

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## TESIS

“APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE  
IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y  
ELIMINACION DE EXCRETAS EN LA LOCALIDAD DE ISLA  
SOTO”

## TOMO I

PRESENTADO POR:

Bach. Ing. JUAN JOSE TINTA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

**PROMOCIÓN 2008**

**PUNO – PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS**

**“APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LA LOCALIDAD DE ISLA SOTO”**

PRESENTADO POR:

JUAN JOSE TINTA MAMANI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

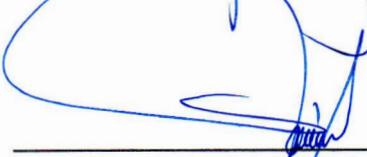


**PRESIDENTE** :   
 \_\_\_\_\_  
 ING. ZENÓN MELLADO VARGAS

**PRIMER MIEMBRO** :   
 \_\_\_\_\_  
 ING. NANCY ZEVALLOS QUISPE

**SEGUNDO MIEMBRO** :   
 \_\_\_\_\_  
 ING. NESTOR FLOY GONZALES SUCASAIRE

**DIRECTOR DE TESIS** :   
 \_\_\_\_\_  
 ING. JAIME MEDINA LEYVA

**ASESOR DE TESIS** :   
 \_\_\_\_\_  
 ING. WALTER HUGO LIPA CONDORI

- ÁREA** : Hidráulica
- TEMA** : Hidráulica y medio ambiente
- LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** : Calidad del agua, tratamiento y consumo
- FECHA DE SUSTENTACION** : Viernes 03 de febrero 2017

## DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres, Marcelino y Simeona, que, con su gran amor, respeto y cariño han sido el pilar fundamental durante toda mi vida y con su abnegado esfuerzo me han encaminado para lograr alcanzar esta tan anhelada meta.

A mis hermanos, María Jesús, Benedicta, Juan Carlos, Yoni, Hugo y Mari Soledad, quienes siempre han estado pendientes y preocupadas por mi bienestar; a toda mi familia, tíos y primos, y a mis amigos que me ha respaldado en toda ocasión; y en memoria de mis Abuelos que me miran desde el cielo.

Finalmente dedico este logro a la persona que apareció en mi vida y motivó día tras día a que este sueño se vuelva una realidad, mi Esposa Maritza y mi Hija Briana.

Juan José Tinta Mamani

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater, Universidad Nacional del Altiplano Puno, por mi formación profesional.

A mis familiares, que con el cariño y el ejemplo han sabido ser el soporte y apoyo constante durante mi vida universitaria.

A los Docentes de la universidad, en particular a todos los de la escuela Profesional de Ingeniería Civil, por permitirnos ser parte de esta Localidad y compartieron su sabiduría.

A nuestros amigos y compañeros, con quienes vivimos buenos y no tan buenos momentos, por haber estado siempre a nuestro lado en los ratos más difíciles.

Juan José Tinta Mamani

## ÍNDICE GENERAL

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
1.1	Formulación del Problema .....	18
II.	ANTECEDENTES .....	19
III.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	22
3.1.1	Justificación técnica. ....	22
3.1.2	Justificación Social. ....	25
3.1.3	Justificación Ambiental. ....	25
IV.	MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	27
4.1	Bases Teóricas.....	27
4.1.1	Distribución del agua en la naturaleza .....	27
4.1.2	Constitución De Hidrosfera .....	27
4.1.3	El Ciclo Hidrológico .....	28
4.1.4	Usos Y Características Del Agua Potable.....	30
4.1.5	Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable .....	38
4.1.6	Consideraciones A Seguir Para La Selección Del Sistema De Abastecimiento De Agua.....	39
4.1.7	Estudios y parámetros básicos de diseño para sistemas de bombeo de agua potable	41
4.1.8	Potencia del equipo de bombeo .....	60
4.1.9	Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica. ....	60
4.1.10	Energía fotovoltaica:.....	62
4.1.11	Conversión De Luz Solar Energía Eléctrica. ....	63
4.1.12	Tipos De Celdas Fotovoltaicas .....	67
4.1.13	Conceptos básicos de electricidad .....	69
4.1.14	La celda solar de silicio cristalino.....	69

4.1.15	Módulo fotovoltaico.....	71
4.1.16	Arreglos fotovoltaicos.....	71
4.1.17	Inclinación del arreglo fotovoltaico .....	72
4.1.18	Bombeo fotovoltaico.....	73
4.1.19	Equipo de bombeo compatible con sistemas fotovoltaicos .....	74
4.2	Marco Conceptual .....	80
4.2.1	Cámara De Captación .....	80
4.2.2	Línea De Conducción o Impulsión .....	80
4.2.3	Depósito Regulador .....	80
4.2.4	Red De Distribución .....	80
4.2.5	Manantial .....	80
4.2.6	Caudal .....	80
4.2.7	Energía Solar Fotovoltaica.....	80
4.2.8	Afluente.....	80
4.2.9	Coliformes.....	80
4.2.10	Colmatación .....	81
4.2.11	Contaminación .....	81
4.2.12	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	81
4.2.13	Descomposición anaerobia .....	81
4.2.14	Efluente .....	81
4.2.15	Filtro percolador.....	81
4.2.16	Patógenos .....	81
4.2.17	Sedimentación.....	81
4.2.18	Sedimentos.....	82
4.2.19	Sustancias tóxicas .....	82
4.2.20	Tanque séptico .....	82
4.2.21	Tratamiento convencional.....	82

4.2.22	Vertimiento .....	82
V.	OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	83
5.1.1	Objetivos generales.....	83
5.1.2	Objetivos específicos .....	83
VI.	UTILIDAD DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO.- .....	84
6.1	Propuesta de Solución .....	84
6.1.1	Estudio de Campo y Recopilación de Información .....	85
VII.	ÁMBITO DE ESTUDIO .....	86
7.1	Delimitación de la investigación.....	86
7.2	Limitaciones de la Investigación.....	87
7.3	Viabilidad De La Investigación.....	87
7.3.1	Viabilidad Económica.....	87
7.3.2	Viabilidad Técnica .....	87
7.3.3	Viabilidad Operativa.....	87
VIII.	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA .....	88
8.1	Tipo y Diseño De Estudio .....	88
8.2	Población y muestra .....	88
8.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	88
8.3.1	Técnicas .....	88
8.3.2	Instrumentos.....	89
8.4	Procedimiento De Recolección Y Operación De Datos.....	89
8.4.1	Educación.....	89
8.4.2	Salud .....	90
8.4.3	Vivienda e infraestructura.....	90
8.4.4	Características económicas .....	91
8.4.5	Análisis y evaluación de los servicios de agua y saneamiento .....	92
8.5	Período de diseño. ....	94

8.6	Taza de Crecimiento y densidad poblacional.....	94
8.7	Cálculo de la Población de Diseño.....	95
8.7.1	Método Aritmético.....	96
8.8	Demanda y dotación.....	96
8.9	Variaciones periódicas. ....	96
8.9.1	Consumo promedio diario anual (Qm.) .....	97
8.10	Fuentes de abastecimiento.....	98
8.10.1	Diseño de Captación de un manantial de ladera y concentrado.....	98
8.11	Diseño de la línea de Impulsión. ....	102
8.11.1	Caudal de Bombeo. ....	102
8.11.2	Selección de diámetros económico.....	103
8.11.3	Carga dinámica o altura manométrica total .....	103
8.11.4	Golpe ariete.....	107
8.12	Volumen de cisterna.....	109
8.12.1	Diseño estructural de la Cisterna .....	110
8.13	Capacidad y dimensionamiento del reservorio .....	115
8.13.1	Capacidad del reservorio.....	115
8.13.2	Cálculo de la capacidad del reservorio .....	115
8.13.3	Reservorio seleccionado .....	116
8.13.4	Ubicación del reservorio.....	116
8.14	Dimensionamiento Fotovoltaico .....	127
8.14.1	Potencia del equipo de bombeo .....	127
8.14.2	Volumen de agua necesario (l/día): .....	128
8.14.3	Insolación del sitio (kWh/día):.....	128
8.14.4	Régimen de bombeo (l/h): .....	128
8.14.5	Voltaje nominal del sistema (V): .....	128
8.14.6	Carga eléctrica (Ah/día):.....	129

8.14.7	Corriente del proyecto (A):.....	129
8.15	Red de distribución.....	131
8.16	Estudios Básicos de Ingeniería que Inciden Para el Diseño de la Línea de Impulsión aplicando energía solar del Sistema de Abastecimiento y Eliminación de Excretas en la Localidad de Isla Soto .....	139
8.16.1	Estudio topográfico .....	139
8.16.2	Estudio de suelos.....	149
8.16.3	Estudio Hidrológico .....	166
8.17	Costos de operación y mantenimiento del proyecto de la localidad de Isla Soto .	174
IX.	VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN. ....	176
9.1	Estudios básicos de Ingeniería para el diseño de la línea de impulsión del sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de Isla Soto.....	176
9.2	Criterios para el diseño de la línea de impulsión aplicando la energía solar para el sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de Isla Soto.....	177
9.3	Los aspectos que deberán considerarse para el dimensionamiento del generador fotovoltaico: .....	178
9.4	Costos de Operación y Mantenimiento Para el Abastecimiento de Agua Potable y Eliminación de Excretas en la Localidad de Isla Soto. ....	178
X.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	179
10.1	Conclusiones .....	179
10.2	Recomendaciones.....	179
XI.	BIBLIOGRAFÍA .....	180

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contenido de Agua en el Planeta.....	28
Tabla 2: Uso típico del agua con fines domésticos para diferentes tipos de sistemas de abastecimiento de agua en poblados rurales .....	31
Tabla 3: Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos .....	34
Tabla 4: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica .....	34
Tabla 5: Límites máximos permisibles parámetros químicos inorgánicos y orgánicos .....	35
<b>Tabla 6: Límites máximos permisibles de parámetros radioactivos.....</b>	<b>37</b>
TABLA 7: DOTACIONES EN ZONAS RURALES.....	40
Tabla 8: Valor de “incremento anual en %.....	44
Tabla 9: Periodo de diseño en función a la población .....	45
Tabla 10: Periodo de diseño de acuerdo a la población.....	45
Tabla 11: periodo de diseño recomendado .....	46
Tabla 12: Periodo de diseños recomendado.....	46
Tabla 13: Presión de vapor de agua .....	51
Tabla 14: Disminución de la presión atmosférica.....	52
Tabla 15: coeficiente b de flamant.....	54
Tabla 16: valores de k de Colebrook .....	55
Tabla 17: Viscosidad Cinemática del Agua.....	55
Tabla 18: DIAGRAMA DE MOODY .....	57
Tabla 19: valores del coeficiente c de hacen williams.....	58
Tabla 20: Ventajas y desventajas del bombeo solar .....	61
Tabla 21: Población estima de la localidad de isla soto.....	88
Tabla 22: Instituciones Educativas de Nivel Primario - Distrito de Conima.....	89
Tabla 23: Instituciones Educativas de Nivel Inicial - Distrito de Conima .....	89
Tabla 24: Accesibilidad a la Localidad de Isla Soto.....	90
Tabla 25: densidad poblacional y la Taza de crecimiento del distrito de Conima .....	94
Tabla 26: densidad poblacional y la Taza de Crecimiento de la Provincia de Moho:.....	95
Tabla 27: Densidad Poblacional y la Taza de Crecimiento del Departamento de Puno.....	95
Tabla 28: Dotación de Agua para Ámbito Rural .....	96
Tabla 29: Resumen de Pérdidas por Longitud del Proyecto.....	106
Tabla 30: Valores por omisión de eficiencias de sistemas de bombeo.....	127
Tabla 31: La insolación mensual promediado incide sobre una superficie horizontal (KWH / M <sup>2</sup> / DÍA) .....	128

Tabla 32: Informacion de la bomba y motor ps15k c-sj17-18 de lorentz.....	128
Tabla 33: ficha técnica del panel solar fotovoltaico .....	129
Tabla 34: BMS localizadas en la localidad de isla soto.....	141
Tabla 35: Datos De Campo Obtenido .....	145
Tabla 36 puntos de control geodésicos: .....	148
Tabla 37: El Sistema De Clasificación De Suelos De La AASHTO.....	159
Tabla 38: Sistema Unificado De Clasificación De Suelos (SUCS) ASTM D 2487.....	164
Tabla 39: carta de plasticidad. ....	165
Tabla 40: Resumen De Resultado De Calicatas .....	165
Tabla 41: Ubicación De Las Calicatas Para El Estudio De Suelos.....	166
Tabla 42: Población Directamente Afectada .....	170
Tabla 43: Accesibilidad Al Área De Influencia Y Estudio.....	171
Tabla 44: análisis fisicoquímico, bacteriológicos y metales pesados de la fuente n°01-soto	172
Tabla 45: Ubicación de la fuente de agua (captación de agua potable).....	172
Tabla 46: Disponibilidad hídrica en la fuente de agua, del sistema de agua potable isla soto .....	173
Tabla 47: Balance Hídrico Con Fines Poblaciones Isla Soto .....	174
Tabla 48: desagregado del costo de operación y mantenimiento. ....	175
Tabla 49: Costos De Operación Y Mantenimiento.....	175
Tabla 50: Variaciones De Consumo Del Proyecto .....	178

**ÍNDICE DE FIGURAS:**

*FIGURA 36: Sistema Solar Fotovoltaico en el Fundo Ecológico Samaca* .....21

**FIGURA 37: Cobertura de Agua Potable en el Perú.** .....23

FIGURA 38: Cobertura De Agua Potable En El Perú Según Área De Residencia .....23

**FIGURA 39: Cobertura de Agua Potable Según Departamentos.**.....24

FIGURA 40: Tasa de Mortalidad Infantil Según Área de Residencia.....24

FIGURA 41: Esquema del ciclo hidrológico .....29

FIGURA 42: CAVITACIÓN.....52

FIGURA 43:.....53

FIGURA 44:.....59

Figura 45: Irradiancia y horas solares pico (insolación) durante un día soleado) .....62

Figura 46: El efecto Fotovoltaico .....63

Figura 47: Una corriente eléctrica es generada en la interfaz de la unión p-n.....65

Figura 48: Construcción de la celda solar fotovoltaica.....65

Figura 49: juntura n-p en equilibrio .....66

Figura 50: Eficiencia según la tecnología de los paneles solares .....68

Figura 51: Generación eléctrica en una celda fotovoltaica .....70

Figura 52: Orientación de una estructura fija para maximizar la captación de radiación solar a lo largo del año.....73

Figura 53: Esquema de una Instalación Típica de un Sistema FV de Bombeo de agua.....74

Figura 54: Bomba Centrífuga Superficial (SOLARRAM) .....75

Figura 55: esquema de una bomba centrífuga superficial .....75

Figura 56: Esquema de una Bomba Centrífuga Sumergible.....76

Figura 57: Vista Interna de Una Bomba Sumergible (Grundfos) .....77

Figura 58: Bombas centrífugas sumergibles (SOLARJACK) .....77

Figura 59: Esquema de una bomba volumétrica de cilindro.....78

Figura 60: Esquema de una bomba de diafragma sumergible .....79

Figura 61: Bombas de diafragma superficiales (SHURFLO).....79

Figura 62: *imagen satelital del área de intervención del proyecto* .....86

**Figura 63: Perfil del Terreno del Sistema de Bombeo Isla Soto**.....107

Figura 64: Diseño Estructural de la Cisterna: .....114

Figura 65: Diseño Estructural De Reservorio .....126

Figura 66: Tipos De Redes De Distribución ..... 132

**Figura 67: Esquema De La Red De Distribución Del Sistema 01..... 133**

Figura 68: Esquema De La Red De Distribución Del Sistema 02..... 134

Figura 69 Topografía de la localidad de isla soto. .... 147

Figura 70: Equipo Utilizado Para El Levantamiento Topográfico ..... 148

## RESUMEN

Uno de los parámetros para medir la calidad de vida de una sociedad son los servicios con las que cuentan los pobladores. Estos principales servicios son el agua potable y la luz eléctrica; a pesar de la importancia de estos servicios muchas personas a nivel mundial no cuentan con alguno de ellos y en ocasiones con ninguno, ambas condiciones se presentan en la localidad de Isla Soto, ya que su población no cuenta con dichos servicios.

Por lo que En el presente Trabajo de investigación denominada “**APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LA LOCALIDAD DE ISLA SOTO**”. Tiene como objetivo dar solución a la carencia del servicio de agua potable.

En el presente proyecto de investigación se presenta en dos tomos TOMO I y TOMO II y el contenido es de la siguiente manera.

En el **Primer Tomo (TOMO I)**, del presente proyecto de investigación, se realiza el diseño de un proyecto de impulsión de agua para el consumo humano en la localidad de Isla Soto, que alberga una población de 120 familias, la impulsión de agua se hará mediante el uso de bombas activadas con energía solar fotovoltaica, esta elección se basa en la importancia creciente que está tomando a nivel mundial la elección de formas limpias de energía y en la imagen que da la Universidad Nacional del Altiplano al país como una institución comprometida con el desarrollo de las energías renovables. Los pasos a seguir en el presente Proyecto de Investigación serán la determinación de la población de diseño, demanda y dotaciones, variaciones periódicas, estudio de sus fuentes de abastecimiento, determinación del caudal de bombeo, selección del diámetro económico, cálculo de la altura dinámica Total, Golpe de ariete, cálculo del volumen de la cisterna y el volumen de reservorio y el dimensionamiento Fotovoltaico, potencia del equipo de bombeo, determinación de la insolación del sitio, además se realizaran los estudios básicos de ingeniería necesarias para un sistema de impulsión de agua y el costo de operación y mantenimiento.

En el **Segundo Tomo (TOMO II)**, del presente proyecto de investigación se presenta 12 anexos, con el siguiente contenido padrón de beneficiarios, censo poblacional, aforo de fuentes, ficha técnica del panel solar de 200 Watts de potencia mono cristalino, ficha técnica de la bomba, estudio de suelos, memoria de cálculo, planilla de metrados, presupuesto, relación de insumos, análisis de costos unitarios, finalmente los planos.

## ABSTRACT

One of the parameters to measure the quality of life of a society are the services that the inhabitants have. These main services are drinking water and electricity; Despite the importance of these services many people worldwide do not have any of them and sometimes none, both conditions are present in the town of Isla Soto, since its population does not have such services.

Therefore, in this research work entitled "APPLICATION OF SOLAR ENERGY IN LINE OF IMPULSION OF SUPPLY SYSTEM AND ELIMINATION OF EXCRETS IN THE LOCALITY OF ISLA SOTO". Its objective is to solve the lack of drinking water service.

In the present research project is presented in two volumes TOMO I and TOMO II and the content is as follows.

In the First Volume (TOMO I), of the present research project, the design of a project for the supply of water for human consumption in the town of Isla Soto, which houses a population of 120 families, is carried out. will make by means of the use of pumps activated with photovoltaic solar energy, this election is based on the increasing importance that is taking to world-wide level the election of clean forms of energy and in the image that gives the National University of the Altiplano to the country like a committed institution with the development of renewable energies. The steps to be taken in the present Research Project will be the determination of the design, demand and endowment population, periodic variations, study of their sources of supply, determination of the pumping rate, selection of the economic diameter, calculation of the total dynamic height , Water hammer, calculation of the volume of the cistern and the volume of the reservoir and the photovoltaic sizing, power of the pumping equipment, determination of the insolation of the site, in addition the basic engineering studies necessary for a water impulsion system will be carried out and the cost of operation and maintenance.

In the Second Volume (TOMO II), of the present research project 12 annexes are presented, with the following content of beneficiaries, population census, capacity of sources, technical data of the solar panel of 200 Watts of crystalline mono power, data sheet of the pump, soil study, calculation memory, metadata sheet, budget, input ratio, unit cost analysis, finally the plans.

## INTRODUCCIÓN

La energía solar se denomina renovables debido a que es un recurso inagotable respecto del ciclo de vida humano. Además, presentan la característica de ser abundantes y limpias. Las fuentes renovables de energía tienen un gran potencial para la generación de energía. Así por ejemplo, la tecnología fotovoltaica que transforma directamente la luz solar en electricidad, ha mostrado ser de gran utilidad para la generación de energía eléctrica en lugares apartados y remotos. Hoy en día, la tecnología fotovoltaica disponible comercialmente es una alternativa real para su aplicación en diversas tareas domésticas, industriales y agropecuarias. Sin embargo es necesario un análisis de viabilidad económica y factibilidad técnica para determinar si es la más apropiada para tal fin. Las aplicaciones más comunes es en el sector agropecuario son bombeo de agua, cercos eléctricos, calentadores de agua, congeladores y sistemas de secado de productos agrícolas, además de la electrificación básica para fines domésticos.

El bombeo de agua en pequeña escala es una aplicación de mucha trascendencia en el mundo; tiene especial impacto en comunidades rurales donde no hay suministro de energía eléctrica convencional. Los sistemas de bombeo fotovoltaicos se caracterizan por ser de alta confiabilidad, larga duración y mínimo mantenimiento, lo cual se traduce en un menor costo a largo plazo si se le compara con otras alternativas. Además no requiere del empleo de un operador y tienen un bajo impacto ambiental (no contaminan el aire o el agua y no producen ruido). Otra ventaja es que los sistemas son modulares, de manera que pueden adecuarse para satisfacer las necesidades específicas del usuario en cualquier momento. Estos sistemas son muy sencillos en su operación. Para realizar un proyecto con éxito es necesario entender conceptos como la energía solar fotovoltaica, la hidráulica del sistema y el funcionamiento del conjunto motor-bomba.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la localidad de Isla Soto, no cuenta con los servicios de agua potable y saneamiento, por ser una localidad que se encuentra rodeado por el Lago Titicaca, debido a la falta de servicio de agua potable, las familias consumen agua de pozos artesanales y del lago Titicaca, de mala calidad no potabilizada.

El agua para el consumo al presentar deficiencias en el almacenamiento produce una alta Concentración en bacterias, virus y parásitos creándose un grave problema de salud pública, entre las principales enfermedades que se Propagan por este mal manejo de las aguas, están las EDAS, la tifoidea y la Paratifoidea, hepatitis infecciosa, la amebiasis, la giardiasis a la alta incidencia de enfermedades gastrointestinales (MINSA, 2015).

Las 120 Familias de la localidad de Isla Soto consumen agua mediante pozos, y el Lago Titicaca. El acarreo de agua lo realizan los niños y adultos que demoran de 15 a 20 minutos, trasladando en balde y bidones de 15 y 20 dependiendo de la distancia de las viviendas al pozo. El acarreo de agua lo realizan en recipientes como baldes, bidones, estas son depositadas en recipientes como cilindros y bidones de 5 Galones, estas se encuentra en condiciones inadecuadas y expuestas a la caídas de basura, manipuleo de los niños con las manos y expuestas a la contaminación, la tarea del acarreo de agua lo realizan por lo general los niños y madres de familia.

Del planteamiento del problema se tiene las siguientes preguntas:

### **Pregunta General**

¿Cómo Aplicar la energía solar en la línea de impulsión de sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de isla soto?

### **Preguntas Específicas:**

¿Cuáles son los estudios básicos de ingeniería, para Aplicar la energía solar en la línea de impulsión de sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de isla soto?

¿Cuáles son los criterios de diseño para el diseño de la línea de impulsión aplicando la energía solar para el sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de isla soto?

¿Qué aspectos que deberán considerarse para el dimensionamiento del generador fotovoltaico, para el sistema abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de isla soto?

¿Cuánto será los **costos de operación y mantenimiento** para el abastecimiento de agua potable y eliminación de excretas en la Localidad de isla soto?

### 1.1 Formulación del Problema

Para que la población de la Localidad de Isla Soto tenga los servicios de saneamiento al 100%, el problema identificado es: **“CARENCIA DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LA LOCALIDAD DE ISLA SOTO”**. Para ello se requiere contar con el proyecto propuesto en la investigación.

## II. ANTECEDENTES

En la localidad de Isla Soto, la falta del servicio de saneamiento ha sido una de las necesidades primordiales, las autoridades locales mostraron su preocupación para contar con este servicio, sin embargo la falta del servicio de energía Eléctrica, ha hecho de que no se concrete con este anhelo de los pobladores de esta localidad.

En el distrito de Conima cuenta con servicios de agua potable con sistemas de bombeo fotovoltaico, y son los siguientes:

“Mejoramiento Y Ampliación Del Servicio De Agua Potable Y Saneamiento Básico Integral En La Parcialidad De Siani, Distrito De Conima, Provincia De Moho – Puno”, Código SNIP N°. 232043, Número de los Beneficiarios Directos: 224 Habitantes. **Objetivo del Proyecto de Inversión Pública:** Disminución De La Incidencia De Enfermedades Estomacales, Intestinales, Parasitarias Y Dérmicas En La Parcialidad de Siani, **Monto fase de viabilidad:** s/. 478,237.13. (SOSEM, 2012).

Municipalidad Distrital de Amantani “Construcción, Instalación Del Sistema De Agua Potable De La Isla Taquile, Distrito De Amantani - Puno – Puno” con código SNIP N°. 61947. Número de los Beneficiarios Directos: 2,393 Habitantes, Objetivo del Proyecto de Inversión Pública: “Disminución de la incidencia de enfermedades diarreicas infectocontagiosas y parasitarias en Taquile”, “Monto de inversión Modificado: 884,452.00, “registro en fase de inversión, del sistema nacional de inversión pública. (SOSEM, 2011).

Municipalidad Distrital de Chupa “Instalación Del Sistema De Agua Potable Y Letrinas En La Localidad De Sacanajachi, Distrito De Chupa - Azángaro – Puno” SNIP: N°. 196226. Número de los Beneficiarios Directos: 240.Habitantes, Objetivo del Proyecto de Inversión Pública: **disminución de enfermedades infecciosas intestinales en la población de la Localidad de Sacanajachi del Distrito de Chupa.** Monto fase de viabilidad: s/. 551,185.52 (SOSEM, 2011).

### **Primeros proyectos fotovoltaicos (fotovoltaicos) en el Perú.**

El primer proyecto de electrificación rural FV (Fotovoltaica) en el Perú fue un proyecto de la cooperación técnica alemana que instaló en 1986 - 96 en el Departamento Puno cerca de 500 Sistemas Fotovoltaicos, en un marco “pre-comercial “(subsidiados). Durante la evaluación del proyecto que el CER-UNI ha realizado 10 años después del inicio del proyecto, se observó que todos los usuarios eran muy contentos con esta tecnología y que los Sistemas Fotovoltaicos visitados han seguido en operación.

Posteriormente, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) ha instalado entre 1995 y 1998 un total de 1500 Sistemas Fotovoltaicos en diferentes regiones del Perú, mayormente en

Localidades de la selva y muy dispersa. Inicialmente el MEM planteó que el proyecto debe incentivar a empresarios privados para invertir en proyectos fotovoltaicos bajo un esquema de mercado. Finalmente se optó de dar al proyecto un objetivo social, pidiendo al beneficiario solamente una contribución para los costos de mantenimiento del Sistemas Fotovoltaicos a su disposición. Estos Sistemas Fotovoltaicos están ahora propiedad de la empresa estatal ADINELSA, quién la administra con un modelo tarifaria y, para facilitar la administración, ha creado en cada Localidad una asociación de usuarios.

Además El Perú tiene la 1ra central fotovoltaica de Sudamérica Con el fin de contar con una nueva fuente de energía renovable, se inauguró en el distrito de La Joya (Arequipa) la central fotovoltaica Repartición , primera de este tipo en el Perú como en Sudamérica.

La central usa energía solar para generar 22 megavatios y 40 megavatios en sus dos etapas, y producirá electricidad para 8 mil habitantes de la región. La obra fue ejecutada por española T-Solar.

La planta está instalada en más de 210 hectáreas en ambas plantas. La radiación es captada por los paneles y canalizada por una línea energética hasta los transformadores. La cantidad de energía aportada al sistema nacional de generación eléctrica beneficiaría aproximadamente a unos 80 mil peruanos.

#### **Sistema Solar Fotovoltaico en el Fundo Ecológico Samaca.**

El FUNDO SAMACA, situado en el bajo río Ica entre Ocucaje y el mar, produce alimentos orgánicos de alta calidad sin efectos negativos al clima ni al ambiente.

En vista de la excelente ubicación con alta radiación solar, se instaló un sistema fotovoltaico de 96kWp para mejorar y extender su sistema de riego. No existe una conexión a la red pública y la electricidad era producida por un solo aerogenerador de 7.5kW. El sistema solar reemplaza las motobombas de diésel y proporciona todo el fundo con electricidad. Esto incluye las bombas con una potencia total de 70hp, el sistema de osmosis inversa para el agua potable, diferente maquinaria para la producción, la administración, cocina y la luz común de las viviendas.

Las bombas, alimentadas por energía solar, transportan el agua a un reservorio que permite el riego por gravedad. Este almacenamiento del agua reduce eficientemente la necesidad de guardar energía en baterías. Con la disponibilidad en el reservorio, el riego es independiente de la corriente eléctrica generada en el momento. Ni algunos días de poca radiación, ni el mantenimiento o posibles reparaciones afectan el riego. Aquí se discuta opciones para el bombeo solar.

El sistema es capaz de una producción anual de 179,000kWh de energía con un ahorro potencial de más de 30,000 litros de diésel. Se evita 82 toneladas de dióxido de carbono. (Volt, 2010).

**FIGURA 1:** Sistema Solar Fotovoltaico en el Fundo Ecológico Samaca



#### **Estudios e investigaciones:**

Emilio Javier Aqueveque Medina; Tesis de grado “BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO EN CERRO CALÁN UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA” Universidad De Chile Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento De Ingeniería Civil, objetivos de Investigación, Proyectar la elevación de agua para riego desde el canal Lo Fontecilla hasta la cima del Cerro Calán mediante energía solar fotovoltaica.

Ana María Cerdán Cabrea; DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR-EÓLICO PARA CONSUMO DE AGUA EN CABAÑAS ECOTURÍSTICAS EN LA PITAYA, VERACRUZ, MÉXICO. Universidad Internacional de Andalucía, año 2011, realiza el diseño de un sistema de bombeo en base a energía solar, que beneficia a 320 familias.

### III. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En la actualidad la Localidad de Isla Soto tiene limitado acceso a los servicios de agua y saneamiento y el incremento de enfermedades gastrointestinales, entonces, las consecuencias que sufrirán las familias serán muchas, tendrán un gasto económico y de tiempo en su salud, y muchas veces llegarán a la mortandad. Donde los más afectados son las familias de bajos ingresos económicos, realizando un gasto económico para los medicamentos y el tratamiento de las diferentes enfermedades que se presentan a causa del consumo de agua no tratada y defecación al aire libre. Y las malas prácticas de higiene de la población.

Con el presente trabajo de investigación “APLICACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LOCALIDAD DE ISLA SOTO.” Se mejorará la accesibilidad a los servicios de agua y saneamiento de calidad. Los habitantes de la localidad consumirán agua potable de mejor calidad de la que consumían en la situación sin proyecto, Así mejorará la vida de los pobladores. Esto sin duda se ve reflejado en una menor incidencia de enfermedades de origen sanitario e hídrico en un ahorro en los costos de tratamiento de dichas enfermedades. Así tenemos los siguientes beneficios.

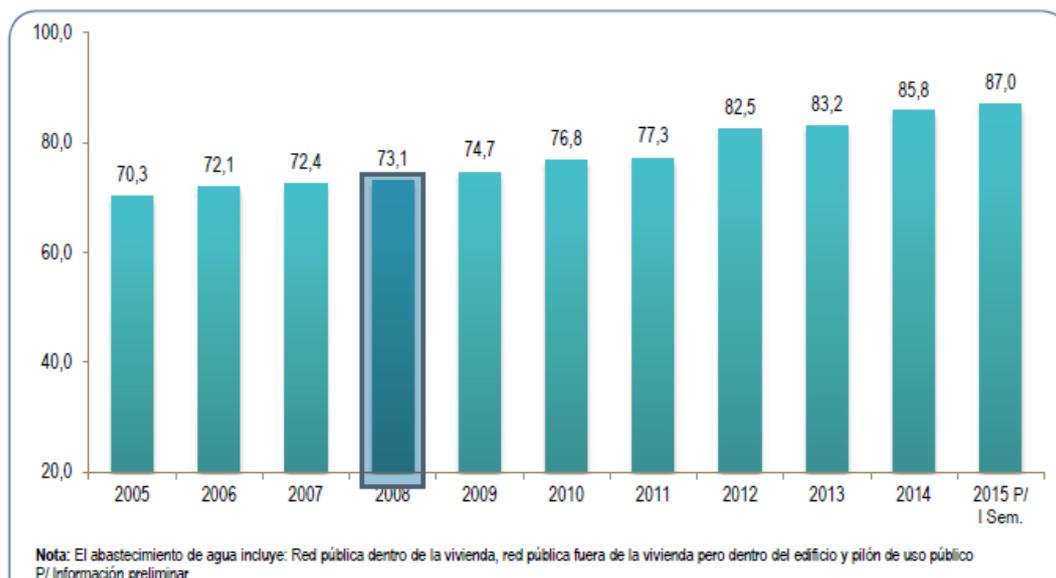
- ✓ Consumo de agua de buena calidad potabilizada.
- ✓ Menores gastos en la salud de la población.
- ✓ Bajos niveles de morbilidad de la población.
- ✓ Mejores niveles de vida de la población.
- ✓ Baja incidencia enfermedades estomacales parasitarias en la población beneficiaria.
- ✓ Mayor tiempo para realizar actividades cotidianas de la población
- ✓ Reducen considerablemente los agentes patógenos minimizando la posibilidad de enfermedades diarreicas.

Mediante el presente proyecto se pretende demostrar el uso de la energía solar para sistemas de bombeo de aguas para diferentes propósitos que pueden ser sistemas de abastecimiento de aguas, sistemas de riego, etc.

#### 3.1.1 Justificación técnica.

“El saneamiento básico es considerado un importante indicador para medir la pobreza, por incluir al acceso adecuado al agua y a los servicios de saneamiento. La escasez nace de la desigualdad, la pobreza y el poder y no en la carencia de la disponibilidad física del agua”.

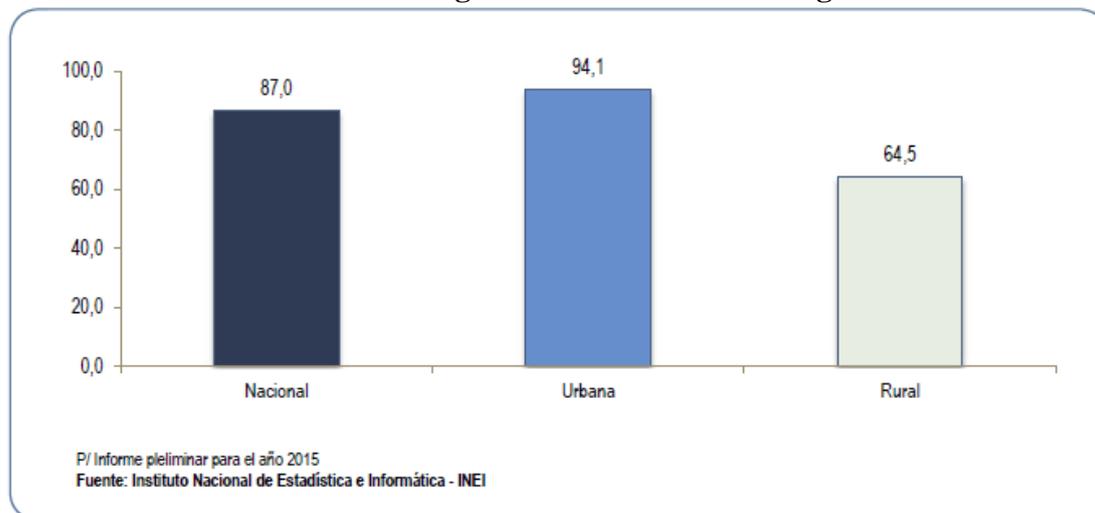
**FIGURA 2: Cobertura de Agua Potable en el Perú.**



*Fuente: Instituto nacional De Estadística e Informática*

En la Figura 3: se muestra la cobertura de agua potable en el Perú, desde el año 2005 hasta el año 2015, podemos observar que en el año 2015 la cobertura de agua potable es de 87%.

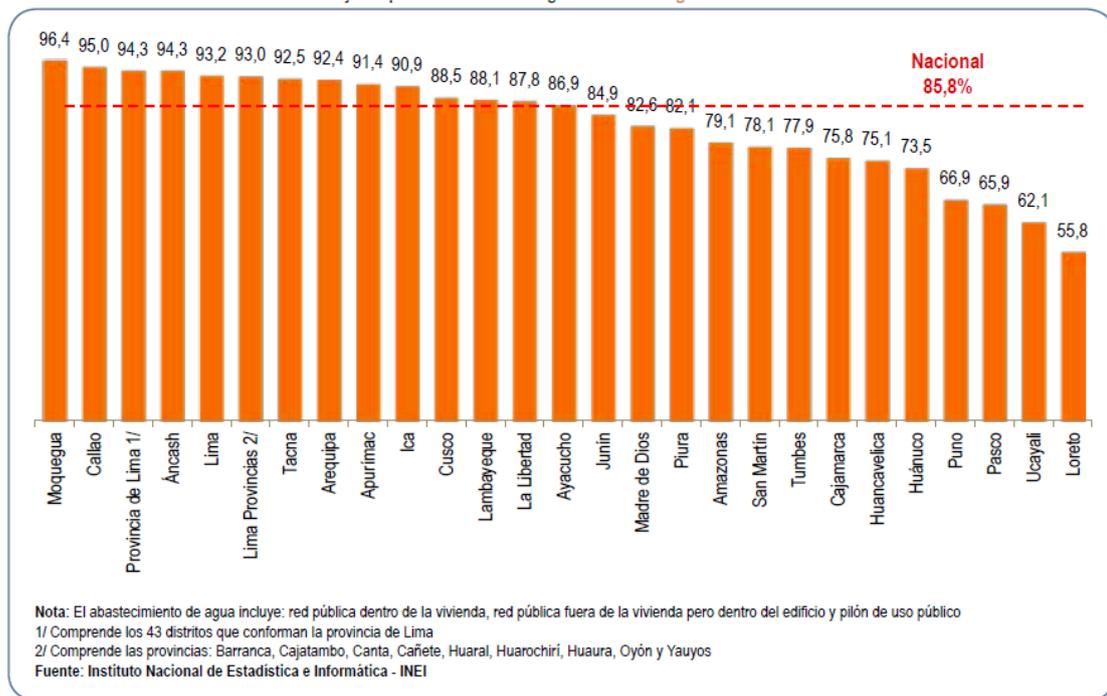
**FIGURA 3: Cobertura De Agua Potable En El Perú Según Área De Residencia**



*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.*

En la Figura 3: se muestra la cobertura de agua potable según área de residencia, y se tiene una cobertura urbana de 94.1% y en la área rural se tiene una cobertura de 64.5 %

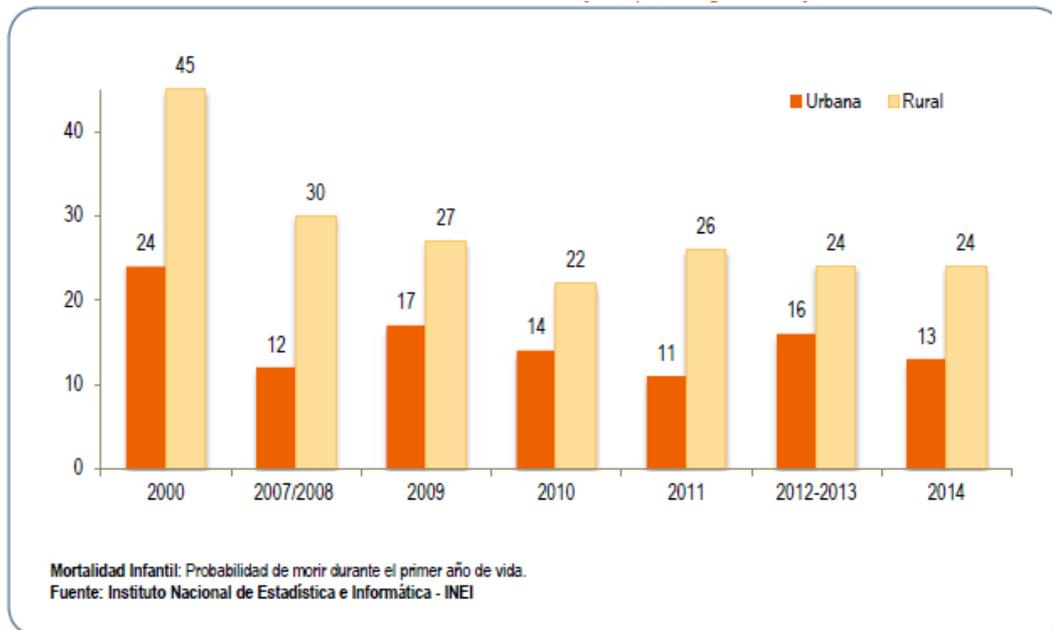
**FIGURA 4: Cobertura de Agua Potable Según Departamentos.**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

En la Figura 4. Se observa la cobertura de agua potable en la región Puno es de 66.9%, esto significa que un 30.1%, de población no cuenta con instalación de agua potable en domicilio.

