paja. De este porcentaje, un 31.8% vive en sectores rurales. Es en este panorama de escasez en donde los CAPS surgieron como protagonistas con soluciones posibles para la necesidad humana más apremiante: el agua. 5,100 CAPS abastecen con agua a 1 millón 200 mil nicaragüenses que viven en zonas rurales en donde el Estado apenas tiene presencia (Kreimann, 2010).

Según datos del Sistema de Información Nacional de Agua y Saneamiento, en 5.197 de las 8.259 comunidades en Nicaragua los CAPS administran y manejan el sistema de agua potable, lo que significa que más de un millón de personas reciben servicios de agua potable a través de dichas organizaciones comunitarias (Uribe Pando, 2014).

Datos de cobertura eléctrica nacional en 2013, se tomó como referencia las estimaciones de la Población total, elaboradas por el Ministerio de Energía y Minas. Se identificó que el 76.20% de la población cuentan con servicio eléctrico y el 23.80% de la población no cuentan con acceso a la electricidad¹.

¹ Gráfico 1. Índice de Cobertura Eléctrica de Nicaragua, Población Año 2013.



ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

2.1 Planteamiento del problema

❖ Situación Social

Las comunidades El Barro y Caracol, se encuentran ubicadas a diez kilómetros del casco urbano al Suroeste de la cabecera del municipio de Achuapa², departamento de León, 58 familias que aglutinan a 271 personas de escasos recursos económicos, no cuentan con el acceso al agua potable de manera segura, actualmente el abastecimiento para el consumo de agua es a través de pozos excavados a mano (PEM) y quebradas, Aunque la oferta de agua es abundante en este territorio más de la mitad de sus habitantes no tienen agua segura para el consumo humano. Se pueden identificar algunos aspectos fundamentales que carecen estas comunidades:

- Contaminación de las aguas de pozo y quebradas posiblemente con excretas humanas y de animales.
- No existe accesibilidad de manera segura para suministro de agua para el consumo humano.
- Las recientes sequías de los años anteriores han provocado que las aguas superficiales se desvanezca y se profundicen más los mantos acuíferos.
- Comunidades de escasos recursos económicos lo que dificulta un auto financiamiento de una alternativa de solución viable.

❖ Situación técnica

Actualmente los estudios previos en campo para los diseños de redes de agua potable se elabora utilizando equipos especializados para obtener resultados precisos, sin embargo requiere de costos elevados en la etapa inicial por la complejidad en utilizar equipos y personal especializados. Entre ellos son contratados: persona de empresas privadas, consultores independientes, técnicos especializados, entre otros, por la carencia de formación que existe en las municipalidades, instituciones, ONG; por no contar con personal técnicos con experiencia, de manera que la inversión inicial es mayor y muchas veces la falta de fondos para el estudio previo hace que los proyectos no sean factibles.

² Informe Achuapa en cifras, Mapa 3, Pág. 24



2.2 Antecedentes

La entrega de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en Nicaragua en la zona urbana compete a la empresa de servicios públicos Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) y, en zonas rurales, los comités de agua potable y Saneamiento (CAPS) brindan los servicios de suministro de agua potable con la asistencia

“El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa fue construido en Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow” (Ruíz Díaz, y otros, 2010).

técnica de la empresa de servicios públicos. Los sistemas de agua potable en las zonas rurales surgen basado en la necesidad de suministrar agua potable con lo que se reducen las enfermedades producto de las contaminaciones de las aguas superficiales de abastecimiento para el consumo a la población en general; el cambio climático ha afectado los recursos hídricos de los territorios provocando escases de agua para el consumo humano (Las aguas subterráneas se han profundizado, quebradas se han secado productos de sequias; ríos contaminados por la exposición de excretas, etc.).

Las comunidades del Barro y El Caracol ubicado al noroeste del municipio de Achuapa, departamento de León, actualmente se abastecen de pozos artesanales insuficientes o dispersas fuentes de agua con mala calidad, además de la manipulación en la extracción del agua realizada de manera manual. Esto ha provocado que diversas enfermedades afecten a la población de esta zona.

El presente proyecto de tesis está incluido en la implementación del Plan Estratégico 2010-2030 de Agua y Saneamiento del Municipio de Achuapa en lo relativo a la línea estratégica cuyo objetivo es “Contribuir al mejoramiento del acceso al agua para consumo humano en calidad, cantidad y continuidad en el área rural y urbana a través de la implementación de tecnología fotovoltaica como fuente de energías renovables”.



Hay que recalcar que aunque los sistemas de red de agua potable son factibles y resuelven las necesidades de la población en las zonas rurales careciente de acceso al agua segura, los niveles de inversión son relativamente altos para los sistemas de agua potable convencionales por los costos de implementación y diseño en la etapa inicial del sistema, ya que requieren de estudios especializados en temas de energías renovables, hidrología, topografía e hidráulica, llevando a costos relativamente elevados para su elaboración y esto provoca que muchas veces la falta de recursos económico para que se destinan para los trabajos de campo, conduciendo a que sea carente e inviable para los sistemas de red de agua potable alejados de las zonas urbanas.

Hay que recalcar que una de las estrategias del gobierno es llevar la comunicación telefónica a todos los lugares de difícil accesibilidad, con lo que se facilita la utilización de uso de TIC's para el desarrollo de los trabajos de campo.

Para los sistemas de red de agua potable el hacer uso de estos equipos es costoso y dificulta que las inversiones se puedan realizar por los altos costos de implementación en la etapa inicial. Sin embargo actualmente las implementaciones de TIC's ayudaran a optimizar los trabajos en tiempo y menor costo para que estos sistemas puedan ser desarrollados con menor inversión operativa.



2.3 Justificación

Basado en la necesidad de disminuir los costos de implementación en la etapa inicial de proyectos relacionados al diseño de redes de agua potable, se pretende exponer la aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicación como parte de las herramientas empleadas en el desarrollo de los futuros sistemas de agua potable con bombeo, disponiendo de sistemas fotovoltaicos como solución y apoyo a contribuir la protección del medio ambiente. El objetivo de usar las TIC's es facilitar herramientas de trabajo eficaces y efectivas que en menor tiempo permitan el diseño y cálculo de sistemas de agua potable en las comunidades con difícil accesibilidad al agua segura.

Por tal razón en la ejecución del Proyecto: “La energía renovable como estrategia de sostenibilidad para garantizar el acceso al agua potable a las comunidades de El Barro y El Caracol en el municipio de Achuapa”, aplicamos TIC's para reducir los tiempos, gastos operativos, movilización, recursos humanos y utilización de equipos. Se previó utilizar instrumentos que facilitaran el desarrollo de los trabajos de campo, además de presentar una propuesta para resolver la necesidad del suministro de agua en estas comunidades rurales.

Tomando en cuenta la experiencia personal del autor así como conocimientos en diseños de redes de agua potable y de software especializado, se desarrolló un método que combina dichos puntos, con la finalidad de facilitar la obtención de los resultados de forma más efectiva para los sistemas de red de agua potable con inserción fotovoltaica.

Según el índice de cobertura eléctrica por departamento en 2013, León ocupa el 4to. Lugar con un 90.30% en cobertura de servicios eléctricos, sin embargo de los municipios del departamento de León, el municipio de Achuapa ocupa el último lugar con un 44.30% de cobertura de servicios eléctricos del 100%, lo que indica que el 55.70% de la población no cuenta con servicios eléctricos, de manera que hemos retomado esta justificación como parte del estudio de tesis y sus planteamientos. *Ver en anexo Gráfico 2. Índice de cobertura eléctrica año 2013-Departamento de León.*



2.4 Los Objetivos

2.4.1 Objetivo general

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.

2.4.2 Objetivos específicos

- a) Dimensionar un sistema de red de agua potable para el suministro para las comunidades El Barro y El Caracol, haciendo usos de TIC's.
- b) Dimensionar un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica del bombeo, haciendo usos de TIC's.
- c) Estimar costos de inversión y diseño constructivos para la red de agua potable y el suministro de energía con solar fotovoltaica.
- d) Estimar emisiones de CO₂ evitadas con la puesta en marcha del Sistema Solar Fotovoltaico para bombeo.



FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 Sistema de redes de agua potable

Un sistema de redes de agua potable es aquella que permite el suministro de agua para consumo humano a través de un lugar de captación distribuida por medio de tuberías garantizando cantidad y calidad adecuada para satisfacer las necesidades de los habitantes que presentan problemas de accesibilidad al agua segura.

En Nicaragua existen diferentes tipos de sistemas de agua potable, establecidos en la *Ley N° 722 “Ley Especial de Comités de Agua Potable y Saneamiento”*³

Para efectos de esta Ley, se establecen las siguientes categorías de Comités de Agua Potable y Saneamiento:

De mayor complejidad: a.- Mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) b.- Mini-acueducto por gravedad (MAG)

De menor complejidad: a.- Pozo excavado, equipado con bomba de mano (PEEBM) b.- Pozo perforado (PP) c.- Captación de Manantial (CM)

Cada sistema tiene diferentes características para su implementación y su complejidad está en la identificación de las características del territorio donde se proponen sus instalaciones. Hay que recalcar que no todos necesitan el suministro de energía, algunos aprovechan su posición (altitud) para suministrar agua por red de distribución por gravedad, otros son aprovechados por captaciones, pozos artesanales, etc.

Un MABE, es un sistema de red de agua potable cuya finalidad es suministrar agua para consumo humano por medio de un sistema de bombeo con energía eléctrica desde una captación subterránea hacia un tanque de almacenamiento aprovechando un altitud mayor para distribuir el agua potable por medio de gravedad hacia las conexiones domiciliarias.

³ Informe, Ley N° 722 “Ley Especial de Comités de Agua Potable y Saneamiento (Pág. 23 y 24)



Componentes de un MABE:

a) Captación o pozo perforado (PP)

Es la parte inicial del sistema hidráulico y consiste en las obras donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, el requisito es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua que la comunidad requiere. Para definir cuál será la fuente de captación a emplear, es indispensable conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra, basándose en el ciclo hidrológico, de esta forma se consideran los siguientes tipos de agua según su forma de encontrarse en el planeta tales como son las aguas superficiales o aguas subterráneas.

b) Sistema de bombeo

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en el sistema y los procesos.

c) Red de conducción

La denominada “línea de conducción” consiste en todas las estructuras civiles y electromecánicas cuya finalidad es la de llevar el agua desde la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta de tratamiento de potabilización o el sitio de consumo.

d) Tratamiento

El tratamiento, se refiere a todos los procesos físicos, mecánicos y químicos que harán que el agua adquiera las características necesarias para que sea apta para su consumo. Los tres objetivos principales de una planta potabilizadora (Clorinador) son lograr un agua que sea: segura para consumo humano, estéticamente aceptable y económica.



e) Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento tiene la finalidad de almacenar las aguas provenientes de la línea de conducción por medio de la captación o pozo para luego ser direccionada a través de la línea de distribución para el suministro de una determinada población. Su función es almacenar la mayor cantidad de consumo de agua proyectada en un sistema para abastecer de manera periódica a toda la población en general conectada al sistema de red de agua potable.

f) Red de distribución

Este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, debiendo ser el servicio constante las 24 horas del día, en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos y cada uno de los tipos de zonas socio-económicas (comerciales, residenciales de todos los tipos, industriales, sectoriales, etc.) que tenga la localidad que se esté o pretenda abastecer de agua. El sistema incluye válvulas, tuberías, tomas domiciliarias, medidores y en caso de ser necesario equipos de bombeo.

g) Conexiones Domiciliarias

Las conexiones domiciliarias es la línea derivada de la red de distribución puntualizada en cada suministro de agua para abastecer las viviendas de un sistema de red de agua potable; estas se denominan acometidas domiciliarias por ser derivarse del ramal principal para que el consumidor obtenga el agua potable de manera accesible en cada vivienda.

3.2 Instrumentos, aplicaciones y software tecnológicos

Aplicando las Tecnologías de la Información Y Comunicación simplificamos gran parte de los cálculos de diseño en la obtención de los resultados, utilizando los siguientes instrumentos, aplicaciones y software tecnológicos:



❖ **Levantamiento topográfico aplicando las TIC's**

Es el conjunto de actividades realizadas en una superficie de terreno utilizando instrumentos topográficos para definir una correcta representación gráfica a través de las modalidades:

- ✓ Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación.
- ✓ Levantamiento topográfico altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación.

Un levantamiento topográfico se puede elaborar utilizando instrumentos como Estación Total o Teodolito, sin embargo los costos de operación y personal son muy costo para la etapa inicial de cualquier sistema de agua potable. Mediante las TIC's podemos agilizar y reducir costos de operación y personal para esta primera etapa como es el levantamiento topográfico utilizando los siguientes instrumentos tecnológicos:

▪ **AndroiTS GPS Test**

GPS Test te muestra la información más importante como la altitud, brújula, distancia, velocidad además de los detalles precisos de los satélites o las coordenadas básicas en las unidades correspondientes. Es una aplicación que compagina muy bien en los celulares de alta gama por presentar una mejor precisión en tiempo real sin necesidad de utilizar internet.

▪ **Google Earth**

Es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. Además de ser utilizado como punto de referencia de un determinado lugar, esta aplicación podemos utilizarla en las diferentes rama de la ingeniería para utilización topográfica con la efectividad de crear una red de puntos planimétrico y altimétricos.



- **Global Mapper**

El Global Mapper es un software cartográfico profesional especialista en descargar datos directamente de internet, cambiar la proyección geográfica a nuestros datos y transformar datos entre una variadísima lista de formatos como: dxf, shp, kml, ecw, etc... Imprescindible para ingenieros y topógrafos.

- **AutoCAD**

Es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

- **EpaCAD**

Permite convertir de forma sencilla un fichero que contenga una red de AutoCAD, en un fichero interpretable por EPANET (software para la simulación de redes hidráulicas a presión). En este proceso, “EpaCAD es capaz de reconocer de forma automática las principales propiedades de los elementos, facilitando en gran medida el trabajo necesario para generar una red” (ITA. Universidad Politécnica de Valencia, 2009).

3.3 Procesamiento de datos en redes de un sistema de agua potable

Este procedimiento nos explica la forma de procesar datos en redes de un sistema de agua potable, es importante realizar los siguientes cálculos metodológicos, tomando en consideración la Normas al Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural y Saneamiento Básico. Entre los aspectos de diseño, se debe tomar en consideración:



❖ **La proyección de Crecimiento Poblacional de un determinado sitio:**

Para establecer los periodos de diseño en un sistema de agua potable es necesario dirigirse a las “Normativas relativas al diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural”.

Ecuación del método geométrico:

$$P_n = P_o * (1 + r)^n \quad [\text{Personas}] \quad (1)$$

▪ **La Estimación de consumo de agua**

Mediante la ecuación del Consumo Promedio Diario (CPD)

$$CPD = P_n * DOT \quad [\text{Its/día}] \quad (2)$$

Mediante la ecuación del Consumo Promedio Diario Total (CPDT)

$$CPDT = CPD * \%Perdida \quad [\text{Its/día}] \quad (3)$$

Mediante la ecuación del Factor Máximo Día (FMD)

$$FMD = CPDT * 1.5 \quad [\text{Its/día}] \quad (4)$$

Mediante la ecuación del Factor Máximo Horario (FMH)

$$FMH = CPDT * 2.5 \quad [\text{Its/día}] \quad (5)$$

$$CMH = \left(\frac{CPDT * FMH}{86400} \right) \quad [\text{Its/s}] \quad (6)$$

$$CMH = \left(\frac{CPDT * FMH}{\frac{86400}{LT_d}} \right) \quad \left[\frac{\text{Its}}{\text{s*m}} \right] \quad (7)$$

▪ **El Dimensionado de tanque de almacenamiento**

Mediante la ecuación del volumen compensado

$$\text{Vol. C} = CPDT * 15\% \quad [\text{Its/día}] \quad (8)$$

Mediante la ecuación de reserva de emergencia

$$\text{Res. E} = CPDT * 20\% \quad [\text{Its/día}] \quad (9)$$

Mediante la ecuación del volumen de almacenaje

$$VA = \frac{\text{Vol.Compensado} + \text{Res.emergencia}}{1000} \quad [\text{m}^3] \quad (10)$$



$$VA_{m3} = \frac{V.A}{100} \quad [\text{Cientos de m}^3] \quad (11)$$

$$Z_t = \frac{V(\text{cientos m}^3)}{\langle \rangle \text{constante}} + k \quad [\text{m}] \quad (12)$$

- **La Estimación de caudal basado en consumo promedio diario para diseño**

$$Q = \frac{CMD}{86400} \quad [\text{lt/s}] \quad (13)$$

VOLUMEN (cientos de m ³)	k
< 3	2.0
4 - 6	1.8
7 - 9	1.5
10 - 13	1.3
14 - 16	1.0
> 17	0.7

Tabla 1. Constante de capacidad de tanque de almacenamiento

Ecuación para determinar la altura de un tanque utilizando la constante volumen (cientos de m³).

- ❖ **Dimensionamiento de tubería de distribución se determina mediante las siguientes ecuaciones:**

- **Cálculo por nodos y longitud de tubería por tramo:**

- a) Longitud tributaria por nodos (LT_n), mediante la ecuación

$$L_{T_n} = \frac{L_{n1} + L_{n2} + L_{n...}}{2} \quad [\text{m}] \quad (14)$$

- b) Consumo máximo horario por nodo (CMH_n), mediante la ecuación

$$CMH_n = L_{T_n} * CMH_m \quad [\text{lt/s}] \quad (15)$$

- c) Suma de caudales del nodo interconectados en tramos por el CMH_n

$$Q_n = CMH_n + Q_{\text{nodo siguiente}} \quad [\text{lt/s}] \quad (16)$$

Para convertir los litros en m³, se divide entre 1000.