**FIGURA 5: Tasa de Mortalidad Infantil Según Área de Residencia**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

a) En el Perú actualmente tiene más de 7 millones de personas sin acceso a agua potable lo cual alcanza una cobertura de 87 %, y en zonas rurales alcanza una cobertura de 64.5% al año 2015.

b) En el Perú actualmente tiene más de 10 millones de personas sin acceso a Saneamiento lo cual alcanza una cobertura de 66.2%, y en zonas rurales alcanza una cobertura de 9.4% al año 2011.

c) Esto incide directamente en el ámbito rural en:

“El indicador de mortalidad infantil en la **figura 5**: que tiene un promedio nacional de 98.3% significa de cada 1000 niños que nacen 17 mueren, en zona rural 24 niños mueren y en zonas urbanas 13 niños nacen muerto, según datos del INEI.

Elevada presencia de enfermedades gastrointestinales, frente a las cuales los niños menores de cinco años son extremadamente vulnerables.

Inasistencia a las escuelas debido a las enfermedades gastrointestinales.

Pérdida de horas-hombre laborales y disminución de la productividad por enfermedades vinculadas a la carencia de servicios de agua y saneamiento” Además, en esta tesis se estudiará y se analizará una de las aplicaciones de gran importancia de la energía solar fotovoltaica, que es el sistema de bombeo solar de agua. Estos tipos de sistemas pueden dar solución a los problemas que se presentan en las zonas donde no se dispone de un suministro de energía convencional, o esta no es fiable. También estos sistemas presentan grandes cualidades en su utilización, por ejemplo, tiene una larga vida útil, un mantenimiento reducido, alto rendimiento, fiabilidad y costos de funcionamiento bajos.

El trabajo de investigación que se realiza servirá como texto de apoyo y consulta para los proyectistas en saneamiento básico, otros Profesionales de la rama y estudiantes de la facultad de Ingenierías, para futuros estudios y/o proyectos relacionados al presente tema. En el marco del sistema nacional de inversión pública.

### **3.1.2 Justificación Social.**

El trabajo de investigación es de fundamental importancia y utilidad, porque permite que las entidades públicas en el área de unidad formuladora, los funcionarios al momento de integrarse a una entidad sepan los beneficios de los proyectos de inversión pública en saneamiento básico con aplicación de tecnologías actuales como son las energías renovables. Que en su costo, operación y mantenimiento son bajos para el poblador de la zona Rural.

### **3.1.3 Justificación Ambiental.**

Por estas razones, el propósito principal de la realización de esta tesis es presentar y dar a conocer una de las alternativas para la solución ideal de estos problemas, que en este caso será la energía solar fotovoltaica, ya que ésta usa como fuentes de energía, el Sol, que constituye una alternativa con todas esas propiedades deseables para su explotación en beneficio del

hombre: no cuesta, no contamina el medio ambiente, es de fácil manejo y su potencia disponible es alta (1000 Watts/m<sup>2</sup>).

En la Localidad de Isla Soto, del distrito de Conima, existe contaminación en el agua de Consumo Humano también una inapropiada eliminación de excretas e inadecuados hábitos de higiene y una educación sanitaria deficiente lo que conlleva a que tengan deficientes condiciones de salubridad.

Existen fuentes de aguas tanto superficiales como subterráneas que pueden ser aprovechados de mejor forma y complementado con sistema de eliminación de excretas además de un entrenamiento a la población en prácticas de higiene pueden mejorar sus condiciones de salubridad.

## IV. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 4.1 Bases Teóricas

#### 4.1.1 Distribución del agua en la naturaleza

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

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

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

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

#### 4.1.2 Constitución De Hidrosfera

- El agua de la hidrosfera se reparte entre varios compartimentos que en orden de mayor a menor volumen son:
- Los océanos, que cubren dos tercios de la superficie terrestre con una profundidad típica de 3000 a 5000 metros.
- Los glaciares que cubren parte de la superficie continental. Sobre todo los dos casquetes glaciares de Groenlandia y la Antártida, pero también glaciares de montaña y volcán, de menor extensión y espesor, en todas las latitudes.
- Las banquisas, capas de hielo marino flotante de entre 1 y 20 metros de espesor.
- La escorrentía superficial, un sistema muy dinámico formado por ríos y lagos.
- El agua subterránea, que se encuentra embebida en rocas porosas de manera más o menos universal.
- En la atmósfera en forma de vapor de agua y nubes.
- En la biosfera, formando parte de plantas, animales y seres humanos.

El contenido total de agua del planeta se estima en 1400 trillones de litros, aproximadamente  $1,4 \times 10^{21}$  kg. La mayor parte, un 97,23 %, la almacenan los océanos y los casquetes polares un 2,15 %; los acuíferos, la verdadera reserva para el hombre, un 0,61 %. Los lagos encierran el 0,009 %, mientras que la cifra desciende en los mares interiores a un 0,008 %. La humedad del suelo acumula el 0,005 % la atmósfera el 0,001 % y los ríos tan sólo 0,0001 % del total. Esta

cantidad ha estado circulando siempre por la Tierra, originando y conservando la vida en ella. Disponemos actualmente de la misma cantidad de la que disfrutaban los dinosaurios hace 65 millones de años.

El agua no se renueva a la misma velocidad en cada uno de los compartimentos. o hace muy rápidamente en la atmósfera, donde se renueva completamente unas 34 veces al año; es decir, se incorpora a la atmósfera, por evaporación, y sale de ella, principalmente en forma de lluvia, tanta agua como la que como media contiene, en sólo 10 días. El océano, por el contrario recibe y cede cada año sólo un 0,27‰ de su volumen, lo que implica que necesita unos 3700 años para renovarse por completo.

**Tabla 1: Contenido de Agua en el Planeta**

RECUSOS HIDRICOS	VOLUMEN EN KM2	PORCENTAGE
Agua en los océanos	1,370,323,000.00	93.96%
Aguas subterráneas	60000000	4.41%
Aguas interiores, incluyendo glaciares	4000000	1.65%
En aguas de agua dulce y salada de los Cuales en los embalses	24,000,000.00	1.90%
Humedad del suelo	280000	0.006%
Agua en la atmosfera	5000	0.001%
Agua en los ríos	85,000.00	0.0001%
<b>total de agua en la hidrosfera</b>	<b>1,454,193,000.00</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente 1: (Villanova, 2006).*

#### 4.1.3 El Ciclo Hidrológico

Existe un trasvase continuo de agua entre los diferentes compartimentos de la hidrosfera movido por la energía solar y la fuerza de la gravedad, constituyéndose un circuito prácticamente cerrado denominado ciclo hidrológico, que pone en movimiento grandes cantidades de agua y de energía. Ver Tabla N° 1

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

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

Corrientes ascendentes de aire llevan el vapor a las capas superiores de la atmósfera, donde la menor temperatura causa que el vapor de agua se condense y forme las nubes. Las corrientes de aire mueven las nubes sobre el globo, las partículas de nube colisionan, crecen y según el grado de enfriamiento, dan lugar a precipitaciones sólidas o líquidas, que caen sobre la

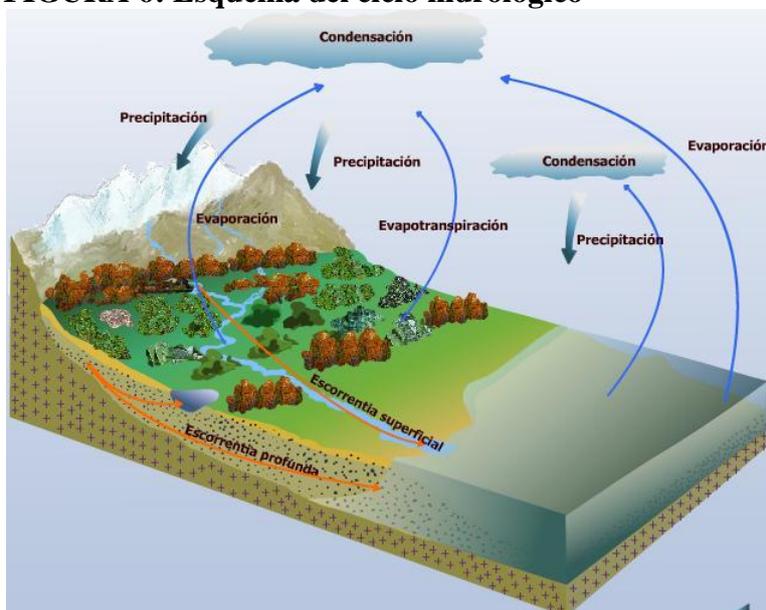
superficie terrestre gracias a la fuerza de la gravedad. Las precipitaciones pueden caer directamente sobre los océanos, o pueden caer sobre los continentes y, en este último caso, el agua puede seguir diversos caminos.

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

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

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

**FIGURA 6: Esquema del ciclo hidrológico**



Fuente: Wikipedia página [https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_hidrol%C3%B3gico](https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_hidrol%C3%B3gico).

#### 4.1.4 Usos Y Características Del Agua Potable

##### 4.1.4.1 Usos Del Agua

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

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

- Uso para consumo doméstico: Comprende el consumo de agua en nuestra alimentación, en la limpieza de nuestras viviendas, en el lavado de ropa y en nuestra higiene.
- Uso para consumo público: En la limpieza de las calles de ciudades y pueblos, en las fuentes públicas, ornamentación, riego de parques y jardines, otros usos de interés comunitario, etc.
- Uso en agricultura y ganadería: En agricultura, para el riego de los campos; en ganadería, como parte de la alimentación de los animales; y, en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado.
- Uso en la industria: En las fábricas, en el proceso de fabricación de productos, en los talleres y en la construcción.
- Uso como fuente de energía: Aprovechamos el agua para producir energía eléctrica (en centrales hidroeléctricas situadas en los embalses de agua). En algunos lugares se aprovecha la fuerza de la corriente de agua de los ríos para mover máquinas (molinos de agua, aserradero, etc.).
- Uso como vía de comunicación: En los mares, ríos y lagos, enormes embarcaciones pueden llevar las cargas más pesadas que no pueden ser transportadas por otros medios.
- Uso recreativo: En los ríos, en el mar, en las piscinas y lagos, practicamos un gran número de deportes: vela, submarinismo, windsurf, natación, esquí acuático, waterpolo, piragüismo, etc., y pasamos parte de nuestro tiempo libre disfrutando del agua o, simplemente, contemplando y sintiendo su belleza en los ríos, las cascadas, los arroyos, las olas del mar, etc.

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

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

**En las zonas rurales el agua tiene los siguientes usos:**

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

Los datos sobre el uso diario del agua por habitante, son importantes para realizar estimados que se aproximen a la demanda de agua de un poblado; es por ello, que se presenta una relación del uso típico del agua con fines domésticos para diferentes tipos de sistemas de abastecimiento de agua en poblados rurales. Ver Tabla 2.

**Tabla 2: Uso típico del agua con fines domésticos para diferentes tipos de sistemas de abastecimiento de agua en poblados rurales**

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

*Fuente: Pedro Rodríguez Ruiz, abastecimiento de agua*

Los datos indicados en la Tabla 2 incluyen aproximadamente un 20% de tolerancia por pérdida de agua y por derroches.

#### *4.1.4.2 Calidad Física, Química Y Microbiológica Del Agua Para Su Consumo*

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

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

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

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

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

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

- Debe estar libre de organismos patógenos (causantes de enfermedades gastrointestinales).
- No contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo o crónico sobre la salud humana.
- Aceptablemente clara (por ejemplo: baja turbiedad, poco color).
- No salina (salobre).
- Que no contenga compuestos que causen sabor u olor desagradables.

- Que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua, ni que mache la ropa lavada con ella.

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

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

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

Las concentraciones o valores de los parámetros para considerar que el agua es apta para el consumo humano se muestran en la Tablas 3,4 y 5.

**Tabla 3: Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos**

Parámetros	unidad de medida	límite máximo permisible
1 Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2 E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	1 (*)
3 Bacterias Coliformes Termo tolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	2 (*)
4 Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5 Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6 Virus	UFC / mL	0
7 Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano "DS N° 031-2010-SA."

**Tabla 4: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica**

Parámetros	unidad de medida	limite maximo permisible
1 Olor		Aceptable
2 Sabor		Aceptable
3 Color	UCV escala Pt/Co	15
4 Turbiedad	UNT	5
5 ph	Valor de pH	6,5 a 8,5
6 Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500
7 Sólidos totales disueltos	mgL-1	1000
8 Cloruros	mg Cl - L-1	250
9 Sulfatos	mg SO4 = L-1	250
10 Dureza total	mg CaCO3 L-1	500
11 Amoniac	mg N L-1	1.5
12 Hierro	mg Fe L-1	0.3
13 Manganeso	mg Mn L-1	0.4
14 Aluminio	mg Al L-1	0.2
15 Cobre	mg Cu L-1	2
16 Zinc	mg Zn L-1	3
17 Sodio	mg Na L-1	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente 2: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano "DS N° 031-2010-SA."

**Tabla 5: Límites máximos permisibles parámetros químicos inorgánicos y orgánicos**

Parámetros	unidad de medida	limite máximo permisible
1 Antimonio	mg Sb L-1	0,020
2 Arsénico (nota 1)	mg As L-1	0,010
3 Bario	mg Ba L-1	0,700
4 Boro	mg B L-1	1,500
5 Cadmio	mg Cd L-1	0,003
6 Cianuro	mg CN- L-1	0,070
7 Cloro (nota 2)	mg L-1	5
8 Clorito	mg L-1	0.7
9 Clorato	mg L-1	0.7
10 Cromo total	mg Cr L-1	0,050
11 Flúor	mg F- L-1	1,000
12 Mercurio	mg Hg L-1	0,001
13 Niquel	mg Ni L-1	0,020
14 Nitratos	mg NO3 L-1	50,00
15 Nitritos	mg NO2 L-1	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16 Plomo	mg Pb L-1	0,010
17 Selenio	mg Se L-1	0,010
18 Molibdeno	mg Mo L-1	0,07
19 Uranio	mg U L-1	0,015
1 Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2 Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL-1	0,01
3 Aceites y grasas	mgL-1	0,5
4 Alacloro	mgL-1	0,020
5 Aldicarb	mgL-1	0,010
6 Aldrín y dieldrín	mgL-1	0,00003
7 Benceno	mgL-1	0,010
8 Clordano (total de isómeros)	mgL-1	0,0002
9 DDT (total de isómeros)	mgL-1	0,001
10 Endrin	mgL-1	0,0006
11 Gamma HCH (lindano)	mgL-1	0,002
12 Hexaclorobenceno	mgL-1	0,001
13 Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL-1	0,00003
14 Metoxicloro	mgL-1	0,020
15 Pentaclorofenol	mgL-1	0,009
16 2,4-D	mgL-1	0,030
17 Acrilamida	mgL-1	0,0005
18 Epiclorhidrina	mgL-1	0,0004
19 Cloruro de vinilo	mgL-1	0,0003
20 Benzopireno	mgL-1	0,0007

21	1,2-dicloroetano	mgL-1	0,03
22	Tetracloroetano	mgL-1	0,04
23.	Monocloramina	mgL-1	3
24.	Tricloroetano	mgL-1	0,07
25.	Tetracloruro de carbono	mgL-1	0,004
26.	Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL-1	0,008
27.	1,2- Diclorobenceno	mgL-1	1
28.	1,4- Diclorobenceno	mgL-1	0,3
29.	1,1- Dicloroetano	mgL-1	0,03
30.	1,2- Dicloroetano	mgL-1	0,05
31.	Diclorometano	mgL-1	0,02
32.	Ácido edético (EDTA)	mgL-1	0,6
33.	Etilbenceno	mgL-1	0,3
34.	Hexaclorobutadieno	mgL-1	0,0006
35.	Acido Nitrilotriacético	mgL-1	0,2
36.	Estireno	mgL-1	0,02
37.	Tolueno	mgL-1	0,7
38.	Xileno	mgL-1	0,5
39.	Atrazina	mgL-1	0,002
40.	Carbofurano	mgL-1	0,007
41.	Clorotoluron	mgL-1	0,03
42.	Cianazina	mgL-1	0,0006
43.	2,4- DB	mgL-1	0,09
44.	1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL-1	0,001
45.	1,2- Dibromoetano	mgL-1	0,0004
46.	1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL-1	0,04
47.	1,3- Dicloropropeno	mgL-1	0,02
48.	Dicloroprop	mgL-1	0,1
49.	Dimetato	mgL-1	0,006
50.	Fenoprop	mgL-1	0,009
51.	Isoproturon	mgL-1	0,009
52.	MCPA	mgL-1	0,002
53.	Mecoprop	mgL-1	0,01
54.	Metolacloro	mgL-1	0,01
55.	Molinato	mgL-1	0,006
56.	Pendimetalina	mgL-1	0,02
57.	Simazina	mgL-1	0,002
58.	2,4,5- T	mgL-1	0,009
59.	Terbutilazina	mgL-1	0,007
60.	Trifluralina	mgL-1	0,02
61.	Cloropirifos	mgL-1	0,03
62.	Piriproxifeno	mgL-1	0,3
63.	Microcistin-LR	mgL-1	0,001
64.	Bromato	mgL-1	0,01

65. Bromodiclorometano	mgL-1	0,06
66. Bromoformo	mgL-1	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL-1	0,01
68. Cloroformo	mgL-1	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL-1	0,07
70. Dibromoacetónitrilo	mgL-1	0,07
71. Dibromoclorometano	mgL-1	0,1
72. Dicloroacetato	mgL-1	0,05
73. Dicloroacetónitrilo	mgL-1	0,02
74. Formaldehído	mgL-1	0,9
75. Monocloroacetato	mgL-1	0,02
76. Tricloroacetato	mgL-1	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol	mgL-1	0,2

*Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano “DS N° 031-2010-SA.”*

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL-1.

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL-1.

**Nota 3:** La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodiclorometano}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1 \text{ LMP}_{\text{Cloroformo}}$$

Donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

**Tabla 6: Límites máximos permisibles de parámetros radioactivos**

Parámetros	unidad de medida	limite maximo permisible
1 Dosis de referencia total (nota 1)	mSv/año	0,1
2 Actividad global c	Bq/L	0,5
3 Actividad global d	Bq/L	1,0

*Fuente 3: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano “DS N° 031-2010-SA.”*

Nota 1: Si la actividad global  $\alpha$  de una muestra es mayor a 0,5 Bq/L o la actividad global  $\beta$  es mayor a 1 Bq/L, se deberán determinar las concentraciones de los distintos radionúclidos y calcular la dosis de referencia total; si ésta es mayor a 0,1 mSv/año se deberán examinar

medidas correctivas; si es menor a 0,1 mSv/año el agua se puede seguir utilizando para el consumo.

#### **4.1.5 Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable**

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

##### *4.1.5.1 Sistema De Abastecimiento De Agua Por Gravedad*

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

Las ventajas principales de este tipo de sistema son:

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

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

##### *4.1.5.2 Sistema De Abastecimiento De Agua Por Bombeo*

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

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

#### 4.1.6 Consideraciones A Seguir Para La Selección Del Sistema De Abastecimiento De Agua.

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

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

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

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

##### 4.1.6.1 Consideraciones Técnicas Para La Selección Del Sistema De Abastecimiento De Agua

- a) **Dotación:** Pedro Rodríguez Ruiz (2001, Pág. 34) define La dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas. Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificara su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación como se muestra en el Tabla Nro. 7.

**TABLA 7: DOTACIONES EN ZONAS RURALES.**

TIPO	COSTA	SIERRA	SELVA
Arrastre Hidráulico	90	80	100
Composteras	50 a 60	40 a 50	60 a 70

*Fuente 4: Jorge Guibo, Formulación -Aspectos Técnicos de Saneamiento DGPI - MEF*

- b) **Fuente:** Es indispensable identificar el tipo y procedencia de las fuentes existentes para analizar cuál de todas es la más conveniente.
- c) **Rendimiento de la fuente:** Determina la cantidad y disponibilidad de agua que puede ser destinada al abastecimiento de agua, y permite definir el nivel de servicio al que puede acceder la Localidad a ser beneficiada.
- d) **Ubicación de la fuente:** La fuente de agua puede estar ubicada por encima o por debajo de la localidad y permite definir si el abastecimiento es por gravedad o por bombeo.

#### 4.1.6.2 Consideraciones sociales para la selección del sistema de abastecimiento de agua.

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

#### *4.1.6.3 Consideraciones Económicas Para La Selección Del Sistema De Abastecimiento De Agua.*

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

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

#### **4.1.7 Estudios y parámetros básicos de diseño para sistemas de bombeo de agua potable**

Para diseñar una estación de bombeo de agua potable, previamente se deben conocer los siguientes aspectos:

- a) Fuente de abastecimiento de agua: superficial (cisterna de agua) o subterránea (pozo perforado).
- b) Lugar a donde se impulsará el agua: reservorio de almacenamiento o la red de distribución.
- c) Consumo de agua potable de la población y sus variaciones.
- d) Población beneficiada por el proyecto: actual y futura.
- e) Características geológicas y tipo de suelo del área de emplazamiento de la cámara de bombeo.
- f) Nivel de conocimiento de la población de operar el sistema.

##### *4.1.7.1 Aducción por bombeo*

Freddy Marlo Magne Ayllon (2008, Pág. 118) denomina aducción por bombeo al conjunto de elementos estructurales, equipos dispositivos tuberías y accesorios que permiten el transporte de un volumen determinado de agua mediante bombeo desde la obra de captación , hasta la planta de tratamiento tanque de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

##### *4.1.7.2 Elementos de las estaciones de bombeo*

Los componentes básicos de una estación de bombeo de agua potable son los siguientes:

- Caseta de bombeo.
- Cisterna de bombeo.
- Equipo de bombeo.
- Grupo generador de energía y fuerza motriz.
- Tubería de succión.
- Tubería de impulsión.
- Válvulas de regulación y control.
- Equipos para cloración.
- Interruptores de máximo y mínimo nivel.
- Tableros de protección y control eléctrico.
- Sistema de ventilación, natural o mediante equipos.
- Área para el personal de operación.
- Cerco de protección para la caseta de bombeo.

#### *4.1.7.3 Ubicación de la estación de bombeo*

La ubicación de la estación de bombeo debe ser seleccionada de tal manera que permita un funcionamiento seguro y continuo, para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Fácil acceso en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.
- Protección de la calidad del agua de fuentes contaminantes.
- Protección de inundaciones, deslizamientos, huaycos y crecidas de ríos.
- Eficiencia hidráulica del sistema de impulsión o distribución.
- Disponibilidad de energía eléctrica, de combustión u otro tipo.
- Topografía del terreno.
- Características de los suelos.

#### *4.1.7.4 Población de proyecto*

Pedro Rodríguez Ruiz (2001, Pág. 30), indica que para efectuar la elaboración de un proyecto de abastecimiento de agua potable es necesario determinar la población futura de la localidad, así como la clasificación de su nivel socioeconómico dividido en tres tipos, popular media y residencial. Igualmente se debe distinguir si son zonas comerciales o industriales, sobre todo al final del periodo económico de la obra.

La población actual se determinan en base a los datos proporcionados por el instituto nacional de estadística e informática INEI, tomando en cuenta los últimos tres censos disponibles para el proyecto hasta el año de realización de los estudios y proyectos.

En el cálculo de la población del proyecto o futura intervienen diversos factores:

- Crecimiento histórico
- Variación de las tasas de crecimiento
- Características migratorias
- Perspectivas de desarrollo económico

La forma más conveniente para determinar la población futura de un proyecto de una localidad se basa en su pasado desarrollo, tomando de los datos estadísticos del INEI, para el cálculo de la población futura pueden adoptarse modelos matemáticos como son;

### **Método Aritmético.**

Es un método de proyección completamente teórico y rara vez se da el caso de que una población presente este tipo de crecimiento. En la estimación de la población de diseño, a través de este método, sólo se necesita el tamaño de la población en dos tiempos distintos.

La población futura a través de este método se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$Pf = Pa \left( 1 + \frac{r * t}{1000} \right) \quad (4.1)$$

Dónde:

Pf = Población Futura

Pa = población Actual

r = Coeficiente de Crecimiento anual Por 1000 Habitantes.

t = Tiempo en Años.

### **Método Geométrico**

Mediante este método, se asume que el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de ésta. En este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el usado para el método aritmético.

Con la siguiente fórmula se calcula la población futura a través del método geométrico:

$$Pf = Pa(1 + r)^t \quad (4.2)$$

Dónde:

Pf = Población Futura

Pa = población Actual

r = Coeficiente de Crecimiento anual Por 1000 Habitantes.

t = Tiempo en Años.

**Método de la OMS.**

La OMS (Organización Mundial de la Salud) considera una fórmula de tipo geométrico, para el caso de no disponerse de información censal utilizando una razón de crecimiento categorizado en base a la magnitud de la población.

$$Pf = Pa(1 + \frac{P}{100})^t \tag{4.3}$$

Pf = Población Futura

P = Incremento Anual en %.

Pa = población Actual

t = Tiempo en Años.

**Tabla 8: Valor de “incremento anual en %.**

TIPO DE POBLACION	VALOR DE P %
Ciudades Grandes	2.7
Ciudades Pequeñas	3
Poblados y Aldeas	2.2

*Fuente 5: Organización Mundial de la Salud*

*4.1.7.5 Período de diseño.*

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

- Vida útil de los equipos electromecánicos
- Ampliaciones futuras y planeación de las etapas de construcción del proyecto.
- Cambios en el desarrollo social y económico de la población.
- Comportamiento hidráulico de las obras cuando estas no estén funcionando a su plena capacidad.

**Vida Útil de las Estructuras y Equipos**

La vida útil de las diferentes estructuras del sistema de agua potable según el compendio normas de las SUNASS (Volumen II: Normas Técnicas) y el autor Simón Arrocha indica lo siguiente:

**Tabla 9: Periodo de diseño en función a la población**

TIPO DE ESTRUCTURA	SIMON ARROCHA	SUNASS
Obras de Captación	20-40 años	20-40 años
Pozos	2.-30 años	2.-30 años
Estaciones de Bombeo (equipos de bombeo)	5-15 años	5-10 años
Línea de Aducción	20-40 años	.....
Planta de Tratamiento, Reservorios	10-15 años	.....
Tuberías de Conducción y Distribución	20-30 años	20-30 años

*Fuente 6: Simón Arrocha – SUNASS (1970)*

**Ampliaciones Futuras y Planeación**

La fijación de un periodo está íntimamente ligada a factores económicos, la asignación de un periodo de diseño ajustado a otros criterios estará rígida por la dificultad o facilidad de su construcción.

**Cambios de desarrollo social y económico**

El crecimiento y/o el decrecimiento de la población es función de factores económicos, sociales y de desarrollo.

Un sistema de abastecimiento de agua debe propiciar y generar desarrollo, no de frenarlo, esto nos permite señalar que de acuerdo a las tendencias de crecimiento, es conveniente elegir periodos de diseño más largos para crecimientos lentos y periodos de diseño cortos para crecimiento rápidos.

El reglamento nacional de edificaciones y autor Virendel coinciden en indicar los valores de la tabla N° 10.

**Tabla 10: Periodo de diseño de acuerdo a la población**

POBLACIÓN	PERIODO RECOMENDABLE
2000 a 20000 habitantes	15 años
20000 a más Habitantes	10 años

*Fuente 7: Virendel - Abastecimiento de Agua y Alcantarillado.*

**Comportamiento hidráulico de las obras cuando estas no estén funcionando a su plena capacidad.**

Las razones durabilidad y resistencia la desgaste físico es indudable que representa un factor importante para el mejor diseño, pero adicionalmente se harán estimaciones de interés y de costo capitalizado para aprovechar útilmente la inversión hecha.

La determinación de la capacidad del sistema de abastecimiento de agua de una localidad debe de ser dependiente de su costo total de capitalizado. Generalmente los sistemas de

abastecimientos se diseñan y construyen para satisfacer una población mayor que la actual es decir con una población futura.

Estimación del periodo de diseño

Como ya mencionamos de los diferentes factores que depende el periodo de diseño, diversos autores recomiendan periodos de diseño, que a continuación veremos.

**Tabla 11: periodo de diseño recomendado**

Categoría Población	Características		Periodo de Diseño
	Población	servicio	
I	Población Rural, localidades pequeñas, recurso financieros limitados, economía tradicional	función sanitaria y social	corto: 15-25 años
II	para localidades Urbanas en desarrollo socioeconómico	además de la función sanitaria la economía y social	Largo: 25 años a mas Medianos: para partes de regular importancia

*Fuente 8: Seminario sobre diseño de abastecimiento de agua – OPS – OMS*

**Tabla 12: Periodo de diseños recomendado.**

TIPO DE ESTRUCTURA	SIMON ARROCHA
Captación	20-30 años
Equipo de bombeo	10-15 años
Línea De Impulsión	10-15 años
Planta de Tratamiento	20 años
Reservorio	20-30 años
Red de Distribución	10-15 años
Obras de Tratamiento	20-25 años

*Fuente: ministerio de Salud*

#### 4.1.7.6 Variaciones periódicas

Simón Arrocha (1970, Pag. 14) define, la finalidad de un sistema de abastecimiento de agua es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente. A fin de satisfacer razones sanitarias, sociales, económicas y de confort. Propiciando así su desarrollo. Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, diarias y horarias, estas variaciones se pueden expresar en función (%) del consumo medio (Qm).

Simón Arrocha (1970, Pag. 14), dice, este consumo medio diario (Qm) puede ser obtenido:

- Como la sumatoria de las dotaciones asignadas a cada parcela en atención a su zonificación, de acuerdo al plano regulador de cada ciudad.
- Como el resultado de una estimación de consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño.

- Como el promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas.

### **Consumo medio diario promedio anual.**

Simón Arrocha (1970, Pag. 14), define, el consumo medio diario como el promedio de los consumos diarios durante un año de registro, expresándolos en litros/Segundo.

$$Q_m = \frac{P_f * Dot. Dia}{86,400 seg./dia} \quad (4.3)$$

Dónde:

$Q_m$  = Consumo Promedio Diario (Lit/seg.)

$P_f$  = Población Futura (Habitantes).

$Dot.$  = Dotación (Lit/Hab/día).

### **Consumo máximo diario.**

Simón Arrocha (1970, Pag. 15), define “como el día de máximo consumo”, durante estos periodos se registró un día de consumo máximo, lo cual debió ser satisfecho por el acueducto, al extender estas variaciones a todo un año, podemos determinar el día mas critico (Máxima demanda) que debe necesariamente ser satisfecho, ya que de lo contrario originaria situaciones deficitarias para el sistema: este corresponde a la definición dada para el consumo máximo diario este valor relacionado con el consumo medio, ha permitido establecer constantes de diseño apoyado en diversas investigaciones hechas, el  $Q_{md}$ . Se determina multiplicando el caudal medio diario ( $Q_{md}$ ) y el Ceficiente  $K_1$  que varia según als características de la población:

$$Q_{md} = K_1 * Q_m \quad (4.4)$$

$K_1$  = coeficiente de caudal máximo diario  $K_1=1.20$  a  $1.50$  (Simón Arrocha, 1970, Pag.16)

$Q_m$  = Caudal medio diario en Lit/Seg.

### **Caudal Máximo horario.**

Freddy marlo Magne Ayllon (2008, Pag. 155) define, es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. Se determina multiplicando el caudal máximo diario, según Simón Arrocha (1970, Pag. 17), se ha establecido el valor de  $K_2$  comprendido entre 200 a 300 por 100 reconociendo que en las grandes ciudades, con mayor diversificación de actividades, mayor economía, etc.

$$Q_{mh} = K_2 * Q_m \quad (4.5)$$

Dónde:

$K_2$  = 2.00 a 3.00

#### *4.1.7.7 Captación de agua subterránea*

Elegida la fuente de agua e identificada como primer punto del sistema de agua potable, en el lugar de afloramiento se construye una estructura de captación que permita recolectar el agua, para que luego pueda ser conducida mediante las tuberías de conducción hacia el reservorio de almacenamiento.

Roger Agüero Pitman (2003, Pag. 37) dice, el diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación dependerá de la topografía de la zona, de la textura del suelo y de la clase de manantial; buscando no alterar la calidad y temperatura del agua ni modificar la corriente y el caudal natural del manantial, ya que cualquier obstrucción puede tener consecuencias fatales, el agua crea otro cauce y el manantial desaparece.

#### **Captación de un manantial de ladera y concentrado**

Roger Agüero Pitman (2003, Pag. 37) dice, cuando la fuente de agua es un manantial de ladera y concentrado, la captación constara de tres partes: la primera corresponde a la protección del afloramiento, la segunda a una cámara húmeda que sirve para regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger las válvulas de control.

El comportamiento de la protección de la fuente consta de una losa de concreto que cubre toda la extensión o área adyacente al afloramiento de modo que no exista contacto con el ambiente exterior, quedando así sellado para evitar la contaminación. Junto a la pared de cámara existe una cantidad de material granular clasificado, que tiene por finalidad el socavamiento del área adyacente de la cámara y aquietamiento de un material en suspensión, la cámara húmeda tiene un accesorio (canastilla) de salida y un cono de rebose que sirve para eliminar el exceso de producción de la fuente.

#### *4.1.7.8 Capacidad de la estación de bombeo*

La determinación del caudal de bombeo debe realizarse sobre la base de la concepción básica del sistema de abastecimiento, de las etapas para la implementación de las obras y del régimen de operación previsto para la estación de bombeo. Los factores a considerar son los siguientes:

##### **4.1.7.8.1 Periodo de bombeo**

El número de horas de bombeo y el número de arranques en un día, depende del rendimiento de la fuente, el consumo de agua, la disponibilidad de energía y el costo de operación.

Por razones económicas y operativas y disponibilidad de horas sol, es conveniente adoptar un periodo de bombeo de 6 horas diarias máximo, que serán distribuidas en el horario más ventajoso, por tratarse de un sistema de bombeo con planta de generación fotovoltaica.

#### 4.1.7.8 2 Caudal de Bombeo

Freddy marlo Magne Ayllon (2008, Pag. 120) indica, que el caudal de bombeo, se debe determinar bajo los siguientes criterios:

- Si el sistema tiene tanque de almacenamiento, el caudal de bombeo deberá estimarse en función del caudal máximo diario y número de horas de bombeo.
- Si el bombeo se realiza directamente a la red de distribución, el caudal de bombeo debe ser igual al caudal máximo horario, (Qmh).

La determinación del caudal de bombeo, dependerá del rendimiento de la fuente y las limitaciones de energía.

$$Qb = Qb = Qmd * \frac{24}{N} \quad (4.6)$$

Dónde:

**Qb** = Caudal de Bombeo

**N** = Número de Horas de Bombeo

**Qmd.** = Caudal Máximo Diario

#### 4.1.7.8 3 Carga dinámica o altura manométrica total

La altura dinámica puede ser definida como el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Es la suma de la carga de succión más la carga de impulsión:

$$H_b = H_s + H_i \quad (4.7)$$

Donde:

$H_b$  = *Altura dinamica o altura de bombeo en m.*

$H_s$  = *Carga de Succion en m.*

$H_i$  = *ACarga de inpulsion en m.*

#### 4.1.7.8 4 Carga de succión (Hs)

Viene dado por la diferencia de elevación entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente o captación, afectado por la pérdida de carga en el lado de la succión.

$$H_s = h_s + \Delta h_s \quad (4.8)$$

Donde:

$h_s$  = *Altura de succión, esto es, altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior del agua, m.*

$\Delta h_s$  = *Pérdida de carga en las succión, m.*

Debe considerarse que la carga de succión está limitada por la carga neta de succión positiva (NPSH), además, que debe existir un sumergimiento mínimo de la tubería de succión en el agua.

### Carga neta de succión positiva (NPSH)

Cuando el agua fluye a través de la bomba, la presión en la entrada y en la tubería de succión tiende a disminuir debido a las altas velocidades del flujo. Si la reducción va más allá de la presión de vapor del agua, se producirá la vaporización y se formará burbujas de vapor en el seno del líquido.

Estas burbujas son transportadas por el líquido hasta llegar a una región de mayor presión, donde el vapor regresa al estado líquido de manera súbita, "aplastándose" bruscamente las burbujas. Este fenómeno se llama cavitación.

La cavitación se produce principalmente en los alabes del impulsor de la bomba, donde las fuerzas ejercidas por el líquido al aplastar la cavidad dejada por el vapor dan lugar a presiones localizadas muy altas, erosionando su superficie y causando esfuerzos que pueden originar su destrucción. El fenómeno generalmente va acompañado de ruido y vibraciones, dando la impresión de que se tratara de grava que golpea en las diferentes partes de la máquina.

La cavitación además de producir daños físicos y ruidos molestos, puede llegar a reducir de manera considerable el caudal y rendimiento de la bomba.

La carga neta de succión positiva es la diferencia entre la presión existente a la entrada de la bomba y la presión del vapor del líquido que se bombea. Esta diferencia es la necesaria para evitar la cavitación. En el diseño de bombas destacan dos valores de NPSH, el NPSH disponible y el NPSH requerido.

El NPSH requerido es función del diseño de fábrica de la bomba, su valor, determinado experimentalmente, es proporcionado por el fabricante. El NPSH requerido corresponde a la carga mínima que necesita la bomba para mantener un funcionamiento estable. Se basa en una elevación de referencia, generalmente considerada como el eje del rodete.

El NPSH disponible es función del sistema de succión de la bomba, se calcula en metros de agua, mediante la siguiente fórmula:

$$NPSH_{disponible} = H_{atm} - (H_{vap} + H_s + \Delta H_s) \quad (4.9)$$

Donde:

NPSH disponible = Carga neta de succión positiva disponible, m.

$H_{atm}$  = Presión atmosférica, m (véase tabla 1).

$H_{vap}$  = Presión de vapor, m (véase tabla 2).

$h_s$  = Altura estática de succión, m.

$\Delta H_s$  = Pérdida de carga por fricción de accesorios y tubería, m.

Para evitar el riesgo de la cavitación por presión de succión, se debe cumplir que:

$$NPHS_{disponible} > NPHS_{requerida}$$

**Tabla 13: Presión de vapor de agua**

Temperatura		Peso especifico Kg/dm <sup>3</sup>	Presión de vapor (P.V.P)	
C°	F°		M. Abs.	P.SI.Abs
0	32	0.9998	0.062	0.088
5	41	1.000	0.089	0.127
10	50	0.9996	0.125	0.1781
5	59	0.9990	0.174	0.247
20	68	0.9982	0.238	0.338
<b>25</b>	<b>77</b>	<b>0.9970</b>	<b>0.323</b>	<b>0.459</b>
30	86	0.9955	0.432	0.614
35	95	0.9939	0.573	0.815
40	104	0.9921	0.752	1.070
45	113	0.9900	0.977	1.389
50	122	0.9880	1.258	1.789
55	131	0.9857	1.605	2.283
60	140	0.9831	2.031	2.889
70	158	0.977	3.177	4.519
75	167	0.9748	3.931	5.591
80	179	0.9718	4.829	6.869
85	185	0.9687	5.894	8.383
90	194	0.9653	7.149	10.168
95	203	0.9619	8.619	12.259
100	212	0.9583	10.332	14.696

Fuente 9: VICTOR L. STREETER, 1968, *Mecánica De Fluidos*.

**Tabla 14: Disminución de la presión atmosférica**

Altura sobre el nivel del mar		Presión atmosférica (Pa)	
m	ft	m	Pa
0	0	10.33	14.69
250	820	10.03	14.26
500	1640	9.73	13.83
750	2640	9.43	13.41
1000	3280	9.13	12.98
1250	4101	8.83	12.55
1500	4291	8.53	12.13
1750	5741	8.25	11.73
2000	6561	8.00	11.38
2250	73.81	7.75	11.02
2500	8202	7.57	10.68
2750	9022	7.28	10.35
3000	9842	7.05	10.02
3250	10662	6.83	9.71
3500	11483	6.62	9.42
3750	12303	6.41	9.12
4000	13123	6.20	8.82
4250	13943	5.98	8.52
4500	14764	5.78	8.22

Fuente 10: VICTOR L. STREETER, 1968, *Mecánica De Fluidos*

**FIGURA 7: CAVITACIÓN**

Fuente 11: FREDDY MARLO MAGNE AYLLON (2008, Pág. 127)

4.1.7.8 5 Carga de impulsión

Viene dado por la diferencia de elevación entre el nivel de descarga y el eje de la bomba del agua en la fuente o captación.

Donde:

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

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

$H_g$  = Altura geométrica, esto es la diferencia de nivel; (altura estática total)  $H_s + H_d = H_g$

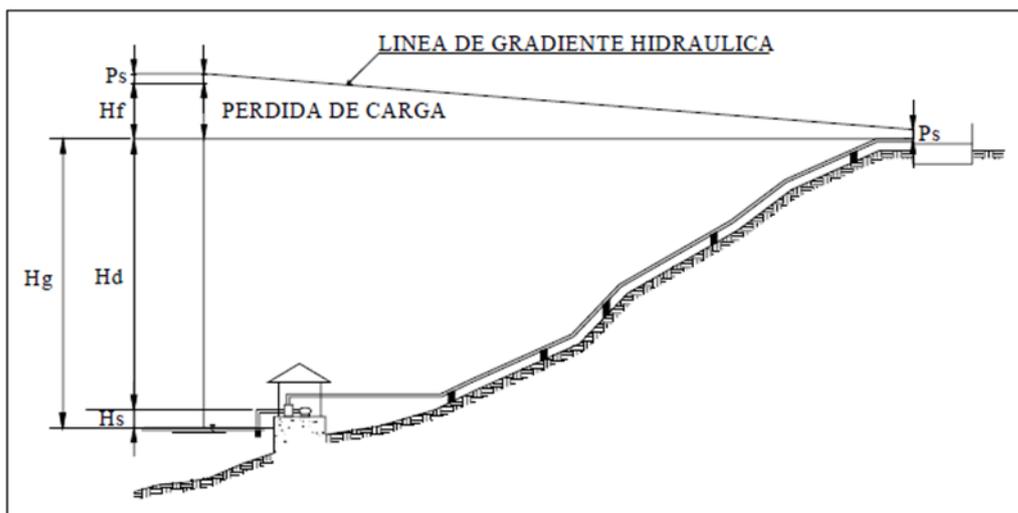
$H_f$ . total = Pérdida de carga (totales).

$P_s$  = Presión de llegada al reservorio (se recomienda 2 m).

$H_t$  = Altura dinámica total en el sistema de bombeo, que corresponde a:

$$H_t = H_d + H_s + H_f + P_s \tag{4.10}$$

**FIGURA 8:**  
**LÍNEA GRADIENTE HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN**



Fuente 12: Roger Agüero Pittman (Agua Potable Para Poblaciones Rurales).

4.1.7.8 6 Cálculo hidráulico y pérdida de carga en tuberías.

Para el cálculo de hidráulico y la determinación de pérdidas de carga en tuberías a presión se pueden utilizar las siguientes formulas:

**a) Formula de Flamant.**

Se expresa por la siguiente ecuación:

$$S_t = \frac{4 * b * v^{7/2}}{D^{3/4}} \tag{4.11}$$

Dónde:

$S_t$  = pérdida de carga unitaria en m/m

$b$  = Coeficiente de Flamant (ver tabla 5.8)

v = Velocidad de Agua en m/s

D = Diámetro interno de la tubería en m.

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{donde } A = \pi r^2 \quad (4.12)$$

**Tabla 15: coeficiente b de flamant.**

Material de la tubería	b
Hierro o Acero	0.00023
Nuevos Metálicos	0.000185
Concreto	0.000185
PVC	0.000140(1)

Fuente 13: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto – Acosta Guillermo

**b) Formula de darcy – Weinsbanch.**

El cálculo de la pérdida de carga distribuida o continua en una tubería o conducto cilíndrico largo se debe efectuar mediante la siguiente formula:

$$h_f = f * \frac{L * V^2}{D * 2 * g} \quad (4.13)$$

Dónde:

$h_f$  = pérdida de carga distribuida o continua en m.

f = Coeficiente de perdida de carga distribuida

L = Longitud de la tubería en m.

V = velocidad media del Flujo en m/s

D = diámetro interno de la tubería

g = Aceleración de la Gravedad (9.81 m/Seg.)

el valor del coeficiente de fricción dependerá del régimen del flujo del agua, la viscosidad y el número de Reynolds. El coeficiente puede ser obtenido del diagrama de Moody expuesto en la Figura diagrama de Mody, calculando el número de Reynolds, y la rugosidad relativa (o coeficiente de colebrok), representadas por:

$$Re = \frac{V * D}{\nu} ; y \quad K = \frac{E}{D} \quad \text{Coeficiente de colebrok.} \quad (4.14)$$

Dónde:

Re = Numero de Reynolds

K = Rugosidad uniforme equivalente o coeficiente de colebrok, depende del tipo de material, véase tabla (15)

$\nu$  = viscosidad cinemática del agua  $m^2/seg.$  (Véase Tabla 16)

$D$  = Diámetro interno de la tubería en m.

$V$  = velocidad media en m/seg.

**Tabla 16: valores de k de Colebrook**

Material	K (mm)
Acero Galvanizado	0.13
Acero soldado c/ revestimiento	0.05
Asbesto Cemento	0.10
Hierro Fundido Nuevo	1
Hierro fundido Usado (15 a 20 años)	1-5
HierroFundido Dúctil c/revestimiento de cemento	0.5
Plástico PVC o polietileno PE	0.01

*Fuente 14: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto – Acosta Guillermo*

Los valores del coeficiente de viscosidad cinemática en función de la temperatura se presentan en la Tabla N° 16.

**Tabla 17: Viscosidad Cinemática del Agua.**

Temperatura (°C)	Peso específico (N/m <sup>3</sup> )	Vicosidad cinematica $10^{-6} \left( \frac{m^2}{Seg.} \right)$
0	9.806	1.792
5	9.807	1.519
10	9.808	1.308
15	9.798	1.141
20	9.789	1.007
25	9.778	0.897
30	9.764	0.804
35	9.764	0.727
40	9.730	0.661
45	9.711	0.605
50	9.690	0.556
55	9.666	0.513
60	9.642	0.447
65	9.616	0.444

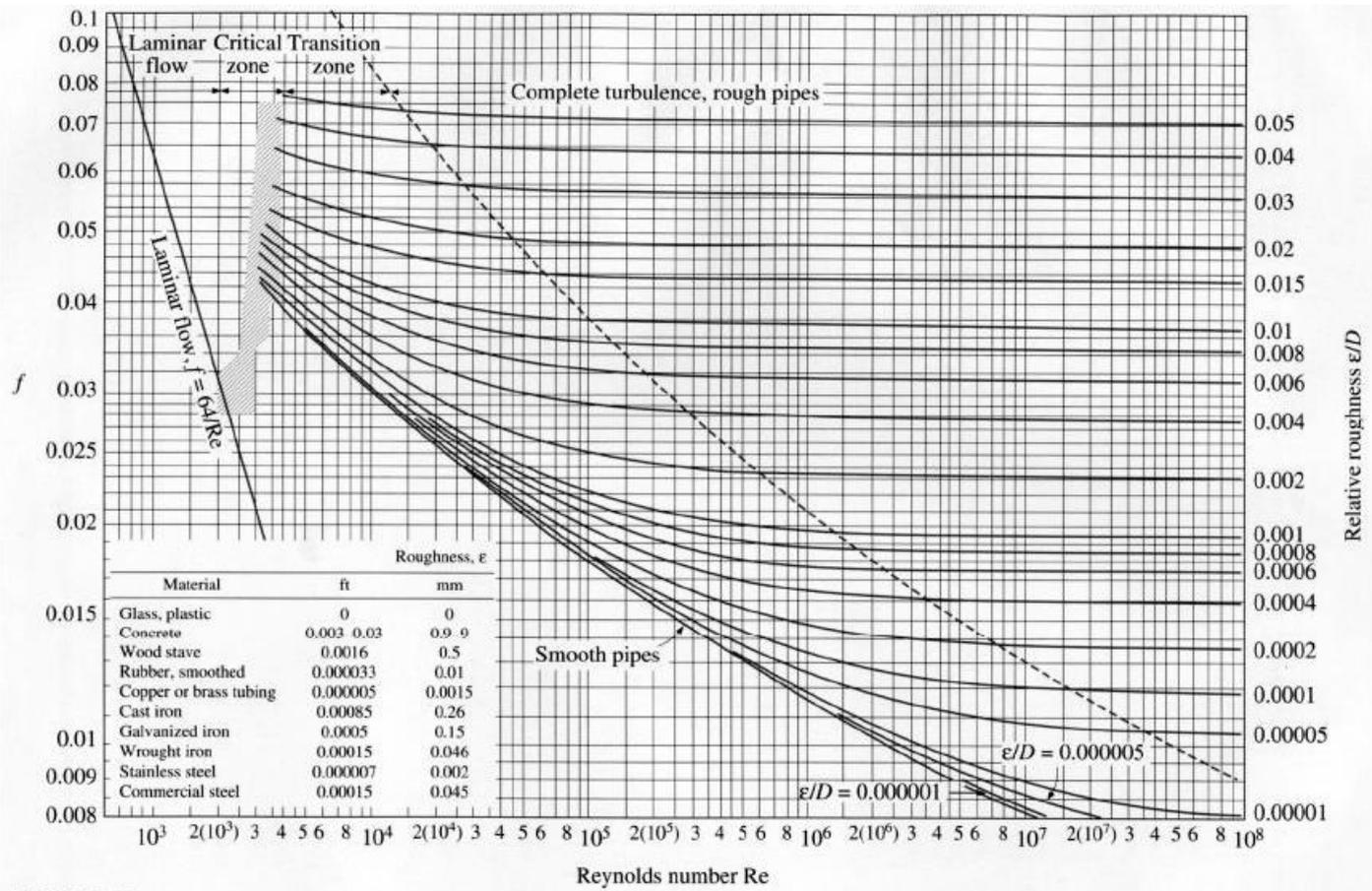
---

70	9.589	0.415
75	9.560	0.390
80	9.530	0.367
85	9.499	0.347
90	9.466	0.328
95	9.433	0.311
100	9.399	0.296

---

*Fuente 15: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto – Acosta Guillermo*

**Tabla 18: DIAGRAMA DE MOODY**



Fuente 16 Manual de Hidráulica, Azevedo Netto – Acosta Guillermo:

### c) Utilizando la fórmula de Hazen Williams.

Es la más empleada por su simplicidad y grado de exactitud, se expresa como.

$$Q = 0.28 * C * D^{2.63} * J^{0.54} \quad (4.15)$$

Dónde:

Q= caudal en m<sup>3</sup>/Seg.

C= coeficiente de Hazen Williams (adimensional véase la tabla N° 5.16)

D= diámetro Interno de la tubería en m.

J= pérdida de carga unitaria o gradiente hidráulico en m/m

J=Hf/L

Hf= pérdida de Carga en m.

L= longitud de tubería en m.

**Tabla 19: valores del coeficiente c de Hazen Williams**

Descripción de la tubería	valor de C
Tuberías rectas muy lisas	140
Tuberías de fundición lisas y nuevas	130
Tuberías de fundición usadas y de acero roblonado nuevas	110
tuberías de alcantarillado vitrificadas	110
tuberías de fundición con algunos años de servicio	100
tuberías de fundición en malas condiciones	80
tuberías de concreto	120
tuberías de plástico	150
tuberías de asbesto - cemento	140

*Fuente 17: Mecánica de fluidos e hidráulica Shaum (Ronald V, Giles Pag. 250) y Abastecimiento de agua y alcantarillado (Terence J. Mc Ghee pag.32).*

#### 4.1.7.9 Cavitación

Freddy Marlo Magne Ayllon (2008, pag.127) define, cuando la presión absoluta en un determinado punto a valores bajo un cierto límite, alcanzando el punto de ebullición y los conductos o piezas (de bombas turbinas o tuberías) pasan a representar en parte bolsas de vapor dentro de la propia corriente, el fenómeno de formación y destrucción de estas bolsas de vapor o cavidades llenas de vapor, se denomina cavitación.

Por otro lado puede también puede ocurrir en cámaras y conductos fijos, en los puntos de presión muy bajos y velocidad muy elevada.

Por otro lado, la cavitación es causa de la corrosión de partículas de metal (Pitting). El criterio adoptado usualmente para el examen de las condiciones de funcionamiento de una instalación

(con vistas a la previsión o eliminación de la cavitación) se debe a toma y se aplica siguiente formula.

$$\sigma = \frac{H_{atm} - (H_{vap} + H_s + \Delta H_s)}{H_b} \quad (4.16)$$

Donde:

H<sub>b</sub> = Altura Tota de la bomba

H<sub>atm</sub> = Presión atmosférica en m.

H<sub>vap</sub> = presión de vapor en m.

H<sub>s</sub> = Altura estática de succión en m.

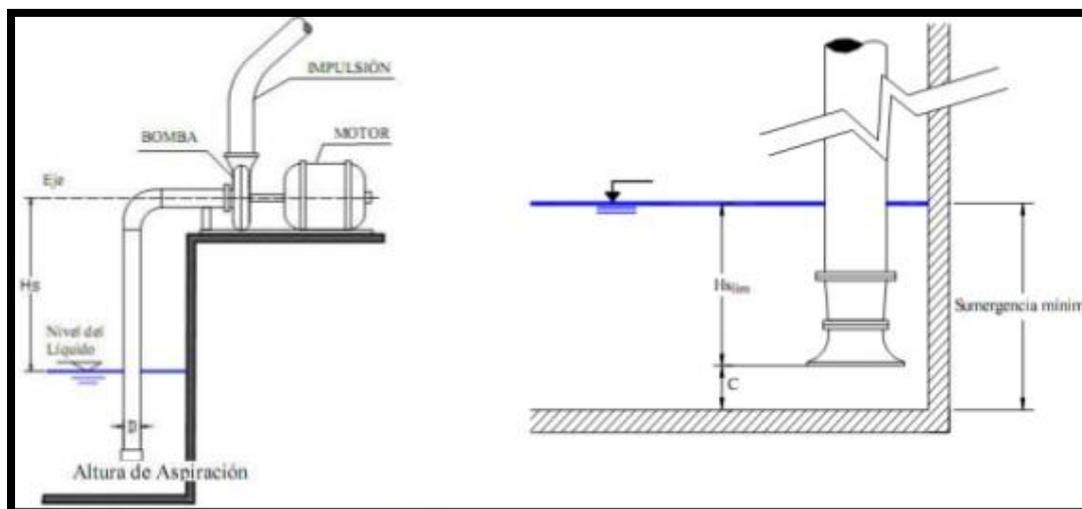
ΔH<sub>s</sub> = perdida de carga por fricción de accesorios y tubería en m.

Siempre que el valor de H<sub>s</sub>. Sea excesivo y resulte un valor indeseable de σ, se puede esperar los efectos de cavitación.

#### 4.1.7.8 7 Sumergencia mínima

Freddy Marlo Magne Ayllon (2008, Pág. 130) define, Cuando se emplean bombas centrífugas de eje horizontal se debe verificar la sumergencia esto es el desnivel entre el nivel mínimo de agua en el cárcamo y la parte superior del colador o criba (ver figura N° 08)

**FIGURA 9:  
SUMERGENCIA MÍNIMA**



*Fuente 18: Freddy Marlo Magne Ayllon (2008, Pág. 131)*

La altura del agua entre el nivel mínimo y la unión de la rejilla, o la boca de entrada a la tubería, debe ser igual o superior a los límites siguientes:

- Para dar cumplimiento a requerimientos hidráulicos. Considerando la velocidad para el caudal de bombeo requerido:

$$\Delta H = \frac{V^2}{2g} + 0.2 \quad (4.17)$$

- Para impedir ingreso de aire, de acuerdo al diámetro de la tubería de succión (d):

$$\Delta H = 2.5d + 0.10 \quad (4.18)$$

- Se seleccionará el valor mayor.

#### 4.1.8 Potencia del equipo de bombeo

El cálculo de la potencia real requerida en un instante dado se calcula con la siguiente fórmula:

$$P(wh) = \frac{Q_b \left( \frac{m^3}{Seg} \right) * H_t(m) * \rho \left( \frac{Kg}{cm^2} \right) * g \left( \frac{m}{Seg} \right)}{\eta} \quad (4.19)$$

**Donde:**

P(wh) = Potencia requerida en un instante dado.

Qb = Caudal de bombeo

Ht = Altura dinámica Total.

P = densidad del agua.

g = peso específico del agua

Y la Energía generada o consumida en un periodo de tiempo está dado por

$$P_w = P(Wats. hora) * N \quad (4.20)$$

N: Número de horas de Bombeo.

#### 4.1.9 Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica.

El bombeo de agua en pequeña escala es una aplicación de mucha trascendencia en el mundo; tiene especial impacto en comunidades rurales donde no hay suministro de energía eléctrica convencional.

Los sistemas de bombeo fotovoltaicos se caracterizan por ser de alta confiabilidad, larga duración y mínimo mantenimiento, lo cual se traduce en un menor costo a largo plazo si se le compara con otras alternativas.

Además no requiere del empleo de un operador y tienen un bajo impacto ambiental (no contaminan el aire o el agua y no producen ruido).

Otra ventaja es que los sistemas son modulares, de manera que pueden adecuarse para satisfacer las necesidades específicas del usuario en cualquier momento.

Estos sistemas son muy sencillos en su operación. Para realizar un proyecto con éxito es necesario entender conceptos como la energía solar fotovoltaica, la hidráulica del sistema y el funcionamiento del conjunto motor-bomba.

Los sistemas activados por el sol representan una solución costeable para muchos usuarios alejados de fuentes convencionales de energía eléctrica. Estos sistemas solares tienen algunas ventajas y desventajas que deben considerar cuidadosamente el proyectista y el usuario.

**Tabla 20: Ventajas y desventajas del bombeo solar**

Ventajas	Desventajas
*No consumen combustible	*Inversión inicial relativamente alta
*Larga vida útil (de 15 a 20 años)	*Acceso a servicio técnico limitado
*Impacto ambiental mínimo	*Producción de agua variable dependiendo de condiciones meteorológicas
* Bajos costos de operación y mantenimiento	

*Fuente 19: Elaboración de propia.*

Disponibilidad del recurso solar.

Puno cuenta con un excelente recurso solar en casi todo su territorio. En la mayor parte de la región, los días son largos y despejados durante el verano. En el campo hay una relación directa a favor del uso de la energía solar: los días de mayor necesidad de agua son aquellos en que el sol es más intenso.

#### 4.1.9.1 La insolación.

Enrique HARPER, (2012, Pág. 231) define “La insolación es la energía proveniente del sol. Una unidad común de insolación es el kWh/m<sup>2</sup>.”

Éste corresponde al valor acumulado de la irradiancia en un tiempo dado. Si el tiempo se mide en horas (h), la insolación tendrá unidades de Watts-hora por metro cuadrado (W-h/m<sup>2</sup>). Generalmente se reporta este valor como una acumulación de energía que puede ser horaria, diaria, estacional o anual (Figura 10). La energía que produce el arreglo fotovoltaico es directamente proporcional a la insolación que recibe.

**Figura 10:** Irradiancia y horas solares pico (insolación) durante un día soleado)



Fuente 20: Guía de Bombeo energía Fotovoltaica, (2010, Pág. 9).

#### 4.1.9.2 Irradiancia.

Enrique HARPER, (2012, Pág. 231) define, la cantidad de radiación solar impactado en un metro cuadrado de la atmosfera de la tierra se conoce como la irradiancia, se mide en Watts por metro cuadrado (w/m2), se mide justos antes de que la radiación solar entre a la atmosfera de la tierra y es de 1366 w/m2. En un día limpio aproximadamente el 30% de la energía radiante del sol es absorbida y convertida en calor o reflejada por el polvo y vapor de agua en la atmosfera de la tierra. En un tiempo, la radiación solar entrante que alcanza un panel solar en un techo se reduce alrededor de 1000 Watts/m2.

Recordando que 1 m2 = 10.000 cm2, y que 1 kW = 1.000 W, se tiene que:

$$un\ SOL = \frac{1\ KW}{m2} = \frac{100\ mW}{cm2} \quad (4.21)$$

Las dos cantidades son usadas, indistintamente, en las especificaciones de paneles fotovoltaicos.

#### 4.1.10 Energía fotovoltaica:

En los sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua, la energía necesaria para accionar la bomba proviene del sol. La energía solar es captada y transformada a energía eléctrica por medio de los dispositivos llamados celdas solares, las cuales son la base de la construcción de los módulos fotovoltaicos.

#### 4.1.11 Conversión De Luz Solar Energía Eléctrica.

##### 4.1.11.1 La Célula Fotovoltaica.

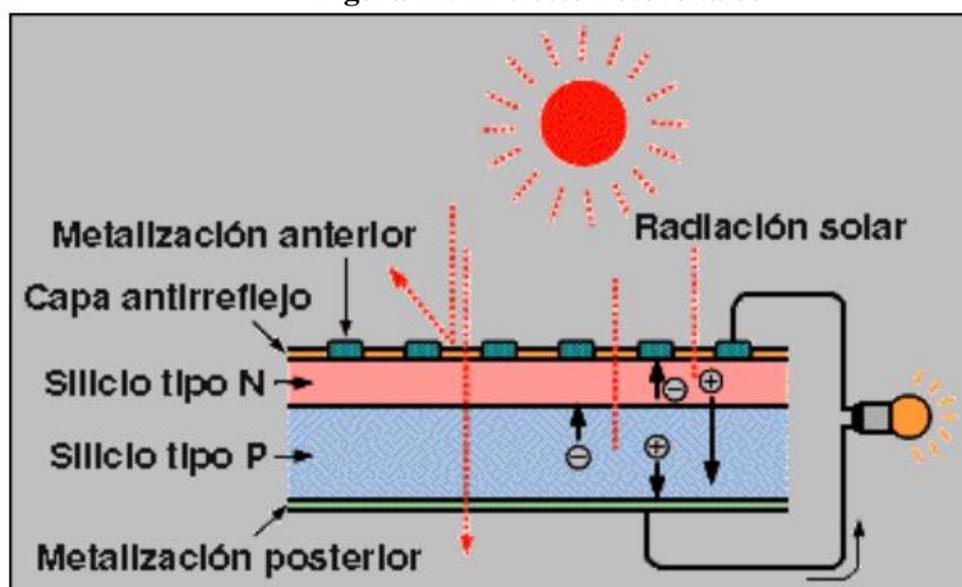
La conversión directa de la luz solar en energía eléctrica se consigue mediante las celdas solares, por un proceso llamado efecto fotovoltaico.

La celda solar posee una estructura similar a la de un diodo, y como tal, los principales componentes que conforman su estructura interna son los materiales semiconductores. Están compuestas básicamente por una capa de semiconductor tipo N y otra capa de semiconductor tipo P.

Los materiales en general pueden clasificarse en conductores, aislantes y semiconductores, de acuerdo con su conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica indica el grado de movilidad que presentan los electrones dentro de una sustancia específica.

Los electrones que pueden generar una corriente eléctrica en un material son los que se encuentran en las órbitas exteriores o banda de valencia de los átomos, que tienen menor fuerza de atracción por parte del núcleo y pueden ser liberados de la misma al aplicar una diferencia de potencial al material. Para ser liberado de la fuerza de atracción del núcleo del átomo, la energía suministrada al electrón por el campo eléctrico generado por una diferencia de potencial, deberá ser suficiente para que este salte de la banda de valencia sobre la llamada banda prohibida, hacia la banda de conducción. La siguiente figura muestra la disposición de estas bandas en materiales conductores, aislantes y semiconductores.

**Figura 11: El efecto Fotovoltaico**



*Fuente 21: (Esparta Polanco, 2012) (Vera, Steigleder, Aeberhard, & Benítez, 2006).*

En materiales conductores las bandas de valencia y de conducción se traslapan por lo que los electrones de la banda externa de valencia tienen mucha movilidad, y pueden saltar de átomo a átomo, aún a la temperatura ambiente. El valor de la conductividad (inversa de la resistividad) es elevado en estos materiales.

En materiales aislantes, aun cuando se apliquen voltajes elevados a la estructura del material, la fuerza que se ejerce sobre los electrones de la órbita externa no es suficiente para permitir que estos atraviesen la banda prohibida y puedan establecer una corriente.

Los materiales semiconductores presentan características intermedias entre conductores y aislantes, el nivel de energía necesario para que los electrones crucen la banda prohibida en estas sustancias es mayor que el necesario en un conductor pero no tan elevado como en el caso de un aislante. El salto de energía entre una banda y otra en un semiconductor es pequeño, por lo que suministrando energía pueden conducir la electricidad y su conductividad puede regularse, puesto que basta disminuir la energía aportada para que sea menor el número de electrones que salte a la banda de conducción; cosa que no puede hacerse con los metales, cuya conductividad es constante o poco variable con la temperatura.

Se puede conseguir un efecto de conversión fotovoltaica en todos los semiconductores; aunque los semiconductores más aptos para la conversión de luz solar son los más sensibles, es decir, aquellos que dan el mayor producto de corriente-voltaje para luz visible (la mayor cantidad de energía transmitida por los rayos solares está en las partes visibles del espectro).

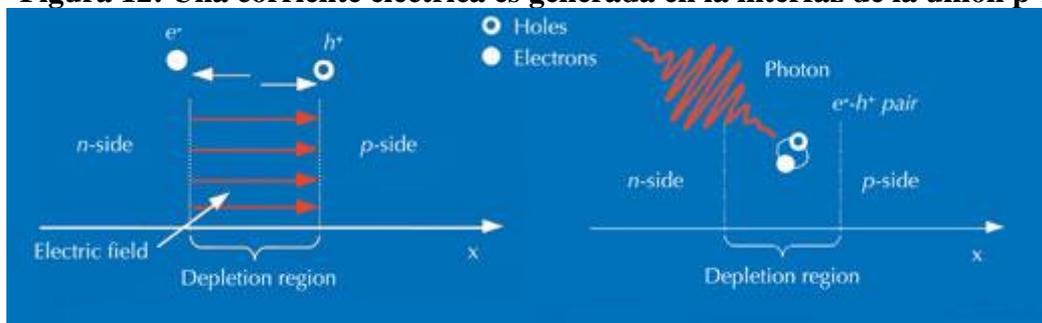
El silicio es el más importante material semiconductor para la conversión fotovoltaica de energía solar. En su forma cristalina pura, este material presenta pocas cargas libres en su interior y una resistividad alta. Mediante un proceso llamado difusión se puede introducir pequeñas cantidades de otros elementos químicos, que permiten decrecer el valor inicial de resistividad y crear simultáneamente una región tipo p y una región tipo n, de modo de que se produce una unión p-n.

El silicio dopado es el material más utilizado en electrónica. El silicio puro cuenta con cuatro electrones de valencia que comparte con los átomos vecinos. Al añadir impurezas con más o menos electrones de valencia (como el fósforo o el boro), se modifican las propiedades conductoras del anfitrión. El fósforo tiene cinco electrones de valencia, de modo que cuando un átomo está rodeado por átomos de silicio, el quinto electrón permanece débilmente ligado. Esto indica que podrá alcanzar la banda de conducción más fácilmente, aumentando la conductividad del silicio. Al silicio dopado con fósforo se le llama tipo-n (tipo negativo) puesto que el dopaje aumenta el número de cargas negativas (electrones) libres. Por el contrario, el boro sólo tiene tres electrones de valencia. La falta de un electrón en la red del

silicio crea un “hueco”. Como los electrones serán capaces de moverse de un hueco a otro, la conductividad del material se ve incrementada. Al dopaje con boro se le llama tipo-p (tipo positivo).

Este fenómeno se usa en las células solares para recolectar la energía procedente del Sol y transformarla en energía eléctrica. La célula solar elemental está formada por la unión de dos semiconductores con dopajes complementarios, formando la llamada unión p-n. En una región en torno a la unión los electrones del dopaje tipo-n perciben los huecos del lado dopado tipo-p y viajan para llenarlos – formando el llamado par electrón-hueco. Cuando un fotón golpea uno de esos pares capaz de separar los componentes del par liberando ambas cargas y generando una corriente eléctrica, cuando hay una carga externa conectada.

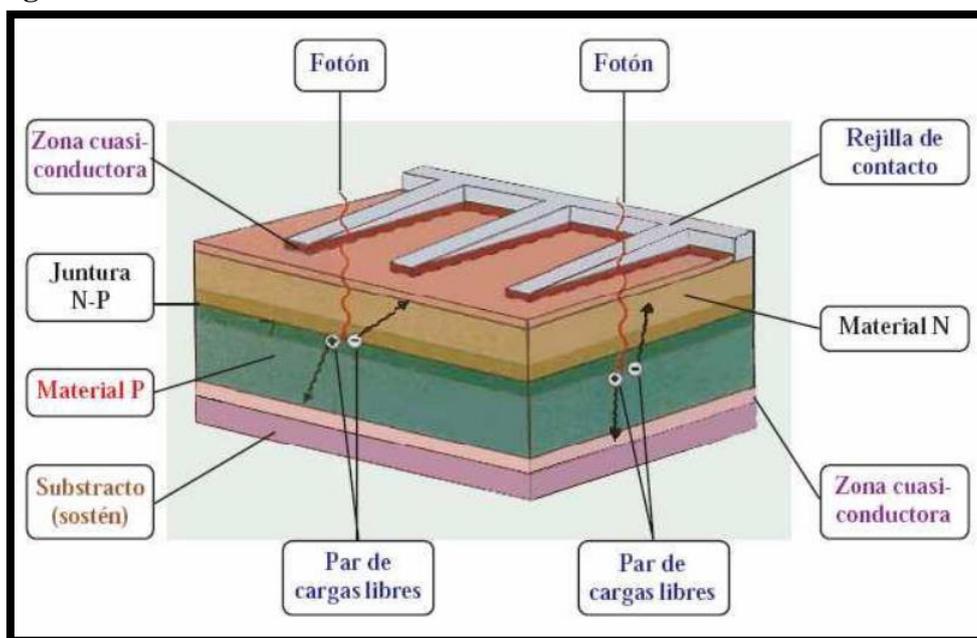
**Figura 12: Una corriente eléctrica es generada en la interfaz de la unión p-n**



*Fuente 22: Guía de bombeo de energía fotovoltaica (2010).*

Los principales componentes de la celda FV son las capas adyacentes de materiales semiconductores tipo P y tipo N que se unen en una zona denominada juntura.

**Figura 13: Construcción de la celda solar fotovoltaica**

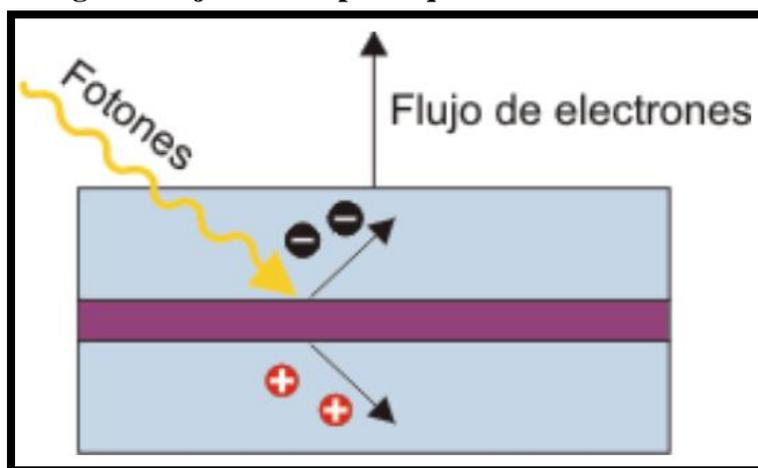


*Fuente 23: Guía de bombeo de energía fotovoltaica (2010).*

Las cargas mayoritarias en cada semiconductor (electrones de un lado y hoyos del otro) no permanecen inmóviles al realizar la juntura, sino que se desplazan hacia la zona adyacente, donde la concentración es baja. Este desplazamiento de cargas acumula cargas positivas en la zona N y negativas en la zona P, creando una diferencia de potencial en la juntura, la que establece a su vez un campo eléctrico en esta zona.

El proceso migratorio de las cargas continúa hasta que se alcanza un estado de equilibrio, tal como se muestra en la figura:

**Figura 14: juntura n-p en equilibrio**



*Fuente 24: Lonso Abella, M. (2011). Sistemas Fotovoltaicos*

Cuando la luz solar que incide sobre la zona adyacente a la juntura tiene el espectro y nivel de energía requerido por el material, las cargas eléctricas creadas por la luz mediante el efecto fotoconductor serán separadas por la barrera en cargas positivas en un lado y cargas negativas en el otro, creando una diferencia de potencial entre ambas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo que permite producir trabajo útil.

El voltaje generado en la juntura depende del semiconductor empleado. Para las células de silicio este valor es de alrededor de 0,5 V. Como en la unión p-n se genera un campo eléctrico fijo, el voltaje de una celda FV es de corriente continua. La potencia eléctrica generada por la celda FV en un determinado instante, está dado por los valores instantáneos del voltaje y la corriente de salida. El valor de la corriente dependerá del valor de la carga, la irradiación solar, la superficie de la celda y el valor de su resistencia interna.

La superficie del material semiconductor expuesta a la luz tiende a reflejar hasta el 30% de la luz incidente, lo que reduce la eficiencia de conversión de la celda. Para disminuir esta reflectancia, sobre la superficie de la celda se coloca una película de material antireflectante.

#### 4.1.11.2 *El Efecto Fotoeléctrico.*

El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un metal o fibra de carbono cuando se hace incidir sobre él una radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general). A veces se incluyen en el término otros tipos de interacción entre la luz y la materia:

- Fotoconductividad: es el aumento de la conductividad eléctrica de la materia o en diodos provocada por la luz. Descubierta por Willoughby Smith en el selenio hacia la mitad del siglo XIX.
- Efecto fotovoltaico: transformación parcial de la energía luminosa en energía eléctrica. La primera célula solar fue fabricada por Charles Fritts en 1884. Estaba formada por selenio recubierto de una fina capa de oro.

El efecto fotoeléctrico fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887, al observar que el arco que salta entre dos electrodos conectados a alta tensión alcanza distancias mayores cuando se ilumina con luz ultravioleta que cuando se deja en la oscuridad. La explicación teórica fue hecha por Albert Einstein, quien publicó en 1905 el revolucionario artículo “Heurística de la generación y conversión de la luz”, basando su formulación de la fotoelectricidad en una extensión del trabajo sobre los cuantos de Max Planck. Más tarde Robert Andrews Millikan pasó diez años experimentando para demostrar que la teoría de Einstein no era correcta, para finalmente concluir que sí lo era. Eso permitió que Einstein y Millikan fueran condecorados con premios Nobel en 1921 y 1923, respectivamente.

Se podría decir que el efecto fotoeléctrico es lo opuesto a los rayos X, ya que el efecto fotoeléctrico indica que los fotones luminosos pueden transferir energía a los electrones. Los rayos X (no se sabía la naturaleza de su radiación, de ahí la incógnita "X") son la transformación en un fotón de toda o parte de la energía cinética de un electrón en movimiento. Esto se descubrió casualmente antes de que se dieran a conocer los trabajos de Planck y Einstein (aunque no se comprendió entonces).

### 4.1.12 Tipos De Celdas Fotovoltaicas

#### 4.1.12.1 *Celdas Solares de tipo Mono cristalino*

Este tipo de celda tiene una estructura cristalina ordenada, con cada átomo idealmente situado en una posición pre-ordenada y muestra un comportamiento predecible y uniforme.

El silicio pasa a través de varios ciclos de filtración intensiva lenta con la energía y los procesos de separación y por lo tanto es el tipo más costoso de silicio.

Estas celdas normalmente se crean en una forma circular o un "cuadrado-sin-esquinas. Esto es porque, cuando se cultivan a partir de un lingote, la única manera de crear estructuras cristalinas de alta pureza es extruido del líquido fundido y la gravedad hace el resto, con respecto a la

creación de un bloque cilíndrico de que las celdas más pequeñas se cortan. Por lo general, los fabricantes dejan las células en una forma circular sin embargo, debido a los avances en el reciclaje, las células se están cortadas en cuadrados-sin-esquinas para maximizar la densidad de empaquetamiento de los módulos.

*4.1.12.2 Celdas Solares de tipo Multicristalino o Poli cristalino.*

Este tipo de celda contiene varias regiones de silicio cristalino que se mantienen juntas a través de un enlace covalente y separados por 'límites de grano.

El silicio pasa a través de un menor número de ciclos de filtración intensiva de energía que los procesos de separación de las células mono cristalinas y por lo tanto son un material menos costoso para los fabricantes.

Estas celdas son fabricadas en una forma cuadrada. Esto es debido a que el líquido fundido en los lingotes (cuadrado) no es para ser extruido o ir a través de otro proceso, sino para producir un bloque de silicio fuera de los cuales las pequeñas células son cortadas. (Las uniones entre los granos tienen un efecto interesante en la eficiencia de la celda solar.

*4.1.12.3 Celdas Solares Tipo Amorfo.*

Este tipo de celda tiene un arreglo incluso menos regular de los átomos, que dan lugar a enlaces colgantes y varias lagunas donde la recombinación puede tener lugar.

El silicio puede ser fabricado en cualquier forma o tamaño y puede ser producido, en teoría, a precios muy bajos.

Estos fueron el primer tipo de células de energía solar que se utilizaron en la aplicación de productos de consumo, como los relojes, calculadoras y otras aplicaciones no críticas y al aire libre.

La eficiencia del sistema depende de la fracción de energía solar que alcanza a la célula y que es convertida en potencia eléctrica, la eficiencia es máxima cuando la potencia es máxima. En la tabla siguiente, se muestran las eficiencias obtenidas con algunas tecnologías.

**Figura 15: Eficiencia según la tecnología de los paneles solares**

TECNOLOGÍA	CELDA	CONJUNTO
Silicio Mono cristalino	15%	13%
silicio Poli cristalino	12%	11%
silicio amorfo	9%	9%

*Fuente 25: Enrique Harp, Energías renovables en los sistemas eléctricos. (2012, Pag. 242).*

#### 4.1.13 Conceptos básicos de electricidad

Corriente (I), voltaje (V), potencia (P) y energía eléctrica (E) son algunos de los conceptos eléctricos fundamentales que se deben de tener en mente cuando se trata con sistemas fotovoltaicos.

##### 4.1.13.1 Corriente eléctrica (I).

Se define como el número de electrones que fluyen a través de él en un segundo La corriente I se mide en amperes.

##### 4.1.13.2 Voltaje eléctrico (V).

Es el esfuerzo que debe realizar una fuerza externa sobre los electrones dentro del material, para producir la corriente y se mide en Volts.

##### 4.1.13.3 Potencia eléctrica (Watts).

Es aquella que se genera o se consume en un instante dado, se especifica por el voltaje que obliga a los electrones a producir la corriente eléctrica continua y se expresa como:

$$P = V * I \quad (4.22)$$

La unidad de potencia eléctrica es el Watt (1 Watt = 1 volt x 1 Amper). Y en cuanto a la energía eléctrica, E, es la potencia generada o consumida en un periodo de tiempo t y se define como:

$$E = P * t \quad (4.23)$$

si el tiempo de consumo esta dado en horas, entonces las unidades para la energía producida serán: Watt-hora. Otra unidad utilizada es el Joule.

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Watt por segundo} \quad (4.24)$$

$$1 \text{ kW} - \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} \quad (4.25)$$

#### 4.1.14 La celda solar de silicio cristalino

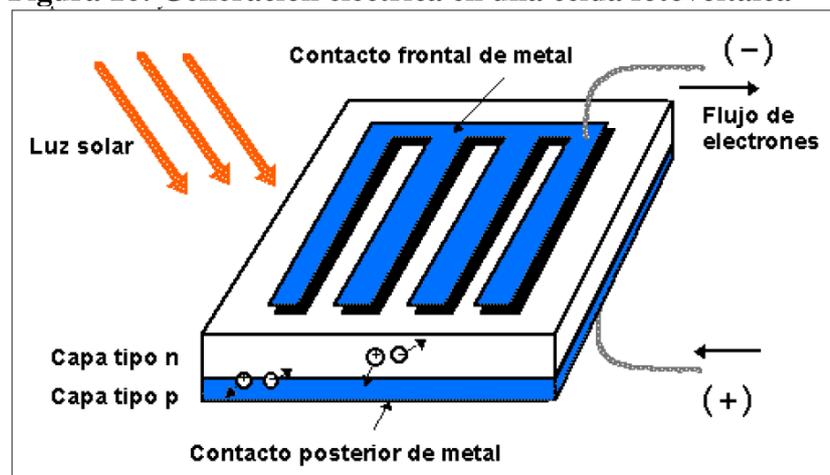
Las celdas solares comerciales se fabrican con lingotes de silicio de alta pureza (El silicio es un elemento muy abundante en la arena, pero para fabricar las celdas solares se requiere de silicio metalúrgico). El lingote es rebanado en forma de placas delgadas llamadas obleas. El espesor típico usado es del orden de 400 nm (0.4 μm). Una fracción muy pequeña de tal espesor (del orden de 0.5 nm) es impregnado con átomos de fósforo. A esta capa se le conoce como tipo-n. El resto de la oblea es impregnada con átomos de boro y se forma la capa conocida como tipo-p. Estas capas unidas forman el campo eléctrico (voltaje interno construido) que se necesita para la separación de los portadores que se foto Generarán. Dada la diferencia de

espesores de las capas, el campo eléctrico inter construido dentro de la oblea aparece cerca de la superficie que recibe la luz del sol.

La celda cuenta con dos terminales que se conectan a un circuito externo para extraer la corriente eléctrica producida. La cara de la oblea expuesta a la luz, posee un enrejado metálico muy fino (titanio/ paladio/ plata), cubriendo del 5 al 10% de área de la oblea y cuya función es coleccionar los electrones foto-generados. Esta capa corresponde a la terminal negativa. Sobre este enrejado está conectado uno de los conductores del circuito exterior.