- d) Diámetro calculado y propuesto de la tubería

Esta ecuación se aplica a todos los nodos e igual el resultado obtenido:

$$D = 2 * \sqrt{\frac{1}{\pi * V}} * \sqrt{Q_n} \quad [\text{m}] \quad (17)$$



e) Coeficiente de pérdida (k)

$$K = \frac{10.67}{D^{4.870}} * \frac{L}{C^{1.852}} \quad [\text{Adimensional}] \quad (18)$$

f) Pérdidas hidráulicas por fricción (PH_f)

$$PH_f = K * (Q_n)^{1.852} \quad [\text{m.c.a}] \quad (19)$$

g) Pérdidas hidráulicas por fricción entre el caudal del nodo

$$PH_f/Q_n \quad [\text{m.c.a}] \quad (20)$$

h) Cálculo de altura piezométrica (Z_i)

$$Z_i = Z_{i(\text{nodo anterior})} - PH_f \quad [\text{m.c.a}] \quad (21)$$

i) Cálculo de presión

$$P = Z_{i(\text{nodo})} - Z \quad [\text{m.c.a}] \quad (22)$$

j) Cálculo de velocidad

$$V = \frac{4*Q}{\pi*D^2} \quad [\text{m/s}] \quad (23)$$

Las Pérdidas hidráulicas, presión y velocidad en tuberías se calcula mediante las el software de simulación Epanet tomando en consideración los parámetros de diseño.

El Coeficiente de Rugosidad (C) de Hazen -Williams para los diferentes tipos de materiales en los conductos se estima mediante la siguiente tabla.

Material del Conducto	Coeficiente de Rugosidad (C)
Tubo de hierro Galvanizado (Ho.Go)	100
Tubo de concreto	130
Tubo de asbesto cemento	140
Tubo de Hierro fundido (Ho. Fo)	130
Tubo plástico (PVC)	150

Tabla 2. Coeficiente de rugosidad de Hazen William⁴

⁴ Informe "Normativas relativas al diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural" Pág. 16



❖ Simulación de software para sistema de red de agua potable

▪ Epanet

“EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones entre tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. Efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizado en múltiples intervalos de tiempo.” (Universidad Politécnica de Cartagena, 2006).

EPANET permite calcular:

- a) El caudal que circula por cada una de las conducciones.
- b) La presión en cada uno de los nudos,
- c) La velocidad en cada conducto
- d) El nivel de agua en cada tanque.
- e) La concentración de diferentes componentes químicos a través de la red.
- f) El tiempo de permanencia del agua en las tuberías.
- g) La procedencia del agua en cada punto de la red.

Las ecuaciones de comportamiento de los elementos de la red establecen una relación entre la diferencia de alturas piezométricas entre los extremos del elemento y el caudal circulante.

La pérdida de carga o altura piezométrica en una tubería debida a la fricción por el paso del agua, puede calcularse con EPANET utilizando las siguientes formulaciones:

Darcy-Weisbach (para todo tipo de líquidos y regímenes)

Hazen-Williams (sólo para agua)

Chezy-Manning (para canales y tuberías de gran diámetro)



Fórmula	Coefficiente de Resistencia (A)	Exponente de Caudal (B)
Hazen-Williams	$10.674 C^{-1.852} d^{-4.871} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827 f(\epsilon, d, Q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$10.294 n^2 d^{-5.33} L$	2

donde:
C: coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
 ϵ : coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m)
f: factor de fricción (depende de ϵ , d y Q)
n: coeficiente de rugosidad de Manning
d: diámetro de la tubería (m)
L: longitud de la tubería (m)
Q: caudal (m³/seg)

Tabla 3. Fórmulas de pérdidas de cargas para tuberías en presión

El método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición, acero o PVC.

A través de la simulación del software Epanet logramos simplificar múltiples cálculos que facilitan la obtención de los resultados en tiempo real, siendo una herramienta versátil y eficaz para el cálculo de redes de agua potable.

3.4 Energía Solar Fotovoltaica

❖ Energía solar

La energía solar es la energía producida por el sol y que es convertida a energía útil por el ser humano, ya sea para calentar algo, producir electricidad y también ayuda a las plantas a realizar la fotosíntesis.

La energía solar es un recurso renovable, es decir, es un recurso ilimitado y no contamina el ambiente. Tiene un costo bajo de aprovechamiento, ya que solo se gasta en compra e instalación del sistema. Es adaptable a los usos, ya que se utiliza para las cosechas, en calor, en electricidad, etc.

El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico). La conversión térmica de alta temperatura consiste en transformar la energía solar en energía



térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores. La conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica. Se utilizan para ello unas placas solares formadas por células fotovoltaicas (de silicio o de germanio). (Instituto Politécnico Nacional, 2014)

❖ Radiación solar

La energía solar resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol. Esta energía es el motor que mueve nuestro medio ambiente, siendo la energía solar que llega a la superficie terrestre 10.000 veces mayor que la energía consumida actualmente por toda la humanidad.

La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol.

Hasta hace unos años, se aceptaba como valor estándar el propuesto por la NASA de 1.353 W/m². Más recientemente, las últimas medidas han llevado a un valor ligeramente más elevado, y que nosotros utilizaremos como valor estándar 1,367 W/m²

El valor de la declinación toma su valor máximo positivo o mínimo, negativo recibe el nombre de solsticio, y marca los días solares de duración máxima (noche más corta, solsticio de verano, el 21 de junio) y de duración mínima (noche más larga, solsticio de invierno, el 21 de diciembre)

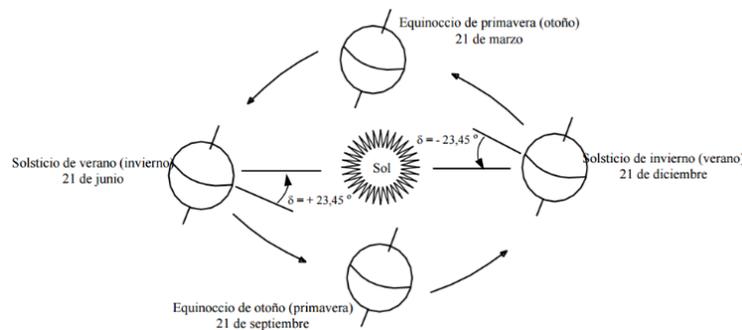


Fig. 1. Declinación (entre paréntesis, la estación correspondiente al hemisferio sur).



La radiación que llega a la Tierra al nivel extra-atmosférico, en superficie perpendicular y a una “UA”⁵ de distancia es una constante y toma un valor de 1.367 W/m², este valor es un promedio de la irradiancia extraterrestre a lo largo del año, varía de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_e(n) = I_{CS} * \left[1 + 0.033 * \cos\left(\frac{360*n}{365}\right) \right] \text{ W/m}^2 \quad (24)$$

Donde “n” es el día del año contado desde el uno de enero (n = 1 ÷ 365) y la ecuación proporciona los resultados en grados centesimales. En forma gráfica, la variación de la constante solar a lo largo del año se muestra en la figura.

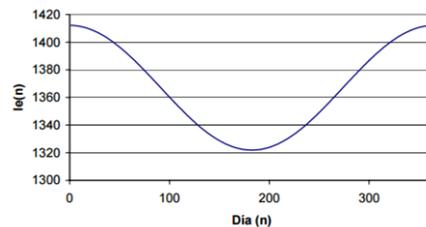


Fig. 2 Variación de la radiación solar extraterrestre a lo largo de un año

Variación de la radiación solar extraterrestre a lo largo de un año y para una constante solar de 1.367 W/m²

❖ Tipos de radiación solar

En función de cómo inciden los rayos en la tierra se distingue tres componentes de la radiación solar:

Directa: Es la recibida desde el sol sin que se desvíe en su paso por la atmosfera.

Difusa: Es la que sufre cambios en su dirección principal debidos a la reflexión y difusión en la atmosfera.

Albedo: Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

⁵ Unidades Astronómicas: distancia media entre el planeta Tierra y el Sol, medidas en metro equivalente a 149 597 870 700 metros



❖ Relaciones Tierra-Sol

El segundo efecto que modifica y reduce el valor de la radiación solar extraterrestre es el de la relación espacial y temporal existente entre el Sol y la localización terrestre particular en la que nos encontramos, ya que cualquier pérdida de perpendicularidad de los rayos del Sol sobre la superficie terrestre, por pequeña que ésta sea, implicará una disminución de la energía aprovechable.

La primera variable que modifica la relación entre el Sol y la Tierra es la declinación, definida como la posición angular del Sol en el cielo en el mediodía solar (es decir, cuando el Sol se encuentra sobre el meridiano local) respecto al plano del ecuador. A medida que la Tierra gira en torno al Sol con una velocidad aproximada de 108.000 km/h (traslación), gira, a la vez, en torno a un eje imaginario que apunta hacia la estrella Polar (rotación). El eje normal queda inclinado $23^{\circ}27'8,2''$ (aproximadamente $23,45^{\circ}$) respecto al plano orbital, como muestra la figura 1.10, y, en consecuencia, el ángulo entre el ecuador terrestre y el plano orbital marcado por la línea Sol-Tierra varía a lo largo del año entre $\pm 23,45^{\circ}$. Este ángulo es el que recibe el nombre de declinación (δ) y viene dado por la ecuación de Cooper (1969):

$$\delta \cong 23,45^{\circ} * \text{sen} \left[360 * \left(\frac{284+n}{365} \right) \right] \quad [^{\circ}] \quad (25)$$

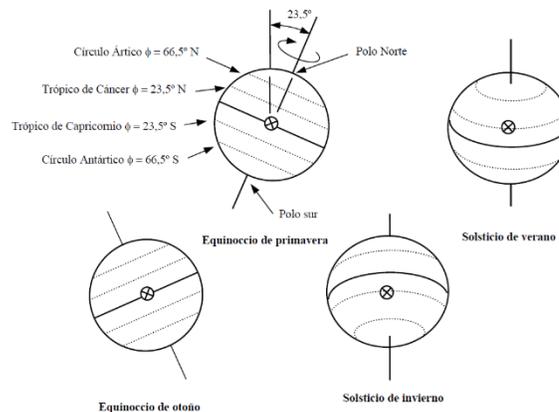


Fig. 3 La Tierra vista desde el Sol.



Siendo (n) el día del año que queremos calcular la declinación de la tierra, partiendo que el 1 de Enero n=1. La altitud solar es el ángulo entre el horizonte y el haz solar incidente, se calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{sen}\alpha = \text{sen}\varphi * \text{sen}\delta + \text{cos}\varphi * \text{cos}\delta * \text{cos}\omega \quad (26)$$

$$\text{sen}\gamma_s = \frac{\text{cos}\delta * \text{sen}\omega}{\text{cos}\alpha_s} \quad (27)$$

Siendo:

δ = declinación solar, φ = latitud del lugar, α = orientación del captador solar, ω = ángulo horario

Para una latitud determinada, la altitud y el acimut dependen únicamente del ángulo horario y la declinación. De igual manera, para determinar la posición del Sol en cada momento se requiere calcular el acimut que es el ángulo que mide la posición del Sol hacia el este o el oeste con relación a la línea norte-sur. Al mediodía solar, el ángulo de acimut es igual a cero, si esta hacia el este es positivo (+) y si se encuentra al oeste es negativo (-).

Angulo horario (ω): es el coeficiente entre 360° sexagesimales (rotación de la tierra) y las 24 horas del día.

Declinación solar (δ): es el ángulo formado por la línea Tierra-Sol al mediodía solar, y el plano del ecuador.

❖ Orientación de superficies inclinadas

Para vencer los efectos que la declinación tiene sobre el ángulo de incidencia de la radiación solar y conseguir interceptar esta radiación lo más perpendicularmente posible, es necesario que las superficies captadoras estén inclinadas un cierto ángulo respecto a la horizontal del suelo y, a la vez, orientadas lo más meridionalmente posible (es decir, lo más paralelamente posible al meridiano norte sur de referencia). En la práctica, la inclinación del captador β se considera constante a lo largo del año y se toman como valores usuales mediante lo siguiente:

- Latitud (φ): ángulo que forma la normal del punto geográfico y el plano del ecuador
- Longitud: distancia de un lugar respecto al primer meridiano de referencia.

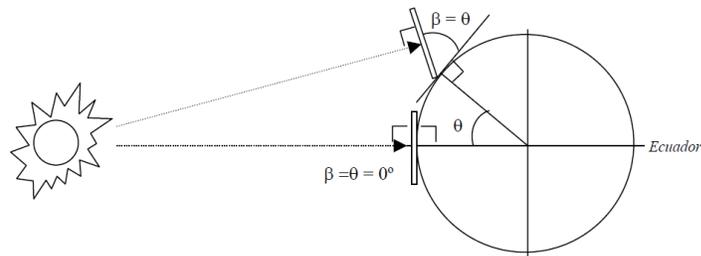


Fig. 4 Relaciones entre inclinación y latitud geográfica para obtener unos valores máximos de radiación los días de Equinoccio.

La longitud y latitud de Nicaragua es $13^{\circ} 0' 0''$ N / $85^{\circ} 0' 0''$ W. A efectos administrativos, Nicaragua se divide en 15 departamentos y dos regiones de auto administración o comités autónomos. Los 15 departamentos son más sub dividido en 153 municipios.

Lugar	Latitud	Longitud
Chontales	12°05'N	85°24'W
Madriz	13°29'N	86°35'W
Jinotega	13°06'N	86°00'W
Chinandega	12°37' N	87°09' W
Masaya	11° 58' 0"N	86° 6' 0" W
Estela-	13°05'00"N	86°21'00"W
Boaco	12°28'N	85°40'W
Rio San Juan	11°18' 35"N	84°41'48"W
Granada	11°56'N	85°57'W
Matagalpa	12° 55' 0" N	85° 55' 0" W
Carazo	11°51'N	86°12'W
Nueva Segovia	13°45' 25"N	86°11'06"W
Rivas	11°26' 52"N	85°34'17"W
León	12°26'N	86°53'W
Managua	12°8'N	86°15'W

Tabla 4. Latitudes y longitudes de los Departamentos de Nicaragua

Latitud del lugar (en grados)	Angulo de inclinación fijo
0° a 15°	15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud más 5 °
30° a 35°	Latitud más 10 °
35° a 40°	Latitud más 15 °
40° o más	Latitud más 20 °

Tabla 5. Ángulos de inclinación para sistemas fijos

Ver en anexo Tabla 13. Promedio mensual de la radiación que incide sobre una superficie acentuada inclinada-ecuador ($kWh / m^2 / día$) (NASA, 2015).



3.5 Sistema Solar Fotovoltaico

❖ Energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.

❖ Proceso de Conversión fotovoltaica

“La transformación de la energía solar en electricidad se llama conversión fotovoltaica y es resultado del “efecto fotovoltaico”. Este efecto se lleva a cabo en dispositivos optoelectrónicos conocidos como celdas solares. Cuando estos dispositivos absorben la radiación solar, se genera de manera instantánea un voltaje de corriente directa en sus terminales y, si a estas se conecta una resistencia fluirá una corriente, evidenciando con ello la generación de potencia eléctrica con la que se produce trabajo.

El efecto fotovoltaico puede aparecer en la unión entre dos materiales que pueden ser sólidos, líquidos o gases pero es en sólidos, y especialmente en semiconductores de diferente conductividad eléctrica, donde se han encontrado las mejores eficiencias de conversión. Se destacan algunos materiales semiconductores como el silicio cristalino, silicio amorfo, arseniuro de galio, telurio de cadmio y cobre-indio-galio-selenio.

Una celda solar está formada por la unión entre dos materiales con diferente conductividad eléctrica, de preferencia semiconductores. Uno de ellos con exceso de electrones (cargas negativas) al que se le denomina tipo “n” y el otro con deficiencias de electrones o “huecos” (cargas positivas) al que se le denomina tipo “p”. Esta unión forma, dentro del material, un campo eléctrico interno sin el cual no se llevaría a cabo el efecto fotovoltaico.

El efecto fotovoltaico se produce cuando fotones de la radiación solar son absorbidos por electrones de valencia del semiconductor tipo “p” excitándolos a moverse a estados de



conducción que les permite desplazarse al semiconductor “n” creándose una acumulación de cargas negativas en este y los estados vacíos “huecos” dejados por estos electrones, en el semiconductor “p”, se acumulan para formar una zona de carga positiva. La diferencia de potencial en estas dos zonas se ve externamente como un voltaje foto-generado y si se colocan terminales eléctricas y una resistencia que cierre el circuito, las cargas negativas fotogeneradas en el semiconductor “n” fluirán por el circuito, a través de la resistencia, produciendo trabajo en esta, y recombinándose en el semiconductor “p” en los huecos foto-generados” (Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, 2012)

❖ Tipos de conexión de un sistema solar fotovoltaico

- Conectados a la red

Esta se inyecta a la red eléctrica de distribución nacional. Es cuando el modulo fotovoltaico capta la irradiancia solar y es transformada en energía eléctrica, que en lugar de ser almacenada en bancos de acumuladores, como es el caso de los sistemas aislados e híbridos.