La otra cara es recubierta totalmente con una capa metálica, usualmente de aluminio. Esta corresponde a la terminal positiva ya que en ella se acumulan las cargas positivas. Sobre esta capa está conectado el otro conductor del circuito exterior. Para disminuir las pérdidas por reflexión la cara de la celda expuesta a la luz se recubre con una capa anti-reflejante, usualmente óxido de talio, la que también sirve como una capa anticorrosiva. El tipo de compuesto usado como capa anti-reflejante y el tratamiento superficial sobre la capa n son los que contribuyen a definir el color característico de las celdas solares.

**Figura 16: Generación eléctrica en una celda fotovoltaica**



*Fuente 26: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pag. 15).*

La celda solar presenta ciertas características eléctricas que son de gran importancia conocer. El voltaje a circuito abierto, la corriente a corto circuito y la potencia máxima generada, la que permite evaluar la eficiencia de conversión de luz a electricidad. Estos se especifican de la manera siguiente:

#### 4.1.14.1 Corriente a corto circuito, ( $I_{cc}$ ).

( $I_{cc}$  símbolo comúnmente usado por sus siglas en inglés): Es la máxima corriente generada por la celda solar y se mide cuando se conecta un circuito exterior a la celda con resistencia nula. Su valor depende del área superficial y de la radiación luminosa. Normalmente se especifica en unidades de densidad de corriente: corriente entre área ( $Amp/cm^2$ ).

El valor típico para la densidad de corriente a corto circuito en celdas solares de silicio cristalino comerciales bajo condiciones estándares de medición (irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup> a una temperatura de celda de 25°C) es del orden de 40 mA/cm<sup>2</sup>; es decir, una celda solar de 100 cm<sup>2</sup> de área producirá una  $I_{sc}$  del orden de 4.0 A.

#### 4.1.14.2 *Voltaje a circuito abierto ( $V_{ca}$ ).*

Es el voltaje máximo que genera la celda solar. Este voltaje se mide cuando no existe un circuito externo conectado a la celda.

Bajo condiciones estándares de medición, el valor típico del voltaje a circuito abierto que se ha obtenido en una celda solar de silicio cristalino es del orden de 0.600 V.

#### 4.1.14.3 *Máxima potencia generada ( $P_m$ ):*

Su valor queda especificado por una pareja de valores  $I_m$  y  $V_m$  cuyo producto es máximo. La eficiencia de conversión de la celda,  $\eta$ , se define como el cociente entre el valor de la máxima potencia generada,  $P_m$ , y la potencia de la radiación luminosa o irradiancia,  $P_I$ . Para una celda solar de silicio cristalino comercial con una eficiencia del 17%, la potencia máxima generada en 100 cm<sup>2</sup> de captación cuando sobre la celda incide 1000 W/m<sup>2</sup> es de 1.7 W ( $V_m= 0.485$  V;  $I_m=3.52$  A).

### 4.1.15 **Módulo fotovoltaico**

El bajo voltaje producido por la celda solar no es suficiente para todas las aplicaciones en donde se pueda usar. Para que se pueda generar una potencia útil, las celdas se agrupan en lo que se denomina el módulo solar o fotovoltaico. Este conjunto de celdas deben estar convenientemente conectadas, de tal forma que reúnan las condiciones óptimas para su integración en sistemas de generación de energía, siendo compatibles con las necesidades y los equipos estándares existentes en el mercado. Las celdas se pueden conectar en serie o en paralelo.

### 4.1.16 **Arreglos fotovoltaicos**

Un arreglo FV es un conjunto de módulos conectados eléctricamente en serie y/o paralelo. Las características eléctricas del arreglo son análogas a la de módulos individuales, con la potencia, corriente y voltaje modificados de acuerdo al número de módulos conectados en serie y en paralelo.

#### 4.1.16.1 *Incrementando el voltaje:*

Los módulos solares se conectan en serie para obtener voltajes de salida más grandes. El voltaje de salida,  $V_s$ , de módulos conectados en serie está dado por la suma de los voltajes generados por cada módulo.

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3 \dots \quad (4.26)$$

#### 4.1.16.2 *Incrementando la corriente*

Los módulos solares o paneles se conectan en paralelo para obtener corrientes generadas más grandes. El voltaje del conjunto es el mismo que el de un módulo (o un panel); pero la corriente de salida,  $I_s$ , es la suma de cada unidad conectada en paralelo.

$$I_s = I_1 + I_2 + I_3 \dots \dots \dots \quad (4.27)$$

### 4.1.17 **Inclinación del arreglo fotovoltaico**

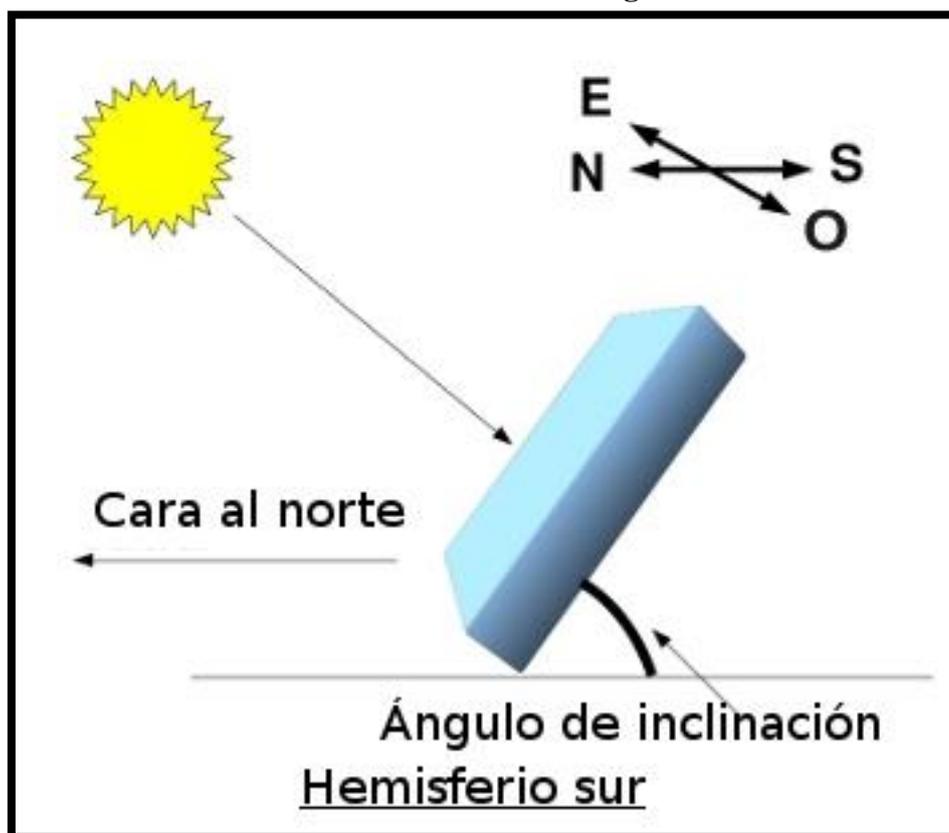
La máxima energía se obtiene cuando los rayos solares llegan perpendiculares a la superficie del captador. En el caso de arreglos fotovoltaicos la perpendicularidad entre las superficies de los módulos y los rayos solares solo se puede conseguir si las estructuras de montaje del arreglo se mueven siguiendo al Sol.

Existen estructuras de soporte del arreglo que ajustan automáticamente el azimut y/o la elevación. Estas estructuras de montaje se llaman seguidores. Generalmente el ángulo de elevación del arreglo es fijo. En algunos casos se usan seguidores azimutales.

Dependiendo de la latitud del lugar, los seguidores azimutales pueden incrementar la insolación promedio anual hasta en un 25%.

En el caso de que no se tenga un seguidor solar, el arreglo se monta en una estructura fija como se muestra en la Figura 17. Este montaje tiene la ventaja de ser muy sencillo.

**Figura 17: Orientación de una estructura fija para maximizar la captación de radiación solar a lo largo del año**



*Fuente 27: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pág., 24).*

Debido a que el ángulo de elevación del Sol cambia durante el año, se debe tener un criterio de selección del ángulo óptimo del arreglo que garantice la máxima producción de energía eléctrica. En el hemisferio Sur el Sol se declina hacia el Norte, por lo cual se requiere que los arreglos fijos se coloquen inclinados (respecto de la horizontal) viendo hacia el Norte.

#### **4.1.18 Bombeo fotovoltaico.**

Un sistema de bombeo FV es similar a los sistemas convencionales excepto por la fuente de potencia. Un sistema FV típico se muestra en la Figura 18. Los componentes principales que lo constituyen son: un arreglo de módulos FV, un controlador, un motor y una bomba. El arreglo se puede montar en un seguidor pasivo para incrementar el volumen y el tiempo de bombeo. Se emplean motores de corriente alterna (CA) y de corriente continua (CC). Las bombas pueden ser centrífugas o volumétricas. Generalmente el agua se almacena en un

tanque. En esta sección Bombeo fotovoltaico se explica brevemente cada uno de estos componentes excepto el arreglo FV, el cual se explica en la sección de Energía fotovoltaica.

**Figura 18: Esquema de una Instalación Típica de un Sistema FV de Bombeo de agua**



*Fuente 28: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pág., 24).*

#### 4.1.19 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 volumétricas**.

4.1.19.1 Bombas centrífugas

Tienen un impulsor que por medio de la fuerza centrífuga de su alta velocidad arrastran agua por su eje y la expulsan radialmente. Estas bombas pueden ser sumergibles o de superficie y son capaces de bombear 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.

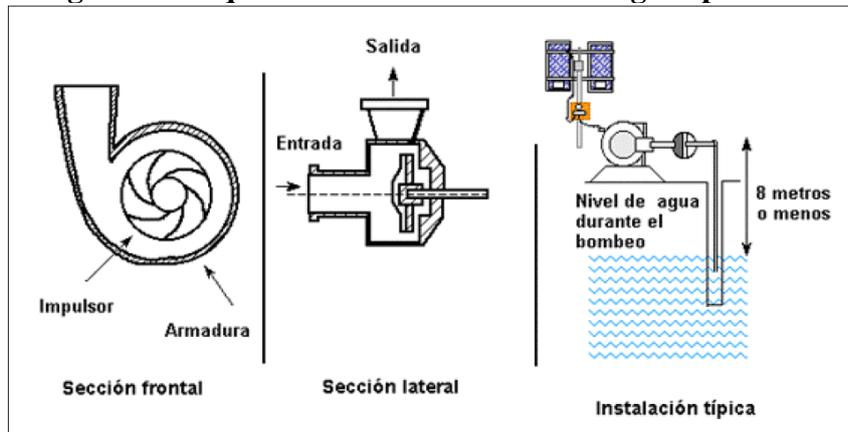
Las bombas de succión superficial (Figuras 18 y 19) se instalan a nivel del suelo y tienen la ventaja de que se les puede inspeccionar y dar servicio fácilmente. Tienen la limitante de que no trabajan adecuadamente si la profundidad de succión excede los 8 metros.

**Figura 19: Bomba Centrífuga Superficial (SOLARRAM)**



*Fuente 29: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pág., 35).*

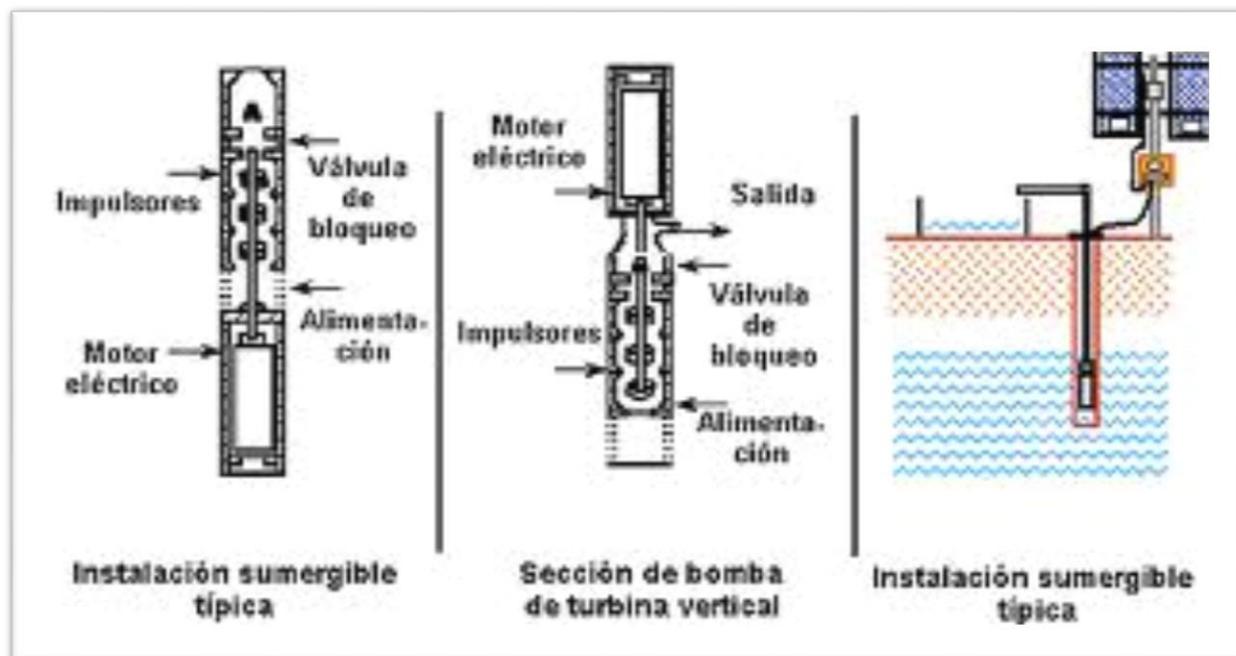
**Figura 20: esquema de una bomba centrífuga superficial**



*Fuente 30: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pág., 35).*

Hay una gran variedad de bombas centrífugas sumergibles. Algunas de estas bombas tienen el motor acoplado directamente a los impulsores y se sumergen completamente (Figuras 21, 22, y 23). Otras, tienen el motor en la superficie mientras que los impulsores se encuentran completamente sumergidos y unidos por una flecha. Generalmente las bombas centrífugas sumergibles tienen varios impulsores y por ello, se les conoce como bombas de paso múltiple o de etapas.

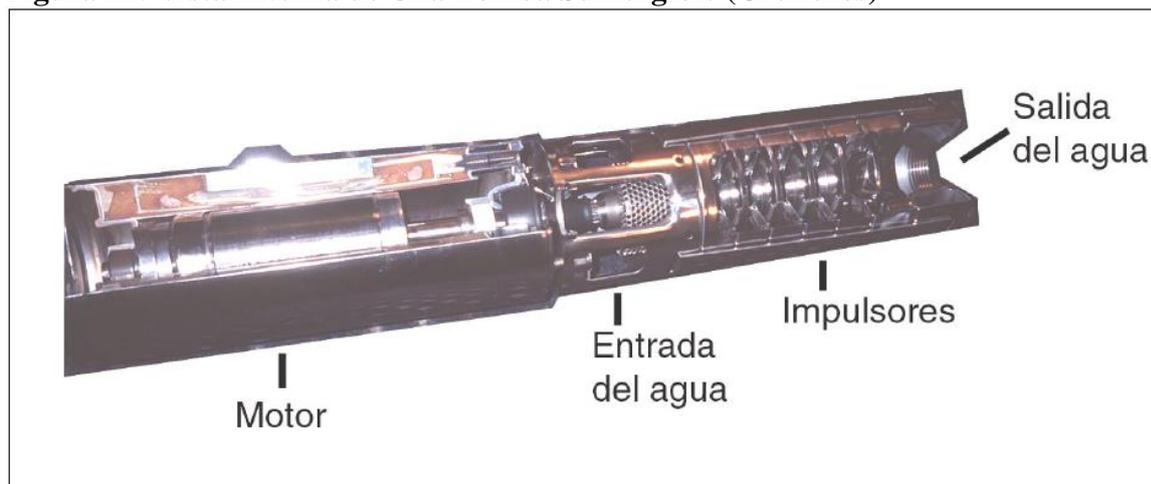
**Figura 21: Esquema de una Bomba Centrífuga Sumergible**



*Fuente 31: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pág., 41).*

Todas las bombas sumergibles están selladas y tiene el aceite de lubricación contenido para evitar contaminación del agua. Otras bombas utilizan el agua misma como lubricante. Estas bombas no deben operarse en seco porque sufren sobrecalentamiento y se queman.

**Figura 22: Vista Interna de Una Bomba Sumergible (Grundfos)**



*Fuente 32: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pág., 41).*

**Figura 23: Bombas centrífugas sumergibles (SOLARJACK)**



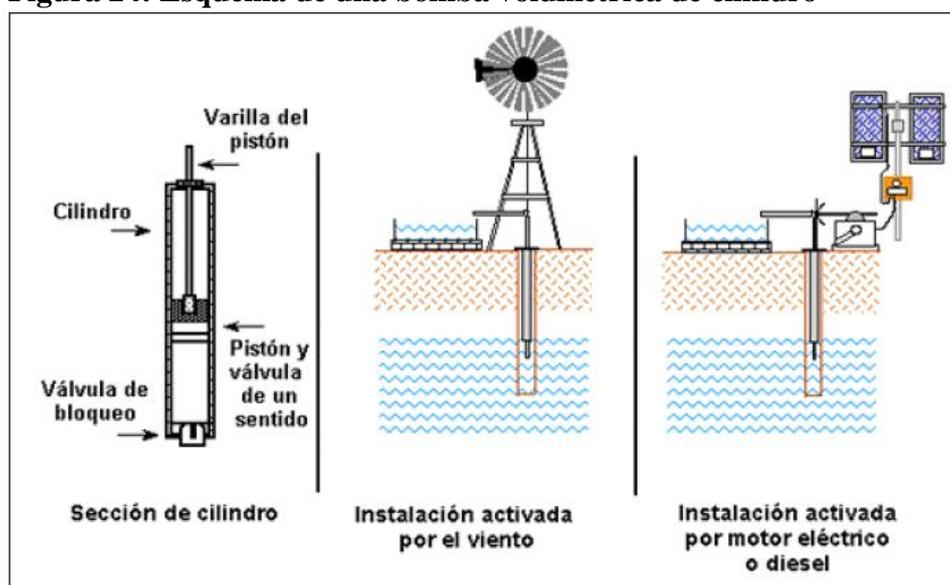
*Fuente 33: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pág., 41).*

#### 4.1.19.2 Bombas volumétricas

Las bombas volumétricas (Figura 23) o de desplazamiento positivo son adecuadas para el bombeo de bajos caudales y/o donde la profundidad es grande. Algunas de estas bombas usan un cilindro y un pistón para mover paquetes de agua a través de una cámara sellada.

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

**Figura 24: Esquema de una bomba volumétrica de cilindro**



Fuente 34: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pág., 43).

#### 4.1.19.3 Bombas de cilindro:

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

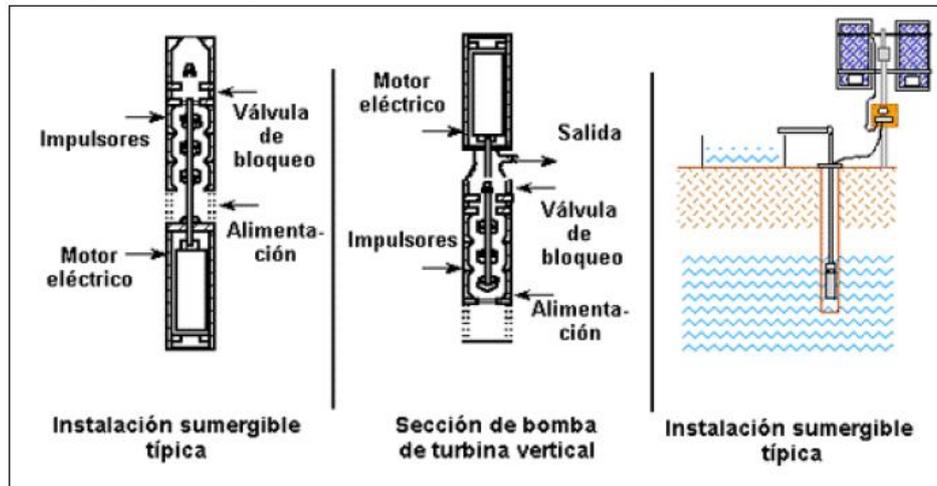
#### 4.1.19.4 Bombas de diafragma:

Estas bombas (Figuras 24 y 25) desplazan el agua por medio de diafragmas de un material flexible y resistente. Comúnmente los diafragmas se fabrican de caucho reforzado con materiales sintéticos. En la actualidad, estos materiales son muy resistentes y pueden durar de dos a tres años de funcionamiento continuo antes de requerir reemplazo, dependiendo de la

calidad del agua. Los fabricantes de estas bombas proveen un juego de diafragmas para reemplazo que pueden adquirirse a un precio razonable.

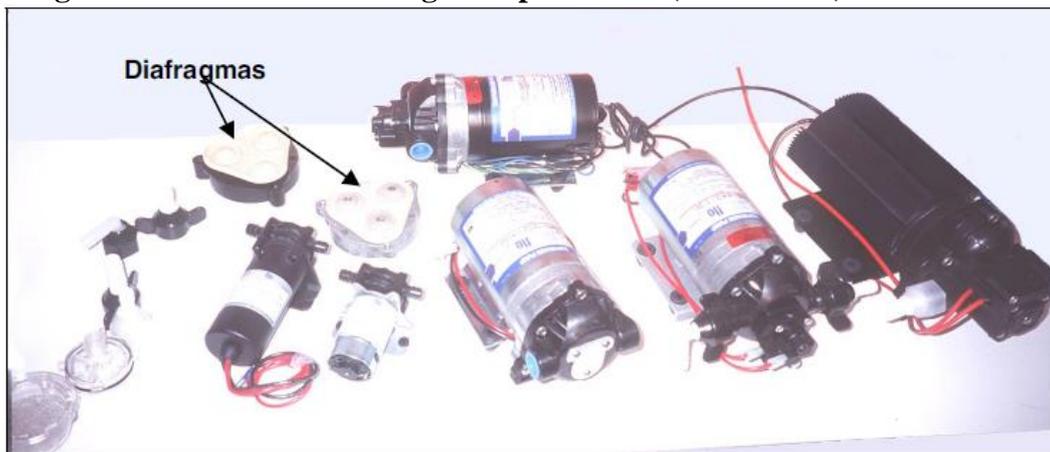
Existen modelos sumergibles y de superficie.

**Figura 25: Esquema de una bomba de diafragma sumergible**



*Fuente 35: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pág., 44).*

**Figura 26: Bombas de diafragma superficiales (SHURFLO)**



*Fuente 36: Guía de Bombeo de agua Energía Fotovoltaica (2010, Pág., 44).*

Las bombas de diafragma son económicas. Cuando se instala una bomba de este tipo siempre se debe considerar el gasto que representa el reemplazo de los diafragmas una vez cada dos o tres años. Más aún, muchas de estas bombas tienen un motor de corriente continua con escobillas. Las escobillas también deben cambiarse periódicamente. Los juegos de reemplazo incluyen los diafragmas, escobillas, empaques y sellos.

La vida útil de este tipo de bomba es aproximadamente 5 años del uso. Las bombas más eficientes son las de desplazamiento positivo de pistón, pero no son recomendables para gastos medianos y grandes a baja carga dinámica total. Por ejemplo, una bomba de palanca puede

llegar a tener una eficiencia de más del 40%, mientras que una bomba centrífuga puede tener una eficiencia tan baja como 15%. La Figura 26 indica el tipo de bomba adecuada que se recomienda en general según la carga dinámica total del sistema de bombeo. La Tabla 4 presenta las ventajas y desventajas de las diferentes bombas utilizadas en el bombeo FV.

## 4.2 Marco Conceptual

### 4.2.1 Cámara De Captación

Construida en un manantial ubicado en la parte alta del centro poblado o localidad, con dimensiones mínimas y de construcción sencilla para proteger adecuadamente el agua contra la contaminación causada por la presencia de agentes externos.

### 4.2.2 Línea De Conducción o Impulsión

Es el tramo de tubería destinado a conducir los caudales desde la obra de captación hasta el depósito regulador o la planta de tratamiento.

### 4.2.3 Depósito Regulador

Es la estructura destinada a almacenar parte de los volúmenes requeridos por la población a fin de garantizar su entrega de manera continua y permanente. Además el depósito regulador tiene como objetivo garantizar las presiones requeridas en los aparatos sanitarios de las viviendas.

### 4.2.4 Red De Distribución

Es el conjunto de tuberías y accesorios destinados a conducir las aguas a todos y cada una de los usuarios a través de las calles.

### 4.2.5 Manantial

Se puede definir manantial como un lugar donde se produce afloramiento de agua subterránea.

### 4.2.6 Caudal

Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo a través de una sección dada de curso o conducción de agua.

### 4.2.7 Energía Solar Fotovoltaica

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

### 4.2.8 Afluente

Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.

### 4.2.9 Coliformes

Bacterias negativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a

la temperatura de 44 o 44.5°C se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores contaminación biológica.

#### **4.2.10 Colmatación**

Es la acumulación sucesiva de materiales orgánicos e inorgánicos en un lago natural o artificial, laguna o pantano. Este fenómeno también suele presentarse en ríos o quebradas con estructuras hidráulicas de muy poca pendiente por lo cual la sedimentación puede llegar a obstruir las coberturas y generar desbordamientos.

#### **4.2.11 Contaminación**

Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas o biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ó Demanda de oxígeno

Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

#### **4.2.12 Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

#### **4.2.13 Descomposición anaerobia**

Degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular por efecto de microorganismos. Usualmente va acompañada de la generación de ácidos y gas metano.

#### **4.2.14 Efluente**

Corriente que drena un área dada, por ejemplo, en una ciudad se producen efluentes domésticos, industriales y comerciales.

#### **4.2.15 Filtro percolador**

Tanque que contiene un lecho de material grueso, compuesto en la gran mayoría de los casos de materiales sintéticos o piedras de diversas formas, de alta relación área/volumen, sobre el cual se aplican las aguas residuales por medio de brazos distribuidores fijos o móviles. Este es un sistema de tratamiento aerobio.

#### **4.2.16 Patógenos**

Virus, bacterias y otros.

#### **4.2.17 Sedimentación**

Proceso físico de clarificación de las aguas residuales por efecto de la gravedad. Junto con los sólidos sedimentables precipita materia orgánica del tipo putrescible.

#### **4.2.18 Sedimentos**

Sólidos arrastrados por las aguas de escorrentía. El arrastre se incrementa con el aumento de la erosión.

#### **4.2.19 Sustancias tóxicas**

Compuestos químicos de la industria, la minería y la agricultura.

#### **4.2.20 Tanque séptico**

Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas; combina la sedimentación y la digestión. Los sólidos sedimentados acumulados se remueven periódicamente y se descargan normalmente en una instalación de tratamiento.

#### **4.2.21 Tratamiento convencional**

Procesos de tratamiento bien conocidos y utilizados en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario. Se excluyen los procesos de tratamiento terciario o avanzado.

#### **4.2.22 Vertimiento**

Es la disposición controlada o no de un residuo líquido doméstico, industrial, urbano agropecuario, minero, etc. Los colectores son tubos colocados a lado y lado de las quebradas, evitando que los antiguos botaderos de alcantarillado continúen arrojando los vertimientos a los cauces. A su vez, los interceptores recogen de los colectores al estar ubicados a lado y lado del río. Estos interceptores se encargan del transporte final de los vertimientos a las plantas de tratamientos donde una vez acondicionada el agua residual, se incorpora al río.

## V. OBJETIVOS DE ESTUDIO

### 5.1.1 Objetivos generales

Aplicar la energía solar en la línea de impulsión de sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de Isla Soto.

### 5.1.2 Objetivos específicos

- Cuáles son los estudios básicos de ingeniería que inciden para diseño de la línea de impulsión del sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de Isla Soto.
- Conocer los criterios para el diseño de la línea de impulsión aplicando la energía solar para el sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de Isla Soto.
- Identificar los aspectos que deberán considerarse para el dimensionamiento del generador fotovoltaico, para el sistema abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de Isla Soto.
- Determinar los **costos de operación y mantenimiento** para el abastecimiento de agua potable y eliminación de excretas en la Localidad de Isla Soto.

## VI. UTILIDAD DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO.-

El presente trabajo de investigación servirá como una guía para los estudiantes, proyectistas, para plantear como una alternativa de solución el uso de energía solar fotovoltaica como una fuente de generador de energía.

En la actualidad existen una serie de proyectos de bombeo con energía convencional, que no funcionan por el alto costo de operación y mantenimiento, el presente proyecto de investigación servirá como un prototipo para la solución de problemas en temas de abastecimiento de agua para poblaciones rurales y urbanos, donde no existen la disponibilidad de energía convencional, así como para sistemas de riego etc.

La energía es de vital importancia para el desarrollo económico de cualquier país. Con ella es posible llevar a cabo los trabajos que el hombre por sí solo es incapaz de hacer. Existen diversas fuentes de energía, entre ellas están los combustibles fósiles y las **fuentes de energía renovable como el sol** y el viento entre otras. La energía solar y eólica se denomina renovables debido a que son un **recurso inagotable** respecto del ciclo de vida humano. Además, presentan la característica de ser abundantes y limpias. Con tecnologías maduras, las fuentes renovables de energía tienen un gran potencial para la generación de energía. Así por ejemplo, la tecnología fotovoltaica que transforma directamente la luz solar en electricidad, ha mostrado ser de gran utilidad para la generación de energía eléctrica en lugares apartados y remotos.

Hoy en día, la tecnología fotovoltaica disponible comercialmente es una alternativa real para su aplicación en diversas tareas domésticas, industriales y agropecuarias. Sin embargo es necesario un análisis de viabilidad económica y factibilidad técnica para determinar si es la más apropiada para tal fin. Las aplicaciones más comunes en el sector Saneamiento son bombeo de agua, cercos eléctricos, calentadores de agua, congeladores y sistemas de secado de productos agrícolas, además de la electrificación básica para fines domésticos.

### 6.1 Propuesta de Solución

La localidad de isla soto por ser una isla no cuenta con energía convencional y dentro de sus necesidades básicas es la “CARENCIA DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LA LOCALIDAD DE ISLA SOTO”, en respuesta a esta necesidad, con esta investigación se presenta como propuesta de solución.

Se diseñara la línea de impulsión desde una Cisterna Ubicado debajo de la Captación de tipo ladera, hasta el reservorio ubicado en la parte alta de la población de la localidad de Isla soto, como fuente generador se utilizara la energía solar, para accionar la bomba y el motor.

Para concretizar la investigación, se tomara en cuenta los siguientes criterios para el diseño de la línea de impulsión:

### 6.1.1 Estudio de Campo y Recopilación de Información

La primera acción que debe realizarse a efectos de determinar la factibilidad de un proyecto es la visita a la zona. En ella, buscando la participación de la población, se realizaran las actividades de reconocimiento de Campo y recopilación de la información básica necesaria para la ejecución de la investigación. Durante esta etapa se coordinó con las autoridades y representantes de la localidad diversas reuniones a fin de reconocer la situación actual del consumo de agua y evaluar la participación comunal.

Se ha levantado el padrón de usuarios que va ser atendida con este servicio, disponibilidad de materiales de construcción, la existencia de fuentes de agua, la topografía del terreno etc.

Además en esta etapa se contara con **la información social**, tomando en cuantas los factores de la población, Nivel de organización de la población, y actividad económica.

La información técnica necesaria para llevar adelante la investigación se ha realizado el estudio de fuente de agua, selección de la fuente, estudio topográfico, estudio de suelos, radiación solar. Clima etc.

## VII. ÁMBITO DE ESTUDIO

### 7.1 Delimitación de la investigación

Para realizar el presente Estudio de Investigación “APLICACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LOCALIDAD DE ISLA SOTO” se ha considerado como población y muestra la localidad de isla soto, que tiene una población de 331 habitantes, y con una extensión de 2.6 Km<sup>2</sup>, Y está Ubicado en las siguientes Coordenadas UTM (tomado en el local de la Localidad de Isla Soto)

Norte : 8282882.12

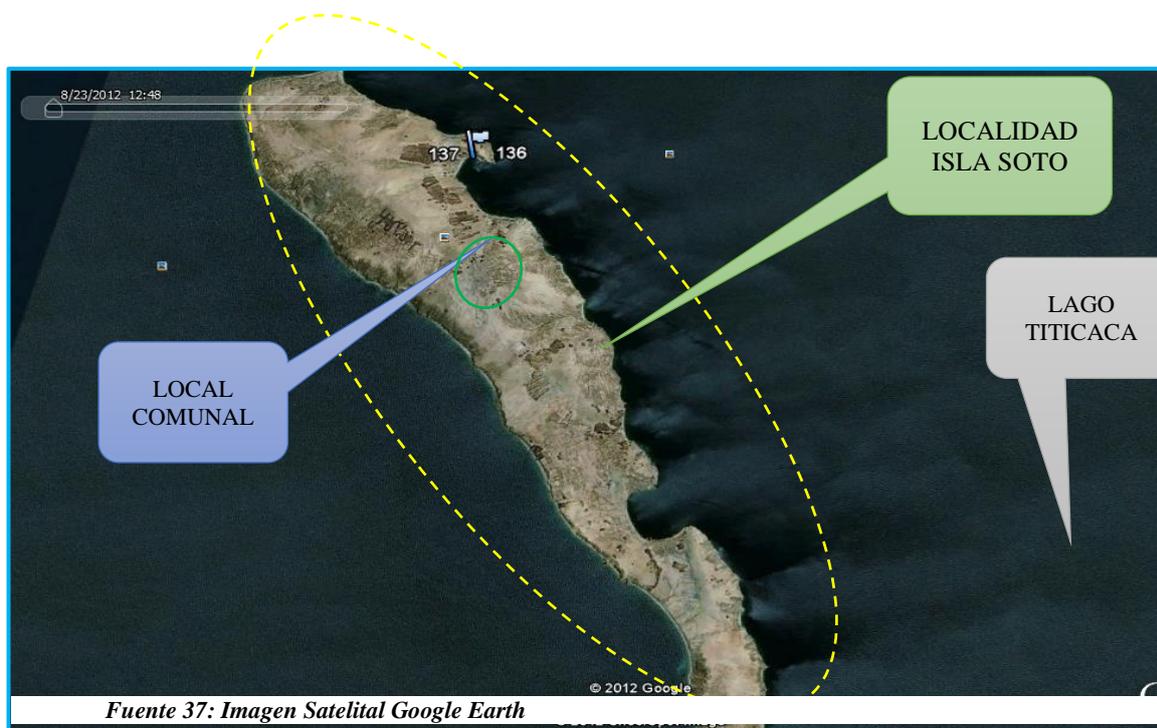
Este : 446992.624

Altitud : 3915.943m.s.n.m

**La localidad de Isla Soto, tiene las siguientes colindancias:**

- Por el Norte: Con el Lago Titicaca
- Por el Sur: Con el Lago Titicaca
- Por el Este: Con el Lago Titicaca
- Por el Sureste: Con el Lago Titicaca

**Figura 27:** imagen satelital del área de intervención del proyecto



*Fuente 37: Imagen Satelital Google Earth*

## 7.2 Limitaciones de la Investigación.

- Existe pocos trabajos de este tipo.
- Falta de información bibliográfica en criterios y diseños de ingeniería.
- No hay Información bibliográfica sobre costos de operación y mantenimiento en el sistema de bombeo solar fotovoltaico.
- Factor geográfico (limitado acceso a la zona de estudio)

## 7.3 Viabilidad De La Investigación

### 7.3.1 Viabilidad Económica

La gran mayoría de la población de la zona de estudio vive en extrema pobreza, debido a una serie de factores entre los que se puede mencionar: la falta de atención del gobierno central, falta de organización de las autoridades locales y el mal estado de las vías de comunicación con el distrito, que en general impiden el desarrollo de la comercialización de sus productos y el desarrollo de pequeñas actividades económicas.

El ingreso promedio por familia no pasa de 300 nuevo soles al mes y apenas alcanza para sustentar los gastos del hogar, lo que niega a los menores las posibilidades de acceso a los servicios de salud, educación, esparcimiento, etc.

La presente investigación es económicamente factible, debido a que no es muy costoso en cuanto a operación y mantenimiento.

### 7.3.2 Viabilidad Técnica

El trabajo de investigación técnicamente es viable ya que dispone de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto, estos son proporcionados por la entidad ejecutora que es la Municipalidad Distrital de Conima.

Esta investigación se sigue los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones y el Sistema Nacional de Inversión Pública.

### 7.3.3 Viabilidad Operativa

El Tesista cuenta con conocimientos necesarios en cuanto a la ingeniería para el diseño de sistemas de agua potable por gravedad y bombeo en base a paneles solares, para el manejo de las diversas herramientas del desarrollo del trabajo de investigación.

El Tesista cuenta con el apoyo de un asesor externo. Se dispone de información necesaria que ayude al proceso de investigación como son: video tutoriales, tesis, libros, revistas, folletos, acceso al Internet, al correo electrónico, por ende es viablemente operativa.

## VIII. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

### 8.1 Tipo y Diseño De Estudio

Investigaciones tecnológicas – no experimentales – transaccionales explicativas causales, investigación tecnológica, porque este tipo de investigación se relaciona esencial, objetiva y metodológicamente con el nivel experimental de la misma, ya que busca producir cambios cualitativos, mediante la aplicación de nuevos sistemas.

No experimentales porque son aquellos que cuyas variables independientes carecen de manipulación intencional, y no poseen grupo de control, ni mucho menos experimental.

transaccionales explicativas causales, porque son aquellos diseños propios para determinar y conocer las causas, factores o variables que generan situaciones problemáticas dentro de un determinado contexto social, explica los hechos y fenómenos en cuanto a sus causas y consecuencias.

### 8.2 Población y muestra

Para realizar el presente estudio se ha considerado la localidad de isla soto, del distrito de Conima, provincia de mocho, región puno, que cuenta con 120 familias con una densidad poblacional 2.76 Hab/vivienda (Anexo N° 01).

**Tabla 21: Población estima de la localidad de isla soto**

AREAS	POBLACION (Hab.)		POBLACION %
LOCALIDAD DE ISLA SOTO	VARONES	164	49.55%
	MUJERES	167	50.45%
TOTAL	331		

*Fuente 38: elaboración Propia (anexo N° 01).*

### 8.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 8.3.1 Técnicas

- Observación directa en campo, necesidades de la localidad de isla soto, forma de vivencia, ubicación de las fuentes de agua, posibles lugares de la ubicación del reservorio, topografía de la zona, etc.
- Encuestas: se ha realizado un estudio socioeconómico, empadronamiento de la población beneficiaria, etc.
- Exploración de la localidad de isla soto, levantamiento topográfico, estudio de suelos, muestreo del agua de la captación para su respectivo análisis físico químico y microbiológico.

### 8.3.2 Instrumentos.

#### Instrumentos básicos:

- Fichas de encuestas, formatos de campo ajustado a la necesidad del estudio, libreta topográfica.
- Cámara fotográfica.
- Cinta métrica.

#### Instrumentos concretos:

- Herramientas manuales para poder realizar Calicatas a cielo abierto y extraer muestra de suelo en la Ubicación de Captación, línea conducción, reservorio, y redes de distribución.
- Estación Total, prismas, GPS, radios Boquitoque: para el estudio topográfico.

## 8.4 Procedimiento De Recolección Y Operación De Datos

### 8.4.1 Educación

En la Localidad de Isla Soto se cuenta con institución educativa de nivel primaria 72417 Isla Soto donde cuenta con 6 alumnos de las cuales 02 varones y 04 mujeres de tipo multigrado y un docente, además cuenta con institución educativa inicial con 08 alumnos y con docente.

**Tabla 22: Instituciones Educativas de Nivel Primario - Distrito de Conima**

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	CODIGO MODULAR	ALUMNOS
72354 Conima	229484	107
72355 Conima	229492	88
72362 Japisse	386151	63
72367 Cambria	386201	70
72377 Huata	386300	32
72379 Sucuni	386326	64
72404 Camjata	1154582	26
72417 Isla Soto	386706	12
JAPISSE (particular)	239459	20

Fuente 39: Escala MINEDU 2015.

**Tabla 23: Instituciones Educativas de Nivel Inicial - Distrito de Conima**

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	CODIGO MODULAR	ALUMNOS
Conima Nro. 85	474916	35
Cambria	1515568	20
Chillcapata	1479658	14
Isla Soto	1515667	11
Tumuco	1515790	10
Sucuni		18
Japisse		12

Fuente 40: Escala MINEDU 2015.

- En la tabla N° 21: se observa que la localidad de isla soto Cuenta con una (01) institución Primaria, y que cuenta con 12 alumnos.
- En la Tabla N° 22: se observa que en la localidad de Isla Soto cuenta con una Institución de nivel inicial, que cuenta con 11 alumnos.
- En la actualidad En la Localidad no cuentan con programa de alfabetización.

#### 8.4.2 Salud

El establecimiento de salud más cercano que existe es, el Centro de Salud de la Localidad de Conima que se encuentra a 100 minutos de tiempo desde la Localidad de Isla soto, por lo que los pobladores de la localidad tienen que trasladarse a dicho establecimiento de salud en casos de sufrir cualquier tipo de enfermedad.

#### 8.4.3 Vivienda e infraestructura

Los habitantes de la zona cuentan con viviendas de material rústico construidas de adobe en condiciones precarias, con techo de calamina o paja, el recurso usado como combustible es la leña extraídos de árboles y las bostas de los ganados. La población se encuentra ubicada en viviendas concentradas, semi dispersas. En la Localidad existen 120 viviendas, según el censo realizado en la localidad el 60% de las viviendas son habitadas y el 40 % es habitado temporalmente.

La población de la Localidad de Isla Soto, el 10% de la población total practica la religión adventista séptimo día.

El idioma predominante de la Localidad de Isla Soto es el Aymara y la religión predominante es católica.

#### Transporte y Vías de Comunicación

En el área de influencia del proyecto se cuenta con una infraestructura vial.

**Tabla 24: Accesibilidad a la Localidad de Isla Soto**

DESCRIPCION	TIPO DE VIA	KM	TIEMPO	OBS.
Puno – Juliaca	Asfaltado	45	45min	Vehículo
Juliaca–Huancané	Asfaltado	52	50min	Vehículo
Huancané – Moho	Asfaltado y afirmado	47	40min	Vehículo
Moho – Conima	Asfaltado (bicapa)	17	27min	Vehículo
Conima – playa Conima	Trocha	860	5 min	Vehículo
Playa -Embarcadero soto	Lacustre	11	100 min	Bote motorizado

*Fuente 41: elaboración Propia.*

#### 8.4.4 Características económicas

##### 8.4.4.1 Principales actividades económicas del área de influencia del proyecto.

La población establecida en el área del proyecto se dedica a la actividad de pesca y agropecuaria de sostenimiento cuyos ingresos económicos son muy bajos debido a los bajos precios de sus productos pesqueros, agrícolas y pecuarios.

##### 8.4.4.2 Actividad Ganadera

La principal actividad de la población es la pecuaria las familias no cuentan con animales mayores, dedicándose a la crianza de animales menores como ovinos, aves, cuyes y otros en menor escala. Predominando la crianza de ovinos. La venta de los animales, es una de las principales fuentes de ingresos económicos para las familias. Pero la venta promedio de animales se realiza anualmente lo que dificulta la disposición de efectivo.

##### 8.4.4.3 Actividad Agrícola

La actividad agrícola como el cultivo de papa, habas, maíz, oca, quinua y otros, las actividades de sembrío es de agosto a noviembre y las actividades de cosecha es de marzo a mayo, su producción en su mayoría es de autoconsumo y el excedente de la producción lo destinan al mercado local.

##### 8.4.4.4 Actividad pesquera

Esta actividad es donde la población de la Localidad. Se dedican a mayor escala en temporadas realizando pesca artesanal como truchas, pejerrey, mauri, carachis y otros. Existiendo en la Localidad asociaciones de pescadores que realizan esa actividad.

##### 8.4.4.5 Actividad Cultural

Esta actividad viene fortaleciéndose en la actualidad con una políticas de promocionar, organizar actividades culturales, artísticos, actualmente en el distrito viene disminuyendo la actividad cultural y artística, manifestadas en las costumbres tradicionales mitos y leyendas, turísticos de la zona a la cual se ha venido dando poca importancia.

En la Localidad de Isla Soto la actividad turística es un potencial para ser explotado ya que se encuentra al interior de lago Titicaca.

Hay una gran posibilidad de integrar a un circuito y/o corredor turístico por el principal atractivo al Lago Titicaca y al medio geográfico, en donde en la actualidad el gobierno local intenta involucrarse al sector turismo para que la población de Isla Soto pueda mejorar su

calidad de vida es por eso que se piensa mejorar el servicio de saneamiento básico en la población de la Localidad.

#### *8.4.4.6 Actividad Comercial*

La actividad comercial es realizada todos los domingos en la feria local del distrito de Conima donde se comercializan productos agrícolas y pesqueros, concurren compradores y vendedores de varias localidades del área de influencia del distrito de Conima.

#### *8.4.4.7 Sociedad*

En la zona del proyecto se cuenta con organizaciones representativas como son los siguientes;

- Junta general de la Localidad de Isla Soto
- Comité de gestión de agua y saneamiento
- Club de madres
- Institución Educativa Primaria
- Institución Educativa Inicial
- Asociación de pescadores

### **8.4.5 Análisis y evaluación de los servicios de agua y saneamiento**

#### *8.4.5.1 Situación del servicio de agua potable*

La Localidad de Isla Soto no cuenta con los servicios de agua potable, Es así que la población de la Localidad se encuentra abandonada por las autoridades locales, regionales y nacionales. Debido a la ausencia de servicio de agua potable, las familias hacen el consumo de agua que tienen a su alcance, el agua que consumen es de pozos artesanales, canales de tierra, riachuelos en temporada de lluvias, y el Lago Titicaca de mala calidad no potabilizada.

El agua de consumo al Presentar deficiencias en el almacenamiento produce una alta Concentración en bacterias, virus y parásitos creándose un grave Problema de salud pública, entre las principales enfermedades que se Propagan por este mal manejo de las aguas están las EDAS, la tifoidea y la Paratifoidea, hepatitis infecciosa, la amebiasis, la giardiasis a la alta incidencia de enfermedades gastrointestinales.

El 100% de la población que habita en la localidad de Isla soto no cuenta con el servicio de agua potable, es así que consumen agua mediante pozos, canales de tierra y el Lago Titicaca. El acarreo de agua se demoran 20 minutos (niños) y 15 minutos (adultos) en baldes de 16 litros dependiendo de la distancia de las viviendas al pozo. Para esta actividad utilizan recipientes como baldes, bidones y cilindros, cuya tarea la realizan por lo general los niños y madres de familia; En sus viviendas depositan el agua acarreada en baldes y latas que no tienen las

condiciones adecuadas sin desinfectarlos cada cierto tiempo, además estas no cuentan con tapas, expuestas a la caída de basuras y manipuleo de los niños con las manos esto sucede en la temporada de estiaje donde hay poca cantidad de agua.

El agua que consumen en épocas de avenida son proveniente de riachuelos estas vienen contaminados en donde como los desechos de vacunos, ovinos y otros animales.

Los medios para acceder al Manante traen una serie de dificultades en la trayectoria del camino puesto que el friaje del lugar es alto y por la distancia más de 100 m a 600 m de las viviendas ubicadas en el lugar. Donde los niños sufren más porque son ellos los encargados en abastecer el agua a la familia afectando a la desnutrición de los niños y en el desempeño de los niños en las instituciones educativas del área de influencia.

#### *8.4.5.2 Situación del servicio de Saneamiento*

Asimismo en cuanto a los servicios de saneamiento la población no dispone de un servicio de disposición sanitaria de excretas donde se ve el limitado acceso a dicho servicio, los habitantes de la Localidad en un 100% realizan al aire libre la defecación, de esta manera contaminan el medio ambiente.

La defecación al aire libre se traduce en el contagio de enfermedades entre personas a través de:

- Arrastre de las heces a los pozos por presencia de lluvias. Lo cual las lluvias trasladan las heces con la corriente de agua, en el cual afecta a la población de la Localidad, además estas aguas contaminadas afectan a los pobladores de la zona los que hacen el consumo de agua de los riachuelos cuando estas son formados por las precipitaciones pluviales, además estas son consumidos por los animales como son los ovinos y vacunos. El consumo y el uso de estas aguas contaminadas generan enfermedades intestinales diarreicas parasitosis intestinal y dérmicas. Estas se traducen en una degradación del medio ambiente.
- Asimismo el contagio de las enfermedades se da a través de los animales como el perro el cerdo. Donde estos animales consumen las heces, los niños y los animales viven en constante contacto, por lo tanto son contagiados con las enfermedades ya mencionadas ocasionando gastos a las familias. lo que lleva a la alta incidencia de enfermedades gastrointestinales, y dérmicas. Donde los niños y personas de la tercera edad son los más propensos a contraer estas enfermedades debido a la ausencia de servicios sanitarios y deficientes e inadecuados prácticas de higiene.

Asimismo hay una inadecuada práctica de higiene de la población relacionada al uso del agua, disposición de excretas. Ocasionando diferentes enfermedades, lo que lleva a la presencia de enfermedades estomacales, parasitarias intestinales y dérmicas.

Y en cuanto a la disposición de residuos sólidos en la localidad de Isla Soto, no se tiene la gestión de residuos sólidos, por tanto las basuras generadas por las familias son botadas al campo abierto como es el Lago Titicaca y algunas veces quemados así contaminando el medio ambiente y las fuentes de agua.

#### 8.4.5.3 Situación de la gestión administrativa

En la actualidad en la Localidad de Isla Soto no tiene una junta administradora que se encargue de dirigir las actividades de operación y mantenimiento ya que no cuentan con servicio de agua y saneamiento.

### 8.5 Período de diseño.

Para disminuir el riesgo de un error en la estimación de la población futura y la posibilidad de que la capacidad de las instalaciones sea superada rápidamente en un período muy corto de tiempo, se ha adoptado como período de diseño 20 años, contados a partir del año 2017, compatible con lo recomendado por.

- Vida útil de los equipos electromecánicos
- Ampliaciones futuras y planeación de las etapas de construcción del proyecto.
- Cambios en el desarrollo social y económico de la población.
- Comportamiento hidráulico de las obras cuando estas no estén funcionando a su plena capacidad.

### 8.6 Taza de Crecimiento y densidad poblacional

La población total de la localidad de Isla Soto es de 331 Habitantes, y la densidad poblacional según los indicadores del INEI – censos 2007 para el distrito de Conima, es de 2.76 para zonas Rurales.

**Tabla 25: densidad poblacional y la Taza de crecimiento del distrito de Conima**

CPV 2007: Indicadores														
											Nº Filas: 2		Nº Columnas: 5	
País ▲	Departamento ▲	Provincia ▲	Distrito ▲	Tema ▲	Sub Tema ▲	Descripción ▲	Clase ▲	Total	Área Urbana	Área Rural	Sexo - Hombre	Sexo - Mujer		
								Medidas Valor ▼	Valor ▼	Valor ▼	Valor ▼	Valor ▼		
Perú	Puno	Moho	Conima	Demográfico	General	Tasa de Crecimiento de la población (1993-2007)		-2.47	-	-	-	-		
				Hogar	General	Promedio de personas por hogar		2.76	2.78	2.76	-	-		

Fuente 42 INEI – 2007, censos Nacionales (<http://ineidw.inei.gob.pe/ineidw/#>).

**Tabla 26: densidad poblacional y la Taza de Crecimiento de la Provincia de Moho:**

CPV 2007: Indicadores											
						N° Filas: 2		N° Columnas: 5			
País ▲	Departamento ▲	Provincia ▲	Tema ▲	Sub Tema ▲	Descripción ▲	Clase ▲	Total	Área Urbana	Área Rural	Sexo - Hombre	Sexo - Mujer
						Medidas	Valor ▼	Valor ▼	Valor ▼	Valor ▼	Valor ▼
Perú	Puno	Moho	Demográfico	General	Tasa de Crecimiento de la población (1993-2007)		-1.26	-	-	-	-
			Hogar	General	Promedio de personas por hogar		2.9	3.19	2.8	-	-

Fuente 43: INEI – 2007, censos Nacionales (<http://ineidw.inei.gob.pe/ineidw/#>).

**Tabla 27: Densidad Poblacional y la Taza de Crecimiento del Departamento de Puno**

CPV 2007: Indicadores											
						N° Filas: 2		N° Columnas: 5			
País ▲	Departamento ▲	Tema ▲	Sub Tema ▲	Descripción ▲	Clase ▲	Total	Área Urbana	Área Rural	Sexo - Hombre	Sexo - Mujer	
					Medidas	Valor ▼	Valor ▼	Valor ▼	Valor ▼	Valor ▼	
Perú	Puno	Demográfico	General	Tasa de Crecimiento de la población (1993-2007)		1.13	-	-	-	-	
				Hogar	General	Promedio de personas por hogar		3.44	3.6	3.3	-

Fuente 44: INEI – 2007, censos Nacionales (<http://ineidw.inei.gob.pe/ineidw/#>).

Observamos las tasa de crecimiento poblacional del distrito de Conima en la tabla N° 24, es de -2.47, y el promedio de personas por lugar para zonas rural es de 2.76, y en el cuadro N° 25, la tasa de crecimiento poblacional de la provincia de Moho es de -1.26, y el promedio de personas por lugar para zona rural es de 2.8, en el cuadro N° 26, la tasa de crecimiento poblacional del departamento de Puno es de 1.13, y el promedio de personas por lugar para zona rural es de 3.3.

**Para la presente investigación se tomara los siguientes datos como parámetros de diseño:**

Densidad poblacional = 2.76 (densidad Poblacional del Distrito de Conima para zonas rurales).

Taza de crecimiento = 1.13 (Región Puno).

### 8.7 Cálculo de la Población de Diseño.

La población actual de la localidad de Isla soto según el censo realizado es de es de 120 Familias. (Ver Padrón de Beneficiarios; Censo Poblacional).

Para el cálculo de la población futura se han utilizado, los métodos de crecimiento: método aritmético, método de interés compuesto y el método geométrico, elegidos según el tipo de población y dependiendo de las características socio-económicas de la misma.

**8.7.1 Método Aritmético.**

Es un método de proyección completamente teórico y rara vez se da el caso de que una población presente este tipo de crecimiento. En la estimación de la población de diseño, a través de este método, sólo se necesita el tamaño de la población en dos tiempos distintos.

La población futura a través de este método se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$Pf = Pa \left( 1 + \frac{r * t}{1000} \right) \tag{8.1}$$

Dónde:

Pf = Población Futura

r = Coeficiente de Crecimiento anual Por 1000 Habitantes.

Pa = población Actual

t = Tiempo en Años.

**Análisis:** Se tiene:

Pf. = ?

r = 1.13

Pa. = 331 Habitantes

t = 20 años

$$Pf = 331 \left( 1 + \frac{1.13 * 20}{1000} \right)$$

Para el presente proyecto se considera que para el año 2037 será de 406 Habitantes

**8.8 Demanda y dotación**

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

Para sistemas rurales se considerara la dotación que se muestra según el Tabla N° 5.6.

**Tabla 28: Dotación de Agua para Ámbito Rural**

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

*Fuente 45: Jorge Guibo. (Setiembre 2012). Curso Formulación y Evaluación en Pip del Sector Saneamiento.*

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

**8.9 Variaciones periódicas.**

Para suministrar eficientemente el agua a la Localidad es necesario que cada una de las partes que constituyen el sistema satisfaga las necesidades reales de la población; de tal forma que las cifras de consumo y variaciones de las mismas, no desarticulen todo el sistema, sino que permita un servicio de agua eficiente y continuo.

La variación del consumo está influenciada por diversos factores tales como: tipo de actividad, hábitos de la población, condiciones de clima etc.

**8.9.1 Consumo promedio diario anual (Qm.)**

Es el caudal promedio diario anual, se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo (Lit/Seg.) y se determina mediante la siguiente formula.

$$Qm = \frac{Pf * Dot. Dia}{86,400 seg./dia} \tag{8.2}$$

**Dónde:**

Qm= Consumo Promedio Diario (Lit/seg.)  
 Pf = Población Futura (Habitantes).  
 Dot.= Dotación (Lit/Hab/día).

**Análisis:**

Qm= ? (Lit./seg.)  
 Pf = 406 (Habitantes).  
 Dot.= 80 (Lit./Hab./día).

$$Qm = \frac{406 * 80}{86,400 seg./dia} \text{ entonces: } Qm = 0.376 \frac{Lit}{seg} \dots\dots\dots \tag{8.3}$$

**Caudal máximo diario (Qmd)**

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir, representa el día de mayor consumo en el año, y se calcula según la siguiente fórmula:

$$Qmd = K1 * Qm \tag{8.4}$$

K1= 1.3 constante de variación de consumo para localidades Urbanas y Rurales.

**Análisis:**

$$Qmd = 1.3 * 0.379$$

$$Qmd = 0.489 Lit/seg$$

**Caudal máximo horario (Qmh).**

Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo, y en general, se determina como:

$$Qmh = K2 * Qm \tag{8.5}$$

**Dónde:**

Para localidades Urbanas:	Localidades rurales:
K2= 1.8 a 2.5	K2= 1.5

Análisis: para nuestra investigación el valor que toma K2= 1.5 por ser una zona Rural

$$Qmh = 1.5 * 0.493 \text{ entonces el}$$

$$Qmh = 0.564 \frac{Lit}{seg}. \tag{8.6}$$

## 8.10 Fuentes de abastecimiento

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

Para el presente proyecto el tipo de captación es agua subterránea de ladera.

### 8.10.1 Diseño de Captación de un manantial de ladera y concentrado

#### 8.10.1.1 Definiciones.

**Afloramiento:** Punto o zona por donde fluye el manantial hacia la superficie.

**Aforo:** Medición del flujo del manantial expresado generalmente en lt/seg.

**Aleros:** Parte de la estructura de la captación que actúa como barrera impermeable, marca el límite lateral de la captación y permite que el agua sea conducida a la cámara húmeda.

**Área de captación:** Área comprendida entre la cámara húmeda, los aleros y la zona o punto de afloramiento.

**Área de protección:** Sector circular comprendido entre la captación y un radio de 100 a 150 m hacia atrás como medida de recarga del acuífero.

**Barraje:** Presa que permite concentrar el caudal del manantial para conducirlo a la cámara húmeda.

**Cámara húmeda:** Compartimiento donde se colecta toda el agua captada.

**Cámara seca:** Compartimiento donde se ubican las válvulas y accesorios de control de la captación.

**Límite de protección:** Perímetro alrededor de la caja de captación que debe ser preservada como protección a la contaminación.

**Manantial de ladera:** Agua subterránea que fluye hacia la superficie por efecto de la gravedad.

**Material permeable:** Grava clasificada por donde discurre el agua entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda.

**Rebose:** Sistema que permite evacuar el excedente de agua hacia el exterior de la captación.

**Sellado:** Capa de concreto o material impermeable que se dispone sobre el material permeable, para evitar la contaminación de las aguas colectadas.

**Ventana:** Orificio por donde fluye el agua hacia la cámara húmeda.

**Zanja de coronación:** Es un canal perimetral ubicado en la parte superior de la captación, que permite colectar las aguas superficiales producto de las precipitaciones. Protege a la captación de contaminación por aguas superficiales.

**Manantial de fondo:** Agua subterránea que fluye hacia la superficie por efecto de la presión ejercida por el acuífero confinado, también denominado de flujo artesiano.

DISEÑO DE CAPTACION TIPO LADERA 1m. X 1m .

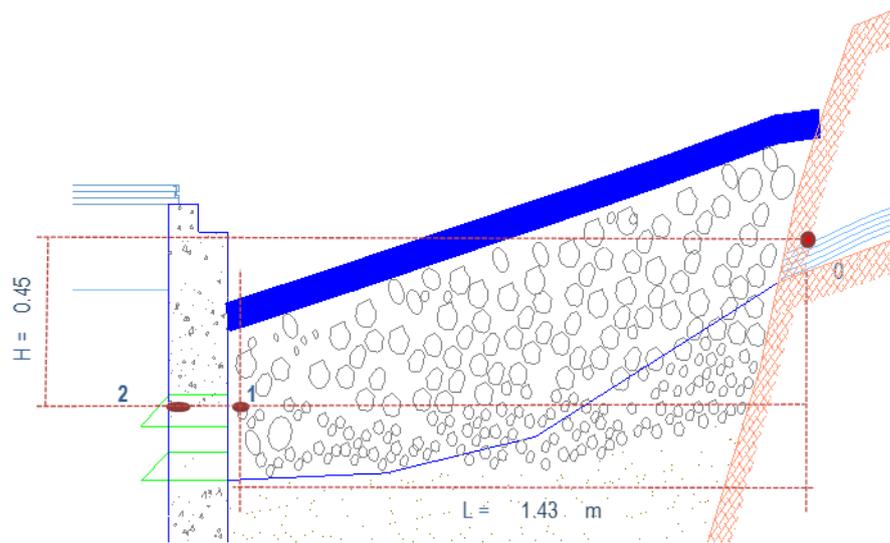
PROYECTO "APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LOCALIDAD DE ISLA SOTO"

LOCALIDAD : ISLA SOTO  
 DISTRITO : CONIMA  
 PROVINCIA : MOHO  
 DEPARTAMENTO : PUNO

DATOS :

Caudal Aforado = 0.500 Vs Æ Tub. De Salida = 1 Pulg  
 Caudal Máximo Diario = 0.489 Vs

CALCULO DE LA DISTANCIA ENTRE EL PUNTO DE AFLORAMIENTO Y LA CAMARA HUMEDA



Relacion de Valores asumidos

H	=	Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada (Se recomienda valores de 0.4 a 0.5m).	=	0.45 m
Cd	=	Coefficiente de descarga en el Punto 1 (Se recomienda valores de 0.6 a 0.8).	=	0.80
V2	=	Velocidad de pase (Se recomienda valores menores o iguales a 0.60 m/s)	=	0.50 m/s
g	=	Aceleracion de la Gravedad	=	9.81 m/s <sup>2</sup>

$$V_2 = C_d \sqrt{2gh_0} \quad h_0 = \frac{V_2^2}{2gC_d^2}$$

Despues de asumir los valores aplicamos las ecuaciones anteriores, hallamos ho y V2 teorica

V2 teorica = 2.38 m/s ho = 0.02 m

Calculamos la perdida de carga Hf según la siguiente formula

$$H_f = H - h_0$$

Hf = 0.43 m

Ahora calculamos la distancia horizontal entre el afloramiento y la camara humeda

$$L = H_f / 0.30$$

L = Distancia entre el afloramiento y la caja de Captacion. = 1.43 m

**CALCULO DEL ANCHO DE LA PANTALLA**

Tenemos que calcular el area necesaria con el caudal maximo del aforo realizado y mediante la siguiente formula:

$$A = Q_{max} / CdxV$$

A = 1.25E-03 m<sup>2</sup>  
 Aε = 3.99 cm  
 = 1.57 Pulg = Do  
 = 1 4/7 Pulg = Do

Ahora calculamos el número de Orificios (NA)

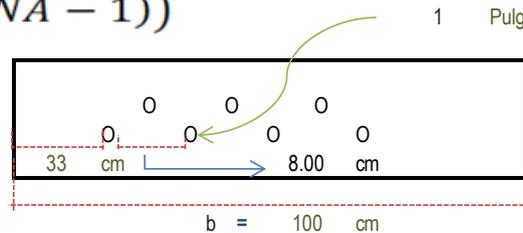
Di = 1 Pulg

$$NA = D_o^2 / D_i^2 + 1 \quad NA = 4$$

Conocido el diametro de los orificios podemos calcular el ancho de pantalla " b "

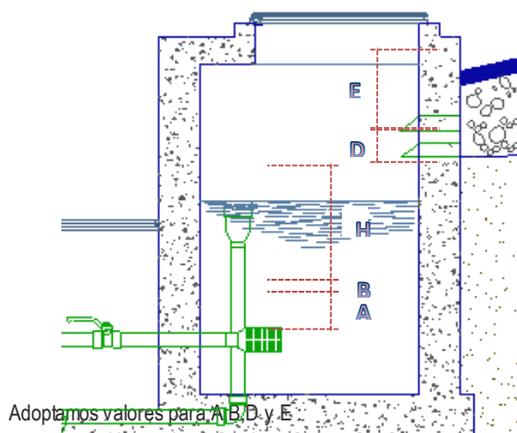
$$b = 2(6D + NAxD + 3D(NA - 1))$$

b = 38 Pulg  
 b = 97 cm  
 b = 100 cm (Asumido)



Seccion Interna de la caja = 100 x 100 cm<sup>2</sup>

**ALTURA DE LA CAMARA HUMEDA (Ht)**



Para la altura de la camara utilizamos la siguiente formula:

$$Ht = A + B + H + D + E$$

- A = Altura de sedimentacion de la arena (min 10cm)
- B = Mitad del diametro de canastilla
- H = Altura de Agua (minimo 30cm)
- D = Desnivel minimo nivel de ingreso de Agua de afloramiento y el nivel de agua de la camara humeda (minimo 3cm)
- E = Borde Libre ( de 10 a 30cm)

Aε Canastilla = 2 Pulg

A = 10.00 cm      B = 2.54 cm      D = 5.00 cm      E = 30.00 cm

Adoptamos el valor de H mediante la siguiente ecuacion:

$$H = \frac{Q_{md}^2}{2gA^2}$$

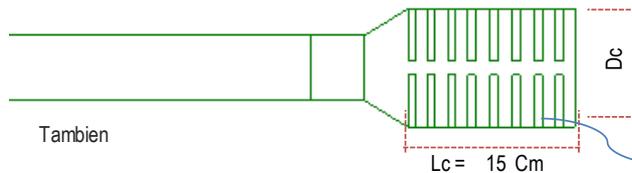
Donde:  $Q_{md}$  = Caudal Maximo Diario (m3/s) = 0.00049  
 $g$  = Aceleracion de la gravedad (m2/s) = 9.81  
 $A$  = Area de la tuberia de Salida (m2) = 0.000507

Tenemos:  $H = 0.047$  cm Minima 30cm entonces  $H = 30.00$  cm

Como resultado tenemos  $H_t = 77.54$  cm Asumimos  $H_t = 80.00$  cm OK

**DIMENSIONAMIENTO DE LA CANASTILLA**

Del siguiente Grafico:



$D_s = \text{Æ Tub. De Salida} = 1$  Pulg

Tenemos la formula:  $D_c = 2D_s$

$D_c = 2$  Pulg

Ancho de ranura = 10 mm  
 Largo de ranura = 10 mm  
 Area de ranura = 100 mm2  
 Area total de ranura = 0.001013 m2 =

Tambien

$$3D_s < L_c < 6D_s$$

7.62 <  $L_c$  < 15.24

$L_c = 15$  cm OK  
 OK

$$N^{\circ} \text{ de ranuras} = \frac{\text{Area total de ranura}}{\text{Area de ranura}} = 11$$

**TUBERIA DE REBOSE Y LIMPIEZA**

Se recomiendan pendientes de 1% a 1.5% mediante la ecuacion de Hazen Williams con ( C=140 )

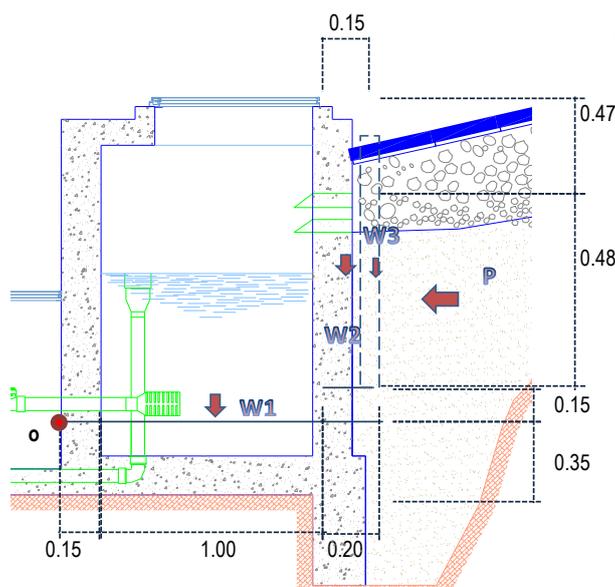
$$D = \frac{0.71xQ^{0.33}}{Hf^{0.21}}$$

$D$  = Diametro en Pulg  
 $Q$  = Gasto maximo de la fuente en l/s = 0.50 l/s  
 $H_f$  = Pérdida de carga Unitaria m/m

Elegimos  $H_f = 0.015$  m/m

$D = 1.36439$  Pulg  
 $D$  asumido = 2 Pulg Ok

**DISEÑO ESTRUCTURAL**



**DATOS :**

$g_s$  = Peso especifico del suelo  
 $f$  = Angulo de rozamiento interno del suelo  
 $u$  = Coeficiente de friccion  
 $g_c$  = Peso especifico del concreto  
 $f_c$  = Resistencia del concreto  
 $s_1$  = Esfuerzo admisible del suelo

$g_s = 1.92$  tn/m3  $g_c = 2.40$  tn/m3  
 $f = 30^\circ$   $f_c = 175$  Kg/cn  
 $u = 0.42$   $s_1 = 1.00$  Kg/cn

**Empuje del suelo sobre el muro:**

$$P = \frac{1}{2} (Cah \cdot \gamma_s \cdot h^2) = 125.16005 \text{ Kg}$$

donde:

$$Cah = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} = 0.333$$

Momento de Estabilizacion Mr y el Peso W:

W		W(kg)	x(m)	Mr=xW
W1	1.35 x 0.15 x 2.40	486.0	0.675	328.1
W2	0.95 x 0.15 x 2.40	342.0	1.225	419.0
W3	0.48 x 0.05 x 1.92	45.6	1.325	60.5
Wt		873.6		807.5



Momento de Vuelco (Mo):

$$Mo = P \cdot Y$$

$$Mo = 26.0917 \text{ Kg.m}$$

$$a = \frac{Mr - Mo}{Wt} = 0.894397$$

CHEQUEOS:

**FACTOR DE SEGURIDAD: 1.6**

Chequeo por vuelco (Cdv)

$$Cdv = \frac{Mr}{Mo} = 30.9474 > 1.6$$

Ok

Máxima carga unitaria.

$$P_1 = (4l - 6a) \frac{W_T}{l^2} = 0.00161 \text{ Kg/cm}^2 < s1$$

Ok

$$P_2 = (4a - 6l) \frac{W_T}{l^2} = 0.12782 \text{ Kg/cm}^2 < s1$$

Ok

Chequeo por Deslizamiento Cdd

$$F = u \cdot W_t = 366.928 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Cdd = \frac{F}{P} = 2.93167 > 1.6$$

Ok

### 8.11 Diseño de la línea de Impulsión.

#### 8.11.1 Caudal de Bombeo.

El caudal de una línea de impulsión será el correspondiente al consumo del máximo diario para el periodo de diseño. Tomando en cuenta que no resulta aconsejable ni práctico mantener períodos de bombeo de 24 horas diarias, habrá que incrementar el caudal de acuerdo a la relación de horas de bombeo, satisfaciendo así las necesidades de la población para el día completo.

$$Q_{bombeo} = Q_b = Q_{md} * \frac{24}{N} \tag{8.7}$$

**Dónde:**

N = Número de Horas de Bombeo

Qmd. = Caudal Máximo Diario

**Análisis:**

Qmd = 0.494 Lit./Seg.

N = 6 Horas

$$Q_{bombeo} = Q_b = 0.489 * \frac{24}{6} \rightarrow Q_b = 1.96 \frac{\text{Lit}}{\text{Seg}}$$

$$Q_b = 1.96 \frac{\text{Lit}}{\text{Seg}} \quad Q_b = 0.00168 \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}} \tag{8.8}$$

### 8.11.2 Selección de diámetros económico.

Un procedimiento para la selección del diámetro es usando la fórmula de Bresse.

$$D = K * X^{\frac{1}{4}} * Qb^{\frac{1}{2}} \quad (8.9)$$

Dónde:

$$X = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Horas de bombeo}}{24}$$

$$K = 1.3$$

D = Diámetro en m.

Qb = Caudal de Bombeo en m<sup>3</sup>/Seg.

Análisis:

$$X = \frac{6}{24} = 0.250$$

$$K = 1.3$$

$$D = ?$$

$$Qb = 0.00196 \text{ m}^3/\text{Seg.}$$

$$D = 1.3 * 0.292^{\frac{1}{4}} * 0.00196^{\frac{1}{2}} \quad \text{entonces } D = 0.0637 \text{ m}$$

$$\text{Diametro asumido } D = 2 \frac{1}{2} \text{ Pulgadas}$$

$$\text{Diametro asumido } D = 75 \text{ mm}$$

### 8.11.3 Carga dinámica o altura manométrica total

La altura dinámica del proyecto será la suma de la carga de succión más la carga de impulsión para ello se utilizara la formula (4.7)

$$H_b = H_s + H_i$$

Donde:

$H_b$  = Altura dinamica o altura de bombeo en m.

$H_s$  = Carga de Succion en m.

$H_i$  = Carga de impulsion en m.

#### 8.11.3.1 Carga de succión (Hs)

Tomando en consideración el acápite 4.1.7.8.8.- la carga Succión será Cero, tratándose de la instalación de una bomba sumergible, Entonces: Hs=0.

8.11.3.2 *Sumergencia Mínima ( $\Delta H$ ).*

La altura de agua entre el nivel mínimo de unión de la rejilla, o la boca de entrada a la tubería, debe ser igual o superior a límite del ítem 4.1.7.8.7. Las ecuaciones (4.17) y (4.18).

Para dar cumplimiento a los requerimientos hidráulicos considerando la velocidad mínima de caudal de Bombeo de 0.5 m/seg, utilizaremos la ecuación (4.17).

$$\Delta H = \frac{V^2}{2g} + 0.20 \text{ entonces } \Delta H = \frac{0.5^2}{2(9.81)} + 0.20$$

$$\Delta H = 0.217m$$

Para impedir el ingreso de aire utilizaremos la ecuación (4.18).

$$\Delta H = 2.5d + 0.10 = 2.5 * 0.75 + 0.10$$

$$\Delta H = 0.29m$$

Para el presente proyecto seleccionaremos el mayor, por lo tanto la sumergencia mínima será de 0.30 metros.

8.11.3.3 *Calculo hidráulico y perdida de carga en tuberías.*

a) Formula de Flamant.

Se expresa por la siguiente ecuación (4.11)

Dónde:

St = perdida de carga unitaria en m/m

v = Velocidad de Agua en m/s

b = Coeficiente de Flamant (ver tabla 5.8)

D = Diámetro interno de la tubería en m.

Y de la ecuación (4.12)

**Análisis:**

$$V = \frac{Q}{\pi r^2} \quad \text{entonces} \quad V = \frac{0.00235}{\pi(0.0666/2)^2} ; \quad V = 0.687 \frac{m}{Seg}$$

St = ? m/m

b = 0.000140

v = 0.687 m/s

D = 0.0666 m. ( ØInt.2.5”)

$$S_t = \frac{4 * b * v^7}{D^{\frac{7}{3}}} \quad S_t = \frac{4 * 0.000140 * 0.687^7}{0.0666^{\frac{7}{3}}}$$

$$\text{entonces} \quad S_t = 0.00887 \frac{m}{m}$$

St= 0.00887\*373.26 =3.311 m. Entones la perdida **St=3.311 m.**



$D = 0.0678 \text{ m.}$

$g = 9.81 \text{ m/Seg.}$

$$h_f = 0.040 * \frac{373.26 * 0.687^2}{0.0666 * 2 * 9.81} \text{ entonces } h_f = 3.13 \text{ m.}$$

**c) Utilizando la fórmula de Hazen Williams.**

Es la más empleada por su simplicidad y grado de exactitud, se expresa de la formula (4.15).

$$Q = 0.28 * C * D^{2.63} * J^{0.54}$$

Dónde:

Q= caudal en m<sup>3</sup>/Seg.

C= coeficiente de Hazen Williams (adimensional véase la tabla N° 18)

D= diámetro Interno de la tubería en m.

J= perdida de carga unitaria o gradiente hidráulico en m/m

$J = H_f / L$

H<sub>f</sub>= perdida de Carga en m.

L= longitud de tubería en m.

**Análisis:**

Q= 0.00196 m<sup>3</sup>/Seg.

J= ¿? m/m

C= 140 (tabla N° 5.12)

L= 373.26 en m.

D= 0.0678 m.

De la formula ( 4.15) despejando J se tiene:

$$J = \left[ \frac{Q}{0.28 * C * D^{2.63}} \right]^{1.85} \tag{5.38}$$

Remplazando en (5.38) se tiene:

$$J = \left[ \frac{0.00234}{0.28 * 150 * 0.0666^{2.63}} \right]^{1.85} ; \text{ entonces } J = 0.0074952 \text{ m/m}$$

*determinando la perdida de Carga*

$$H_f = J * L \rightarrow H_f = 0.0074952 * 373.26$$

$$H_f = 2.80 \text{ m}$$

**Tabla 29: Resumen de Pérdidas por Longitud del Proyecto.**

Método	Pérdida H <sub>f</sub>
Formula de Flamant	3.31 m.
Formula de Darcy - weisbach	3.13 m.
Formula de Jazen Williams	2.80 m.

*Fuente 46: elaboración propia.*

Para el presente proyecto, consideraremos como pérdida por longitud a la pérdida obtenida por la fórmula de Flamant  $H_f=3.31m$

La altura Dinámica total estará dado por la ecuación (4.10)

$$H_t = H_d + H_s + H_f + P_s$$

$H_s$  = Altura de aspiración o succión, esto es, altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior. = 0

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

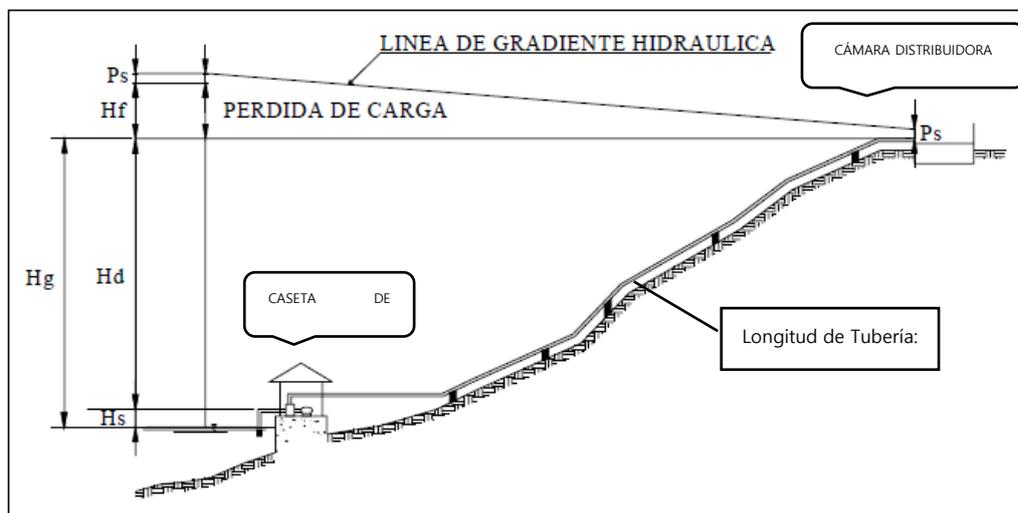
$H_g$  = Altura geométrica, esto es la diferencia de nivel; (altura estática total)  $H_s + H_d = H_g$

$H_f$ . total = Pérdida de carga (totales).

$P_s$ . = Presión de llegada al reservorio (se recomienda 2 m).

$H_t$ . = Altura dinámica total en el sistema de bombeo, que corresponde a:

**Figura 28: Perfil del Terreno del Sistema de Bombeo Isla Soto**



Fuente 47: Elaboración Propia.

**Remplazando los valores**

$$H_s = 2.30 \text{ m.}$$

$$H_f. \text{ total} = 3.31 \text{ m.}$$

$$H_d. = 3953.00 - 3872.00 = 81.00 \text{ m}$$

$$P_s. = 2.00 \text{ m.}$$

$$H_g = 2.30 + 81.00 = 83.30 \text{ m.}$$

$$H_t = 81.00 + 2.30 + 3.31 + 2.00 = 88.61 \text{ metros.}$$

#### 8.11.4 Golpe ariete.

El golpe de ariete se produce al romper repentinamente el flujo de agua en la tubería transformando la energía cinética del líquido en energía estática que es absorbido por la masa de agua y la tubería.

La sobrepresión por efecto del golpe de ariete se determina mediante la expresión:

$$p = \frac{W * V_W * V_0}{g} \tag{8.1}$$

Dónde:

P= Sobrepresión por efecto del golpe de ariete Kg/m2.

W= Peso específico del agua en Kg/m3.

V<sub>0</sub> = Velocidad del agua en m/Seg.

V<sub>W</sub>= velocidad de propagación de la Onda en m/Seg.

$$V_W = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K * d}{e * E}}} \tag{8.2}$$

K= módulo de elasticidad del agua; 2x10<sup>8</sup> Kg/ m2.

E= Modulo de Elasticidad de la tubería de 2.81 x 10<sup>4</sup> Kg/cm2 (Ficha Técnica de Tuberías De alta Presión)

D = Diámetro Interno de la tubería en m.

e = espesor de la pared de la tubería en m.

Análisis:

P= ¿? Kg/m2.

W= 1000 Kg/m3.

V<sub>0</sub> = 0.543 m/Seg.

Calculando la elocidad de propagación de onda

V<sub>W</sub>= ¿? en m/Seg.

d = 0.0666m.

K= 2x10<sup>8</sup> Kg/ m2.

e = 0.0066m.