- Aislados de la red

La energía de estos sistemas aislados es utilizada para el autoconsumo de un determinado lugar donde las características del sitio carecen de la red eléctrica de distribución nacional.

Ver en anexo Fig. 18 Esquema de tipos de instalaciones fotovoltaicas.

❖ Aplicaciones de un sistema solar fotovoltaico

Un sistema solar fotovoltaico puede ser aplicado para el suministro de energía de los diferentes tipos de implementación tales como:

- Telecomunicaciones
- Sistemas de bombeo
- Electrificación
- Sistemas de monitoreo
- Otros



❖ Sistema solar fotovoltaico aplicada al bombeo de agua

La obtención de agua del subsuelo, superficial, etc. ha sido la base de la supervivencia a lo largo de la historia de muchas sociedades. Con el empleo de paneles solares fotovoltaicos para el bombeo de agua es posible hacerlo con una fuente de energía autóctona y renovable. La extracción del agua subterránea requiere de una cantidad importante de energía. La aplicación de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía en el bombeo de agua es de gran importancia donde la red de energía de distribución nacional no presenta cobertura en el suministro de la energía de un determinado sitio.

❖ Los aspectos técnicos del sistema de bombeo

El nivel de la columna de agua total puede obtenerse mediante la siguiente ecuación:

$$N. C. A_T = N. I. C_b + N. A + N. E. A + \text{Altura pedestal pozo} + \Delta h_g + \text{Nivel rebose} \text{ [m]} \text{ (28)}$$

La carga estática, puede obtenerse con mediciones directas. Se trata de la distancia vertical que el agua se desplaza desde el nivel del espejo del agua antes del abatimiento del pozo hasta la altura en que se descarga el agua. La carga estática es entonces la suma del nivel estático y la altura de la descarga.

La carga dinámica (Fricción), todos los pozos experimentan el fenómeno de abatimiento cuando se bombea agua. Es la distancia que baja el nivel del agua debido a la constante extracción. La carga dinámica, es el incremento en la presión causado por la resistencia al flujo al agua debido a la rugosidad de las tuberías y componentes como codos y válvulas.

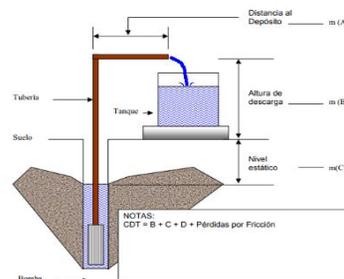


Fig. 5 Consideraciones hidráulicas de un sistema de bombeo⁶

⁶ Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica, Vol. 1 Pág. 28



$$CDT = N. C. A_T + (L. T. T_C * F. P_H) \text{ [m]} \text{ (29)}$$

❖ Elementos que conforman un sistema de bombeo

En un sistema típico, además de las tuberías que enlazan los puntos de origen y destino (succión conducción y cabezal de bombeo-SARTA), son necesarios otros elementos. Algunos de ellos proporcionan la energía necesaria para el transporte: captación o PP, bomba, lugares de almacenamiento y depósitos. Otros son elementos de regulación y control: válvulas y equipos de medida.

La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, fotovoltaico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo nivel y/o a diferentes niveles y/o a diferentes velocidades.

❖ Equipo de bombeo compatible con sistemas fotovoltaicos

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

La Bomba centrífuga tiene un impulsor que por medio de la fuerza centrífuga de su alta velocidad arrastran agua por su eje y la expulsan radialmente. Estas bombas pueden ser sumergibles o de superficie y son capaces de bombear 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. Ver en anexo Fig. 13 Bomba centrífuga y sus componentes.



La Bomba Helicoidal consiste principalmente en un estator con forma de hélice interna, de doble entrada, y un rotor helicoidal que gira en el estator. La sección transversal del rotor es circular y en todos sus puntos excéntrica al eje; los centros de las secciones se apoyan a lo largo de una hélice, cuyo eje es el eje del rotor. Ambos se vinculan de tal forma que la sección del rotor tiene un movimiento de vaivén a través del conducto del estator. *Ver en anexo Fig. 14 Bomba helicoidal y sus componentes.*

La diferencia entre la bomba centrífuga es que estas se utilizan para pocas profundidades y grandes caudales, las helicoidales son para grandes profundidades y poco caudales.

❖ Tipos de instalación de una fuente de energía eléctrica para el bombeo

- Conexión a la red publica

“De acuerdo a la capacidad de los motores eléctricos se recomienda los tipos de energía siguiente: Para motores de 3 a 5 HP, emplear 1/60/110 energía monofásica; para motores mayores de 5 HP y menores de 50 HP se usará 3/60/220, y mayores de 50 HP se empleará 3/60/440, energía trifásica.”

- Conexión a fuentes eléctricas renovables

Estas conexiones pueden ser:

- a) De corriente continua: Con y sin baterías
- b) De corriente alterna: Con inversor y batería, con inversor sin batería

❖ Componentes de un sistema solar FV para bombeo sin batería/inversor

Sub Sistema de generación: Paneles solares, Estructura de soporte, Caja de interruptores

Sub sistema bomba-motor: Bomba-motor, Cable de alimentación sumergible, Sujeciones de cable, Cable de refuerzo, Abrazadera del cable, dispositivo de protección contra marcha en seco y tubería de succión. *Ver en anexo Fig. 15 Componentes de sistema de bombeo con solar fotovoltaica.*



❖ Procedimiento del cálculo de bombas y motores

Una de las condiciones importantes que se deben determinar es el cálculo del caudal de bombeo según el tiempo de bombeo (t_b). Para conocer las Q_b , se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q_B = \frac{CPDT}{t_b} \quad [\text{Its/s, m}^3/\text{h y m}^3/\text{s}] \quad (30)$$

Dimensionamiento de la tubería de conducción:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{V \cdot \pi}} \quad [\text{m}] \quad (31)$$

La velocidad se determina mediante la velocidad del flujo de agua en tubería de conducción encontrada en el documento de “Diseño del sistema de tuberías y cálculo de las bombas” (Universidad de Granada, UGR).

La potencia de la bomba podrá calcularse por la ecuación siguiente:

$$\text{Potencia mecánica} \quad P_M = \frac{\dot{Q}_B \cdot CDT}{75 \cdot \eta(\%) / 100} \quad [\text{HP}] \quad (32)$$

$$\text{Potencia eléctrica} \quad P_E = P_M \cdot 0.745699872 \quad [\text{kW}] \quad (33)$$

Donde:

\dot{Q}_B = Caudal másico de bombeo.

CDT= Carga dinámica total

η = “Eficiencia de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60%.”

Los motores eléctricos que accionan las bombas deberán tener, según las normas oficiales vigentes, una potencia normal según las fórmulas siguientes:

Para motores trifásicos

$$P_{Bc} = 1.3 \cdot P_M \quad [\text{HP}] \quad (34)$$



Para motores monofásicos

$$P_{Bc} = 1.5 * P_M \quad [HP] \quad (35)$$

❖ **Dimensionado SFV para bombeo sin batería/inversor**

▪ **Procedimientos del dimensionado de SFV**

A partir de la potencia en vatios del aparato de consumo y sus características técnicas (bomba), estimamos el número medio de horas de funcionamiento y dimensionado del SFV. El dimensionado del sistema FV presenta los siguientes aspectos:

a) Caracterización del sitio

Para la caracterización de un determinado sitio se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos: Coordenadas geográficas, altitud, temperatura, humedad relativa, radiación solar diaria, presión atmosférica, velocidad de viento, caracterización del sustrato, incidencia de sombras, condiciones meteorológicas, acceso a la red eléctrica del interconectado nacional, accesibilidad, entre otros aspectos organizativos.

b) Fuentes de verificación de la meteorología de superficie y Energía Solar (NASA). *Ver en anexo Tabla 13. Promedio mensual de la radiación que incide sobre una superficie acentuada inclinada-ecuador (kWh / m² / día).*

c) Característica del módulo solar para el diseño

Mediante catálogos disponibles en el mercado podemos encontrar datos técnicos de módulos solares como son la potencia (P_{mpp}), Voltaje (V_{mpp}), Corriente (I_{mpp}) y curvas de rendimientos.

d) Cálculo de la generación diaria de energía SFV

Elegimos la potencia base de una placa solar mediante catálogo de mercado, para obtener la unidad de base del cálculo.

Para calcular la potencia de modulo:



$$P_{mpp} = V_{mpp} * I_{mpp} \quad (36)$$

Para obtener la energía diaria de un módulo solar se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$E_M = P_{mpp} * HSP \quad (37)$$

e) Configuración del arreglo Serie-Paralelo en el subsistema de generación

Conexiones en Serie: Dos o más módulos fotovoltaicos se conectan en serie para sumar sus voltajes individuales con la condición que los módulos sean idénticos.

Conexiones en Paralelo: Dos o más módulos fotovoltaicos se conectan en paralelo para sumar sus corrientes o intensidades individuales con la condición que los módulos sean idénticos.

f) Angulo de inclinación

Inclinación y orientación del panel para un determinado sitio, esta referencia se encuentran expuestas en el ítem 2.2 Energía solar fotovoltaica (Orientación de superficies inclinadas).

g) Corrección por pérdida

Considerando que la irradiancia varía en cada región del planeta, los valores efectivos de la energía producida por un módulo solar también difieren. Esto debido a que la temperatura afecta directamente al voltaje y los valores de irradiancia para cada momento de un día característico, varía respecto al tiempo a lo largo del año.

Una de los principales factores que afectan los paneles solares es la temperatura, Los paneles solares producen su potencia nominal máxima cuando la temperatura es de 25°C, por lo que cuando la temperatura ambiente es muy elevada trabajarán con un grado de eficiencia más reducido; por cada grado que va subiendo, significa que la potencia del panel es 0.5% menos.

Entonces se debe ajustar la temperatura del panel, con la siguiente fórmula:

$$\text{Temperatura del panel solar} = \text{Temp. del aire}(\text{°C}) + 15^\circ \quad [^\circ\text{C}] \quad (38)$$

$$\text{Temperatura del panel solar } (\text{°C}) - \text{Temperatura constante } (25^\circ\text{C})$$



Para que el panel trabaje en su máxima eficiencia según el fabricante debe estar a una temperatura constante de 25°C, por lo tanto se debe aplicar la siguiente fórmula para corregir la pérdida y que el panel funcione en óptimas condiciones según un determinado lugar.

$$\text{Temperatura del panel solar aumentado al óptimo } (^{\circ}\text{C}) * 0.5\%$$

El resultado obtenido nos muestra que la eficiencia del panel es un tanto % menor a su máxima potencia siempre y cuando la temperatura sea mayor a 25°.

h) Dimensionado del sistema de generación SFV

Para calcular la potencia total del módulo solar fotovoltaico (P_{TFV}):

$$P_{TFV} = P_{Motor} * (1 + f_p) \quad [\text{W}] \quad (39)$$

Se utiliza la ecuación para calcular el número total del módulo del sistema solar fotovoltaica (N_{TM}):

$$N_{TM} = \frac{P_{TFV}}{P_{mpp}} \quad (40)$$

Para determinar el número de módulos conectados en serie (N_{Ms}), se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_{Ms} = \frac{U_B}{U_{mppM}} \quad (41)$$

Donde:

U_{NB} = Voltaje nominal de la bomba

U_{mppM} = Voltaje en punto de máxima potencia del modulo

Para determinar la corriente que demanda la bomba se aplica la siguiente ecuación:

$$I_B = \frac{P_{NB}}{U * \cos\phi} \quad [\text{A}] \quad (42)$$

Si no se cuenta con la corriente nominal del panel se aplica la siguiente ecuación:

$$I_{mpp} = \frac{P_{mpp}}{U_{mpp}} \quad [\text{A}] \quad (43)$$

Para determinar el número de módulos conectados en paralelo (N_{Mp}), se utiliza la siguiente ecuación:



$$N_{M_p} = \frac{I_B}{I_{mmp}M} \quad (44)$$

Al final de los resultados obtenidos del número de módulos en serie y paralelo se determina el número de modulo totales (N_{MT}), mediante la siguiente ecuación:

$$N_{MT} = N_{M_S} * N_{M_P} \quad (45)$$

i) Cableado del SFV

Se calcula la variación del voltaje permitida en el cable (ΔU)

$$\Delta U = U_{Ndiseño} * \frac{C(3\%)}{100} \text{ [Voltios]} \quad (46)$$

Mediante los resultados obtenidos, verificamos en anexo Tabla 14. Valores recomendados para la caída de tensión $C/100$.

Para determinar la sección del cable, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$S = 0.036 * \frac{I*L}{\Delta U} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (47)$$

Mediante los resultados obtenidos, verificamos en anexo Tabla 15. Valores recomendados para la estimar el diámetro del cable a través de la tabla de conversión de mm^2 a AWG.

j) Sistema de protección y control

Toda instalación eléctrica debe incluir sistemas de protección y control que permitan el buen funcionamiento del sistema y protección del operario, a continuación mencionamos algunos dispositivos utilizados:

- **Sistema puesta a tierra:** Su función es proteger los equipos eléctricos de estáticas o energías inducidas.
- **Sistema contra marcha en seco:** Estas son instaladas cerca de la bomba-motor para protección en caso que el nivel de abatimiento se encuentre por debajo de una altura de la columna de agua mínima de succión. Su función es asegurar que la bomba-motor trabaje inmersa en el agua.



- **Protección contra sobre corriente:** Son componentes mecánicos, térmicos, eléctricos, electrónicos, magnéticos o mixtos que regulan los niveles de corrientes de operación del sistema.
- **Monitor de control y detención de falla:** Se encuentran entre los sistemas de protección modernos de alta eficiencia. Permiten como su nombre lo indica monitorear parámetros de operación del sistema en funcionamiento.
- **Control de nivel de tanque:** Sensores que permiten controlar el llenado y vaciado de tanque de almacenamiento, esto permite la automatización de procesos en los que se precisa un volumen de agua determinado de reserva.

3.6 Emisión de gases de efecto de invernadero y sus fuentes

La emisión contaminante consiste en colocar en un medio natural sustancias que desequilibran el ecosistema con el que entran en contacto. Producen cambios físicos, químicos, bioquímicos, etc., hasta producir cambios morfológicos (alteraciones físicas), genéticas, y hasta la muerte. En particular, el sector energético hace una contribución fuerte debido a la quema de petróleo y sus derivados, a la quema de carbón mineral, de madera, desechos agrícolas y otros combustibles.

El efecto invernadero natural ocurre cada vez que la radiación solar que incide sobre la tierra calienta la atmósfera, y el calor generado no puede ser re-emitido nuevamente al espacio exterior. Esto provoca una inmediata subida de la temperatura ambiente. Es lo mismo que notamos cuando se expone al sol un automóvil con sus puertas y ventanas cerradas. Luego de cierto tiempo, la temperatura interna es mayor, hasta mucho mayor que la temperatura del aire circundante.

SECTOR	Emisiones (Gg)						
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NOX	CO	SO ₂	COVDM
Energía	3,534.34	14.65	0.26	66.62	313.50	-	289.51
Procesos Industriales	305.85	-	-	-	-	0.19	7.99
Desechos	-	27.65	0.23	-	-	-	-
Agricultura	-	161.00	12.00	3.00	79.00	-	-
UT CUTS	45,380.00	86.00	1.00	21.00	753.00	-	-
TOTAL	49,220.19	289.30	13.49	90.62	1,145.50	0.19	297.50

Tabla 6. Emisión y Absorción Anual de Gases de Efecto Invernadero. Nicaragua 2000⁷

⁷ Segundo inventario nacional de gases de efecto invernadero, MARENA, Pág. 13



El método BOTTOM_UP⁸ de la IPCC es un método estándar para el cálculo de emisiones para el sector Energía. Para efectos de cálculo de CO₂ se determina mediante el Dato del IPCC por “default” que puede utilizarse: 0.9 kg CO₂ equivalente kW/h. Para los cálculos CO₂ se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Energía consumida total (kW/años)} * \frac{0.9 \text{ kg CO}_2\text{e}}{\text{kW/h}} * \frac{1\text{Ton}}{1000\text{kg}} \quad [\text{TonCO}_2\text{e}] * \text{año} \quad (48)$$

⁸ MÉTODO BOTTOM-UP IPCC 1996



DISEÑO METODOLÓGICO DEL ESTUDIO

El diseño metodológico presenta diferentes etapas para la implementación de los sistemas fotovoltaico con suministro de energía para el bombeo, a continuación mostraremos un esquema de las etapas que deben tomarse en cuenta para su implementación:

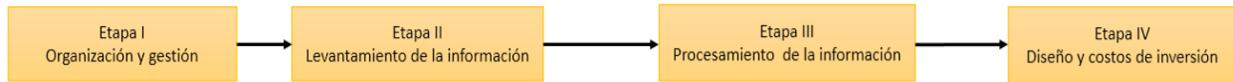


Fig. 6 Etapas del diseño metodológico

El gráfico condensa las principales etapas que se tomaron en cuenta en el desarrollo en el proceso de implementación para la solución del problema, las que se describe cada una de ellas a continuación.

4.1 Descripción del diseño metodológico

❖ Etapa I

Este primer momento es muy importante considerarlo en la implementación de cualquier sistema de red de agua potable con suministro de energía fotovoltaica para el bombeo. En esta etapa se realizan acciones de gestión y organización del sitio elegido, se debe coordinar actividades que vinculen al técnico encargado y a los socios locales al desarrollo y éxito de todos los complementos, mediante coordinaciones, identificación de la problemática, reuniones técnicas, visitas de campo, caracterización previa del sitio, criterios de selección, elegibilidad, etc.