E= de 2.81 x 10<sup>4</sup> Kg/cm2

$$V_W = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2x10^8 * 0.0666}{0.0066 * 2.81x10^4}}} \quad \text{entonces } V_W = 1248.98 \frac{m}{Seg}.$$

En (8.1)

$$p = \frac{1000 * 1248.98 * 0.687}{9.81} ; \quad \text{entonces } p = 72952.9 \text{ Kg/m}^2$$

**Entonces: la Sobrepresión por efecto del golpe de ariete será de 72.95 mca**

Un buen diseño de la línea de impulsión debe considerar el efecto del golpe de ariete debido a la sobrepresión que este genera a lo largo de la tubería ya sea por una posible desconexión del generador fotovoltaico que alimenta al motor de la bomba o por cierre instantáneo de las válvulas de control, por cuyo motivo con el estudio de este fenómeno se puede determinar la tubería más idónea que pueda resistir la sobrepresión que se genera para un caso particular, sin

tener que elevar el costo de un determinado proyecto por la adquisición de válvulas especiales que contrarresten este fenómeno.

Determinar entonces la sobrepresión de tubería en su punto más bajo por efecto del golpe de ariete:

$$P_{max} = \Delta H + P \tag{8.3}$$

**Donde:**

$P_{max}$ = Presión Máxima en el Punto más bajo de la tubería (Kg/cm<sup>2</sup>).

$\Delta H$ = diferencia de nivel entre el Punto donde llega el agua (Reservorio) y el punto más bajo de la tubería igual a la carga estática en este punto, considerando las perdidas residuales (Kg/cm<sup>2</sup>).

$P$ =carga de sobrepresión por el efecto del golpe de ariete (Kg/cm<sup>2</sup>).

La Presión Máxima en el Punto más bajo de la tubería (Kg/cm<sup>2</sup>) es:

$$P_{max} = 81.00 + 2.30 + 72.95$$

$$P_{max} = 156.25 \text{ m} \tag{8.5}$$

Llevando a unidades de presión  $P_{max} = \rho * g * h_{max} = 1'532,812.50 \text{ Kg/m} \cdot \text{seg}^2 = 15.32 \text{ bares}$ .

Finalmente la tubería seleccionada deberá tener un determinado espesor y tipo de material capaces de soportar la máxima presión.

**Selección de Tubería:**

La tubería seleccionada para la línea de impulsión es **Tubería HDPE NTP ISO 4427 – PE 80 PN 16 Ø de 75 mm**

- Diámetro exterior de la tubería : 75 mm
- Espesor de la tubería : 8.4 mm
- Peso Mínimo : 1.74 Kg/m

**8.12 Volumen de cisterna.**

La cisterna es el depósito de agua que se almacenará cuando el caudal de bombeo sea Cero. Y está dado por la siguiente expresión:

$$V_c = Q_{md}(24 - N) \tag{8.6}$$

Dónde:

$V_c$ = Volumen de Cisterna

$Q_{md}$ = Caudal Máximo Diario

$N$  = Número de Horas de Bombeo

**Análisis:**

$V_c = ?$

$Q_{md} = 0.489 \text{ Lit/Seg.}$

$N = 6 \text{ Horas}$

$$V_c = 0.489(24 - 6) ; \text{ entoces } V_c = \mathbf{31.69 \text{ m}^3}$$

***El volumen de Cisterna sera de 33 m<sup>3</sup>***

8.12.1 Diseño estructural de la Cisterna

**CALCULO ESTRUCTURAL DE CISTERNA de 33 m3**

**PROYECTO :**  
 : APLICACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LOCALIDAD DE ISLA SOTO'  
**ENTIDAD :** UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**CARACTERISTICAS GEOMETRICAS**

VOLUMEN RESERVORIO = 33 m<sup>3</sup>  
 ALTURA UTIL RESERV+25cm VL. = 2.05 m  
 LADO UTIL RESERVORIO = 4.05 m  
 RELACION DE b/h = 1.98

**ESPECIFICACIONES**

CONCRETO f<sub>c</sub> = 210 Kg/cm<sup>2</sup>  
 SOBRECARGA EN LOSA = 150 Kg/m<sup>2</sup>  
 ACERO f<sub>y</sub> = 4,200 Kg/cm<sup>2</sup>  
 RESISTENCIA DEL SUELO Arena y Grava = 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>  
 COEF. SISMICO = 0.12  
 RECUBRIMIENTO (r) = 5.00 Cm  
 f<sub>s</sub> = 1400 Kg/cm<sup>2</sup>  
 f<sub>c</sub> = 79 Kg/cm<sup>2</sup>

**ACERO MUROS**

**ACERO VERTICAL** = 1/2 Pulg.  
 DIAMETRO = 1.270 Cms.  
 AREA = 1.267 Cms<sup>2</sup>.  
 PESO = 1.030 Kg/ml

**ACERO HORIZONTAL** = 1/2 Pulg.  
 DIAMETRO = 1.270 Cms.  
 AREA = 1.267 Cms<sup>2</sup>.  
 PESO = 1.030 Kg/ml

**ACERO LOSA DE TECHO**

**ACERO HORIZONTAL** = 1/2 Pulg.  
 DIAMETRO = 1.270 Cms.  
 AREA = 1.267 Cms<sup>2</sup>.  
 PESO = 1.030 Kg/ml

**ACERO LOSA DE FONDO**

**ACERO HORIZONTAL** = 1/2 Pulg.  
 DIAMETRO = 1.270 Cms.  
 AREA = 1.267 Cms<sup>2</sup>.  
 PESO = 1.030 Kg/ml

**COEFICIENTE ( K ) PARA CALCULOS DE LAS PAREDES DE RESERVORIOS LIBRES TAPA LIBRE Y FONDO EMPOTRADO**

B/H	X/H	Y = 0		Y = B/4		Y = B/2	
		MX	MY	MX	MY	MX	MY
1.98	0	0.0000	0.0270	0.0000	0.0090	0.0000	-0.0600
	1/4	0.0130	0.0230	0.0060	0.0100	-0.0120	-0.0590
	1/2	0.0150	0.0160	0.0100	0.0100	0.0100	-0.0490
	3/4	-0.0080	0.0030	-0.0020	0.0030	-0.0050	-0.0270
	1	-0.0860	-0.0170	-0.0590	-0.0120	0.0000	0.0000

**DETERMINACION DE MOMENTOS**

M = 1000\*h<sup>3</sup> 2.1 = 8615.1  
 M\*0 2.1 = 0.0  
 M\*1/4 2.1 = 0.5  
 M\*1/2 2.1 = 1.0  
 M\*1 2.1 = 1.5  
 M\*1 2.1 = 2.1

**CALCULO DE LAS PAREDES Y ESPESOR DE LA PAREDE DE LA CISTERNA APOYADO**

**MOMENTOS Kg-m DEBIDO AL EMPUJE DEL AGUA**

B/H	X/H	Y = 0		Y = B/4		Y = B/2	
		MX	MY	MX	MY	MX	MY
1.98	0	0.0	232.6	0.0	77.5	0.0	-516.9
	1/4	112.0	198.1	51.7	86.2	-103.4	-508.3
	1/2	129.2	137.8	86.2	86.2	-422.1	-422.1
	3/4	-68.9	25.8	-17.2	25.8	-43.1	-232.6
	1	-740.9	-146.5	-508.3	0.0	0.0	0.0

2.1 2 2 2.1 2.1 2.05  
 EL CALCULO DE LOS MOMENTOS EN " Y " ES SIMILAR AL QUE SE UTILIZA PARA EL CALCULO DE LOS MOMENTOS EN " X " VEA EL CUADRO DE RESUMEN DE CALCULO  
 2.1 2 2 2.1 2.1 2.1  
 2.1 2 2 2.1 2.1 2.1  
 2.1 2 2 2.1 2.1 2.1  
 2.1 2 2 2.1 2.1

**DEL CUADRO EL MAXIMO MOMENTO ABSOLUTO ES**  
 M max = 740.90 kg-m  
 EL ESPESOR DE LA PARED ORIGINADO POR EL MOMENTO " M " EN CUALQUIER PUNTO ES:  
 e = ( 6M / (f<sub>c</sub>\*100) ) = 21.17 cm  
 Predimensionamiento para verificación  
 Se Asume Un Espesor De Pared = 0.20 m

**EN RESUMEN SE TIENE** M max Absoluto Vertical = 516.91 kg-m  
 M max Absoluto Horizontal = 740.90 kg-m

**CALCULO DE LA ARMADURA DE LAS PAREDES DE LA CISTERNA**

Segun RNC la Cuantia no sera menor de As = 0,0015 \* b \* e = As = 2.3 cm<sup>2</sup>  
 Para cual se recomienda Usar Fierro de Ø de 3/8" @ 0,25 m por cada metro "=>" As = 5.1 cm<sup>2</sup>  
 Para El Diseño Se Utiliza Segun RNC fs = 900.00 kg /cm<sup>2</sup>  
 n = 9.00

**Momento Maximo Negativo ( Armadura Vertical )**

M ( - ) = 740.90 kg-m  
 El Acero Requerido es = As "=>" 9.68 cm<sup>2</sup>  
 Espaciamiento = 0.13 cm 8 Ø 1/2' @ 0.13 m  
 Asumiendo para Proceso Constructivo 8 Ø 1/2' @ 0.13 m

**Momento Maximo Positivo** ( Armadura Horizontal )

M ( + ) = 516.91 kg-m  
 El Acero Requerido es = As "=>" 6.76 cm<sup>2</sup>  
 Espaciamento = 0.19 cm 6 Ø 1/2' @ 0.19 m

Asumiendo para Proceso Constructivo 6 Ø 1/2' @ 0.19 m

**CHEQUEO POR ESFUERZO CORTANTE**

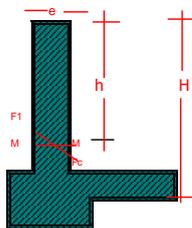
Fuerza Cortante Del Agua Sera  $v = 1000 \cdot h^2 / 2$  = 2101.3 kg El Esfuerzo Permisible Nominal en el Concreto para Muros no Excedera a :  $v_{max} = 0,02 \cdot f_c$   
 El Esfuerzo Cortante Nominal sera = 3.20 kg/cm<sup>2</sup>  $v_{max} = 4.20$  kg/cm<sup>2</sup>  
 Comparando  $v = 3.20 < v_{max} = 4.20$  **OK !!** Satisfase las Condiciones de Diseño

**CHEQUEO POR ADHERENCIA**

Esfuerzo de Adherencia en Cualquier Punto  $u = v / (\# \cdot j \cdot d)$  = 9.06 kg/cm<sup>2</sup>  
 Donde # = 27.30  
 El Esfuerzo Permisible Por Adherencia en el Concreto para Muros es  $u_{max} = 0,05 \cdot f_c = 10.50$  kg/cm<sup>2</sup>  
 Comparando  $u = 9.06 < u_{max} = 10.50$  **OK !!** Satisfase las Condiciones de Diseño

**CALCULO DE LA LOSA DE CUBIERTA Y ESPESOR DE LA LOSA DE CUBIERTA**

La losa de cubierta sera considerada como una losa armada en dos sentidos y apoyada en cuatro lados



**Calculo del espesor de la losa**

Espesor de los Apoyos = 0.20  
 Luz de Calculo = 4.25  
 Espesor (  $e = L / 36$  ) = 0.12

Segun RNC para losas Macizas Armadas en dos Sentidos Los Momentos Flexionantes en las Fajas Centrales Son

$MA = MB = C \cdot W \cdot L^2$  C = 0.036  
 Peso propio de la Losa = 288

Sobre Carga o Carga Viva = 150.0  
**w = 438.0 kg/m**

**El Momento Flexionante es = 284.81 kg/m<sup>2</sup>**

$R = ( 1 / 2 ) \cdot f_s \cdot j \cdot k = 0.213$   
 $j = 1 - ( k / 3 ) = 0.885$   
 $k = 1 / ( 1 + f_s / ( n \cdot f_c ) ) = 0.344$   
 $n = E_s / E_c = ( 2,1 \times 10^6 ) / ( W^{1.5} \times 4200 \times ( f_c )^{1/2} ) = 9.28$

El Espesor Util Sera " d " = 13.37 m

Valor del Calculo de " R " = 0.213

Entonces, Asumir "d" el Valor de = **0.20 m**

Para el Diseño Se Considera = 17.50 cm

Recubrimiento de = 7.50 cm

**CALCULO DE LA ARMADURA DE LA LOSA DE CUBIERTA DE LA CISTERNA**

Segun RNC la Cuantia minima  $As = 0,0017 \cdot b \cdot e$  =  $As = 2.04$  cm<sup>2</sup>

Para cual se Recomienda Usar Fierro de Ø de 3/8" @ 0,25 m por cada metro "=>"  $As = 5.07$  cm<sup>2</sup>

Para El Diseño Se Utiliza Segun RNC  $f_s = 1400.0$  kg/cm<sup>2</sup>

Momento Maximo en la Losa de Cubierta Sera

M = 284.81 kg-m  
 El Acero Requerido es = As "=>" 1.32 cm<sup>2</sup>  
 Espaciamento = 0.62 cm 3 Ø 1/2' @ 0.62 m

Asumiendo para Proceso Constructivo 3 Ø 1/2' @ 0.62 m

**CHEQUEO POR ESFUERZO CORTANTE**

<p>Fuerza Cortante Maxima Sera <math>v = W*S/3 = 591.3 \text{ kg/m}</math></p> <p>El Esfuerzo Cortante Sera <math>= 0.90 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Comparando <math>v = 0.90 &lt; v \text{ max} = 4.20</math> <b>OK !!</b></p>	<p>El Esfuerzo Cortante Unitario en el Concreto <math>v \text{ max} = 0,29 * (f_c)^{1/2}</math></p> <p><math>v \text{ max} = 4.20 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Satisfase las Condiciones de Diseño</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**CHEQUEO POR ADHERENCIA**

<p>Esfuerzo de Adherencia en Cualquier Punto <math>u = v / (\# * j * d) = 2.88 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Donde <math>\# = 12.00</math></p> <p>El Esfuerzo Permisible Por Adherencia en el Concreto para Muros es <math>u \text{ max} = 0,05 * f_c = 10.50 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Comparando <math>u = 2.88 &lt; u \text{ max} = 10.50</math> <b>OK !!</b></p>	<p>Satisfase las Condiciones de Diseño</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

**CALCULO DE LA LOSA DE FONDO Y ESPESOR DE LA LOSA DE FONDO**

La losa de fondo sera considerada y analizada como una placa flexible y no como una placa riguida

<p>Peso Propio del Agua <math>= 2050.0</math></p> <p>Peso Propio del Concreto <math>= 480.00</math></p> <p><b>W</b> <math>= 2530.0 \text{ kg/m}^2</math></p>	<p>El Espesor Util Asumido Sera <math>= 0.20 \text{ m}</math></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

<p>Momento de Empotramiento en los Extremos <math>M = -W*L^2 / 192 = -216.14 \text{ kg-m}</math></p>	<p>Momento de Empotramiento en el Centro <math>M = W*L^2 / 384 = 108.07 \text{ kg-m}</math></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------

Para losas Armadas en Dos Sentidos **Timoshenko** recomienda que se debe afectar por los siguientes coeficientes

<p>Para un momento en el centro <math>0.05135 = 5.55 \text{ kg-m}</math></p> <p>Para un momento de empotramiento <math>0.52950 = -114.44 \text{ kg-m}</math></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Chequeo del espesor Asumido mediante el Metodo elastico sin agritamiento

<p><math>ft = 0,85*(f_c)^{1/2} = 12.318</math> entonces <math>e = (6*M / ft * b)^{1/2} = 7.31</math> Dicho Valor es Menor que el Asumido</p> <p>Considerando con el Recubrimiento sera el Valor de <math>= 12.31</math> Asumiendo <math>= 12.00 \text{ cm}</math></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**CALCULO DE LA ARMADURA DE LA LOSA DE FONDO DE LA CISTERNA**

<p>Segun RNC la Cuantia minima <math>As = 0,00175 * b * e = 3.50 \text{ cm}^2</math></p> <p>Para cual se Recomienda Usar Acero <math>\emptyset</math> de 3/8" @ 0,25 m por cada metro <math>"=&gt;" As = 5.07 \text{ cm}^2</math></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Para El Diseño Se Utiliza Segun RNC</p> <p><math>f_s = 900.0 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p><math>n = 9.0</math></p> <p><math>j = 0.85</math></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Momentos Maximos (-) y (+) en la Losa de Fondo Sera

<p><math>M(-) = -114.44 \text{ kg-m}</math></p> <p>El Acero Requerido es <math>= As(-) "=&gt;" 1.25 \text{ cm}^2</math> Asumiendo <math>= 3.50 \text{ cm}^2</math></p> <p><math>As(+)</math> <math>"=&gt;" 0.06 \text{ cm}^2</math> Asumiendo <math>= 3.50 \text{ cm}^2</math></p>	<p><math>M(+) = 5.55 \text{ kg-m}</math></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

<p>Espaciamiento <math>= 0.25 \text{ cm}</math> <math>3 \emptyset 1/2' @ 0.25 \text{ m}</math></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Asumiendo para Proceso Constructivo <math>3 \emptyset 1/2' @ 0.25 \text{ m}</math></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------

**PAREDES DE LA CISTERNA**

**Espesor = 0.20**

**Armadura Vertical**

Acero Calculado	8 Ø 1/2' @	0.13 m
-----------------	------------	--------

Acero Asumido	Ø 1/2" @	0.10 m
---------------	----------	--------

**Armadura Horizontal**

Acero Calculado	6 Ø 1/2' @	0.19 m
-----------------	------------	--------

Acero Asumido	Ø 1/2" @	0.20 m
---------------	----------	--------

**LOSA DE CUBIERTA DE LA CISTERNA**

**Espesor = 0.20**

Acero Calculado	3 Ø 1/2' @	0.62 m
-----------------	------------	--------

Acero Asumido	Ø 1/2" @	0.50 m
---------------	----------	--------

**LOSA DE FONDO DE LA CISTERNA**

**Espesor = 0.20**

Acero Calculado	3 Ø 1/2' @	0.25 m
-----------------	------------	--------

Acero Asumido	Ø 1/2" @	0.25 m
---------------	----------	--------



### 8.13 Capacidad y dimensionamiento del reservorio

#### 8.13.1 Capacidad del reservorio.

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

Para el cálculo de la capacidad del reservorio, se considera la compensación de variaciones horarias de consumo y los eventuales desperfectos en la línea de Impulsión. El reservorio debe permitir que la demanda máxima que se produce en el consumo sea satisfecha a cabalidad, al igual que cualquier variación en el consumo registrado en las 24 horas del día. Ante la eventualidad que en la línea de Impulsión pueda ocurrir daños que mantengan una situación de déficit en el suministro de agua, mientras se hagan las reparaciones pertinentes, es aconsejable un volumen adicional para dar oportunidad de restablecer la conducción de agua hasta el reservorio.

#### 8.13.2 Cálculo de la capacidad del reservorio

El volumen de almacenamiento de agua para mantener el normal abastecimiento durante el día, está dado por la siguiente expresión.

$$VT = VA + VI + VR \quad (8.7)$$

Dónde:

VT= Volumen Total

VA= volumen de almacenamiento

VI = volumen de contra incendio = 0 (para poblaciones < 10000 habitantes).

VR = Volumen de reserva 25% de VA (para interrupción por servicio).

Además el Volumen de Almacenamiento está en función al caudal de bombeo, número de horas de bombeo y caudal máximo horario se debe a la siguiente expresión.

$$VA = Qb * N - Qmh * N$$

$$VA = N(Qb - Qmh) \quad (8.8)$$

Dónde:

Qb= Caudal de Bombeo (m<sup>3</sup>/h)

Qmh= Caudal máximo Horario (m<sup>3</sup>/h)

N = Número de horas de Bombeo.

Análisis:

Qb= 7.06 m<sup>3</sup>/h

Qmh= 2.03 m<sup>3</sup>/h

N = 6 horas.

Remplazando en (8.8)

$$VA = 6 * (6.048 - 2.0304)$$

entonces  $VA = 32 \text{ m}^3$

Remplazando en (8.7)

$$VT = 32 + 0 + 0.25 * 32$$

entonces  $VT = 40 \text{ m}^3$

**El volumen total asumido será de 40 m3.**

### 8.13.3 Reservorio seleccionado

El reservorio seleccionado para el presente proyecto es un reservorio rectangular apoyado construido directamente sobre la superficie.

### 8.13.4 Ubicación del reservorio.

La ubicación está determinada principalmente por la necesidad y conveniencia de mantener la presión en la red dentro de los límites de servicio, garantizando presiones mínimas en las viviendas más elevadas y presiones máximas en las viviendas más bajas, sin embargo debe priorizarse el criterio de ubicación tomando en cuenta la ocurrencia de desastres naturales.

El reservorio del presente proyecto está Ubicado en la parte alta de la Localidad de Isla Soto a una altura de 3953 m.s.n.m.

Diseño estructural del reservorio de sección cuadrada.

Para el diseño estructural de reservorios de pequeñas y medianas capacidades se recomienda utilizar el método de Portland Cement Association, que determina momentos y fuerzas cortantes como resultado de experiencias sobre modelos de reservorios basados en la teoría de Plates and Shells de Timoshenko, donde se consideran las paredes empotradas entre sí.

De acuerdo a las condiciones de borde que se fijan existen tres condiciones de selección, que son:

Tapa articulada y fondo articulado

Tapa libre y fondo articulado

Tapa libre y fondo empotrado

En los reservorios apoyados o superficiales, típicos para poblaciones rurales, se utilizan preferentemente la condición que considera la tapa libre y el fondo empotrado. Para este caso y cuando actúa sólo el empuje del agua, la presión en el borde es cero y la presión máxima (P), ocurre en la base.

$$P = \gamma_a * h \tag{8.9}$$

El empuje de agua es:

$$v = \frac{\gamma_a h^2 b}{2} \tag{8.10}$$

Dónde:

$\gamma_a$  = Peso específico del agua

h = Altura de agua

b = ancho de la pared.

Para el diseño de la losa de cubierta se consideran como cargas actuantes el peso propio y la carga viva estimada; mientras que para el diseño de la losa de fondo, se considera el empuje del agua con el reservorio completamente lleno y los momentos en los extremos producidos por el empotramiento y el peso de la losa y la pared.

Cálculo de momentos y espesor (e).

Paredes

El cálculo se realiza tomando en cuenta que el reservorio se encuentra lleno y sujeto a la presión de agua.

Para el cálculo de momento se utilizan los coeficientes (k) que se muestran en la tabla 3, ingresando la relación del ancho de la pared (b) y la altura de agua (h). Los límites de la relación de h/b son de 0,5 a 3,0.

Los momentos se determinan mediante la siguiente fórmula:

$$M = k * \gamma_a * h^3 \quad (Kg) \quad (8.11)$$

Luego se calculan los momentos de  $M_x$  y  $M_y$  para los valores de “y”

Teniendo el máximo momento absoluto (M), se calcula el espesor de la pared (e), mediante el método elástico sin agrietamiento, tomando en consideración su ubicación vertical u horizontal, con la fórmula:

$$e = \left[ \frac{6M}{f_t x b} \right]^{1/2} \quad \text{en (cm)} \quad (8.12)$$

Losa de cubierta.

Será considerada como una losa armada en dos sentidos y apoyada en sus cuatro lados.

Cálculo del espesor de losa (e).

$$e = \frac{\text{Perimetro}}{180} \geq 9 \text{ cm.} \quad (8.13)$$

Según el Reglamento Nacional de Construcciones para losas macizas en dos direcciones, cuando la relación de las dos es igual a la unidad, los momentos flexionantes en las fajas centrales son:

$$M_A = M_B = CWL^2 \quad (8.14)$$

Dónde:

C= 0.036

W= Peso total (carga Muerta +Carga Viva) en Kg/m<sup>2</sup>

L= luz del calculo

Conocidos los valores de los momentos, se calcula el espesor útil “d” mediante el método elástico con la siguiente relación:

$$d = \left[ \frac{M}{Rb} \right]^{1/2} \text{ en (cm)} \quad (8.15)$$

Siendo:

M=MA=MB= Momentos Flexionantes

b = 100 cm

$$R = \frac{1}{2} * f_s * j * k$$

$$k = \frac{1}{\left(1 + \frac{f_s}{n f_c}\right)}$$

F<sub>s</sub>= fatiga de trabajo en Kg/cm<sup>2</sup>

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{(2.1 * 10^6)}{(W^{1.5} * 4200 * (f'_c)^{\frac{1}{2}})}$$

F<sub>c</sub>= resistencia a la compresión den Kg/cm<sup>2</sup>

$$J = 1 - \frac{k}{3}$$

El espesor total (e), considerando un recubrimiento de 2,5 cm., será:

$$e = d + 2.5$$

Se debe cumplir que:

$$d \geq e - 2.5$$

Losa de fondo

Asumiendo el espesor de la losa de fondo, y conocida la altura de agua, el valor de P será:

Peso propio del agua en kg/m<sup>2</sup>

Peso propio del concreto en kg/m<sup>2</sup>

La losa de fondo será analizada como una placa flexible y no como una placa rígida, debido a que el espesor es pequeño en relación a la longitud; además la consideraremos apoyada en un medio cuya rigidez aumenta con el empotramiento. Dicha placa estará empotrada en los bordes. Debido a la acción de las cargas verticales actuantes para una luz interna L, se originan los siguientes momentos.

Momento de empotramiento en los extremos:

$$M = - \frac{WL^2}{192} \quad \text{en (Kg - m)} \quad (8.16)$$

Momento en el centro:

$$M = - \frac{WL^3}{384} \quad \text{en (Kg - m)} \quad (8.17)$$

Para losas planas rectangulares armadas en dos direcciones, Timoshenko recomienda los siguientes coeficientes:

Para un momento en el centro = 0,0513

Para un momento de empotramiento = 0,529

Momentos finales:

Empotramiento (Me) = 0.529xM en Kg - m.

Centro (Mc) = 0.0513xM en Kg - m.

Chequeo del espesor:

Se propone un espesor:

$$e = \frac{6}{180} \geq 9cm$$

Se compara el resultado con el espesor que se calcula mediante el método elástico sin agrietamiento considerando el máximo momento absoluto con la siguiente relación:

$$e = \left[ \frac{6M}{ftb} \right]^{1/2} \quad \text{en (cm)} \quad (8.18)$$

**Siendo:**

$$ft = 0.85 (f'c)^{\frac{1}{2}}$$

Se debe de cumplir que el valor:

$$d \geq e - \text{recubrimiento}$$

Distribución de la armadura.

Para determinar el valor del área de acero de la armadura de la pared, de la losa cubierta y del fondo, se considera la siguiente relación:

$$As = \frac{M}{fs * j * d} \quad (8.19)$$

Dónde:

M = Momento máximo absoluto en kg - cm

fs = Fatiga de trabajo en Kg / cm<sup>2</sup>

j = relación entre la distancia de la resultan de los esfuerzos de compresión al centro de gravedad de los esfuerzos de tensión

d = Peralte efectivo en cm.

$A_s = \text{cm}^2$

Pared

Para el diseño estructural de la armadura vertical y horizontal de la pared, se considera el momento máximo absoluto, por ser una estructura pequeña que dificultaría la distribución de la armadura y porque el ahorro, en términos económicos, no sería significativo.

Para resistir los momentos originados por la presión del agua y tener una distribución de la armadura se considera:

$$f_s = 900 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$n = 9$  valor recomendado en las Normas Sanitarias de ACI – 350

Conocido el espesor y el recubrimiento, se define un peralte efectivo “d”. El valor de “j” es definido por “k”.

Cuantía mínima:

$$A_s \text{ min} = 0.0015b * e \quad \text{o} \quad \frac{4}{3} A_s \quad \text{calculado el (mayor)}$$

Losa de cubierta.

Para el diseño estructural de armadura se considera el momento en el centro de la losa cuyo valor permitirá definir el área de acero en base a la ecuación:

$$A_s = \frac{M}{f_s * j * d} \quad (8.20)$$

Dónde:

M = Momento máximo absoluto en kg – cm

$f_s$  = Fatiga de trabajo en Kg /  $\text{cm}^2$

j = relación entre la distancia de la resultante de los esfuerzos de compresión al centro de gravedad de los esfuerzos de tensión

d = Peralte efectivo en cm.

$A_s = \text{cm}^2$

Cuantía mínima:

$$A_s \text{ min} = 0.0018b * e$$

Losa de fondo

Como en el caso del cálculo de la armadura de la pared, en la losa de fondo se considera el máximo momento absoluto.

Para determinar el área de acero se considera:

$$f_s = 900 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$n = 9$  valor recomendado en las Normas Sanitarias de ACI – 350

El valor de “j” es definido con “k”

En todos los casos, cuando el valor del área de acero ( $A_s$ ) es menor a la cuantía mínima ( $A_{s\text{mín}}$ ), para la distribución de la armadura se utilizará el valor de dicha cuantía.

Chequeo por esfuerzo cortante y adherencia

Tiene la finalidad de verificar si la estructura requiere estribos o no; y el chequeo por adherencia sirve para verificar si existe una perfecta adhesión entre el concreto y el acero de refuerzo.

Chequeo en la pared y losa de cubierta:

- Pared.

Esfuerzo cortante:

La fuerza cortante total máxima ( $V$ ), será:

$$V = \frac{Y_a h^2}{2} \quad \text{en (Kg.)}$$

El esfuerzo cortante nominal ( $v$ ), se calcula mediante:

$$v = \frac{V}{Jbd} \quad \text{en } \left( \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

El esfuerzo permisible nominal en el concreto, para muros no excederá a:

$$V_{\text{max}} = 0.02 f'c \quad \text{en } \left( \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Se debe verificar que:

$$Vv \leq V_{\text{máx}}$$

Adherencia:

Para elementos sujetos a flexión, el esfuerzo de adherencia en cualquier punto de la sección se calcula mediante:

$$u = \frac{V}{\Sigma_0 j d}$$

El esfuerzo permisible por adherencia ( $u$  máx) es:

$$u_{\text{max}} = 0.05 f'c \quad \text{en kg / cm}^2$$

Si el esfuerzo permisible es mayor que el calculado, se satisface la condición de diseño.

Losa cubierta

Esfuerzo cortante:

La fuerza cortante máxima ( $V$ ) es igual a:

$$V = \frac{WS}{3} \quad \text{en } \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right)$$

Dónde:

S = Luz interna en metros.

W = Peso total en kg / m<sup>2</sup>.

El esfuerzo cortante unitario es igual a:

$$V = \frac{V}{bd} \quad \text{en} \left( \frac{Kg}{cm^2} \right)$$

El máximo esfuerzo cortante permisible es:

$$vmax = 0.29f'c^{\frac{1}{2}} \quad \text{en} \left( \frac{Kg}{cm^2} \right)$$

Si el máximo esfuerzo cortante permisible es mayor que el esfuerzo cortante unitario, el diseño es el adecuado.

Adherencia:

$$u = \frac{V}{\Sigma_0jd} \quad \text{en} \left( \frac{Kg}{cm^2} \right)$$

El esfuerzo permisible por adherencia (u máx) es:

$$vmax = 0.05f'c \quad \text{en} \left( \frac{Kg}{cm^2} \right)$$

Si el esfuerzo permisible es mayor que el calculado, se satisface la condición del diseño.

El diseño Estructural de la cisterna y el reservorio se muestra en los anexos N° 03 y Nexo N° 04.

### CALCULO ESTRUCTURAL DE RESERVORIO de 20 m3

<b>PROYECTO :</b> : APLICACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LOCALIDAD DE ISLA SOTO* <b>ENTIDAD :</b> MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CONIMA		<b>ACERO MUROS</b> <b>ACERO VERTICAL</b> = 1/2 Pulg. DIAMETRO = 1.270 Cms. AREA = 1.267 Cms2. PESO = 1.030 Kg/ml <b>ACERO HORIZONTAL</b> = 1/2 Pulg. DIAMETRO = 1.270 Cms. AREA = 1.267 Cms2. PESO = 1.030 Kg/ml
<b>CARACTERISTICAS GEOMETRICAS</b> VOLUMEN RESERVORIO = 20 m <sup>3</sup> ALTURA UTIL RESERV+25cm VL. = 1.70 m LADO UTIL RESERVORIO = 3.45 m RELACION DE b/h = 2.03		<b>ACERO LOSA DE TECHO</b> <b>ACERO HORIZONTAL</b> = 1/2 Pulg. DIAMETRO = 1.270 Cms. AREA = 1.267 Cms2. PESO = 1.030 Kg/ml
<b>ESPECIFICACIONES</b> CONCRETO f'c = 210 Kg/m <sup>2</sup> SOBRECARGA EN LOSA = 150 Kg/m <sup>2</sup> ACERO fy = 4,200 Kg/cm <sup>2</sup> RESISTENCIA DEL SUELO Arena y Grava = 1.50 Kg/cm <sup>2</sup> COEF. SISMICO = 0.12 RECUBRIMIENTO (r) = 5.00 Cm fs = 1400 Kg/cm <sup>2</sup> fc = 79 Kg/cm <sup>2</sup>		<b>ACERO LOSA DE FONDO</b> <b>ACERO HORIZONTAL</b> = 1/2 Pulg. DIAMETRO = 1.270 Cms. AREA = 1.267 Cms2. PESO = 1.030 Kg/ml

#### COEFICIENTE ( K ) PARA CALCULOS DE LAS PAREDES DE RESERVORIOS LIBRES TAPA LIBRE Y FONDO EMPOTRADO

B/H	X/H	Y = 0		Y = B/4		Y = B/2	
		MX	MY	MX	MY	MX	MY
2.03	0	0.0000	0.0270	0.0000	0.0130	0.0000	-0.0740
	1/4	0.0120	0.0220	0.0070	0.0130	-0.0130	-0.0660
	1/2	0.0110	0.0140	0.0080	0.0100	0.0110	-0.0530
	3/4	-0.0210	-0.0010	-0.0010	0.0010	-0.0050	-0.0270
	1	-0.1080	-0.0220	-0.0770	-0.0150	0.0000	0.0000

#### DETERMINACION DE MOMENTOS

M = 1000*h <sup>3</sup>	1.7	=	4913.0
M*0	1.7	=	0.0
M*1/4	1.7	=	0.4
M*1/2	1.7	=	0.9
M*1	1.7	=	1.3
M*1	1.7	=	1.7

**CALCULO DE LAS PAREDES Y ESPESOR DE LA PARED DEL RESERVORIO APOYADO**

1.7 2 2 1.7 1.7 1.7 0

**BIDO AL EMPUJE DEL AGUA**

EL CALCULO DE LOS MOMENTOS EN "Y" ES SIMILAR AL QUE SE UTILIZA PARA EL CALCULO DE LOS MOMENTOS EN "X" VEA EL CUADRO DE RESUMEN DE CALCULO

1.7 2 2 1.7 1.7 1.7  
1.7 2 2 1.7 1.7 1.7  
1.7 2 2 1.7 1.7 1.7  
1.7 2 2 1.7 1.7 1.7

DEL CUADRO EL MAXIMO MOMENTO ABSOLUTO ES

$M_{max} = 530.60 \text{ kg-m}$

EL ESPESOR DE LA PARED ORIGINADO POR

EL MOMENTO "M" EN CUALQUIER PUNTO ES:

$e = (6M / (fc \cdot 100)) = 15.16 \text{ cm}$

Predimensionamiento para verificacion

Se Asume Un Espesor De Pared = 0.15 m

B/H	X/H	Y = 0		Y = B/4		Y = B/2	
		MX	MY	MX	MY	MX	MY
2.03	0	0.0	132.7	0.0	63.9	0.0	-363.6
	1/4	59.0	108.1	34.4	63.9	-63.9	-324.3
	1/2	54.0	68.8	39.3	49.1	54.0	-260.4
	3/4	-103.2	-4.9	-4.9	4.9	-24.6	-132.7
	1	-530.6	-108.1	-378.3	0.0	0.0	0.0

EN RESUMEN SE TIENE  
M max Absoluto Vertical = 363.56 kg-m  
M max Absoluto Horizontal = 530.60 kg-m

**CALCULO DE LA ARMADURA DE LAS PAREDES DEL RESERVORIO**

Segun RNC la Cuantia no sera menor de  $A_s = 0,0015 \cdot b \cdot e = A_s = 2.3 \text{ cm}^2$

Para cual se recomienda Usar Fierro de  $\emptyset$  de 3/8" @ 0,25 m por cada metro " $\Rightarrow$ "  $A_s = 5.1 \text{ cm}^2$

Para El Diseño Se Utiliza Segun RNC  $f_s = 900.00 \text{ kg/cm}^2$   
 $n = 9.00$

**Momento Maximo Negativo** ( Armadura Vertical )

$M(-) = 530.60 \text{ kg-m}$

El Acero Requerido es =  $A_s = 9.25 \text{ cm}^2$

Espaciamento = 0.14 cm 8  $\emptyset$  1/2' @ 0.14 m

Asumiendo para Proceso Constructivo 8  $\emptyset$  1/2' @ 0.14 m

**Momento Maximo Positivo** ( Armadura Horizontal )

$M(+) = \#\# \text{ kg-m}$

El Acero Requerido es =  $A_s = 6.34 \text{ cm}^2$

Espaciamento = 0.20 cm 6  $\emptyset$  1/2' @ 0.2 m

Asumiendo para Proceso Constructivo 6  $\emptyset$  1/2' @ 0.2 m

**CHEQUEO POR ESFUERZO CORTANTE**

Fuerza Cortante Del Agua Sera  $v = 1000 \cdot h^2 / 2 = 1445.0 \text{ kg}$

El Esfuerzo Permisible Nominal en el Concreto para Muros no Excedera a :  $v_{max} = 0,02 \cdot f_c$

El Esfuerzo Cortante Nominal sera = 2.20 kg/cm<sup>2</sup>

$v_{max} = 4.20 \text{ kg/cm}^2$

Comparando  $v = 2.20 < v_{max} = 4.20$  **OK !!**

Satisfase las Condiciones de Diseño

**CHEQUEO POR ADHERENCIA**

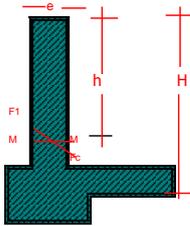
Esfuerzo de Adherencia en Cualquier Punto  $u = v / (\# \cdot j \cdot d) = 8.30 \text{ kg/cm}^2$   
Donde  $\# = 27.30$

El Esfuerzo Permisible Por Adherencia en el Concreto para Muros es  $u_{max} = 0,05 \cdot f_c = 10.50 \text{ kg/cm}^2$

Comparando  $u = 8.30 < u_{max} = 10.50$  **OK !!** Satisfase las Condiciones de Diseño

**CALCULO DE LA LOSA DE CUBIERTA Y ESPESOR DE LA LOSA DE CUBIERTA**

La losa de cubierta sera considerada como una losa armada en dos sentidos y apoyada en cuatro lados



**Calculo del espesor de la losa**

Espesor de los Apoyos	=	0.15
Luz de Calculo	=	3.60
Espesor ( e = L / 36 )	=	0.10

Segun RNC para losas Macizas Armadas en dos Sentidos  
Los Momentos Flexionantes en las Fajas Centrales Son

$MA = MB = C * W * L^2$	C	=	0.036
Peso propio de la Loza	=	240	
Sobre Carga o Carga Viva	=	150.0	

**w = 390.0 kg/m<sup>2</sup>**

El Espesor Util Sera " d " = 8.54 m

Valor del Calculo de " R " = 0.213

Entonces, Asumir "d" el Valor de **0.10 m**

Para el Diseño Se Considera = 7.50 cm

Recubrimiento de = 2.50 cm

**El Momento Flexionante es = 181.96 kg/m<sup>2</sup>**

$R = ( 1 / 2 ) * fs * j * k = 0.213$

$j = 1 - ( k / 3 ) = 0.885$

$k = 1 / ( 1 + fs / ( n * fc ) ) = 0.344$

$n = Es / Es = ( 2,1 \times 10^6 ) / ( W^{1.5} \times 4200 \times ( fc )^{1/2} ) = 9.28$

**CALCULO DE LA ARMADURA DE LA LOSA DE CUBIERTA DEL RESERVORIO**

Segun RNC la Cuantia minima  $As = 0,0017 * b * e = As = 1.70 \text{ cm}^2$

Para cual se Recomienda Usar Fierro de Ø de 3/8" @ 0,25 m por cada metro "=>"  $As = 5.07 \text{ cm}^2$

Para El Diseño Se Utiliza Segun RNC  $fs = 1400.0 \text{ kg/cm}^2$

Momento Maximo en la Losa de Cubierta Sera

$M = 181.96 \text{ kg-m}$

El Acero Requerido es =  $As = 1.97 \text{ cm}^2$

Espaciamento = 0.25 cm  $4 \text{ } \emptyset \text{ } 1/2' \text{ @ } 0.25 \text{ m}$

Asumiendo para Proceso Constructivo  $4 \text{ } \emptyset \text{ } 1/2' \text{ @ } 0.25 \text{ m}$

**CHEQUEO POR ESFUERZO CORTANTE**

Fuerza Cortante Maxima Sera  $v = W * S / 3 = 448.5 \text{ kg/m}$

El Esfuerzo Cortante Sera =  $0.68 \text{ kg/cm}^2$

Comparando  $v = 0.68 < v \text{ max} = 4.20$

El Esfuerzo Cortante Unitario en el Concreto

$v \text{ max} = 0,29 * ( fc )^{1/2}$

$v \text{ max} = 4.20 \text{ kg/cm}^2$

**OK !!** Satisfase las Condiciones de Diseño

**CHEQUEO POR ADHERENCIA**

Esfuerzo de Adherencia en Cualquier Punto  $u = v / ( \# * j * d ) = 5.09 \text{ kg/cm}^2$

Donde # = 12.00

El Esfuerzo Permissible Por Adherencia en el Concreto para Muros es  $u \text{ max} = 0,05 * fc = 10.50 \text{ kg/cm}^2$

Comparando  $u = 5.09 < u \text{ max} = 10.50$  **OK !!** Satisfase las Condiciones de Diseño

**CALCULO DE LA LOSA DE FONDO Y ESPESOR DE LA LOSA DE FONDO**

La losa de fondo sera considerada y analizada como una placa flexible y no como una placa rigida

Peso Propio del Agua = 1700.0 El Espesor Util Asumido Sera = 0.15 m

Peso Propio del Concreto = 360.00

**W = 2060.0 kg/m2**

Momento de Empotramiento en el los Extremos Momento de Empotramiento en el Centro

$M = -W \cdot L^2 / 192 = -127.70 \text{ kg-m}$   $M = W \cdot L^2 / 384 = 63.85 \text{ kg-m}$

Para losas Armadas en Dos Sentidos **Timoshenko** recomienda que se debe afectar por los siguientes coeficientes

Para un momento en el centro 0.05135 = 3.28 kg-m

Para un momento de empotramiento 0.52950 = -67.62 kg-m

Chequeo del espesor Asumido mediante el Metodo elastico sin agritamiento

$f_t = 0,85 \cdot (f'_c)^{1/2} = 12.318$  entonces  $e = (6 \cdot M / f_t \cdot b)^{1/2} = 7.31$  Dicho Valor es Menor que el Asumido

Considerando con el Recubrimiento sera el Valor de = 12.31 Asumiendo = 12.00 cm

**CALCULO DE LA ARMADURA DE LA LOSA DE FONDO DEL RESERVORIO**

Segun RNC la Cuantia minima  $A_s = 0,00175 \cdot b \cdot e = A_s = 2.63 \text{ cm}^2$

Para cual se Recomienda Usar Acero Ø de 3/8" @ 0,25 m por cada metro "=>"  $A_s = 5.07 \text{ cm}^2$

Para El Diseño Se Utiliza Segun RNC

$f_s = 900.0 \text{ kg/cm}^2$   
 $n = 9.0$   
 $j = 0.85$

Momentos Maximos ( - ) y ( + ) en la Losa de Fondo Sera

$M ( - ) = -67.62 \text{ kg-m}$   $M ( + ) = 3.28 \text{ kg-m}$

El Acero Requerido es =  $A_s ( - ) "=>" 0.74 \text{ cm}^2$  Asumiendo = 2.63  $\text{cm}^2$   
 =  $A_s ( + ) "=>" 0.04 \text{ cm}^2$  Asumiendo = 2.63  $\text{cm}^2$

Espaciamiento = 0.25 cm 3 Ø 1/2' @ 0.25 m

Asumiendo para Proceso Constructivo 3 Ø 1/2' @ 0.25 m

**PAREDES DEL RESERVORIO**

**Espesor = 0.15**

**Armadura Vertical**

Acero Calculado	8 Ø 1/2' @	0.14 m
Acero Asumido	Ø 1/2" @	0.15 m

**Armadura Horizontal**

Acero Calculado	6 Ø 1/2' @	0.2 m
Acero Asumido	Ø 1/2" @	0.20 m

**LOSA DE CUBIERTA DEL RESERVORIO**

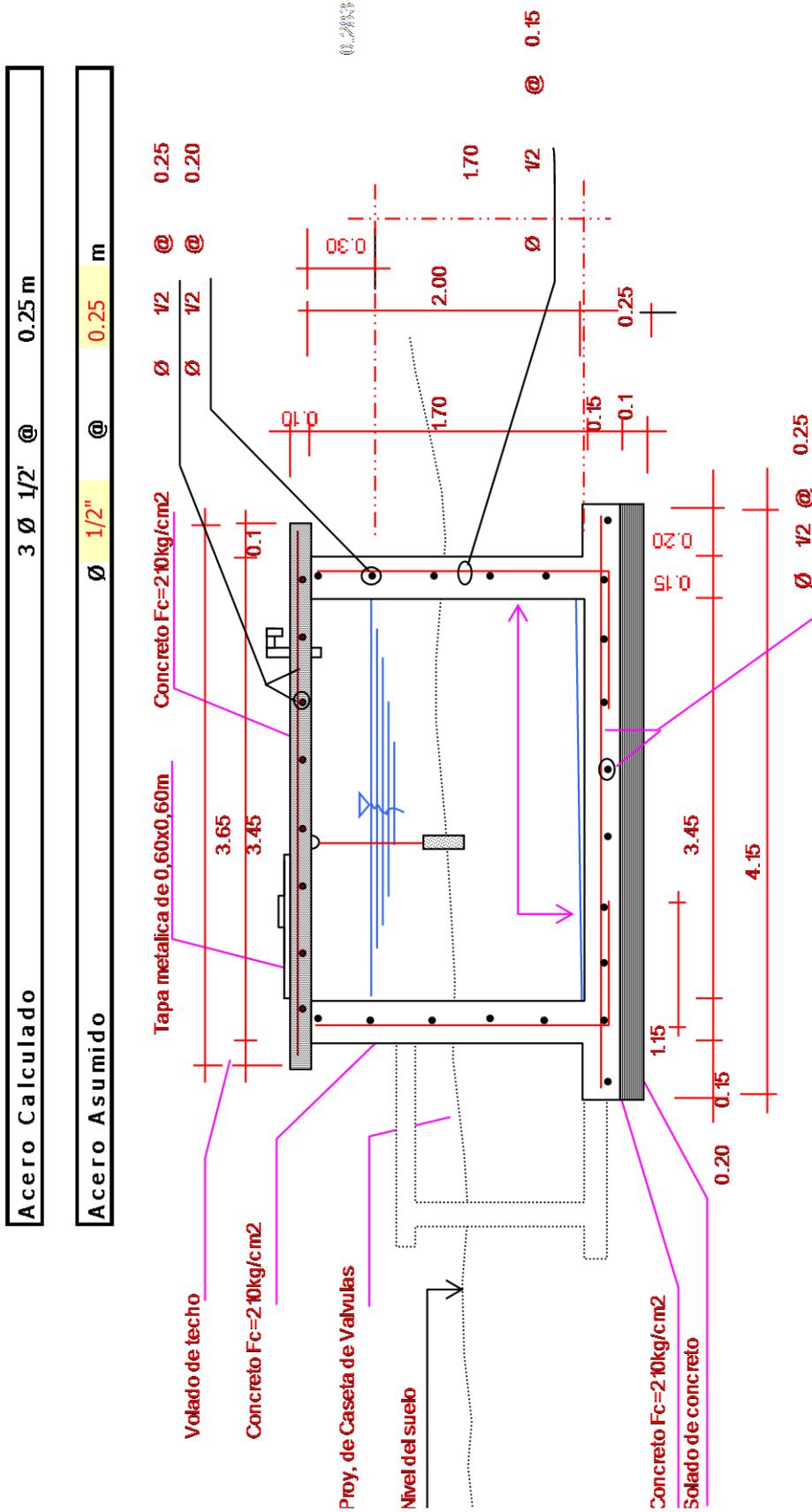
**Espesor = 0.10**

Acero Calculado	4 Ø 1/2' @	0.25 m
Acero Asumido	Ø 1/2" @	0.25 m

Figura 30: Diseño Estructural De Reservorio

**LOSA DE FONDO DEL RESERVORIO**

**Espesor = 0.15**



Fuente 49: elaboración Propia.

8.14 Dimensionamiento Fotovoltaico

8.14.1 Potencia del equipo de bombeo

El cálculo de la potencia real requerida en un instante dado se calcula utilizando la Formula (4.19).

$$P(wh) = \frac{Q_b \left( \frac{m^3}{Seg} \right) * H_t(m) * \rho \left( \frac{Kg}{m^3} \right) * g \left( \frac{m}{Seg^2} \right)}{\eta}$$

**Donde:**

P(wh) = Potencia requerida en un instante dado.

Qb = Caudal de bombeo

Ht = Altura dinámica Total.

P = densidad del agua.

g = peso específico del agua

**Datos:**

P(wh) =  $\dot{}$

Qb = 0.00196 m<sup>3</sup>/seg<sup>2</sup>

Ht = 87.15 m

P = 1000 Kg/m<sup>3</sup>

g = 9.81 m/seg<sup>2</sup>

Tabla 30: Valores por omisión de eficiencias de sistemas de bombeo

Carga Dinámica Total (m)	Tipo de Sistema de Bombeo	Eficiencia (%)
5	Centrifuga de Superficie	25
20	Centrifuga de Superficie	15
20	Centrifuga de Sumergible	25
20 a 100	centrifuga de paso múltiple	35
50 a 100	desplazamiento positivo	35
más de 100	desplazamiento positivo (de palanca)	45

Fuente 50: guía de bombeo de agua fotovoltaica (2010, Pág. 46).

La eficiencia de la bomba para el presente proyecto será: 25%

Remplazando en ecuación (4.19).

$$P(wh) = \frac{0.00196 \left( \frac{m^3}{Seg} \right) * 87.15(m) * 1000 \left( \frac{Kg}{m^3} \right) * 9.81 \left( \frac{m}{Seg^2} \right)}{\eta}$$

$$P(wh) = 6695.40 Wh$$

Y la Energía requerida o generada para un día será (Ecuación N° 4.20)

$$P_w = P(Wats. hora) * N$$

N: Número de horas de Bombeo.=6

$$P_w = 6695.40 Wh * 6 h$$

$$P_w = 40172.38 \frac{Wh}{dia} \tag{8.21}$$

**8.14.2 Volumen de agua necesario (l/día):**

El volumen de agua necesario es para abastecer de agua potable a la localidad de Isla Soto estar dado por

$$V_{agua} = Q_b * N \quad \text{Entonces,} \quad V_{agua} = 7.06 \left( \frac{m^3}{h} \right) * 6 h$$

$$V_{agua} = 42.36 m^3 = 42360.00 \frac{m^3}{Día} \quad (8.22)$$

**8.14.3 Insolación del sitio (kWh/día):**

La insolación en el distrito de Conima se muestra en el cuadro N° 29.

**Tabla 31: La insolación mensual promediado incide sobre una superficie horizontal (KWH / M 2 / DÍA)**

Latitud -15.553	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	anual media
Lon -69.495													
Promedio de 22 años	6.1	6.13	5.94	5.8	5.58	5.29	5.4	5.72	6.38	6.76	7.02	6.57	6.05

Fuente 51: Nasa Surface Meteorology And Solar Energy - Location

**8.14.4 Régimen de bombeo (l/h):**

Calcule este valor con la información anterior. Este valor no debe sobrepasar la capacidad de recarga de la captación.

$$Q_b = \frac{V_{agua}}{\text{Insolacion del sitio}}$$

$$Q_b = \frac{42360.00}{6} = 7060 \text{ Lit/h} \quad (8.23)$$

**8.14.5 Voltaje nominal del sistema (V):**

Anote el voltaje a que debe funcionar el sistema durante el día. Este es el voltaje de admisión en el controlador o inversor de la Bomba (Fig. N° 30).

Dentro de las bombas que nos ofrece Loretz, seleccionamos de acuerdo a la altura dinámica y el caudal de bombeo en m3/hora.

**Tabla 32: Información de la bomba y motor ps15k c-sj17-18 de lorentz**

Tipo:		Datos del motor		Funcionamiento solar	
Caudal máximo:	22 m3/hora	Potencia nominal	13 kW	Voltaje a potencia máx. (VMP)	>575V
Altura máxima:	140 m	Eficiencia	max. 92 %	Voltaje a circuito abierto (VOC)	max. 850 V
<b>Materiales</b>		Revoluciones motor	1400...2850 rpm	Corriente del Motor	max 24 Amp.
Motor:	acero inoxidable: AISI 304/316	Clase de aislamiento	F	Voltaje nominal o de entrada	650 VDC
Cabeza de bomba:	acero inoxidable: AISI 304	Modo de protección	IP68	Peso Bomba= 29 Kg	Peso Motor= 58Kg

Fuente 52: Elaboración Propia.

**8.14.6 Carga eléctrica (Ah/día):**

La producción del arreglo fotovoltaico expresado en Ampere-horas / día está dado por la división de la Ecuacion (8.21) entre el Voltaje Nominal del Sistema:

$$Carga\ eléctrica\ \left(\frac{Ah}{día}\right) = \frac{P_w (Wh/Día)}{n * V_{Nominal}(V)} \tag{8.24}$$

$$Carga\ eléctrica\ \left(\frac{Ah}{día}\right) = \frac{40172.38(Wh/Día)}{0.95 * 650(V)}$$

$$Carga\ eléctrica = 65.23 \left(\frac{Ah}{día}\right) \tag{8.25}$$

**Factor de rendimiento del conductor (n):** Los conductores eléctricos bien seleccionados tienen una eficiencia aproximada de 95% en los sistemas de bombeo solar.

**8.14.7 Corriente del proyecto (A):**

La corriente necesaria para satisfacer la carga del sistema está dado por la siguiente ecuación.

**Tabla 33: ficha técnica del panel solar fotovoltaico**

referencia	YB125M72-200W
Tipo de celdas	Silicio Mono cristalino
Potencia nominal (Wp)	200 W
Voltaje de máxima potencia (Vmp)	36,10 V
Corriente de máxima potencia (Imp)	5,56 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	43,20 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,43 A
Eficiencia de celdas (%)	17,78%
Número y tipo de celdas	72 (6x12), 125x125mm
Dimensiones del módulo	1580x808x40 mm
Voltaje máximo del sistema	1000 V
Peso por unidad	15,0 kg
Caja de conexiones y conectores	PV-JB001 (TUV), MC-4
Condiciones de prueba estándar	1000W/m2 AM1.5 25°C

*Fuente 53: Ficha técnica de un panel solar SOLUTECNIA S.A.S.*

$$Corriente\ del\ proyecto\ (A) = \frac{Carga\ Electrica\ (Ah/Día)}{K * Insolacion\ HSP} \tag{8.26}$$

**K: Factor de reducción del módulo fotovoltaico (decimal):**

Los módulos fotovoltaicos pierden eficiencia debido a las condiciones de trabajo en el campo. Esto se debe del efecto de temperatura, degradación con el tiempo, polvo en la superficie, cargas

desiguales y algunas condiciones más. Suponga un 95% de eficiencia en módulos cristalinos y 70% en módulos amorfos.

Para el presente Proyecto consideraremos el siguiente panel fotovoltaico:

$$\text{Corriente del proyecto (A)} = \frac{65.23 (Ah/Dia)}{0.95 * 6}$$

$$\text{Corriente del proyecto} = 12.98 A \quad (8.27)$$

Para saber la cantidad de módulos en paralelo que se requiere instalar, está dado por la siguiente formula:

$$\text{Nro modulos en Paralelo} = \frac{\text{Corriente de Proyecto (A)}}{\text{Corriente de máxima potencia (Imp)}} \quad (8.28)$$

$$\text{Nro modulos en Paralelo} = \frac{12.98 (A)}{5.56 (A)}$$

$$\text{Nro modulos en Paralelo} = 4 \text{ panles solares} \quad (8.29)$$

$$\text{Nro modulos en Serie} = \frac{V_{Nominal}(V)}{\text{Voltaje de máxima potencia (Vmp)}} \quad (8.30)$$

Vnominal= esta información viene del Voltaje nominal o de entrada al Motor de la bomba, y el Voltaje de Máxima Potencia, viene de las características del Módulo Fotovoltaico.

$$\text{Nro modulos en Serie} = \frac{650V}{36.10 V}$$

$$\text{Nro modulos en Serie} = 20 \text{ Panles Solares} \quad (8.31)$$

Entonces el número de módulos fotovoltaicos necesario para el presente proyecto será:

$$\text{Nro Mod.} = \text{Nro modulos en Serie} * \text{Nro modulos en Paralelo} \quad (8.32)$$

$$\text{Nro Mod.} = 20 * 4 = 80 \text{ Paneles Solares} \quad (8.33)$$

**Tamaño del arreglo fotovoltaico (Watts).** Llamado también la potencia instalada, para saber potencia instalada se tiene la siguiente ecuación: Voltaje de máxima potencia (Vmp)

$$\text{Tamaño del arreglo fotovoltaico (Watts)} = (Vmp) * (Imp) * \text{Nro. Modulos} \quad (8.34)$$

$$\text{Tamaño del arreglo fotovoltaico (Watts)} = 36.10V * 5.56A * 80$$

$$\text{Tamaño del arreglo fotovoltaico} = 16057.28 \text{ Watts} \quad (8.24)$$

### 8.15 Red de distribución.

La red de distribución es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyo origen está en el punto de entrada al Pueblo, (final de la línea de aducción), y que se desarrolla por todas las calles de la población.

Consideraciones básicas de diseño

La red de distribución se debe de calcular considerando la velocidad y presión de agua en las tuberías. Se recomienda valores de velocidad mínima de 0.6 m/seg. Y máxima de 5 m/seg. (Reglamento Nacional de Edificaciones, OS.050), Si se tienen velocidades menores que la mínima, se representarán fenómenos de sedimentación; y con velocidades muy altas, se producirá deterioro de los accesorios y tuberías.

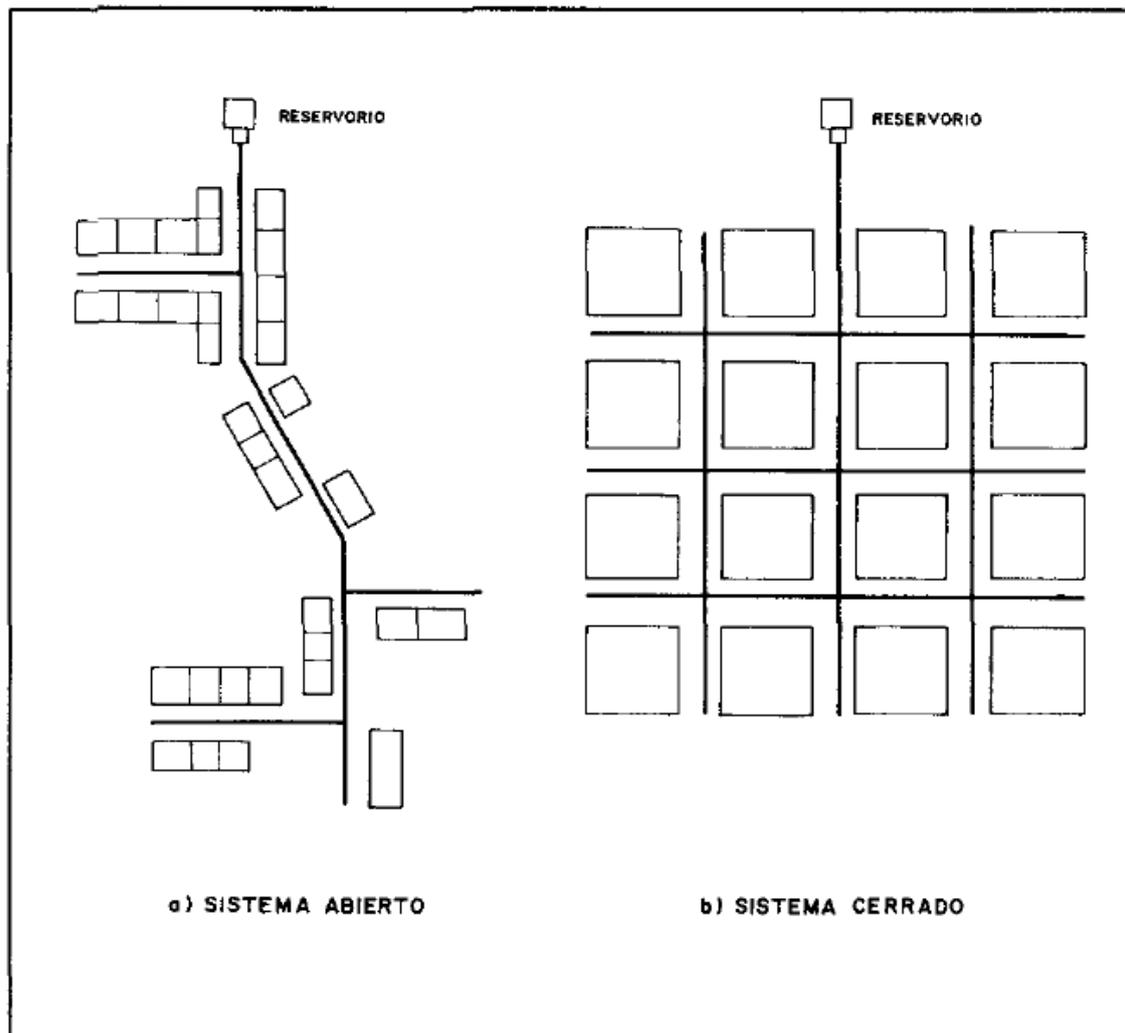
La presión mínima depende de las necesidades domésticas, y la máxima influye en el mantenimiento de la red, ya que con las presiones elevadas se originan perdidas por fugas y fuertes golpes de ariete. Las normas generales del ministerio de salud, recomienda que la presión mínima de servicio en cualquier parte de la red no sea menor de 5 m. y que la presión estática no exceda de 50 m.

En las normas del ministerio de salud se establece que el diámetro mínimo a utilizarse en la red, será aquel que satisfaga las condiciones hidráulicas que garanticen las presiones mínimas de servicio en la red y su capacidad deberá ser tal que pueda absorber en el futuro la instalación de conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo recomendado es de  $\frac{3}{4}$ ". Las válvulas, según las normas mencionadas, se deben de ubicar para aislar tramos no mayores de 300 metros. O en lugares que garanticen el buen funcionamiento del sistema y permitan interrupciones para realizar las ampliaciones y reparaciones en la red.

En base a estas consideraciones se efectúa el diseño hidráulico, de la red de distribución, siendo la tubería de PVC la más utilizada en los proyectos de agua potable en zonas rurales, para el cálculo hidráulico, las normas del ministerio de salud recomiendan el empleo de las ecuaciones de hacen – Williams.

Tipos de redes Según la forma de los circuitos, existen dos tipos de sistema de distribución: el sistema abierto o de ramales abiertos y el sistema de circuito cerrado, conocido como malla, parrilla etc.

Grafico N° 5.25: Tipos de redes de distribución.

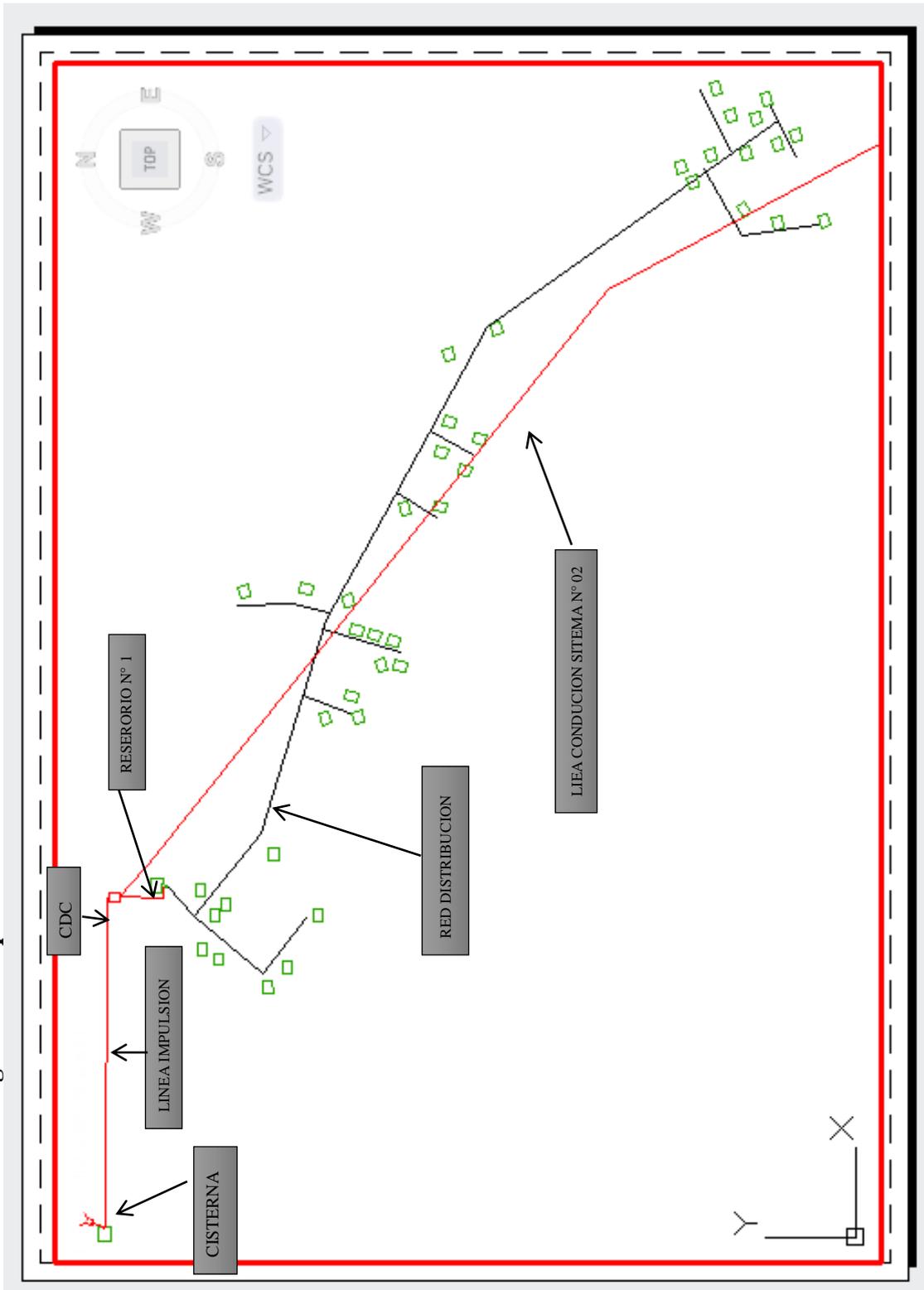
**Figura 31: Tipos De Redes De Distribución**

*Fuente 54: Roger Agüero Pittman. (Agua Potable Para Poblaciones Rurales).*

Son redes de distribución que están constituidas por una ramal matriz y una serie de ramificaciones. Es utilizado cuando la topografía dificulta o no permite la interconexión entre ramales y cuando las poblaciones tienen un desarrollo lineal, generalmente a lo largo de un río o camino.

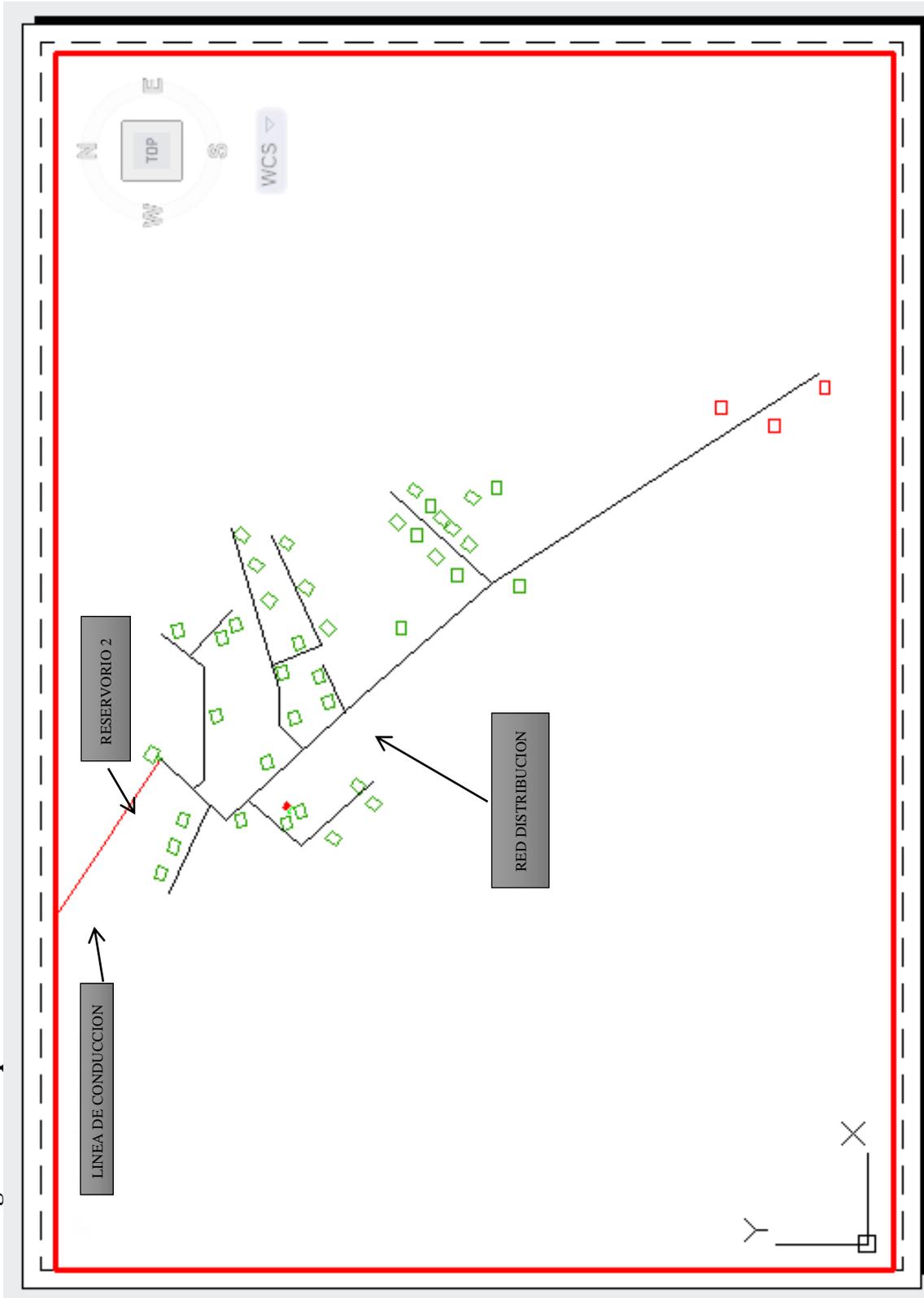
La población de la localidad de Isla Soto se desarrolla a lo largo de una ladera. Y por la topografía y el desnivel desde el punto de la ubicación del reservorio hasta la ubicación de la última vivienda Usuaría. Es de 200 m. por lo tanto en el siguiente proyecto se propone desarrollar dos micro sistemas cada una con su reservorio y red de distribución. (Ver hoja Anexo N°06: Modelamiento Hidráulico)

Figura 32: Esquema De La Red De Distribución Del Sistema 01



Fuente 55: elaboración propia.

Figura 33: Esquema De La Red De Distribución Del Sistema 02



Fuente 56: elaboración Propia.

CALCULOS PARA REDES LOCALIDAD DE ISLA SOTO SISTEMA 01

1.- NOMBRE DEL PROYECTO		"APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LA LOCALIDAD DE ISLA SOTO."	
LOCALIDAD		Column. 01	Corresponde a la identificación del tramo a calcular
A.- POBLACION ACTUAL ( HABIT.)		Column. 02	Gasto por Tramo= Qunit N° de habitantes en el tramo
N° de Familias ( Fam.)		Column. 03	Gasto de Diseño, este gasto se determina en función a los gastos acumulados por tramo, recomendándose iniciar el calculo por el tramo final.
N° Promedio de Miembros por Familia (Habit./Fam.)		59	
Pa = N° de Familias x n° de Miembros		2.76	
B.- TASA DE CRECIMIENTO (%)		163	
C.- PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)		1.13	
D.- POBLACION FUTURA		20.00	
Pf = Po ( 1+ r x t/100 )		200	
E.- NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS PUBLICOS (NLP)		-	
F.- DOTACION PARA POBLACIÓN (LT/HAB/DIA)		80.00	$V = 1.9735 * \frac{Q_{diseño}}{D^2}$
G.- DOTACIÓN PARA MANTENIMIENTO DE LOCALES PÚBLICOS (DTM)		-	
H.- CONSUMO PROMEDIO ANUAL (LT/SEG)		0.185	Siendo Qdiseño (Col.3) y D(col.5) en L/seg. Y Pulg. Respectivamente
Q p= (Pob. x Dot.)/86,400			Perdida de Carga Unitaria, se considerando que esta trabajando con tubería PVC (C=140), por lo que la pérdida de carga es determinada por la relación.
I.- CONSUMO MAXIMO DIARIO (m3/h)		0.240	
Qmd = 1.30 x Qp			$hf = \left( \frac{Q}{2.492 * D^{2.63}} \right)^{1.85}$
J.- CAUDAL DE BOMBEO (m3/h)	$Q_{bombeo} = Q_b = Q_{md} * \frac{24}{N}$	3.460	
K.- VOLUMEN DEL RESERVORIO (M3)	$V_A = Q_b * N - Q_{mh} * N$	15.572	Siendo Qdiseño y D, valores que se muestran en las Column. 3 y 5 el Valor de hf sera expresado en 0/00%
		20.00	Perdida de Carga del Tramo (column.04)*(column.7) siendo Hf=L *hf/100
L.- CONSUMO MAXIMO HORARIO (LT/SEG)		0.370	calculo de la cota piezometrica inicial se parte desde el reservorio, considerando la cota del terreno (col.1f) para los tramos siguientes la cota piezometrica inicial sera igual a la cota piezometrica final del tramo anterior
Qmh = 2 x Q p			es igual ala (Column.9) - (Column.8)
II.- CAUDAL UNITARIO(LT/SEG)		59	es la diferencia de la (Column.9)- (column.11)
		0.00627	Presion Final= (Column.10) - (Column.12)

TRAMO (m)	GASTO (l/s)		NUMERO DE FAMILIAS EN EL TRAMO	LONG. (M)	DIAMETRO (pulg.)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE DARGA		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO (msnm)		PRESION (m)	
	TRAMO (2)	DISEÑO (3)					UNIT (%) (7)	TRAMO (m) (8)	INICIAL (9)	FINAL (10)	INICIAL (11)	FINAL (12)	INICIAL (13)	FINAL (14)
Reserv N°01-1	0.00000	0.370	0.00	44.63	1 1/2	0.32	0.00407522	0.18	3944.00	3943.82	3944.00	3935.00	0.00	8.82
1-2	0.018799	0.044	3.00	90.35	3/4	0.15	0.00230233	0.21	3943.82	3943.61	3943.82	3910.00	8.82	33.61
2-3	0.025065	0.025	4.00	100.00	3/4	0.09	0.00081761	0.08	3943.61	3943.53	3910.00	3912.00	33.61	31.53
1-4	0.018799	0.326	3.00	70.00	1	0.64	0.02319813	1.62	3943.82	3942.19	3935.00	3929.00	8.82	13.19
4-5	0.012532	0.307	2.00	211.60	1	0.61	0.02078306	4.40	3942.19	3937.80	3929.00	3929.50	13.19	8.30
5-6	0.025065	0.025	4.00	75.00	3/4	0.09	0.00081761	0.06	3937.80	3937.74	3929.50	3917.50	8.30	20.24
5-7	0.000000	0.269	0.00	10.69	1	0.53	0.01632163	0.17	3937.80	3937.62	3929.50	3925.00	8.30	12.62
7-8	0.031331	0.031	5.00	100.29	3/4	0.11	0.00123547	0.12	3937.62	3937.50	3925.00	3914.00	12.62	23.50
7-9	0.000000	0.238	0.00	10.71	1	0.47	0.01298514	0.14	3937.62	3937.48	3925.00	3924.00	12.62	13.48
9-10	0.037597	0.038	6.00	100.21	3/4	0.13	0.00173108	0.17	3937.48	3937.31	3924.00	3921.00	13.48	16.31
9-11	0.012532	0.201	2.00	106.98	1	0.40	0.00944875	1.01	3937.48	3936.47	3924.00	3925.00	13.48	11.47
11-12	0.000000	0.188	0.00	60.18	1	0.37	0.00838535	0.50	3936.47	3935.97	3925.00	3926.00	11.47	9.97
12-13	0.018799	0.019	3.00	80.00	3/4	0.07	0.00048019	0.04	3935.97	3935.93	3926.00	3916.50	9.97	19.43
12-14	0.000000	0.169	0.00	76.32	1	0.33	0.00690033	0.53	3935.97	3935.44	3926.00	3927.50	9.97	7.94
14-15	0.025065	0.025	4.00	80.00	3/4	0.09	0.00081761	0.07	3935.44	3935.38	3927.50	3915.50	7.94	19.88
14-16	0.018799	0.144	3.00	113.48	3/4	0.51	0.02079375	2.36	3935.44	3933.08	3927.50	3926.00	7.94	7.08
16-17	0.043864	0.125	7.00	310.90	3/4	0.44	0.01605616	4.99	3933.08	3928.09	3926.00	3876.00	7.08	52.09
17-18	0.006266	0.025	1.00	60.00	3/4	0.09	0.00081761	0.05	3928.09	3928.04	3876.00	3880.00	52.09	48.04
18-19	0.018799	0.019	3.00	100.00	3/4	0.07	0.00048019	0.05	3928.04	3927.99	3880.00	3875.50	48.04	52.49
17-20	0.006266	0.056	1.00	54.28	3/4	0.20	0.00366509	0.20	3928.09	3927.89	3876.00	3873.00	52.09	54.89
20-21	0.025065	0.025	4.00	80.00	3/4	0.09	0.00081761	0.07	3927.89	3927.83	3873.00	3872.50	54.89	55.33
20-22	0.025065	0.025	4.00	80.35	3/4	0.09	0.00081761	0.07	3927.89	3927.82	3873.00	3878.50	54.89	49.32
<b>RESUMEN</b>			59.00	2015.97										

**LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN**

TUB. PVC, D=2" C-10 S/EX NTP 399,003	Mts.
TUB. PVC, D=1 1/2" C-10 S/EX NTP 399,003	44.63 Mts.
TUB. PVC, D=1" C-10 S/EX NTP 399,003	546.48 Mts.
TUB. PVC, D=3/4" C-10 S/EX NTP 399,004	1,424.86 Mts.
TUB. PVC, D=1/2" C-10 S/EX NTP 399,005	Mts.
<b>TOTAL =</b>	<b>2,015.97 Mts.</b>

**CONEXIONES DOMICILIARIAS**

TUB. PVC, D=1/2" C-10 S/EX NTP 399,005	2,950.00 Mts.
----------------------------------------	---------------

CALCULOS PARA REDES LOCALIDAD DE ISLA SOTO SISTEMA 02

1.- NOMBRE DEL PROYECTO		"APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LA LOCALIDAD DE ISLA SOTO."	
LOCALIDAD		: SISTEMA 02	
A.- POBLACION ACTUAL ( HABIT.)		Colum. 01	Corresponde a la identificación del tramo a calcular
N° de Familias ( Fam.)		Colum. 02	Gasto por Tramo= Qunit N° de habitantes en el tramo
N° Promedio de Miembros por Familia (Habit./Fam.)		Colum. 03	Gasto de Diseño, este gasto se determina en función a los gastos acumulados por tramo, recomendándose iniciar el calculo por el tramo final.
Pa = N° de Familias x n° de Miembros			
B.- TASA DE CRECIMIENTO (%)		Colum. 04	Longitud del tramo en metros.
C.- PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)		Colum. 05	Diámetro. Se asumira un diametro inicial en fucion a las velocidades limites y al gasto de diseño.
D.- POBLACION FUTURA		Colum. 06	velocidad determinada mediante la siguiente relacion.
Pf = Po ( 1+ r x t/100 )			
E.- NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS PUBLICOS (NLP)			
F.- DOTACION PARA POBLACION (LT/HAB/DIA)			$V = 1.9735 * \frac{Qdiseño}{D^2}$
G.- DOTACIÓN PARA MANTENIMIENTO DE LOCALES PÚBLICOS (DTM)			
H.- CONSUMO PROMEDIO ANUAL (LT/SEG)			Siendo Qdiseño (Col.3) y D(col.5) en L/seg. Y Pulg. Respectivamente
Q p= (Pob. x Dot.)/86,400		Colum. 07	Pérdida de Carga Unitaria, se considerando que esta trabajando con tubería PVC (C=140), por lo que la pérdida de carga es determinada por la relacion.
I.- CONSUMO MAXIMO DIARIO (m3/h)			
Qmd = 1.30 x Qp			
J.- CAUDAL DE BOMBEO (m3/h)	$Qbombeo = Qb = Qmd * \frac{24}{N}$		$hf = \left( \frac{Q}{2.492 * D^{2.63}} \right)^{1.85}$
K.- VOLUMEN DEL RESERVORIO (M3)	$VA = Qb * N - Qmh * N$		Siendo Qdiseño y D, valores que se muestran en las Colum. 3 y 5 el Valor de hf sera expresado en 0/00%
L.- CONSUMO MAXIMO HORARIO (LT/SEG)		Colum. 08	Pérdida de Carga del Tramo (column.04)*(column.7) siendo Hf=L *hf/100
Qmh = 2 x Q p		column. 09	calculo de la cota piezometrica inicial se parte desde el reservorio, considerando la cota del terreno (col. f) para los tramos siguientes la cota piezometrica inicial sera igual a la cota piezometria final del tramo anterior
II.- CAUDAL UNITARIO(LT/SEG)		Colum. 10	es igual ala (Colum.9) - (Colum.8)
		column. 13	es la diferencia de la (Colum.9)- (column. 11)
		column. 14	Presion Final= (Colum. 10) - (Colum. 12)

TRAMO (m)	GASTO (l/s)		NUMERO DE FAMILIAS EN EL TRAMO	LONG. (M)	DIAMETRO (pulg.)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE DARGA		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO (msnm)		PRESION (m)	
	TRAMO (2)	DISEÑO (3)					UNIT (%) (7)	TRAMO (m) (8)	INICIAL (9)	FINAL (10)	INICIAL (11)	FINAL (12)	INICIAL (13)	FINAL (14)
Reserv N°01-1	0.000000	0.382	0.00	50.99	1 1/2	0.34	0.00433446	0.22	3870.00	3869.78	3870.00	3861.50	0.00	8.28
1-2	0.000000	0.025	0.00	20.00	3/4	0.09	0.00081761	0.02	3869.78	3869.76	3861.50	3858.50	8.28	11.26
2-3	0.006266	0.025	1.00	110.00	3/4	0.09	0.00081761	0.09	3869.76	3869.67	3858.50	3856.50	11.26	13.17
3-4	0.000000	0.019	0.00	40.00	3/4	0.07	0.00048019	0.02	3869.67	3869.65	3856.50	3854.50	13.17	15.15
4-5	0.018799	0.019	3.00	70.00	3/4	0.07	0.00048019	0.03	3869.65	3869.62	3854.50	3840.50	15.15	29.12
1-6	0.006266	0.357	1.00	49.01	1 1/2	0.31	0.00382334	0.19	3869.78	3869.59	3861.50	3853.50	8.28	16.09
6-7	0.012532	0.013	2.00	100.00	1	0.02	0.00005594	0.01	3869.59	3869.59	3853.50	3860.50	16.09	9.09
6-8	0.006266	0.338	1.00	41.00	1	0.67	0.02487570	1.02	3869.59	3868.57	3853.50	3843.50	16.09	25.07
8-9	0.012532	0.031	2.00	85.00	3/4	0.11	0.00123547	0.11	3868.57	3868.47	3843.50	3851.00	25.07	17.47
9-10	0.018799	0.019	3.00	105.00	3/4	0.07	0.00048019	0.05	3868.47	3868.42	3851.00	3844.50	17.47	23.92
8-11	0.012532	0.301	2.00	158.53	1	0.59	0.02000521	3.17	3868.57	3865.40	3843.50	3835.50	25.07	29.90
11-12	0.012532	0.063	2.00	60.00	3/4	0.22	0.00445386	0.27	3865.40	3865.13	3835.50	3834.50	29.90	30.63
12-13	0.050130	0.050	8.00	170.48	3/4	0.18	0.00294749	0.50	3865.13	3864.63	3834.50	3827.50	30.63	37.13
11-14	0.031331	0.226	5.00	175.46	1	0.45	0.01174915	2.06	3865.40	3863.34	3834.50	3837.00	30.90	26.34
14-15	0.000000	0.194	0.00	19.32	1	0.38	0.00890976	0.17	3863.34	3863.17	3837.00	3839.50	26.34	23.67
15-16	0.006266	0.056	1.00	30.00	3/4	0.20	0.00366509	0.11	3863.17	3863.06	3839.50	3838.00	23.67	25.06
16-17	0.050130	0.050	8.00	110.00	3/4	0.18	0.00294749	0.32	3863.06	3862.73	3838.00	3830.00	25.06	32.73
15-18	0.006266	0.138	1.00	51.89	1	0.27	0.00472421	0.25	3863.17	3862.92	3839.50	3843.00	23.67	19.92
18-19	0.012532	0.013	2.00	100.00	3/4	0.04	0.00022680	0.02	3862.92	3862.90	3843.00	3837.00	19.92	25.90
18-20	0.119058	0.119	19.00	390.00	1	0.23	0.00360198	1.40	3862.92	3861.52	3843.00	3856.00	19.92	5.52
<b>RESUMEN</b>			<b>61.00</b>	<b>1936.68</b>										

**LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN**

TUB. PVC, D=2" C-10 S/EX NTP 399,003	-	Mts.
TUB. PVC, D=1 1/2" C-10 S/EX NTP 399,003	100.00	Mts.
TUB. PVC, D=1" C-10 S/EX NTP 399,003	936.20	Mts.
TUB. PVC, D=3/4" C-10 S/EX NTP 399,004	900.48	Mts.
TUB. PVC, D=1/2" C-10 S/EX NTP 399,005	-	Mts.
<b>TOTAL =</b>	<b>1,936.68</b>	<b>Mts</b>
	<b>1,936.68</b>	<b>Mts.</b>

## 8.16 Estudios Básicos de Ingeniería que Inciden Para el Diseño de la Línea de Impulsión aplicando energía solar del Sistema de Abastecimiento y Eliminación de Excretas en la Localidad de Isla Soto

### 8.16.1 Estudio topográfico

#### 8.16.1.1 Introducción

La topografía como ciencia tiene por objeto representar el terreno sobre el papel de la manera más exacta posible, permitiéndonos determinar todo el conjunto de particularidades de la configuración de un terreno.