Para fines del presente estudio de tesis es importante recalcar esta etapa, sin embargo en el documento no hemos expresado este complemento debido a que hemos asumido que esta etapa se realizó con éxito y para el desenlace del presente documento de tesis.

❖ Etapa II

Para llevar a cabo esta etapa lo primero que logramos identificar es una documentación previa ya sea a través de un diagnóstico, estudios o documentos adicionales que nos vinculen a nuestro objetivo, siempre que se disponga de algún escrito previo desarrollado en el sitio a intervenir.



Para esta investigación se tomó la información de base del documento “Propuesta técnico-económica para sistemas de agua potable (MABE), implementando sistemas fotovoltaicos de inyección a la red para la reducción de pagos por servicios de energía eléctrica” (Fundación Ecología y Desarrollo, ECODES, 2014), donde se dispone de un levantamiento de información de las comunidades rurales “El Barro-El Caracol” del municipio de Achupapa, departamento de León.

Se han utilizado las Tecnologías de la información y comunicación para el desarrollo de las aplicaciones de los levantamientos técnicos de campo que se utilizan para la recolección de los datos obtenidos en campo.

En redes de agua potable se aplicaron los siguientes instrumentos, software y APP:

Para la actividad de levantamiento topográfico se utilizaron App como Android GPS Test este es el principal instrumento de campo del que dispuso el técnico para levantar la altimetría y planimetría del terreno de la ubicación del pozo, de los posibles sitios de emplazamiento de los tanques, ubicación de las viviendas, ruta de la línea de conducción y distribución, etc.

Siguiendo la secuencia del levantamiento topográfico, utilizamos la App Google Earth para exportar la información recopilada de App Android GPS Test y visualizar en un otrofotomapas, esta App sirve de interfaz para vincular toda la información a la plataforma del software Global Mapper que este se encarga de proyectar geográficamente el diseño y orientación del levantamiento de campo, este posteriormente se exporto al software de diseño AutoCAD cuya finalidad es facilitar la edición del levantamiento topográfico con mayor precisión y sintetizar las variables de entrada en el software de Epanet con la facilidad de reconocer de forma automática las principales propiedades de los elementos aplicados en el Software Epanet para los cálculos hidráulicos del sistema de red de agua potable.

En sistema solar fotovoltaico para bombeo se aplicó el enlace donde se dispone de base de datos mundiales monitorias por la NASA en periodos de tipo superiores a los 20 años, lo que lo convierte en información altamente confiable.



❖ Etapa III

Se ha dividido esta etapa en dos procedimientos fundamentales como es:

- a) EL Cálculo y dimensionado del sistema de red de agua potable, en este primer procedimiento se debe aplicar la proyección poblacional para el período de diseño del sistema, luego se realizaron los cálculos hidráulicos que consiste en determinar el diseño y dimensionado de las tuberías de conducción y distribución de la red, además del cálculo del tanque de almacenamiento y los accesorios.
- b) El cálculo y dimensionado del sistemas solar fotovoltaico para bombeo, en este se retomaron información del procedimiento del inciso (a) para calcular la demanda diaria total corregida, información del pozo y bomba-motor, tanque de abastecimiento y línea de conducción, además en este procedimiento se calcula sub sistema de generación (potencia nominal y configuración serie-paralelo) y estructura de soporte; cálculo del cableado, sistema de protección y control.

❖ Etapa IV

En esta etapa diseño y cálculo los costos de inversión tanto para la fase del sistema de red de agua potable y sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica para el bombeo, para sus procedimientos se utilizaron normas técnicas de diseño, manuales de infraestructuras y costos y presupuestos.

Esta etapa fue realizada a través de software, para el diseño se utilizó AutoCAD, en el caso de los presupuestos se utilizó Microsoft Excel, utilizando de regencias proveedores locales para los costos actualizados de materiales y mano de obra calificada.

4.2 Tipo de investigación del estudio

El documento del estudio de la tesis se enfoca en la base del concepto de la investigación aplicada. “Se parte de una situación problemática, que requiere ser intervenida y mejorada. Se describe sistemáticamente esa situación, bajo criterios relevantes, se selecciona una teoría, de carácter



reconocido y suficientemente aceptada. Se expone sistemáticamente esa teoría, tanto en sus conceptos centrales como en sus rasgos contextuales, se examina la situación para resolver la problemática...”, se aplican normas de diseño para la solución del modelo y se usan procedimientos tradicionales auxiliados con las TIC’s para evaluar los resultados obtenidos utilizando como criterios de comparación el tiempo empleado y calidad de los resultados.

4.3 Principales actividades realizadas en la investigación

Para este documento de tesis se debe hacer énfasis en que el perfil del investigador (Ingeniero civil) permitió desarrollar con apropiación la parte del diseño de red de agua potable (Planos constructivos), estructural del sistema solar fotovoltaico y costos de inversión. A continuación se muestra el gráfico ampliado de la metodología aplicada:

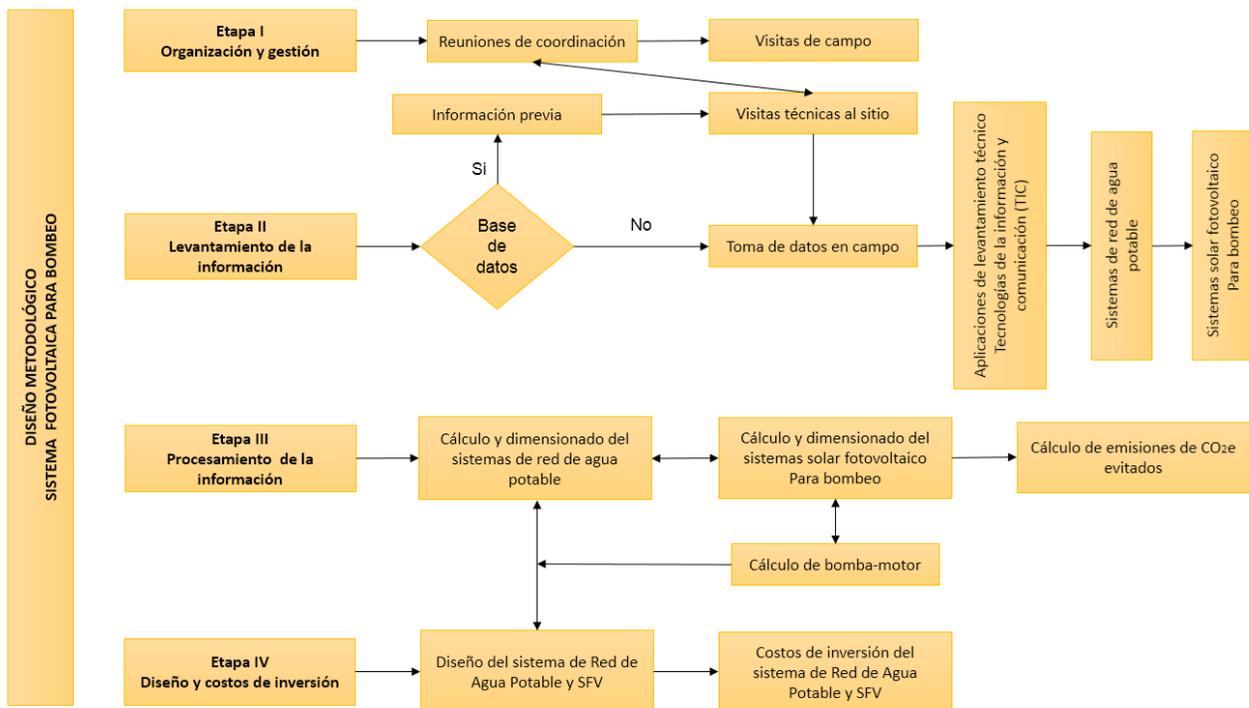
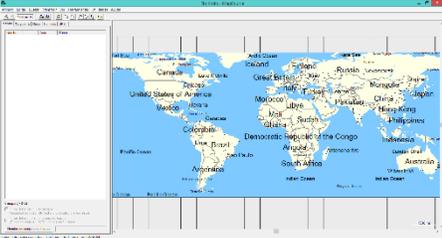


Fig. 7 Flujoograma del diseño metodológico SFV



4.4 Instrumentos, App y Software aplicados a la metodología

DESCRIPCION	ICONO	INTERFAZ/CARACTERISTICAS	EXTENSION
Instrumento Teléfono alta gama Samsung Galaxy S5		GPS APP Sistema Android 4 Gb externo 	Todas las extensiones utilizadas en la tabla (5.4)
Instrumento Cinta métrica			metros pulgadas pies
Instrumento Computadora portátil Lap-Top		Sistema Fabricante: Hewlett-Packard Modelo: HP ENVY 15 Notebook PC Procesador: Intel(R) Core(TM) i7-5500U CPU @ 2.40GHz 2.40 GHz Memoria instalada (RAM): 12.0 GB Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador x64 Lápiz y entrada táctil: La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla	Todas las extensiones utilizadas en la tabla (5.4)
Cámara fotográfica 20.1MP			bmp jpeg png
App AndroiTS GPS Test			gpx kml
Software GPS Garmin etrex Venture			gpx



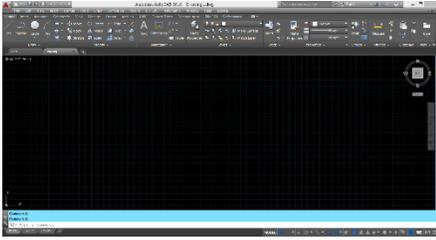
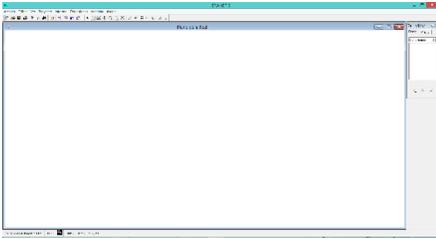
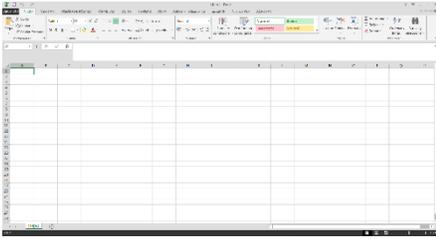
Software Google Earth			kml kmz
Software Global Mapper			kmz dwg dxf pdf
Software AutoCAD			dwg dxf pdf
Software EpaCAD			dxf inp
Software Epanet			net inp
Software Microsoft Excel			xlsx pdf

Tabla 7. Instrumentos, Software, Equipos y App



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente proyecto de tesis están basados en la utilización de herramientas de Tecnologías de la Información y Comunicación para el cálculo y diseño de redes de agua potable para el suministro de energía fotovoltaica para bombeo de agua en comunidades rurales de El Barro y El Caracol del municipio de Achuapa, Departamento de León.

Los resultados fueron ordenados de acuerdo a los siguientes aspectos:

- ❖ Sistema de red de agua potable
- ❖ Sistema solar fotovoltaico para bombeo
- ❖ Cálculo de emisiones de CO₂

A continuación se describen los aspectos mencionados:

5.1 Resultados, discusión del cálculo y dimensionado del sistema de redes de agua potable aplicando TIC's

2.4.3 Resultado del cálculo de la Tasa de crecimiento Anual (TAC)

Realizamos el censo poblacional, donde contabilizamos en la comunidad El Barro un total de 32 viviendas equivalente a 111 personas y en la comunidad El Caracol un total de 33 viviendas equivalente a 160 personas. *Ver en anexo Tabla 16. Censo poblacional aplicado en el año 2016.*

El resultado del censo poblacional de las dos comunidades fue de 271 habitantes, Estimamos la Tasa de Crecimiento Anual (TAC), basados en las "Normas de diseño para pequeños sistemas de acueductos rurales" ENACAL, Nicaragua, pág. 9 tomando como referencia la variación de los valores anuales entre 2.5% a 4%, como no disponemos de datos de crecimiento poblacional para este sitio a nuestro criterio utilizamos una TAC promedio del 3.25% para nuestra proyección anual en estas comunidades, aplicamos el periodo de diseño para 20 años, obteniendo el resultado mediante la ecuación (1):

$$P_n = 271 * (1 + 0.0325)^{20} = 514 \text{ personas}$$

2.4.4 Resultado del levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico aplicamos las TIC's en los siguientes procedimientos:



Paso n° 1 Implementamos la App, AndroiTS GPS Test

A través de la App procesamos un total de 166 puntos referenciados con coordenadas geográficas, incluyendo las siguientes ubicaciones (Pozo de abastecimiento, Tanque de almacenamiento, estructura de soporte del sistema solar fotovoltaico, Sata de la línea de conducción, viviendas, nodos, etc.). Los resultados que obtuvimos en el levantamiento utilizando la aplicación se muestran en la siguiente nube de puntos. *Ver en anexo Tabla 17. Nubes de puntos del levantamiento topográfico.*

Paso n° 2 Aplicación del Google Earth

Obtenido el archivo con extensión kml del AndroiTS GPS Test de nuestro levantamiento topográfico, aplicamos solamente el Google Earth para convertir nuestros puntos de referenciado para el dibujo de la red de agua potable, para ello se creó un nuevo archivo con extensión kmz. *Ver en anexo Fig. 8 Nube de puntos referenciados sobre la plataforma de Google Earth.*

Paso n° 3 Aplicación del Global Mapper

El archivo con extensión kmz creado en Google Earth, es direccionado al Global Mapper para orientar la plataforma del dibujo respecto al Norte, cambiar las coordenadas geográficas en formato UTM y completar la nube de puntos, convirtiéndose en un vector que se puede establecer en la plataforma con extensión dxf, salvando horas de trabajo en ubicar la altimetría y la planimetría. Una exigencia para manipular la información en el siguiente software. *Ver en anexo Fig. 9 Conversión de orientación en plataforma Global Mapper*

Paso n° 4 Aplicación del AutoCAD

El archivo con extensiones dxf que creamos en Global Mapper, lo importamos al software AutoCaD para terminar el dibujo de la red de agua potable, creando capas, aplicando estilos, rótulos, etc. Además con el software se preparó el diseño final en 2D para su presentación e impresión, este archivo se guardó en formato con extensión dxf para utilizarlo en el Software EpaCAD. *Ver en anexo Fig. 10 Presentación del diseño de red de agua en 2D.*



Paso n° 5 Aplicación del EpaCAD

El archivo con extensión dxf creado en AutoCAD, lo importamos al software EpaCAD, para depurar las capas que no utilizamos y solamente exportamos las capas de los nodos y de las tuberías de red de distribución. Guardamos el archivo con extensión inp para ser exportado al software de Epanet. Ver en anexo Fig. 11 Exportación de capas (Nodos y tramo de tuberías).

2.4.5 Resultado del cálculo hidráulico del sistema de redes de agua potable

Para los cálculos hidráulicos del sistema de red de agua potable utilizamos la siguiente toma de datos de campo:

Datos Característicos

Población actual:	271 personas
Periodo de diseño:	20 años
Población a futuro:	514 personas
Dotación:	60 lppd
N.T.N pozo:	272 m (Altitud)
N.T.N tanque:	310 m (Altitud)
Altura tanque:	2.10 m
Nivel de rebose (N.R):	2 m
Profundidad pozo:	75 m
NEA:	10 m
Nivel de abatimiento (N.A):	25 m (considerado 15m a partir del NEA hacia abajo)
Nivel inmersión critica bomba (N.I.C _b):	30 m (considerado 5m a partir del nivel de abatimiento hacia abajo)
Diferencia de altura geográfica (Δh_g):	38 m (N.T.N tanque - N.T.N pozo)
Longitud total tubería conducción ($L.T.T_C$):	388 m
Factor de pérdida hidráulica ($F.P_H$):	3 %

2.4.6 Resultado de la estimación del promedio consumo diario

Con los datos de campo obtenidos calculamos mediante la ecuación (28), el siguiente resultado:



$$N. C. A_T = 5 \text{ m} + 15\text{m} + 10\text{m} + 1\text{m} + 38\text{m} + 2\text{m} = 71 \text{ m}$$

Se obtuvo 71 metros del nivel de columna de agua total (N.C. A_T), aplicado a la carga dinámica total (CDT), mediante la ecuación (29) para obtener el siguiente resultado:

$$CDT = 71 \text{ m} + (388 \text{ m} * 0.03) = 82.64 \text{ m}$$

El siguiente procedimiento que realizamos se aplicó mediante la ecuación (2), para obtener el consumo promedio diario corregido (CPD), aplicando el factor de pérdidas de Agua en el Sistema según las normas de diseño en un 20 %.

$$CPD = 514 \text{ personas} * 60 \text{ lts} * \frac{\text{personas}}{\text{día}} = 30,840 \text{ lts/día}$$

Calculamos el consumo promedio diario total mediante la ecuación (3), obteniendo el resultado:

$$CPDT = 30,840 \text{ lts/día} * 1.20\% = 37,008 \text{ lts/día}$$

Convertidos en m^3 equivalente a $37.01 \text{ m}^3/\text{día}$

El resultado del consumo promedio diario se utilizó para calcular la potencia hidráulica del sistema de bombeo.

A continuación se calculó el factor máximo día (FMD), mediante la ecuación (4)

$$FMD = 37,008 \text{ lts/día} * 1.5 = 55,512 \text{ lts/día}$$

Calculamos el factor máximo horario (FMH), mediante la ecuación (5)

$$FMH = 37,008 \text{ lts/día} * 2.5 = 92,520 \text{ lts/día}$$

Convertimos el consumo máximo horario en litros/s, Mediante la ecuación (6)

$$CMH = \frac{92,520 \text{ lts}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} = 1.07 \text{ lts/s}$$

Convertimos el consumo máximo horario en litros/s*m, mediante la ecuación (7)

$$CMH_m = \frac{1.07 \text{ lts/s}}{4439.04 \text{ m}} = 0.00025 \frac{\text{lts}}{\text{s} * \text{m}}$$

2.4.7 Resultado del cálculo de caudal de diseño de red de agua

Una vez calculada la estimación del consumo de agua, se aplica la ecuación (13) para estimación del caudal.

$$Q = \frac{55,512 \text{ lts}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} = 0.64 \text{ lts/s}$$

Pasamos los litros a m^3 obteniendo un caudal de $0.00064 \text{ m}^3/\text{s}$



2.4.8 Resultado del dimensionamiento del tanque de almacenamiento

El siguiente resultado que obtuvimos fue aplicado al dimensionamiento del tanque de almacenamiento mediante las ecuaciones:

Volumen compensado (15%), se calculó mediante la ecuación (8)

$$\text{Vol. C} = 37,008 \text{ lts/día} * 0.15 = 5551.20 \text{ lts/día}$$

Reserva de emergencia (20%), se calculó mediante la ecuación (9)

$$\text{Vol. C} = 37,008 \text{ lts/día} * 0.20 = 7401.60 \text{ lts/día}$$

Con los resultados obtenidos del volumen compensado y reserva de emergencia se calculó el volumen de almacenaje mediante la ecuación (10).

$$\text{VA} = (5551.20 + 7401.60) \frac{\text{lts}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ m}^3 * \text{día}}{1000 \text{ lts}} = 12.95 \text{ m}^3$$

Se calculó el volumen de almacenaje en cientos de m³, mediante la ecuación (11)

$$\text{VA}_{m3} = \frac{12.95 \text{ m}^3}{100} = 0.1295 \quad [\text{Cientos de m}^3]$$

Como resultado para determinar la altura del tanque de almacenamiento se aplicó la constante del volumen (cientos de m³), mediante la ecuación (12). *Ver Tabla 1. Constante de capacidad de tanque de almacenamiento.*

$$Z_t = \frac{0.1295 \text{ m}^3}{3 \text{ m}^2} + 2 = 2.04 \text{ m}$$

Determinamos que la altura del tanque desde el N.TN.T debe considerarse a 2.04 metros según constante aplicada al volumen en cientos de m³.

2.4.9 Resultado del dimensionado de tubería de distribución

Para el dimensionamiento de la tubería tomamos en cuenta el siguiente aspecto:

- Cálculo en nodos y longitud de tubería por tramo:
 - a) Longitud tributaria por nodos
 - b) Consumo máximo horario por nodo
 - c) Sumamos los caudales del nodo interconectados en tramos
 - d) Diámetro calculado y propuesto de la tubería
 - e) Coeficiente de pérdida (k)



- f) Pérdidas hidráulicas por fricción (PH_f)
- g) Cálculo de altura piezométrica (Z_i)
- h) Cálculo de presión
- i) Cálculo de velocidad

De acuerdo a nuestro levantamiento topográfico de campo identificamos 87 nodos dentro de la línea de distribución con una longitud total de 4,439.04 metros lineales. A continuación realizamos un ejercicio del cálculo del nodo n° 10 aplicando todos los cálculos del inciso 1) mediante las siguientes ecuaciones:

Datos generales del nodo n° 10

Longitud del tramo n° 10: 61.61m

Longitud del tramo n° 11: 98.41m

Altura piezométrica del nodo anterior: 310.84 m

- a) Resultado de la longitud tributaria (LT_n), mediante la ecuación (14)

$$L_{T_n} = \frac{(61.61 + 98.41) m}{2} = 80.01 m$$

- b) Resultado del consumo máximo horario por nodo (CMH_n), mediante la ecuación (15)

$$CMH_n = 80.01 m * 0.00025 \frac{lt/s}{s * m} = 0.020 lts/s$$

- c) Resultado de los caudales del nodo interconectados en tramos por el CMH_n , mediante la ecuación (16)

$$Q_n = (0.020 + 1.061) lts/s = 1.081 lts/s$$

Convertimos los litros en m^3 donde:

$$Q_n = 1.081 \frac{lt/s}{s} * \frac{1m^3}{1000 lts} = 0.001081 m^3 /s$$

- d) Resultado del diámetro dimensionado y propuesto del tramo de tubería

La ecuación (17) que utilizamos se aplica a todos los nodos, por lo tanto el resultado obtenido es un valor que se aplicara a todos los nodos propuestos.

Descomponemos la ecuación:



$$D = 2 \sqrt{\frac{1 \text{ s}}{\pi \text{ m}}} = 1.1284 \sqrt{\frac{\text{s}}{\text{m}}}$$

Entonces,

$$D = 1.1284 \sqrt{\frac{\text{s}}{\text{m}}} * \sqrt{0.001081 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 0.0371 \text{ m} * 39.3700 = 1.46 \text{ pulg.}$$

Convirtiendo los 1.46 pulg. en mm obtuvimos un diámetro de 37.08 mm, según *anexo Tabla 18. Secciones de tuberías en pulgadas y milímetros*, el resultado obtenido esta justo a la tubería de 1 ½" con 40 mm, sin embargo a nuestro criterio de diseño tomamos en cuenta que las tuberías para cambiar de diámetro deben cumplir los siguientes:

- ✓ Fracción del 25% menor del 50% calculado, se mantiene el diámetro establecido.
- ✓ Fracción del 25% mayor del 50% calculado, se aplica el diámetro más cercano superior.

Recalcando que las tuberías de agua potable su diámetro es establecido mediante criterios de catálogo de mercado.

Elegimos el diámetro propuesto mediante el criterio de elección para la tubería, por lo tanto para el tramo n° 10, aplicamos una tubería de 2" equivalente a 50mm o 0.051m.

e) Resultado del Coeficiente de perdida (k)

Para el cálculo del coeficiente de perdida se utilizó el valor del diámetro propuesto en metros, utilizamos la ecuación (18)

$$K = \frac{10.674 * 61.61}{(0.051)^{4.870} * (150)^{1.852}} = 123,066$$

f) Resultado de perdidas hidráulicas por fricción (PH_f), mediante la ecuación (19)

$$PH_f = 123,066 * (0.001081 \text{ m}^3 / \text{s})^{1.852} = 0.3949 \text{ m. c. a}$$

El transformar las unidades de medida requiere de un procedimiento matemático que esta fuera del alcance de la presente tesis, pero se asume por definición que 1 m. c. a * m² = m³ = 1000 kg, es decir aprovechamos la relación de ir de flujo volumétrico a flujo másico.



Luego dividimos las pérdidas hidráulicas por fricción entre el caudal del nodo, mediante la ecuación (20)

$$\frac{0.3949 \text{ m. c. a}}{0.001081 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 365 \text{ m. c. a}$$

g) Resultado del cálculo de altura piezométrica (Z_i), mediante la ecuación (21)

$$Z_i = 310.84\text{m} - 0.3949\text{m. c. a} = 310.45 \text{ m. c. a}$$

h) Resultado del cálculo de presión, mediante la ecuación (22)

$$P = 310.45\text{m. c. a} - 295.10\text{m} = 15.35 \text{ m. c. a}$$

i) Resultado del cálculo de velocidad, , mediante la ecuación (23)

$$V = \frac{4 * 0.001081 \text{ m}^3 / \text{s}}{\pi * (0.051\text{m})^2} = 0.053 \text{ m/s}$$

Mediante este mismo procedimiento fueron calculados para cada nodo y tramo de tubería, utilizando una hoja de cálculo en el software Excel. Ver en anexo Tabla 19. Resultados del cálculo hidráulico de la línea de distribución. Aplicando el Software de Epanet obtuvimos el siguiente resultado. Ver en anexo Fig. 12 Cálculos hidráulicos del diseño de redes de agua potable-Epanet

2.4.10 Resultados y discusión del cálculo y dimensionado del Sistema solar fotovoltaico para bombeo, aplicando TIC's

Tal como se muestra en nuestro flujograma del diseño metodológico en la Etapa III procesamiento de la información, damos por entendido que los procedimientos de cálculo y dimensionado, dado que el cálculo de la bomba-motor es uno de los primeros cálculos en el sistema solar fotovoltaico y aplicación del software Epanet en hidráulica para el cálculo final por eso el sentido de las flechas. A continuación presentamos los resultados obtenidos para este componente:

2.4.11 Resultado del procedimiento del cálculo del caudal de bombeo Q_B

Aplicamos la ecuación (30), para calcular el caudal de bombeo en lts/s, m^3/h y m^3/s

$$Q_B = \frac{37,008 \text{ lts}}{8\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600 \text{ s}} = 1.285 \text{ lts/s}$$



El cálculo es directo, considerando que el flujo volumétrico del agua se puede interpretar también como un flujo másico, dado que 1 litros de agua es equivalente a 1 kg de agua.

$$Q_B = \frac{37,008 \text{ lts}}{8 \text{ h}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} = 4.626 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_B = \frac{37,008 \text{ lts}}{8 \text{ h}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0.001285 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.4.12 Resultado del cálculo del dimensionado de tubería de conducción

Mediante la ecuación (31) dimensionamos la línea de conducción tomando en cuenta que la velocidad fue determinada mediante el *anexo Tabla 20. Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías*, cuyo resultado obtenido del diámetro calculado fue el siguiente:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.001285 \text{ m}^3/\text{s}}{1.8 \text{ m/s} * \pi}} = 0.03015 \text{ m} \equiv 1.20 \text{ pulg.}$$

Según *anexo Tabla 21. Catálogo AMANCO 2013, pág. 38*, elegimos el diámetro encontrado en el mercado aproximándonos a nuestro diámetro calculado, estimamos una tubería de conducción de 1.50 pulgadas (1 ½”) equivalente a 0.0381m.

2.4.13 Resultado del cálculo de bomba y motor

El resultado obtenido de la potencia mecánica, fue realizado mediante la ecuación (32), tomado de referencia la diferencia de altura geográfica de los datos del resultado del cálculo hidráulico del sistema de red de agua potable.

Datos:

CDT: 82.64 m

Eficiencia de la bomba: 60%

Eficiencia del motor: 100%

Como son sistema de corriente continua $\cos\phi = 1$, por tratarse de motores de corriente continua. Ver en *anexo Tabla 23. Datos técnicos de Grundfos Bomba SQFlex*.

Eficiencia del sistema bomba*motor: 70%



La bomba seleccionada debe impulsar el volumen de agua para la altura dinámica deseada, con una eficiencia (η) mayor a 70%.

Potencia mecánica:

$$P_M = \frac{1.285 \text{ kg/s} * 82.64\text{m}}{75 * \left(\frac{60\%}{100}\right)} = 2.36 \text{ HP}$$

Aplicamos el factor de diseño según las normas para motores monofásicos, mediante la ecuación (35), obtuvimos el siguiente resultado:

Potencia de la bomba corregida

$$P_{Bc} = 1.5 * 2.36 \text{ HP} = 3.54 \text{ HP}$$

Potencia eléctrica, aplicamos la ecuación (33)

$$P_E = 3.54 \text{ HP} * 0.745699872 = 2.64 \text{ kW}$$

Con los datos obtenidos de la CDT y Potencia eléctrica se buscó en el mercado una tecnología que se ajustara al diseño.

2.4.14 Criterios de selección para el sistema de bombeo con energía solar, según Sandia National Laboratories

Una buena indicación del tamaño y costo es el ciclo hidráulico definido como el producto del volumen diario, expresado en metros cúbicos, m³ (1,000 litros = 1 m³), por la CDT, expresada en metros, m [(m)(m³)]. Con estas unidades, el ciclo hidráulico se expresa en unidades de m⁴... La experiencia muestra que un proyecto es económicamente viable cuando el ciclo hidráulico no sobrepasa los 1,500 m⁴.

$$CH = CPDT * N.C. A_T \quad [m^4] \quad (49)$$

Aplicando los valores calculado anteriormente se obtuvo el siguiente resultado:



$$CH = 37.01 \text{ m}^3 * 71\text{m} = 2,627.71\text{m}^4$$

Como este valor es mayor que $1,500 \text{ m}^4$, se rechaza, por consideraciones económicas, el uso de energía fotovoltaica como solución al diseño, sin embargo observando las curvas de funcionamiento de las bombas de Grundfos se observó que se puede elevar agua según CDT pero no se cumple con el caudal. Por lo tanto se tomaron las siguientes tres consideraciones técnicas:

- ✓ No hay otra alternativa después de la fotovoltaica que sea económicamente viable para las comunidades El Barro-El Caracol.
- ✓ Se consideró el criterio económico de Sandia
- ✓ La tecnología técnica de Grundfos reúne las condiciones mencionadas a continuación:
 - a) Sistema de corriente continua b) Sistema sin batería c) Facilidad del cálculo d) Robusto y confiable f) Fácil manejo g) Costo de operación mínimo.

Técnicamente la solución en la que se hace coincidir los criterios (El económico y Técnico), básicamente consiste en dividir la CDT, considerando dos tramos para el bombeo (El primero desde la fuente del pozo a un tanque de relevo; el segundo, del tanque de relevo al tanque almacenamiento total). Nuevamente se realizan los cálculos para cada tramo considerando dos bombas iguales. *Ver en anexo Fig. 16 Sistema de red de agua potable para bombeo con suministro de energía del SFV.*

$$N. C. A_T \equiv N. C. A_1 + N. C. A_2 \text{ [m]}$$

$$Q_{total} = Q_1 = Q_2 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$P_{B_{C1}} \equiv P_{B_{C2}} \text{ [kW]}$$

Para este proceso se fue al sitio y se determinó la ubicación del tanque de relevo con una altura de 274m sobre el N.T.N, a una distancia del pozo de 23 metros, mediante la siguiente tabla se muestran el resumen de los cálculos:



COMPONENTE DEL DISEÑO	C.H	CDT	Q	P _{MB}	P _{EB}
Bomba 1 (Pozo del suministro de agua)	1,073.29 m ⁴	36.59 m	1.25 lts/s	1.53 HP	1.14 kW
Bomba 2 (Tanque de almacenamiento para relevo)	1,406.38 m ⁴	47.76 m	1.25 lts/s	2 HP	1.49 kW

Tabla 8. Cálculo de potencia mecánica de la bomba y potencia eléctrica de la bomba

Conociendo la carga dinámica y el caudal de bombeo recurrimos al catálogo Grundfos en anexo Gráfica 3. Curvas características de la bomba SQF 3A-10, se determinó el siguiente resultado:

Bomba 1 (Pozo), Caudal crítico 4.7 m³/h, Potencia nominal de 1.35 kWp en fotovoltaica; Bomba 2 (Tanque relevo), Caudal crítico 4.1 m³/h, Potencia nominal de 1.35 kWp en fotovoltaica.

2.4.15 Resultados y discusión del cálculo y dimensionado del sistema solar fotovoltaico para bombeo.

Para la selección del módulo solar fotovoltaico, utilizamos la tecnología de los paneles solares SCHOTT PERFORM™ MONO series. Ver en anexo Tabla 24. Catálogo SCHOTT PERFORM™ MONO180/185/190.

BOMBA- MOTOR		MÓDULO FOTOVOLTAICO	
Grundfos SQF 3A-10		SCHOTT SOLAR MONO 190	
Voltaje	30 a 300 V en CC	Vmpp	36.40 V
Corriente	8.4 A	Impp	5.22 A
P. arranque	1.5 k VA= 1500 W	Pmpp	190 W

Tabla 9. Datos eléctricos característicos del Panel FV y Bomba-motor

Para los cálculos y dimensionado se tomó en cuenta las pérdidas requeridas para el diseño, considerando los siguientes aspectos:

- ✓ Pérdidas en cable 3%
- ✓ Pérdidas en panel por temperatura 7%

Según datos obtenidos en el anexo Tabla 13. Tomando como referencia espacial las coordenadas en grados decimales del sitio propuesto para la instalación del módulo solar



fotovoltaico (Latitud: 13.011992°, Longitud: -86.659279°), donde Temp. del aire(°C)= 24 °C, aplicamos la ecuación (38).

$$Temp. panel solar = 24\text{ °C} + 15\text{ °C} = 39\text{ °C} - 25\text{ °} = 14\text{ °C} * 0.5\% = 7\%$$

Ver en anexo Tabla 22. Promedio mensual de la radiación que incide sobre una superficie acentuada inclinada-ecuador (kWh / m² / día) y Gráfica 4. Comportamiento de la temperatura del aire e irradiancia en comunidades Barro-Caracol.

✓ Perdidas en accesorios 5%

Total de perdidas 15% aplicados a la ecuación (39) para la potencia total fotovoltaica (P_{TFV})

$$P_{TFV} = 1500\text{ W} * (1 + 0.15) = 1,725\text{ W}$$

Aplicando la ecuación (40), se calculó el número total de paneles del módulo solar, obteniendo:

$$N_{TM} = \frac{1,725\text{ W}}{190\text{ W}} = 9.07\text{ und.}$$

Con el resultado obtenido, utilizamos las ecuaciones (41) y (44), determinado la configuración en serie y paralelo.

$$N_{Ms} = \frac{200\text{ V}}{36.40\text{ V}} = 5.50\text{ paneles} \quad N_{Mp} = \frac{8.4\text{ A}}{5.22\text{ A}} = 1.60\text{ paneles}$$

Por lo tanto, mediante la tabla de configuración de paneles en serie y paralelo propusimos los valores más cercanos al cálculo:

COMPONENTES	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA FV								
	Serie			Paralelo			Potencia Total		
	Voltaje Bomba [U]	V _{mpp} módulo SFV	# Paneles	Corriente Bomba [Amp]	I _{mpp} módulo	# Paneles	P _{mpp} [W]	Módulos # Paneles	Potencia total [W]
Bomba 1 (Pozo del suministro de agua)	218.40	36.40	6	10.44	5.22	2	190.00	12	2280.00
Bomba 2 (Tanque de almacenamiento para relevo)	218.40	36.40	6	10.44	5.22	2	190.00	12	2280.00

Tabla 10. Configuración del sistema fotovoltaico para bombeo



De estos cálculos concluimos que para cada sistema se requieren 12 módulos FV de 190 W en una configuración eléctrica de 6 en serie, 2 en paralelo. Sobre esta información se diseñó estructuras de soporte y anclaje las que se pueden apreciar en los anexos considerando datos de diseño más importante, inclinación a 15°, orientación Sur y altura mínima de diseño a 2m. En la siguiente tabla se muestra medidas para el diseño:

COMPONENTES	DIMENSIONES DEL MODULO			ESTRUCTURA DE SOPORTE			
	Panel SCHOTT SOLAR MONO 190			Dimensionamiento del diseño para 4 módulos			
	Ancho [m]	Largo [m]	Área [m ²]	Ancho [m]	Largo [m]	ESTRUCTURA Área [m ²]	CANTIDAD DE ESTRUCTURA
Bomba 1 (Pozo del suministro de agua)	0.81	1.62	1.31	2.44	3.24	15.81	2
Bomba 2 (Tanque de almacenamiento para relevo)	0.81	1.62	1.31	2.44	3.24	15.81	2
						TOTAL DE ESTRUCTURAS	4

Tabla 11. Cálculo del dimensionado del módulo y estructura de soporte

▪ **Cableado del SFV**

COMPONENTES	Longitud total L (m)	Corriente máxima (A)	Voltaje nominal diseño (V)	% perdida	ΔU	mm ²	AWG
Bomba 1 (Pozo del suministro de agua)	54	10.44	218.40	0.03	6.55	3.10	12
Bomba 2 (Tanque de almacenamiento para relevo)	19	10.44	218.40	0.03	6.55	1.09	14

Tabla 12. Cálculo del dimensionado del cableado del SFV

Para la bomba 1 se requieren 54 ml de cable del tipo TSJ 3 x 12 AWG y para la bomba 2 se requieren 19 ml de cable del tipo TSJ 3 x 14 AWG.

▪ **Sistema de protección y control**

Para el sistema de protección contra sobre corriente se toma en cuenta la norma eléctrica de sobredimensionar un 40% el sistema de protección, mediante el siguiente cálculo:

$$\text{Corriente disparo} = \text{Corriente máx. (10.44 A)} * 1.40 = 14.62 \text{ A}$$

Para el sistema de mando y control se decidió elegir el controlador CU 200 SQFlex del catálogo de Grundfos por cumplir con los siguientes consideraciones de diseño: sistema a tierra, panel de



mando, control del nivel del tanque, sistema de apagado y encendido, regulación de potencia, monitor de control de fallas. Ver en anexo Fig. 17 Controlador CU 200 SQFlex.

2.4.16 Resultados y discusión del cálculo de emisiones de CO₂

Para este cálculo tomamos de referencia el valor nominal de la curva característica de la bomba del *Catálogo de Grundfos SQFlex* para calcular la energía promedio diaria que requiere cada sistema de bombeo, para eso se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_{BM} = P_{mpp} * HSP * 365 \text{ días} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right] \quad (50)$$

$$E_{BM} = 1.35 \text{ kW} * 5.68 \text{ h} = 7.67 \frac{\text{kWh}}{\text{días}} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 2799.55 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Mediante resultado obtenido de la energía del motor, calculamos mediante la ecuación (48), las emisiones de CO₂ evitadas:

$$2799.55 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * \frac{0.9 \text{ kg CO}_2\text{e}}{\text{kWh}} * \frac{1\text{Ton}}{1000\text{kg}} = 2.52 * 2 \text{ Bombas} = 5.04 \text{ [TonCO}_2\text{e]} * \text{año}$$

Además de resolver la necesidad del suministro de agua potable para consumo en la comunidad, agregamos un valor ambiental al evitar 5.04 TonCO₂e evitadas a la atmosfera por año.



CONCLUSIONES

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, 388 m de línea de conducción, 10 ramales secundarios, con un caudal de 1.07 lts/s, para satisfacer la necesidad del consumo de agua a 271 personas en 58 familias, proyectado el sistema a 20 años, dos tanques de almacenamiento que suman 64 m³ que garantizan un gastos diarios total de 37.01 m³ con una reserva de dos días de agua para consumo; dos sistemas de bombeo con una potencia fotovoltaica de 4.56 kW, distribuido en cuatro estructuras, sin hacer uso de baterías e inversores, haciendo uso de tecnologías limpia se asegura no emitir 5.04 TonCO₂e.

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.

Además se comprobó el impacto de implementar TIC's las cuales reduce distancias reales, permiten la difusión de tecnologías, facilitan la comunicación e información, siendo la experiencia de uso en otros proyectos desarrollados en situaciones diferentes en el mundo la que permite adaptarlas a la realidad validando así su aplicación en otros sitios. Por ello se logra establecer la necesidad de oferta y demanda ha creado una dinámica que facilita el acceso de la información en tiempo real, para ser aplicadas en estas tecnologías.

Igualmente, el desarrollo de las tecnologías en fotovoltaica habilita diseñar sistemas de bombeo sin hacer uso de baterías e inversores los que hace más robusto el sistema y con menor inversión económica.



RECOMENDACIONES

Seguir las normativas técnicas vigentes del país en el diseño de red de agua potable y solar fotovoltaico, así como la información que dispone el mercado en tecnologías.

Incorporar a las normativas técnicas vigente del país, las tecnologías limpias a los diseños de red de agua potable con energías renovables.

Implementar eventualmente los procedimientos y aplicaciones de software y App propuestos en nuestro diseño de red de agua potable con suministro de energía solar fotovoltaica para el bombeo.

Promover e instruir en el uso de las TIC's y la metodología utilizada en esta investigación, especialmente dirigido a técnicos, instituciones públicas y privadas, ONG que trabajan en temas de agua y energía para el desarrollo de proyectos rurales.



NOMENCLATURA Y GLOSARIO DE TÉRMINOS

Km: Kilómetros	PVC: Policloruro de vinilo
km ² : Kilómetros cuadrados	W: Watts
%: Porcentaje	NASA: National Aeronautics and Space Administration
CAPS: Comités de agua potable y saneamiento	UA: Unidades Astronómicas
INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo	kWh: kilo Watts hora
ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados	N.C.A _T : Nivel de Columna de Agua Total
TIC's: Tecnologías de la Información y Comunicación	Δh_g : Diferencia de altura geográfica
PEM: Pozos Excavados a Mano	NEA: Nivel Estático del Agua
ONG: Organizaciones no Gubernamentales	NIC _b : Nivel Crítico de la Bomba
CO _{2e} : Dióxido de carbono evitada	LTT _c : Longitud total de la tubería de conducción
MAG: Mini Acueducto por Gravedad	FP _H : Factor de Perdidas Hidráulicas
MABE: Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico	HP: Caballo de potencia
PEEBM: Pozo Excavado, Equipado con Bomba de Mano	Q _B : Caudal de la Bomba
PP: Pozo Perforado	CDT: Carga Dinámica Total
CM: Captación de Manantial	SFV: Sistema Fotovoltaico
GPS: Sistema de Posicionamiento Global	FV: Fotovoltaico
lts: Litros	P _{mpp} : Potencia punto máxima potencia
s: Segundo	V _{mpp} : Voltaje punto máxima potencia
m: Metros	I _{mpp} : Corriente punto máxima potencia
m ³ : Metros cúbicos	HSP: Horas de sol pico
m.c.a: Metros por columna de agua	°C: Grados Centígrados
P: Presión	F _p : Factor de perdida
V: Velocidad	P _{TFV} : Potencia total fotovoltaica
	N _{MS} : Número de modulo solar
	U _{NB} : Voltaje nominal de la bomba
	P _{NB} : Potencia nominal de la bomba



A: Amperios

N_{MS} : Numero de módulos en serie

N_{MP} : Numero de módulos en paralelo

S: Sección del cable

mm^2 : Milímetros cuadrados

AWG: American wire gauge

Kg: Kilogramo

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

APP: Aplicaciones

TAC: Tasa de Crecimiento Anual

UTM: Universal Transverse Mercator coordinate system

2D: Dos dimensiones

Lppd: litros por persona día

Pulg: Pulgadas

mm: Milímetros

m^4 : medida de la potencia hidráulica

C.H: Ciclo Hidráulico

P_n : Población del año "n"

GEI: Gases de efectos invernaderos

CH_4 : Gas metano

N_2O : Óxido nitroso

SO_2 : Dióxido de Azufre

COVDM: Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano.

CO: Monóxido de Carbono

NO_x : Óxidos de Nitrógeno, especialmente como los contaminantes atmosféricos.

P_o : Población al inicio del periodo de diseño

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal

n: ($t_f - t_i$) números de años en periodo de diseño

t: Variable tiempo (en años)

CPD: Consumo Promedio Diario

DOT: Dotación para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patios, asignará un caudal de 50 a 60 lppd.

CPDT: Consumo Promedio Diario Total

%Perdida: Perdidas de agua en un sistema (20%)

CMD: Consumo Máximo Día

FMD: Factor máximo día 1.5 CPD

CMH: Consumo Máximo Horario

FMH: Factor máximo Horario 2.5 CPD

LT_d = Longitud total de la red de distribución



BIBLIOGRAFÍA

AMANCO. (2013). *Soluciones en predial e infraestructura*. México. Obtenido de www.amanco.com

Bombas GRUNDFOS España S.A. (s.f.). *Catálogo de Grundfos SQFlex*. Madrid. Obtenido de www.grundfos.es

Dirección General de Políticas y Planificación Energética y Minera. (2014). *Cobertura Eléctrica de Nicaragua*. Ministerio de Energía y Minas, Managua. Obtenido de <http://www.mem.gob.ni>

Fundación Ecología y Desarrollo, ECODES. (2014). *Propuesta técnico-económica para sistemas de agua potable (MABE), implementando sistemas fotovoltaicos de inyección a la red para la reducción de pagos por servicios de energía eléctrica*. León.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo, INIDE. (2008). *Achuapa en cifras*. Managua. Obtenido de www.inide.gob.ni

Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA- Ente Regulador) y la Feria Nacional de la Tierra. (2010). *Ley No. 722 "Ley Especial de Comités de Agua Potable y Saneamiento y su Reglamento"*. Managua. Obtenido de <http://www.inaa.gob.ni>

Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, INAA. (1989). *Normativas relativas al diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural*. Managua. Obtenido de <http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/seccion-1>

Instituto Politécnico Nacional. (29 de Octubre de 2014). *SlideShare*. (R. Sánchez, Ed.) Obtenido de <https://www.slideshare.net/rosasanchez395/energia-solar-concepto-ventajas-desventajas-y-aprovechamiento>

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (UNEP). (1996). *Método BOTTOM-UP*.

ITA. Universidad Politécnica de Valencia. (2009). *EPACAD*, v1.0. (J. Soriano Olivares, Editor) Obtenido de <https://epacad.com/epacad-es.php>

Kreimann, R. (Junio de 2010). Nicaragua: CAPS: POR el agua, CON la comunidad. *Envío*(339). Obtenido de <http://www.envio.org.ni/articulo/4190>

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, MARENA. (2008). *Segundo inventario nacional de gases de efecto invernadero, Nicaragua*. Managua.

NASA. (29 de Mayo de 2015). *Atmospheric Science Data Center*. (J. M. Kusterer, Editor) Obtenido de <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=094104&lat=13.012&submit=presentar&hgt=100&veg=17&sitel>



ev=&email=&p=grid_id&p=declinat&p=sunset_h_a&p=ret_tlt0&p=cldamt0&p=T10M&p=wspd50m&p=RH10M&p=toa_dwn&p=srf_alb&step=2&lon=-86.659

Organización Panamericana de la Salud, OPS. (2005). *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. Lima.

Ruíz Díaz, J. A., Ramos Castellanos, P., Flores Villarejo, J. A., Cabero Diéguez, V., Ezeizabarrena, X., Herrero Payo, J., . . . Martín Tamames, L. M. (2010). *El hombre y el medio ambiente: XIV Jornadas ambientales*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.

Sandia National Laboratories. (2001). *Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica* (Vol. Volumen 1 "Libro de consultas"). (A. R. Paredes Rubio, Ed.) Temixco, Morelos, Mexico: Ecoturismo y nuevas tecnologías S.A de C.V.

SCHOTT Solar AG. (2011). *Catálogo SCHOTT PERFORM™ MONO180/185/190*. Germany. Obtenido de www.schottsolar.com

Universidad de Granada, UGR. (s.f.). *Diseño de sistema de tuberías y cálculo de las bombas*. Granda, España. Obtenido de <https://www.ugr.es/~aulavirtualpfc/qj/descargas/documentos/BOMBAS%20Y%20TUBERIAS.pdf>

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. (17 de Agosto de 2012). *Instituto de Energías Renovables, IER*. (C. Centro de Investigación en Energía, Ed.) Obtenido de <http://www.cie.unam.mx/~migj/pub/Fotovoltaica-electroqui%CC%81mica/>

Universidad Politécnica de Cartagena. (2006). *Modelación y simulación de redes hidráulicas a presión mediante herramientas informáticas*. Cartagena. Obtenido de https://www.upct.es/hidrom/publicaciones/Tesis_pfc/PFC_MMarGracia_2006.pdf

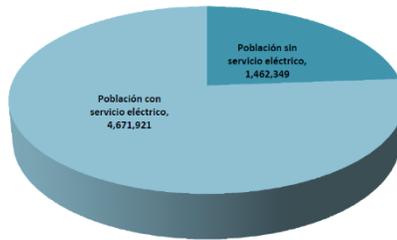
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA. (2002). *Manual de usuario EPANET* (Vol. V2.0). (L. A. Rossman, Ed.) Valencia, España.

Uribe Pando, N. (2014). *Estudio para aportar insumos en la definición de un modelo de gestión territorial del agua en la parte alta de la cuenca del Río Coco, Nicaragua*. Managua: Global Water Solidarity.

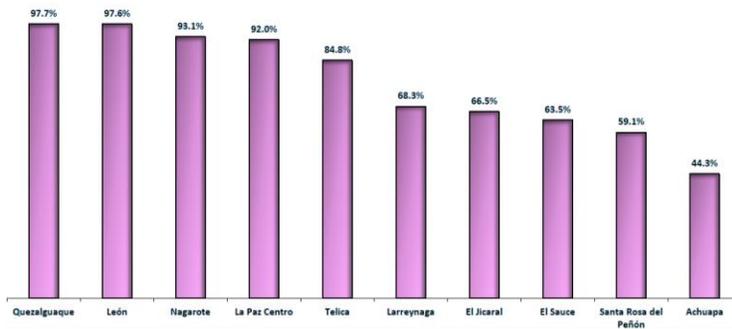


ANEXOS

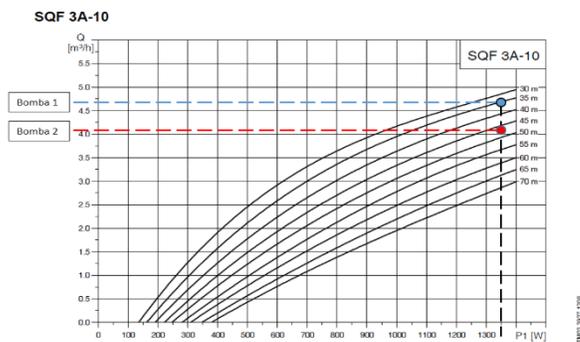
Gráfica 1. Índice de cobertura eléctrica nacional en 2013



Gráfica 2. Índice de cobertura eléctrica año 2013-Departamento de León.



Gráfica 3. Curvas características de la bomba SQF 3A-10



Gráfica 4. Comportamiento de la Temp. aire e irradiancia Barro-Caracol.

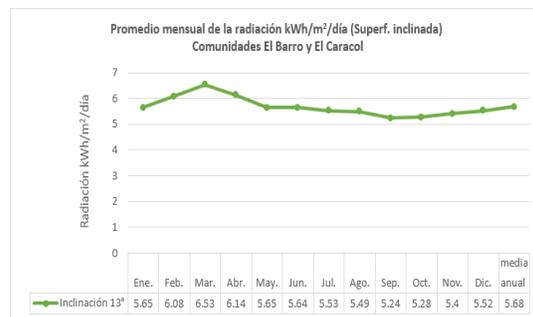
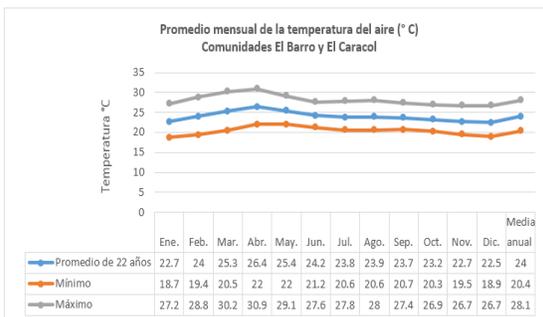




Fig. 8 Nube de puntos referenciados sobre la plataforma de Google Earth

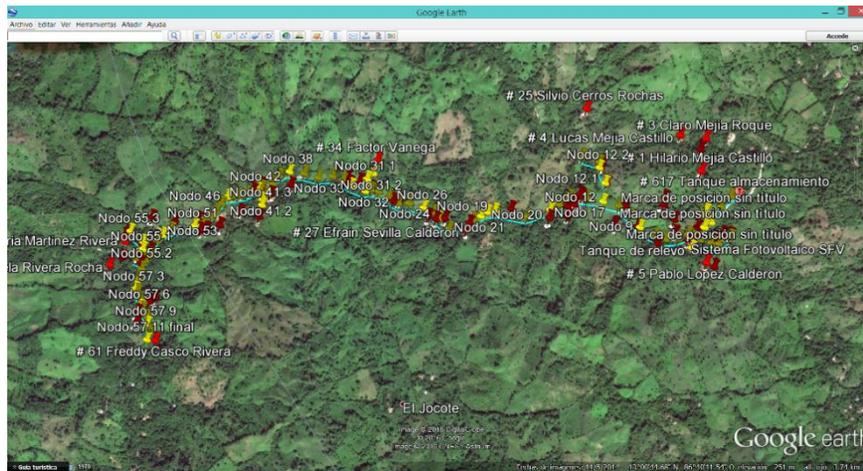


Fig. 9 Conversión de orientación en plataforma Global Mapper

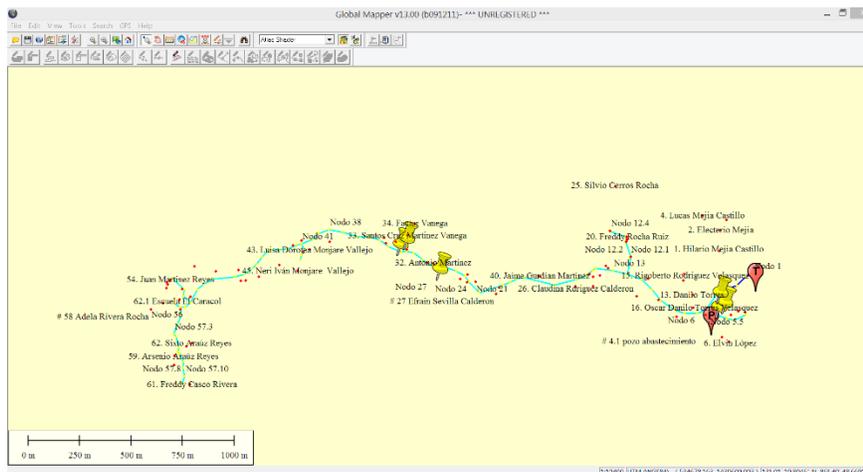


Fig. 10 Presentación del diseño de red de agua en AutoCAD 2D.

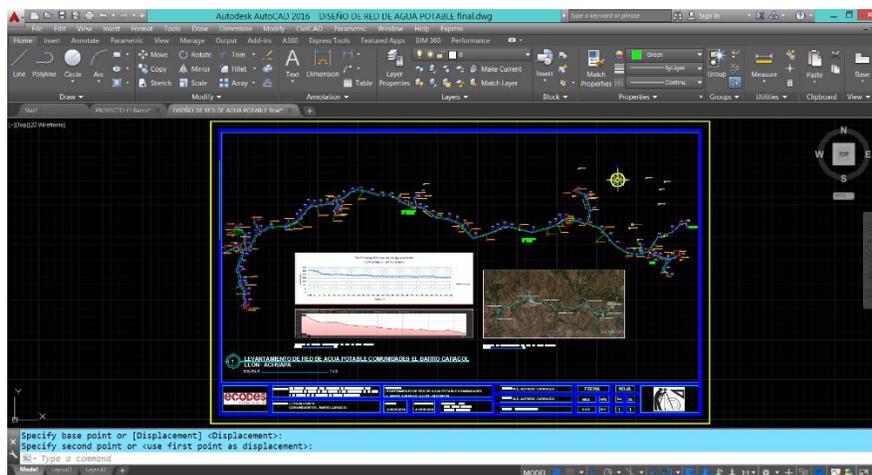




Fig. 11 Exportación de capas (Nodos y tramo de tuberías) EpaCAD.

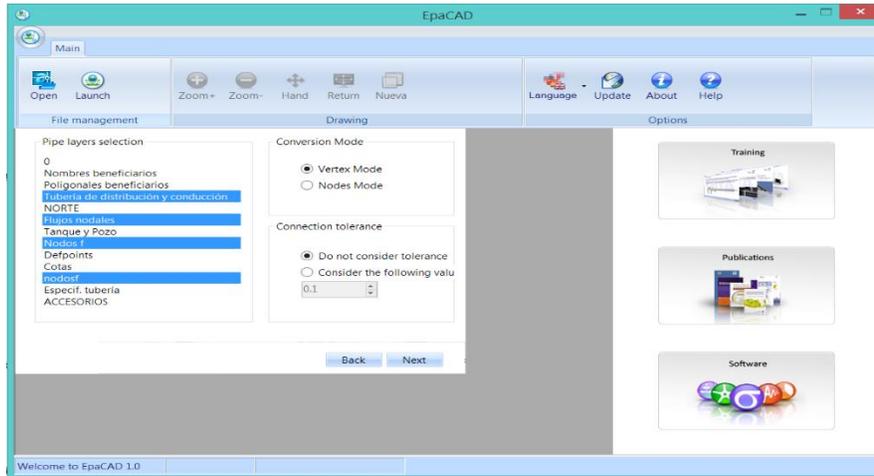


Fig. 12 Cálculos hidráulicos del diseño de redes de agua potable-EpaNET

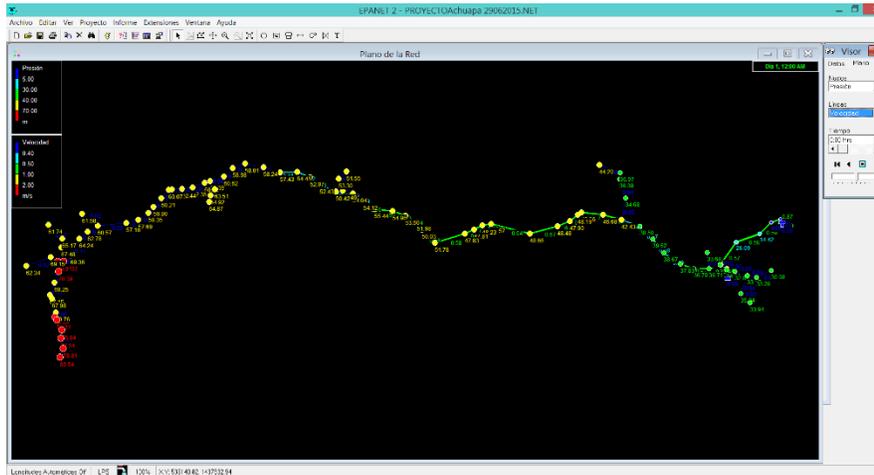


Fig. 13 Bomba centrífuga y sus componentes.

Fig. 14 Bomba helicoidal y sus componentes.

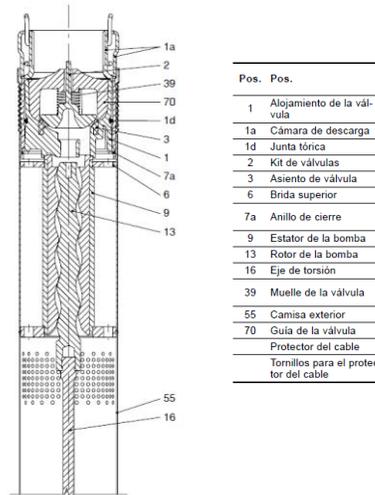
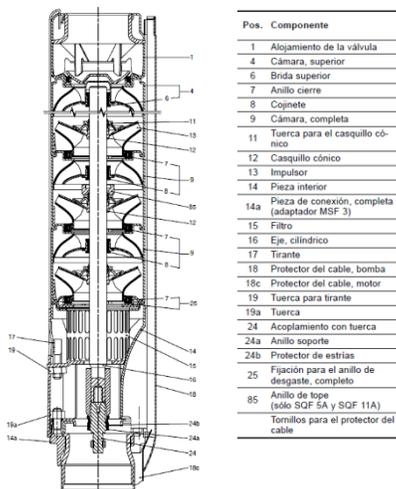




Fig. 15 Componentes de sistema de bombeo con solar fotovoltaica.

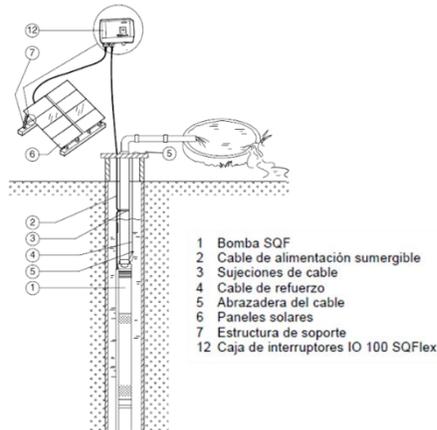
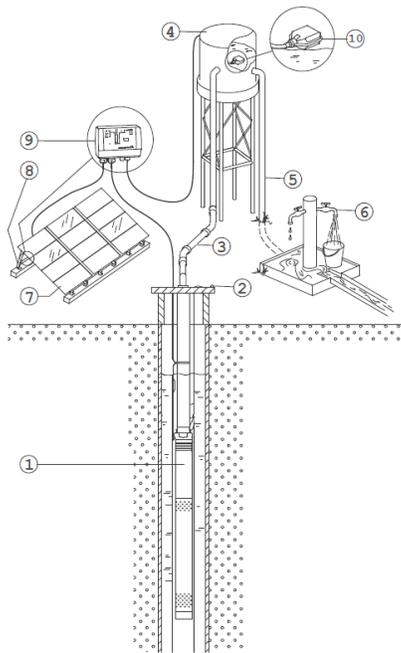


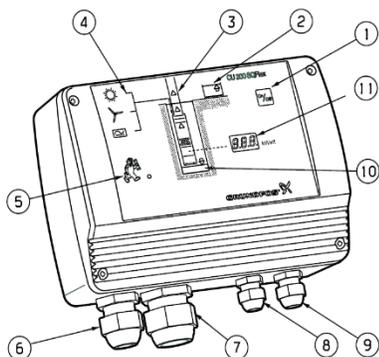
Fig. 16 Sistema de red de agua potable para bombeo con suministro de energía del SFV.



Pos. Descripción

Pos.	Descripción
1	Bomba SQF
2	Pozo (PP)
3	Línea de conducción
4	Tanque de almacenamiento
5	Línea e distribución
6	Conexiones domiciliarias
7	Paneles solares
8	Estructura de soporte
9	Controlador
10	Interruptor de nivel

Fig. 17 Controlador CU 200 SQFlex.



Pos. Descripción

Pos.	Descripción	Pos.	Descripción
1	Botón ON/OFF	7	Bomba
2	Interruptor de nivel	8	Tierra
3	Bomba está funcionando	9	Interruptor de nivel
4	Opciones de suministro de energía	10	Funcionamiento en seco
5	Servicio necesario	11	Potencia de entrada
6	Fuente de alimentación		



Fig. 18 Esquema de tipos de instalaciones fotovoltaicas

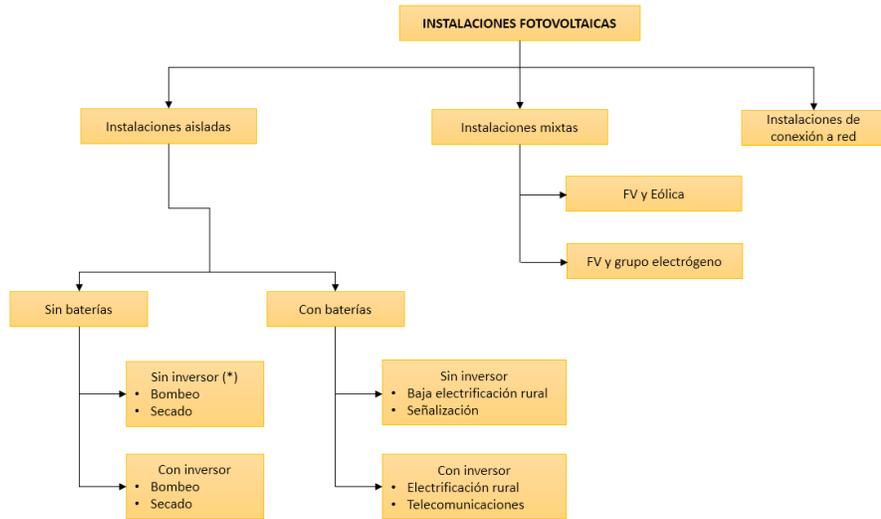


Tabla 13. Promedio mensual de la radiación que incide sobre una superficie acentuada inclinada-ecuador (kWh / m² / día), Ubicación Achuapa, comunidades El Barro y El Caracol

ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER NASA meteorología de superficie y Energía Solar: RETScreen Datos

La latitud 13.012 / longitud -86.659 fue elegido.

ubicación de los datos del clima	
Latitud	NORTE 13.012
Longitud	MI -86.659
Elevación	metro 544
Calefacción temperatura de diseño	DO 17.70
Temperatura de enfriamiento del diseño	DO 31.00
amplitud de la temperatura de la Tierra	DO 11.76
Días de heladas en el sitio	día 0

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	La radiación solar diaria - horizontales	Presión atmosférica	Velocidad del viento	temperatura de la tierra	Calefacción grados-día	Enfriamiento grados-día
	DO	%	kWh / m ² / d	kPa	Sra	DO	discos compactos	discos compactos
enero	22.8	67.1%	5.10	95.3	5.1	24.2	0	402
febrero	24.0	60.8%	5.71	95.2	4.8	26.2	0	400
marzo	25.3	55.7%	6.43	95.1	4.3	28.6	0	476
abril	26.4	55.0%	6.36	95.1	4.0	30.2	0	493
Mayo	25.4	69.1%	5.73	95.1	3.5	27.7	0	482
junio	24.2	79.4%	5.67	95.1	3.7	25.1	0	433
julio	23.9	77.6%	5.58	95.2	4.1	24.6	0	441
agosto	24.0	77.8%	5.63	95.2	3.7	24.8	0	443
septiembre	23.8	80.3%	5.28	95.1	3.2	24.5	0	423
octubre	23.3	80.2%	5.08	95.1	3.8	23.9	0	421
noviembre	22.8	77.0%	4.95	95.2	4.2	23.3	0	393
diciembre	22.6	72.0%	4.92	95.2	4.9	23.4	0	398
Annual	24.0	71.0%	5.54	95.1	4.1	25.5	0	5205
Medido a (m)					10.0	0.0		

Tabla 14. Valores recomendados para la caída de tensión C/100.

Circuito	Tensión nominal del circuito (V)	Caída de tensión admisible (%)	Caída de tensión admisible (V)
Panel-Regulador	12	5	0.6
	24	8	1.92
	48	10	4.8
Regulador-Batería	12	0.5	0.06
	24	0.5	0.12
	48	1.5	0.72
Batería-Inversor	12	0.5	0.06
	24	1	0.24
	48	2	0.96
Iluminación	x	3	3x/100
Equipos	x	5	5x/100



Tabla 15. Valores recomendados para la estimar el diámetro del cable a través de la tabla de conversión de mm² a AWG.

AWG	Diam. mm	Area mm ²	AWG	Diam. mm	Area mm ²
1	7.35	42.40	16	1.29	1.31
2	6.54	33.60	17	1.15	1.04
3	5.86	27.00	18	1.024	0.823
4	5.19	21.20	19	0.912	0.653
5	4.62	16.80	20	0.812	0.519
6	4.11	13.30	21	0.723	0.412
7	3.67	10.60	22	0.644	0.325
8	3.26	8.35	23	0.573	0.259
9	2.91	6.62	24	0.511	0.205
10	2.59	5.27	25	0.455	0.163
11	2.30	4.15	26	0.405	0.128
12	2.05	3.31	27	0.361	0.102
13	1.83	2.63	28	0.321	0.0804
14	1.63	2.08	29	0.286	0.0646
15	1.45	1.65	30	0.255	0.0503

Tabla 16. Censo poblacional aplicado en el año 2016 comunidades El Barro-El Caracol

Posición	Lista de Beneficiarios	Comunidad	# Fam	# Personas	Altura(m)
1	Pablo Lopez Calderon	El Barro	1	8	271
2	Elvin Lopez	El Barro	1	5	274
3	Mayra Mercedes Talavera	El Barro	1	3	273
4	Erlin Casco Calderon	El Barro	1	3	279
5	Eddy Gurdian Martinez	El Barro	1	3	287
6	Milady Casco Calderon	El Barro	1	3	284
7	Reynaldo Gurdiam Uriarte	El Barro	1	3	273
	Iglesia Ermita	El Barro		6	282
8	Oscar Danilo Torres Velazques	El Barro	1	3	264
	Puesto de Salud	El Barro	1	6	269
9	Vicente Mejia Rodriguez	El Barro	1	5	278
10	Mauriel Rocha Lopez	El Barro	1	3	271
11	Bernardo Rocha Lopez	El Barro	1	5	276
12	Freddy Rocha Ruiz	El Barro	1	4	276
13	Marvin Antonio Rocha Ruiz	El Barro	1	4	280
	Escuela El Barro	El Barro		6	255
14	Rigan Gurdian Martinez	El Barro	1	3	251
15	Martin Rodriguez	El Barro	1	7	246
16	Denis Antonio Rocha Reyes	El Barro	1	3	254
17	Claudina Rodriguez Calderon	El Barro	1	4	246
18	Efrain Sevilla Calderon	El Barro	1	8	242
19	Jose Francisco Arauz Perez	El Barro	1	4	249
20	Sandra Monjare	El Barro	1	5	237
21	Virginia Moreno Arauz	El Barro	1	7	239
22	María Eriberta Monjare	El Caracol	1	3	239
23	Antonio Martinez	El Caracol	1	3	231
24	Santos Cruz Martinez Vanega	El Caracol	2	8	236
25	Factor Vanega	El Caracol	1	4	247
26	Jose Antonio Martinez	El Caracol	1	8	236
27	Enrique Martinez Vanegas	El Caracol	2	7	225
28	Reynaldo Rocha Rodríguez	El Caracol	1	7	257
29	Ábel Sevilla Calderon	El Caracol	1	7	249
30	Oscar Danilo Mejia	El Caracol	1	3	251
31	Jaime Gurdian Martinez	El Caracol	1	8	250
32	Jacinto Torres Acuña	El Caracol	1	5	219
33	Apolonio Monjare Vallejo	El Caracol	1	6	223
34	Luisa Dorotea Monjare Vallejo	El Caracol	1	4	226
35	Santos Cornelio Monjare Vallejo	El Caracol	1	3	222
36	Neri Iván Monjare Vallejo	El Caracol	1	4	225
37	Jose Francisco Monjare Vallejo	El Caracol	1	7	217
38	Valentín Martínez Rivera	El Caracol	1	7	219
39	Yerling Martínez Beltrán	El Caracol	1	3	229
40	Byron Antonio Martínez Beltrán	El Caracol	1	3	232
41	Sandra Galeano Campos	El Caracol	1	5	232
42	Mercedes Casco López	El Caracol	1	5	233
43	Saturnino Martínez Rayos	El Caracol	1	5	222
44	Marlene Espinoza Martínez	El Caracol	1	4	227
45	Juan Martínez Reyes	El Caracol	1	5	226
46	Johana Ramírez Gómez	El Caracol	1	7	228
47	Marino Martínez Reyes	El Caracol	1	2	233
48	Macaría Martínez Rivera	El Caracol	2	4	223
49	Adela Rivera Rocha	El Caracol	1	4	236
50	Arsenio Arauz Reyes	El Caracol	1	4	232
51	Rigoberto Arauz Espinoza	El Caracol	1	2	230
52	Freddy Casco Rivera	El Caracol	1	3	208
53	Sixto Arauz Reyes	El Caracol	1	4	209
	Escuela El Caracol	El Caracol	1	6	208
	TOTAL		58	271	



Tabla 17. Nubes de puntos del levantamiento topográfico.

Componentes	X-Coord	Y-Coord	Z-Coord
Pozo (PP)	536953.6	1438492.04	272
Tanque relevo	537167.92	1438702.66	274
Tanque Almacenaje	537165.69	1438702.05	310
Estructura de soporte SFV	536946.69	1438486.61	271

Nodos	X-Coord	Y-Coord	Z-Coord
n9	537157.71	1438720.8	305.93
n10	537121.81	1438706.99	295.1
n11	537079.24	1438663.79	282.67
n12	536987.12	1438631.47	272.48
n13	536926.58	1438544.21	270.97
n14	536884.02	1438528.98	270.54
n15	536825.04	1438529.47	269.18
n16	536773.84	1438546.93	267.9
n17	536708.91	1438589.79	266.58
n18	536666.35	1438643.06	267.34
n19	536617.98	1438692.32	263.02
n20	536545.82	1438717.8	257.61
n21	536476.23	1438736.45	254.63
n22	536392.71	1438745.99	254.54
n23	536378.53	1438736.73	254.26
n24	536348.09	1438712.12	252.95
n25	536301.08	1438692.61	251.26
n26	536194.78	1438664.34	249.41
n27	536045.17	1438701.89	249.34
n28	536010.89	1438696.29	249.36
n29	535980.04	1438680.72	248.89
n30	535943.43	1438664.88	243.67
n31	535829.72	1438628.49	244.7
n32	535778.65	1438679.81	242.4
n33	535759.11	1438709.55	240.32
n34	535714.79	1438733	238.49
n35	535665.13	1438750.75	237.42
n36	535596.93	1438758.24	238.32
n37	535554.46	1438789.37	238.01
n38	535513.46	1438818.18	240.25
n39	535474.77	1438829.8	241.14
n40	535448.15	1438824.7	238.69
n41	535386.19	1438852.09	237.86
n42	535348.18	1438879.84	236.07
n43	535299.53	1438901.29	232.72
n44	535232.71	1438899.49	231.56
n45	535169.31	1438919.9	231.45
n46	535099.49	1438934.27	230.25
n47	535051.29	1438915.96	228.41
n48	535017.25	1438884.49	228.21
n49	534964.16	1438866.14	227.81
n50	534943.49	1438859.67	226.22
n51	534897.5	1438841.28	226

Nodos	X-Coord	Y-Coord	Z-Coord
n52	534855.74	1438835.62	227.59
n53	534816.26	1438834.21	228.22
n54	534803.67	1438832.34	227.96
n55	534775.57	1438801.13	228.16
n56	534746.74	1438766.52	228.63
n57	534725.87	1438743.58	230.19
n58	534687.13	1438717.4	230.68
n59	534642.31	1438705.71	227.01
n60	534531.68	1438694.01	224.74
n61	534491.93	1438670.55	223.23
n62	534460.45	1438644.29	218.03
n63	534427.1	1438580.39	215.69
n64	534400.67	1438558.2	216.44
n65	534376.55	1438557.88	218.20
n66	534350.27	1438574.2	220.15
n67	536951.06	1438526.77	273.7
n68	536982.31	1438519.1	275.06
n69	537030.94	1438502.45	274.77
n70	537066.59	1438496.03	274.66
n71	537122.08	1438522.7	277.86
n72	536563.12	1438801.01	270.76
n73	536540.36	1438873.49	269.03
n74	536540.69	1438897.81	268.44
n75	536461.24	1438927.67	261.2
n76	535458.14	1438875.48	238.44
n77	535487.72	1438902.62	240.19
n78	534981.74	1438834.15	225.29
n79	534965.14	1438810.49	223.88
n80	534960.69	1438786.82	223.93
n81	534391.95	1438611.39	219.86
n82	534395.91	1438644.03	222.17
n83	534341.34	1438697.98	225.59
n84	534381.12	1438519.68	216.87
n85	534364.42	1438475.43	218.93
n86	534346.62	1438428.88	219.97
n87	534356.76	1438413.86	219.12
n88	534370.32	1438361.5	217.3
n89	534366.01	1438342.82	217.03
n90	534373.97	1438332.13	215.73
n91	534392.96	1438294.14	211.39
n92	534390.54	1438262.45	209.48
n93	534398.21	1438223.03	208.21
n94	534385.81	1438188.46	206.48

Tabla 18. Secciones de tuberías en pulgadas y milímetros

Pulgadas	Milímetros (mm)
1/2"	12.70
3/4"	19.05
1"	25.40
1 1/2"	38.10
2"	50.80
2 1/2"	63.50
3"	76.20



TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN APLICADAS AL DISEÑO DE REDES DE AGUA POTABLE CON SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL BOMBEO

Tabla 19. Resultados del cálculo hidráulico de la línea de distribución.

TABLA DE RESULTADOS DEL CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN														
CÁLCULOS MANUALES MEDIANTE PROCEDIMIENTOS										ESTOS RESULTADOS SE PUEDEN OBTENER MEDIANTE EL SOFTWARE EPANET				
NÚMERO	TRAMO	TUBERÍA	LONGITUD (m)	LONGITUD TUBERÍA (m)	CARGAL (m)	CARGAL (m)	DIÁMETRO CÁLCULO (m)	DIÁMETRO (m)	PROYECTADO (m)	PROYECTADO (m)	K COEFICIENTE DE FRICTION	PERDIDA (m)	ALTIMETRIA PREVIAMENTE A PRESIÓN / CARGA DISPONIBLE (m)	VELOCIDAD (m/s)
TANQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PERIFONEAL	1	1	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	2	2	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	3	3	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	4	4	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	5	5	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	6	6	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	7	7	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	8	8	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	9	9	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	10	10	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	11	11	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	12	12	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	13	13	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	14	14	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	15	15	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	16	16	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	17	17	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	18	18	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	19	19	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	20	20	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	21	21	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	22	22	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	23	23	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	24	24	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	25	25	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	26	26	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	27	27	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	28	28	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	29	29	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	30	30	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	31	31	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	32	32	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	33	33	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	34	34	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	35	35	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	36	36	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	37	37	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	38	38	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	39	39	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	40	40	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	41	41	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	42	42	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	43	43	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	44	44	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	45	45	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	46	46	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	47	47	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	48	48	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	49	49	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	50	50	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	51	51	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	52	52	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	53	53	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	54	54	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	55	55	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	56	56	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	57	57	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	58	58	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	59	59	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	60	60	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	61	61	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	62	62	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	63	63	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	64	64	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	65	65	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	66	66	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	67	67	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	68	68	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	69	69	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	70	70	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	71	71	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	72	72	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00	0.00	0.00	111.23	0.00
PERIFONEAL	73	73	20.00	20.00	1.00	1.00	0.0000	0.0000	1.00	1.00				



Tabla 22. Promedio mensual de la radiación que incide sobre una superficie acentuada inclinada a 13°-ecuador (kWh / m² / día)

[SSE](#) [Página de inicio](#) [Encontrar a otra ubicación](#) [Exactitud](#) [Metodología](#) [Parámetros \(Unidades y definición\)](#)



NASA meteorología de superficie y la energía solar - Tablas disponibles



os parámetros para los paneles solares basculantes:
La latitud **13.012** / longitud **-86.659** fue elegido.

En promedio mensual de la radiación que incide sobre una superficie acentuada inclinada-ecuador (kWh / m² / día)

Lat 13.012 Lon -86.659	Enero	Febrero	Estropear	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	anual media
SSE HRZ	5.09	5.71	6.43	6.36	5.73	5.67	5.58	5.63	5.28	5.08	4.95	4.92	5.53
K	0.60	0.61	0.63	0.60	0.53	0.53	0.52	0.53	0.51	0.53	0.57	0.60	0.56
Difuso	1.44	1.60	1.75	2.05	2.23	2.19	2.21	2.24	2.15	1.90	1.57	1.37	1.89
Directo	6.18	6.42	6.85	6.11	5.00	5.03	4.84	4.80	4.50	4.85	5.58	6.14	5.52
inclinación 0	5.06	5.65	6.35	6.26	5.62	5.55	5.46	5.53	5.21	5.03	4.91	4.88	5.46
inclinación 13	5.65	6.08	6.53	6.14	5.65	5.64	5.53	5.49	5.24	5.28	5.40	5.52	5.68
inclinación 28	6.05	6.27	6.42	5.73	5.44	5.50	5.36	5.21	5.04	5.32	5.70	5.98	5.66
inclinación 90	4.30	3.74	2.85	1.78	2.27	2.50	2.36	1.93	2.13	2.96	3.86	4.43	2.92
OPTAR	6.14	6.27	6.54	6.26	5.66	5.64	5.53	5.54	5.25	5.33	5.73	6.11	5.83
OPT ANG	39.0	29.0	16.0	0.00	9.00	13.0	11.0	4.00	9.00	23.0	35.0	41.0	19.0

eteorología (Temperatura):

En promedio mensual de la temperatura del aire a 10 m sobre la superficie de la Tierra (° C)

Lat 13.012 Lon -86.659	Enero	Febrero	Estropear	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	anual media
Promedio de 22 años	22.7	24.0	25.3	26.4	25.4	24.2	23.8	23.9	23.7	23.2	22.7	22.5	24.0
Mínimo	18.7	19.4	20.5	22.0	22.0	21.2	20.6	20.6	20.7	20.3	19.5	18.9	20.4
Máximo	27.2	28.8	30.2	30.9	29.1	27.6	27.8	28.0	27.4	26.9	26.7	26.7	28.1

Tabla 23. Datos técnicos de Grundfos Bomba SQFlex.

Datos eléctricos

30-300 V DC o 1 x 90-240 V AC, 50/60 Hz

Tipo de bomba	Tipo de motor	Entrada de potencia máxima (P1) [W]	Intensidad máxima [A]
SQF 0,6-2 (N)	MSF 3 (N)	900	8,4
SQF 0,6-3 (N)	MSF 3 (N)	900	8,4
SQF 1,2-2 (N)	MSF 3 (N)	900	8,4
SQF 2,5-2 (N)	MSF 3 (N)	900	8,4
SQF 3A-10 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4
SQF 5A-3 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4
SQF 5A-6 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4
SQF 8A-3 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4
SQF 8A-6 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4
SQF 11A-3 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4



Bomba SQF

Suministro a la bomba	30-300 V DC, PE. 1 x 90-240 V -10%/+6%, 50/60 Hz, PE.
Tiempo de arranque	Dependiendo de la fuente de potencia.
Arranque/parada	Número ilimitado de arranques/paradas por hora.
Grado de protección	IP 68.
Protección de motor	Incorporada en la bomba. Protección contra <ul style="list-style-type: none"> • marcha en seco mediante un electrodo de nivel de agua • sobrevoltaje y subvoltaje • sobrecarga • sobretensión.
Conductividad	≥ 70 μs/cm (micro siemens).
Nivel de ruido	El nivel de ruido de la bomba es inferior a los valores límite indicados en la Directiva sobre Maquinaria de la CEE.
Ruido radioeléctrico	SQF cumple con la Norma CEM 89/336/CEE. Homologada según las normas EN 61000-6-2 y EN 61000-6-3.
Función de rearme	SQF puede rearmarse mediante el CU 200 o desconectando la potencia de suministro durante 1 minuto.
Factor de potencia	PF = 1.
Funcionamiento mediante generador	Tensión: 230 V AC -10%/+6%. La salida del generador debe ser de <ul style="list-style-type: none"> • mínimo 1 k VA (bombas de rotor helicoidal) • mínimo 1,5 k VA (bombas centrífugas).
Diferencial a tierra	Si la bomba está conectada a una instalación eléctrica donde se utiliza un diferencial a tierra (ELCB) como protección adicional, tiene que ser del tipo que se dispara cuando se producen derivaciones a tierra de corriente continua (pulsante).
Diámetro de perforación	SQF 0,6, SQF 1,2, SQF 2,5: Mínimo: 76 mm. SQF 3A, SQF 5A, SQF 8A, SQF 11A: Mínimo: 104 mm.
Profundidad de instalación	Mínimo: La bomba tiene que estar completamente sumergida en el líquido de bombeo. Máximo: 150 m por encima del nivel estático del agua (15 bar).
Filtro de aspiración	Orificios del filtro de aspiración: SQF 0,6 (N), SQF 1,2 (N), SQF 2,5 (N): ø2,3 mm. SQF 3A (N), SQF 5A: ø2,5 mm. SQF 5A N, SQF 8A (N), SQF 11A (N): 4 mm x 20 mm.
Líquidos bombeados	pH 5 a 9. Contenido de arena hasta 50 g/m ³ .
Marca	CE.

Tabla 24. Catálogo SCHOTT PERFORM™ MONO180/185/190.

Module type		SCHOTT PERFORM™ MONO			
Nominal power [Wp]	P _{mpp}	≥ 180	≥ 185	≥ 190	
Voltage at nominal power [V]	U _{mpp}	36.2	36.3	36.4	
Current at nominal power [A]	I _{mpp}	4.97	5.10	5.22	
Open-circuit voltage [V]	U _{oc}	44.8	45.0	45.2	
Short-circuit current [A]	I _{sc}	5.40	5.43	5.46	
Module efficiency (%)	η	13.7	14.1	14.5	

STC (1,000 W/m²; AM 1.5; cell temperature 25°C)
Power tolerance (as measured by flasher): -0 W / +4.99 W

Data at normal operating cell temperature (NOCT)					
Nominal power [Wp]	P _{mpp}	130	134	137	
Voltage at nominal power [V]	U _{mpp}	32.9	32.8	32.9	
Open-circuit voltage [V]	U _{oc}	39.3	40.2	41.0	
Short-circuit current [A]	I _{sc}	4.30	4.32	4.35	
Temperature [°C]	T _{NOCT}	46.0	46.0	46.0	

NOCT (800 W/m², AM 1.5, windspeed 1 m/s, ambient temperature 20°C)

Data at low irradiation

At a low irradiation intensity of 200 W/m² (AM 1.5 and cell temperature 25°C) 96 % of the STC module efficiency (1,000 W/m²) will be achieved.

Dimensions and weight

Dimensions [mm]	1,620 x 810
Thickness [mm]	50
Weight [kg]	15.5



Vivienda de beneficiario



Pozo de abastecimiento (PP)



Levantamiento topográfico



Aplicando la App GPS test



Ubicación del tanque relevo # 1



Ubicación de SFV



Ubicación de tanque de almacenamiento # 2



Diseño estructura para paneles FV