Para realizar o iniciar cualquier proyecto de ingeniería es necesario contar con un levantamiento topográfico. Los estudios topográficos constituyen el eje principal en la mayoría de los trabajos de ingeniería.

Este levantamiento nos permitirá definir la ubicación altimetría del eje de la línea de impulsión, redes de distribución, determinándose de esta manera el perfil y las presiones de agua en cada nudo.

En resumen la siguiente fue la metodología adoptada en lo que respecta a topografía:

- Los trabajos referentes al levantamiento topográfico están referidos a coordenadas UTM con datum horizontal: WGS-84 y datum vertical: nivel medio del mar, se dejaron marcas definidas de todo el levantamiento que servirán de control, con fines de replanteo de las obras proyectadas.
- La automatización del trabajo de campo se efectuó en el día de la siguiente manera: se efectuó la toma de datos de campo durante el día, la transmisión de la información de campo a una computadora, la verificación en la computadora de la información tomada en campo, el procesamiento de la información para obtener planos topográficos a escala conveniente.
- Para el levantamiento topográfico se inició con dos puntos que fueron tomados con GPS navegador, y posteriormente introducidos a la estación, que sirvieron como BM de inicio al levantamiento.
- A partir de los dos BMs se realizó el levantamiento topográfico general de la zona del proyecto, se tomó detalles como niveles de pisos, borde de Muelle Isla Soto, las prospecciones realizadas para el estudio de suelos, etc., levantándose aproximadamente un área de 131.058ha.
- Para el levantamiento topográfico se empleó 01 Estación Total TOPCON GTS 105 con precisión de 3 seg. en ángulo y de 1 mm en distancia, 01 GPS navegador marca GARMIN MODELO etrex LEGEND H, 02 prismas.

- Durante y una vez terminado el trabajo en campo de topografía se procedió al procesamiento en gabinete de la información topográfica en el software AutoCAD Land 3D Civil, elaborando planos topográficos a escalas convenientes
- Se presenta al proyectista el presente Estudio de Topografía que contiene información general de los trabajos realizados para la elaboración de este informe, tal como, la descripción detallada de los procedimientos llevados a cabo tanto en campo como en gabinete, información técnica, memorias de cálculo, panel de fotografías, planos topográficos, entre otros relativos al levantamiento topográfico.

#### 8.16.1.2 *Objetivo del estudio topográfico.*

El objetivo de un levantamiento topográfico es la determinación, tanto en planimetría como en altimetría, de puntos del terreno necesarios para obtener la representación fidedigna de un determinado terreno natural a fin de:

- Realizar los trabajos de campo que permitan elaborar los planos topográficos.
- Proporcionar información de base para los estudios de geotecnia y de impacto ambiental.
- Posibilitar la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de los elementos estructurales.
- Establecer puntos de referencia para el replanteo durante la construcción.

#### 8.16.1.3 *Condiciones climatológicas*

La temperatura del aire en la zona de estudio son bajas; la media mensual en la estación del Centro Poblado de Huaraya presenta la siguiente variación: la temperatura mayor se observa en el mes de Enero con 14.5 °C, y la menor se observa en Julio con 0.5°C, presentando una media anual de 7.5°C.

La temperatura mínima absoluta, para la estación del Centro Poblado de Huaraya se observa en el mes de Julio con -2.1 °C bajo cero.

La temperatura máxima absoluta, para la estación del Centro Poblado de Huaraya se presenta en el mes de Febrero con 18°C.

En el Distrito de Conima la temperatura promedio es de 7.5 a 14.5° C, con rangos de 14.5 °C a -2.1 °C. Existen dos épocas definidas: una época de lluvia y otra de estiaje. Llueve durante los meses de Setiembre a Marzo y la temperatura es fría. Cuando llueve el agua corre por los riachuelos de los sectores y se forman anegaciones a modo de charcos en las partes bajas. Esporádicamente cae nieve y granizo en el pueblo afectando este último a los cultivos, animales y viviendas.

Altitud del área del proyecto.

El área del proyecto se encuentra ubicada sobre la cota Altitud: 3889.00 m.s.n.m. dicha cota es del Tanque Cisterna proyectado de 40 m<sup>3</sup>.

#### 8.16.1.4 Metodología.

Todo levantamiento topográfico realizado por la consultora contempla las etapas siguientes:

#### 8.16.1.5 Planeamiento.

La etapa del planeamiento consiste en el establecimiento de las condiciones geométricas, técnicas, económicas y de factibilidad que permiten la elaboración de un anteproyecto para realizar un levantamiento dado, destinado a satisfacer una determinada necesidad. Esta etapa está ligada con la pre evaluación, la cual deberá tener en cuenta factores de precisión requerida, disponibilidad de equipo, materiales, personal y demás facilidades, o sus requerimientos, incluyendo la consideración de factores ambientales previstos, de modo que sea posible hacer un planeamiento óptimo y establecer las normas y procedimientos específicos del levantamiento de acuerdo a las normas contenidas en este documento o las requeridas en casos específicos o especiales.

#### 8.16.1.6 Reconocimiento Y Monumentación.

El reconocimiento y la monumentación consisten en las operaciones de campos destinados a verificar sobre el terreno las características definidas por el planeamiento y a establecer las condiciones y modalidades no previstas por el mismo. Las operaciones que en este punto se indican deben desembocar necesariamente en la elaboración del proyecto definitivo. Por otra parte, esta etapa contempla el establecimiento físico de las marcas o monumentos del caso en los puntos pre establecidos.

**Tabla 34: BMS localizadas en la localidad de isla soto.**

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DETALLE
1	8281265.03	446150.96	3962.00	MON. EN ROCA FIJA
2	8280867.86	446739.14	3933.00	MON. EN ROCA FIJA
3	8280287.15	447147.71	3917.00	MON. EN ROCA FIJA
4	8279747.21	447555.73	3973.00	MON. EN ROCA FIJA
5	8279213.94	447637.19	3851.00	MON. EN ROCA FIJA

*Fuente 57: Elaboración Propia.*

#### 8.16.1.7 *Trabajos De Campo.*

Los trabajos de campo están constituidos por el conjunto de observaciones que se realizan directamente sobre el terreno para realizar las mediciones requeridas para el proyecto, de acuerdo con las normas aplicables. Los cálculos y comprobaciones de campo se considerarán como parte integral de las observaciones, se hacen inmediatamente al final de las mismas. Tienen como propósito verificar la adherencia de los trabajos a las normas establecidas.

#### 8.16.1.8 *Trabajos de gabinete*

Los cálculos de gabinete proceden inmediatamente a la etapa anterior y están constituidos por todas aquellas operaciones que en forma ordenada y sistemática, calculan las correcciones y reducciones a las cantidades observadas y determinan los parámetros de interés mediante el empleo de criterios y fórmulas apropiadas que garanticen la exactitud requerida. El ajuste o compensación deberá seguir, cuando sea aplicable, al cálculo de gabinete.

#### 8.16.1.9 *Memoria de los Trabajos*

Al final de cada trabajo se elabora una memoria que contenga los datos relevantes del levantamiento, incluyendo antecedentes, justificación, objetivos, criterios de diseño, personal, instrumental y equipo usados, normas, especificaciones y metodologías particulares empleadas, relación de los trabajos de campo con mención de las circunstancias que puedan haber influido en el desarrollo de los trabajos, información gráfica que muestre su ubicación, descripciones definitivas de los puntos, resultados de los cálculos y ajustes en forma de listados de parámetros finales.

#### 8.16.1.10 *Trabajos De Campo*

##### **Red De Control Horizontal**

El levantamiento topográfico fue realizado con coordenadas relativas ya que no existen puntos de primer orden cercanos para amarrar el levantamiento topográfico, dando al punto BM2 las coordenadas UTM en el Datum Horizontal WGS-84 obtenidas con el GPS navegador, luego se hizo vista atrás a otro punto BM1 cuyas coordenadas también se obtuvieron con el GPS navegador, para obtener las otras estaciones.

A partir de estos puntos se empezó con el levantamiento topográfico general de la zona del proyecto, de acuerdo a los términos de referencia, se tomó detalles como niveles de pisos, borde de carretera existente, canales de tierra y revestidas existentes, servicios existentes, las prospecciones realizadas para el estudio de suelos, etc., levantándose aproximadamente un área de 131.058ha.

El modo levantamiento con Estación Total se hizo con el método de colección de datos por coordenadas, obteniendo ángulos horizontales, verticales, distancia inclinada y la altura de instrumento, así como también las coordenadas Norte y Este y altura de cada punto radiado:

- La medición de distancia horizontal entre estación a estación se hizo con el modo fino (el rayo infrarrojo recorre desde el estación hasta donde está ubicado el prisma 999 veces para dar la longitud horizontal deseado).
- La medición de los ángulos horizontales de los rellenos topográficos se dará por el método de radiación.
- La medición de la distancia vertical se realizara por el método de nivelación Trigonométrica.
- Para el trabajo de replanteo, de todos los BMs obtenidos, se establecieron los puntos de control; BM1, BM2. ubicados tal como se muestran en el Plano Topográfico.

#### 8.16.1.11 *Equipos Utilizados*

- Una Estación Total TOPCON GTS105, con las siguientes especificaciones técnicas:
- Un trípode de soporte.
- Dos prismas con sus respectivos porta prismas.
- Un GPS GARMIN ETREX LEGEND H.
- Wincha de fibra de lona de 50m.
- Libreta topográfica.

#### 8.16.1.12 *Personal.*

- 01 Topógrafo a cargo de los equipos topográficos.
- 02 Personas encargadas de los prismas.

#### 8.16.1.13 *Trabajos De Gabinete.*

Durante y una vez terminado el trabajo en campo de topografía se procedió al procesamiento en gabinete de la información topográfica en el software **AutoCAD Civil 3D**, elaborando planos topográficos a escala 1:2000 en la planta y con una equidistancia de curvas de 2m; perfil longitudinal a 1:1000. Los trabajos de gabinete consistieron básicamente en:

- Procesamiento de la información topográfica tomada en campo.
- Elaboración de planos topográficos y de ubicación a escalas adecuadas.

8.16.1.14 *Procesamiento De Información Recolectada*

**Calculo De Ángulos Azimutales**

$$z_B = z_A \pm 180^\circ + \angle D$$

SI  $z_A < 180^\circ$

$$z_B = z_A + 180^\circ + \angle D$$

SI  $z_A > 180^\circ$

$$z_B = z_A - 180^\circ + \angle D$$

$$z_B = z_A + 180^\circ + \angle I$$

SI  $z_A < 180^\circ$

$$z_B = z_A + 180^\circ - \angle 1$$

SI  $z_A > 180^\circ$

$$z_B = z_A - 180^\circ - \angle 1$$

**Calculo de distancia horizontal.**

$$D_H = D_1 * \cos^2 \alpha$$

Donde  $\alpha = 90^\circ - \angle V$

**Calculo de distancia Vertical.**

$$D_V = D_1 * \sin \alpha * \cos \alpha$$

Donde  $\alpha = 90^\circ - \angle V$

**Calculo de Coordenadas Absolutas.**

$$N = N' + \Delta N$$

**Donde:** N'= Norte obtenido por la ayuda de GPS

$$E = E' + \Delta E$$

**Donde:** E'= Este obtenido por la ayuda de GPS

**Calculo De Cotas.**

$$COTA B = COTA DE "A" \pm i \pm (D_v - m)$$

Si se jala cota:

$$COTA B = COTA DE "A" - i - (D_v - m)$$

Si se manda cota:

$$COTA B = COTA DE "A" + i + (D_v - m)$$

Donde:

- $i$  = Altura de instrumento
- $m$  = Altura de prisma
- $D_v$  = Distancia vertical
- Cota de "A" se obtiene con la ayuda de un GPS

### 8.16.1.15 Software Utilizado

Los datos correspondientes al levantamiento topográfico han sido procesados en sistemas computarizados, utilizando los siguientes equipos y software:

- 01 PC pentium intel CORE i7 2.67 GHz de 4GB de RAM - TOSHIBA
- Software "Topcon link", para transmitir toda la información tomada en el campo a una PC.
- Software AutoCAD CIVIL 3D 2010, para el procesamiento de los datos topográficos.
- Software AutoCAD 2010 para la elaboración de los planos correspondientes.

### 8.16.1.16 Datos De Campo Obtenido.

**Tabla 35: Datos De Campo Obtenido**

Nº PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESC.
1	8,290,800.32	460,375.13	4,049.09	
2	8,290,804.69	460,391.65	4,052.46	P
3	8,290,870.38	460,338.84	4,048.76	AP
4	8,290,815.58	460,381.81	4,052.08	CAP
5	8,290,872.93	460,358.85	4,054.22	R
6	8,290,870.18	460,390.32	4,060.18	R
7	8,290,829.28	460,414.09	4,061.23	R
8	8,290,804.43	460,437.46	4,061.85	K
9	8,290,787.17	460,411.95	4,053.59	CAP
10	8,290,785.60	460,453.63	4,062.43	C
11	8,290,752.36	460,482.15	4,063.01	C

12	8,290,734.51	460,457.50	4,055.74	LC
13	8,290,707.15	460,443.00	4,048.60	R
14	8,290,706.19	460,428.08	4,044.11	R
15	8,290,699.16	460,459.57	4,049.72	C
16	8,290,699.46	460,459.98	4,049.85	RA
17	8,290,703.70	460,460.60	4,050.29	RA
18	8,290,701.06	460,462.80	4,050.23	R
19	8,290,692.90	460,469.88	4,049.69	PC,E2
20	8,290,699.84	460,458.79	4,049.69	PA
21	8,290,752.79	460,500.32	4,066.10	RN
22	8,290,645.43	460,516.48	4,047.05	C
23	8,290,670.57	460,514.45	4,052.37	R
24	8,290,563.51	460,426.05	4,011.91	C
25	8,290,618.40	460,594.86	4,056.96	R
26	8,290,593.24	460,561.51	4,045.26	C
27	8,290,541.42	460,431.91	4,008.85	C
28	8,290,595.04	460,533.99	4,039.11	C
29	8,290,471.45	460,444.22	3,999.44	C
30	8,290,545.65	460,601.27	4,044.98	WAWA
31	8,290,439.66	460,306.85	3,986.62	C
32	8,290,514.11	460,616.04	4,040.86	CDM
33	8,290,422.60	460,274.36	3,988.10	C
34	8,290,483.42	460,617.88	4,037.17	C
35	8,290,429.27	460,228.98	3,983.75	C
36	8,290,473.68	460,644.50	4,040.89	C
37	8,290,478.73	460,657.94	4,043.41	C
38	8,290,399.72	460,222.22	3,996.39	C
39	8,290,469.38	460,666.10	4,043.52	C
40	8,290,460.26	460,665.71	4,042.24	C
41	8,290,375.62	460,314.21	4,007.29	K
42	8,290,470.22	460,719.86	4,053.09	C
43	8,290,355.45	460,407.42	4,015.91	Kcur
44	8,290,377.91	460,454.00	4,009.80	C
45	8,290,424.27	460,684.97	4,041.68	C
46	8,290,378.18	460,491.99	4,011.78	c
47	8,290,378.36	460,508.34	4,012.18	c
48	8,290,438.53	460,653.64	4,038.25	c
49	8,290,338.32	460,513.92	4,020.89	c
50	8,290,461.53	460,603.38	4,032.46	c
51	8,290,320.89	460,505.57	4,027.96	Kcur
52	8,290,397.58	460,627.42	4,029.99	C
53	8,290,297.02	460,562.53	4,034.60	C
54	8,290,393.61	460,643.27	4,032.50	C
55	8,290,287.98	460,586.63	4,037.11	C
56	8,290,386.65	460,624.15	4,028.87	C
57	8,290,275.71	460,599.25	4,039.97	C

58	8,290,363.28	460,674.27	4,036.19	C
59	8,290,289.03	460,681.80	4,039.54	C
60	8,290,259.32	460,619.52	4,046.40	C
61	8,290,310.75	460,732.00	4,043.06	TURIS
62	8,290,341.75	460,737.75	4,045.09	C
63	8,290,270.99	460,637.81	4,041.47	C
64	8,290,293.82	460,720.59	4,042.10	C
65	8,290,297.10	460,694.91	4,040.70	C
66	8,290,282.95	460,656.81	4,038.35	C
67	8,290,366.40	460,606.44	4,024.23	C
68	8,290,378.88	460,592.47	4,023.08	C
69	8,290,302.87	460,625.17	4,033.00	C
70	8,290,404.19	460,542.41	4,013.93	C
71	8,290,422.11	460,553.41	4,018.61	C

*Fuente 58: elaboración Propia.*

**Figura 34 Topografía de la localidad de isla soto.**



*Fuente 59: Tesista.*

**Figura 35: Equipo Utilizado Para El Levantamiento Topográfico**



*Fuente 60: Tesista.*

8.16.1.17 Conclusiones.

- La automatización del trabajo de campo se efectuó en el día utilizando: Una Estación Total TOPCON GTS 105, 01 GPS navegador marca GARMIN MODELO etrex LEGEND H, 02 prismas. software “Topcon link”, para transmitir toda la información tomada en el campo a una PC, software AutoCAD Civil 3D para el procesamiento de los datos topográficos, software AutoCAD 2010 para la elaboración de los planos correspondientes.
- Los trabajos referentes al levantamiento topográfico están referidos a coordenadas UTM con datum horizontal: WGS-84 y datum vertical: nivel medio del mar.
- Los trabajos referentes al levantamiento topográfico están referidos a coordenadas UTM con datum horizontal: WGS-84 y datum vertical: nivel medio del mar, se han planteado estaciones para desarrollar el levantamiento. Y se han dejado 5 BMs sobresalientes que servirán para el replanteo. Geotécnicos

**Tabla 36 puntos de control geodésicos:**

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DETALLE
1	8281265.03	446150.96	3962.00	MON. EN ROCA FIJA
2	8280867.86	446739.14	3933.00	MON. EN ROCA FIJA
3	8280287.15	447147.71	3917.00	MON. EN ROCA FIJA
4	8279747.21	447555.73	3973.00	MON. EN ROCA FIJA
5	8279213.94	447637.19	3851.00	MON. EN ROCA FIJA

*Fuente 61: Tesista*

- Se ha elaborado planos topográficos del área de estudio a escala 1:2500 con equidistancia de curvas de nivel a 5 m, la topografía procesada sirvió de base para la investigación “**APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN LINEA DE IMPULSION DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y ELIMINACION DE EXCRETAS EN LA LOCALIDAD DE ISLA SOTO**”.

### 8.16.2 Estudio de suelos

#### 8.16.2.1 *Introducción*

En el diseño de Estructuras de Saneamiento, es fundamental conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, que nos permiten entender sus características generales y su comportamiento.

El estudio de suelos en nuestro caso particular se ha referido a la determinación de la naturaleza, y se realizaron los estudios básicos, para determinar los tipos de suelos sobre el cual se proyectara la instalación de las redes de conducción y distribución del sistema de agua potable, el mismo que se ha desarrollado a través de resultados de ensayos en laboratorio de muestras representativas de suelo y cuyos resultados nos permitió determinar, si el material sea material suelto, roca suelta o roca dura, para poder evitar los elevados costos de excavación de las redes.

Fundamento Teórico

Cuarteo de muestras en laboratorio

#### **Referencias**

MTC E 105-99.

UNE 77-327-75.

UNE 77-327-75.

#### **Generalidades**

Para poder efectuar los diferentes ensayos de suelos en laboratorio, se requiere contar con material representativo de suelo en cantidad suficiente, de manera que satisfagan los requerimientos de procedimientos de ensayos, con lo cual se realiza previamente una operación de reducción de las muestras denominada cuarteo, de manera que al finalizar su proceso quede una muestra tal, que refleje exactamente las características del terreno o cantera. Los procedimientos de reducción que se practican son de tipo mecánico y manual, siendo este último el de uso convencional en nuestro país y se practica en la mayoría de laboratorios de Mecánica de Suelos, Asfaltos y Concretos de nuestra zona, debido por razones de bajo costo y gran confiabilidad.

**Objetivo**

Reducir una muestra representativa de suelo mediante un procedimiento manual, una muestra representativa de suelo a un tamaño conveniente, o de dividirla en dos o más partes con el fin de efectuar ensayos con ellos.

**Materiales**

- Lona plástica de 2.00 x 2.50 m.
- Pala manual.
- Bandeja metálica.
- Badilejo para manejar el material.
- Varilla metálica de 1.50 m.
- Brocha o cepillo.

**Procedimiento**

- Se extiende la lona plástica sobre y se deposita sobre ella, la muestra representativa extraída a fin de dejarla secar al aire, removiendo con el badilejo cada cierto tiempo, de manera que el material seque de una forma uniforme.
- Seca la muestra, con el martillo de goma se procede a desmenuzar los terrones del material formado, a fin de obtener una mezcla uniforme y evitando en todo momento un posible fractura miento de las piedras constituyentes del mismo.
- Se mezcla hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación un mínimo de 4 veces. Cada palada tomada de la base se deposita en la parte superior del cono, de modo que el material caiga uniformemente por los lados.
- Esparcir cuidadosamente y aplanar la pila cónica hasta darle una base circular, espesor y diámetro uniforme, presionando hacia abajo con la cuchara de la pala, de tal manera que cada cuarto del sector contenga el material original, procurando que el diámetro sea aproximadamente de cuatro a ocho veces el espesor.
- Con la varilla metálica se divide diametralmente el material en cuatro partes iguales, de manera que se toman dos cuartos diagonalmente opuestas, incluyendo todo el material fino con ayuda de las brochas y el badilejo.
- Los dos cuartos restantes se remezcla y se repite sucesivamente toda la operación anteriormente descrita, hasta obtener la cantidad de muestra de suelo requerida.

### 8.16.2.2 *Contenido de humedad*

#### **Referencias**

MTC E 110 - 99.

ASTM D 2216 - 92.

#### **Generalidades**

Siendo el suelo un medio poroso, se distinguen tres fases constituyentes: La Fase Solida conformada por partículas minerales u orgánicas, la Fase Liquida conformada por agua que llena parcial o totalmente los vacíos y la Fase Gaseosa conformada esencialmente por aire. A partir de estas fases del suelo, es posible determinar fácilmente en laboratorio, el peso de las muestras húmedas y secas al horno, parámetros que nos permiten establecer algunas relaciones físicas como es el cálculo del contenido de humedad de una muestra representativa.

El contenido de humedad o humedad de una muestra del suelo, es la relación del peso de agua contenida en la muestra, al peso de la muestra después de ser secada al horno.

Para hacer que la muestra tenga un peso constante se seca en horno a una temperatura de 110oC 5oC durante toda la noche (15 a 16 horas aproximadamente).

#### **Objetivo**

Determinar el contenido de humedad de una muestra representativa de suelo expresado en porcentaje, que se obtiene de la relación del contenido de agua, con respecto al peso seco en el horno a 110 °C de temperatura.

#### **Materiales**

- Balanza de tres escalas con sensibilidad de 0.01 %.
- Horno Eléctrico de 110 5 °C.
- Taras metálicas.
- Cuchara metálica.
- Guantes de asbesto.
- Procedimiento
- Pesar la tara metálica (pequeña) en la cual se depositara una muestra de suelo.
- Pesar la muestra húmeda en la tara con aproximación de 0.01 gr.
- La muestra en el recipiente colocarla en el horno a una temperatura de 110 5 °C por un tiempo de 24 horas aproximadamente, para posteriormente dejarla enfriar a temperatura ambiente.
- Pesar la seca muestra incluyendo el recipiente, hasta verificar un peso constante.

### Cálculos

El contenido de humedad de la muestra se calcula, de manera practica en laboratorio, con la ecuación 8.25.

$$W(\%) = \frac{(P1 - P2)}{(P2 - P3)} X 100 \quad (8.25)$$

Dónde:

- w(%): Contenido de humedad expresado en porcentaje.
- P1: Peso de la tara más el suelo húmedo, en gramos.
- P2: Peso de la tara más el suelo seco al horno, en gramos.
- P3: Peso de la tara, en gramos.

Sin embargo la forma general de la ecuación 8.25, se muestra en la ecuación 8.26.

$$W(\%) = \frac{(Peso\ del\ Agua)}{(Peso\ del\ suelo\ seca\ al\ horno)} X 100 \quad (8.26)$$

w(%): Contenido de humedad expresado en porcentaje.

#### 8.16.2.3 *Análisis granulométrico por tamizado.*

#### Referencias.

MTC E107-99.

AASHTO T88.

ASTM D422.

#### Generalidades

El análisis granulométrico por tamizado se refiere a la distribución de los suelos según el tamaño de sus partículas. Su determinación con tamices es el de más frecuente uso, con el que se caracteriza la diversidad de tamaños de las partículas que conforman estos materiales.

Los resultados de un análisis granulométrico se representan mediante la curva granulométrica.

#### Objetivo

Determinar la distribución de las partículas en función de su tamaño, de una muestra representativa de suelo, mediante un ensayo granulométrico por tamizado.

#### Materiales y equipo necesario

- Juego completo de tamices con tapa y fondo.
- Balanza de torsión con sensibilidad de 0.1 %.
- Balanza de tres escalas con sensibilidad de 0.1 %.
- Horno Eléctrico de 110 5 °C
- Cepillo de alambre fino.

- Martillo de goma.
- Bandejas de loza o aluminio.
- Recipientes con agua limpia.

### **Procedimiento**

- Cuartear la muestra seca, pesarla y registrarla como peso total de la muestra seca.
- Depositar la muestra en el recipiente con agua y removerla a fin de disolver la arcilla contenida y verter el agua limpia a través del tamiz N°200, repitiendo esta operación, hasta que el agua se observe clara.
- Secar 18 horas la muestra en el horno a una temperatura de 105 °C.
- Seca la muestra se efectúa el tamizado a través del juego de tamices ordenados en forma decreciente, agitando vigorosamente con un movimiento rotatorio horizontal y vertical. Pesar el material retenido en los diferentes tamices.

### **Cálculos y resultados.**

La diferencia entre el peso inicial de la muestra seca y la suma de los pesos retenidos hasta la malla N°200, es el peso que pasa la malla N°200.

Se determinan los porcentajes parciales y acumulados en peso del material retenido en los cada tamiz, con respecto al peso inicial de la muestra seca.

Se calcula el porcentaje en peso del material seco que pasa un determinado tamiz, restando de 100% el porcentaje en peso del material seco acumulado.

Anotar los resultados en la hoja de cálculo y graficar las curvas granulométricas; Abertura de cada tamiz Vs. Porcentaje que pasa.

#### *8.16.2.4 Límites de Atterberg o de Consistencia.*

### **Generalidades**

En la mayoría de suelos existentes, cuando estos se moldean sin romperse hasta cierto límite al alterar su contenido de agua si es necesario, adoptan una consistencia característica denominada plástica. Para determinar la plasticidad o capacidad de ser moldeable de estos suelos, existe el criterio planteado por Attemberg, el cual demostró que la plasticidad no era una propiedad permanente de un suelo, sino circunstancial y dependiente de su contenido de agua y cantidad de arcilla, ya que esta última es la que actúa como ligante.

Attemberg estableció que según su contenido de agua existente en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico, puede estar en cualquiera de estados siguientes:

- Estado Líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
- Estado Semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.

- Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
- Estado semisólido, en que el suelo tiene apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
- Estado sólido, en que el volumen del suelo no varía con el secado.

Dado que estos estados, son fases generales por las que pasa un suelo al ir secando, y dado que no existen criterios estrictos para poder distinguir sus fronteras, Attemberg definió a estas fronteras en función al contenido de humedad:

- A la frontera entre los estados líquido y plástico se le conoce como Límite Líquido.
- A la frontera entre los estados plástico y semisólido se le conoce como Límite Plástico.
- Y a la frontera entre los estados semisólido y sólido como Límite de Contracción.
- El rango de contenido de agua sobre el cual un suelo se comporta plásticamente, se encuentra definida por una relación numérica, al cual se denominó como Índice de Plasticidad.

#### 8.16.2.5 *Límite Líquido (LL)*

Este ensayo propuesto por Terzaghi y Casagrande, permite obtener el contenido de agua de una muestra de suelo, expresado en porcentaje con respecto a la muestra seca al horno, cuando este se encuentra en el límite entre los estados plástico y líquido. El contenido de agua existente en este límite, se define como la humedad necesaria para que el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo, se cierre a lo largo de su fondo en una distancia de 1/2", cuando se deja caer la cuchara 25 veces desde una altura de 1cm, y a una velocidad de dos golpes por segundo.

#### **Referencias**

MTC E110-99.

ASTM D423.

AASHTO T 89.

#### **Equipo**

- Balanza de tres escalas (sensibilidad al 0.01 gr).
- Pocillo de porcelana y espátulas.
- Copa de Casagrande y acanalador.
- Tamiz N°40.
- Pipeta (cuenta gotas).
- Cápsulas metálicas.

### ***Procedimiento***

- Se cierne la muestra seca a través de la malla N°40 hasta obtener 150 gr aproximadamente y descartar el material retenido en él.
- Mezclar el material en el pocillo de porcelana con agua, hasta la consistencia de una pasta espesa y suave. Cubrirla con un paño y dejarla reposar 1 hora.
- Colocar material desde el pocillo a la cuchara de la Copa de Casagrande, llenando 1/3 del total aproximadamente.
- Usando la espátula se extiende y empareja el material, formando una torta circular de un centímetro en el punto de máxima profundidad.
- Con el acanalador se hace una ranura firme a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la mezcla contenida en la cuchara, para evitar el desgarramiento del suelo a lo largo de la ranura, se hace varias pasadas.
- Girar la manivela a razón de 2 vueltas/seg y anotar los golpes necesarios para que las paredes de la ranura se unan en el fondo de la misma 1/2”.
- Por la espátula se toma la porción de suelo próximo a las paredes de la ranura donde se cerró la muestra, y se determina su contenido de humedad existente.
- Se transfiere el suelo sobrante en la cuchara de bronce, al recipiente para re mezclarlo. Se lava y seca la cuchara de bronce, preparado nuevamente el aparato para realizar por lo menos dos determinaciones adicionales.

### **Cálculos.-**

Calcular el contenido de humedad del suelo de cada muestra.

En un gráfico semi logarítmico tabular el contenido de humedad como ordenada en escala natural y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. La línea de Fluidez, es la recta que promedia los tres puntos obtenidos en el ensayo.

El Límite líquido es la humedad existente para el cual la hendidura se cierra en 25 golpes.

#### ***8.16.2.6 Límite Plástico (LP)***

El límite plástico de los suelos se define como el contenido de agua, expresado en porcentaje del peso del suelo seco al horno, cuando el suelo se encuentra en el límite entre los estados plásticos y semisólido. El contenido de agua en este límite, se define como el contenido más bajo de agua al cual el suelo puede ser rolado en hilo de 3.2 mm sin que se rompa en pedazos.

### Referencias

MTC E111-99.

ASTM D424.

AASHTO T 90.

### Equipo

- Balanza de tres escalas (sensibilidad al 0.01 gr).
- Horno Eléctrico de 110 5°C.
- Placa de vidrio esmerilado.
- Cápsulas metálicas.

### Procedimiento

- Se emplea material usado para el límite líquido, verificando una consistencia tal que pueda ser rolado entre los dedos de la mano y el vidrio esmerilado.
- Se toman aproximadamente 2 gr. de material y se forma bastones cilíndricos de modo que lo podamos rodar sobre el vidrio esmerilado para quitarle humedad.
- Se inicia el rolado, a razón de 80 a 90 ciclos por minuto. Un ciclo es un movimiento de la mano hacia adelante y hacia atrás de la posición de arranque.
- El límite plástico (humedad) se obtiene al formar bastones de 3.2 mm de diámetro, en el instante en que se forman resquebrajaduras superficiales.

### Cálculos

Realizar un mínimo de dos pruebas, y determinar su contenido de humedad, conforme al procedimiento señalado anteriormente, hallar un promedio de ambas, con lo cual se habrá obtenido el Límite Plástico de un ensayo.

#### 8.16.2.7 Índice de Plasticidad (IP)

Se denomina Índice de Plasticidad, a la diferencia numérica entre el valor obtenido de Límite Líquido y Límite Plástico de una muestra de suelo; es el índice de consistencia más importante, dado que su valor permite conocer cuan plástico es un material. La ecuación 8.27 es la expresión para determinar el Índice de Plasticidad.

$$IP = LL - LP \quad (8.27)$$

Dónde:

- IP: Índice de Plasticidad.
- LL: Límite Líquido.
- LP: Límite Plástico.

Cuando no es posible determinar el límite plástico de un suelo, se dice que el suelo es no plástico (NP); cuando el Índice Plástico es menor a 7, el suelo presenta baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que es medianamente plástico, y cuando presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico. Es decir cuan mayor es el Índice de Plasticidad, mayores son los problemas asociados con el uso del suelo como material de ingeniería.

#### 8.16.2.8 *Clasificación de Suelos*

##### **Generalidades**

En la naturaleza existe una variedad y complejidad de los suelos, la mecánica de suelos desarrolló sistemas de clasificación que permitan cubrir las necesidades correspondientes de clasificación.

Existen varios métodos de clasificación de suelos - el conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el de la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes (AASHTO), el Sistema de la ASTM, el Sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y el Sistema de la Agencia Federal de Aviación (FAA) para nombrar solo unos cuantos.

Debido a que existen mucha similitud entre los diferentes métodos y a que los métodos de clasificación de suelos Unificado y AASHTO, son los más ampliamente usados, se tendrá solamente en cuenta estos dos sistemas de clasificación.

Los sistemas de clasificación utilizan los límites de Atterberg (por lo menos los límites líquido y plástico) con un análisis parcial o total de granulometría, y el proceso de eliminación para la clasificación de un suelo.

#### 8.16.2.9 *El Sistema de Clasificación de Suelos de la AASHTO*

El sistema de clasificación de suelos de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) es uno de los más utilizados actualmente y se basa en las prestaciones de suelos utilizados en la práctica para construir carreteras.

De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8.

En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en 7 grupos que van del A-1 al A-7. Estos a su vez se dividen en un total de 12 subgrupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8.

La tabla 6.4 muestra la distribución que hace el sistema. Divide los materiales en siete grupos principales con varios subgrupos.

La tabla muestra el análisis según mallas así como el límite líquido e índice de plasticidad de las fracciones que pasan la malla No 40. Al pie de la tabla aparece el índice del grupo fundado en una fórmula que tiene en cuenta el tamaño de la partícula, y los índices Límite Líquido e Índice de plasticidad.

El índice del grupo indica la idoneidad de un suelo determinado para construir explanaciones.

El índice de un grupo igual a “0” indica un material bueno mientras que un índice igual a “20” indica un material deficiente.

**Tabla 37: El Sistema De Clasificación De Suelos De La AASHTO**

Clasificación General	Suelos Granulares (max. 35% pasa la malla N°200)						Suelos Limo Arcilla (más de 35% pasa la malla N°200)			
	A - 1	A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
Grupo de Suelo	A - 1 - a A - 1 - b	A - 3	A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7	A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Pasa la Malla										
N°10	Máx.50									
N°40	Máx.30	Mín.31								
N°200	Máx.10	Máx.10	Máx.35	Máx.35	Máx.35	Máx.35	Mín.36	Mín.36	Mín.36	Mín.36
Fración bajo la malla N°40										
Límite Líquido	-	-	Máx.40	Mín.41	Máx.40	Mín.41	Máx.40	Mín.41	Máx.40	Mín.41
Índice de Plasticidad	Máx.6	N.P.	Máx.10	Máx.10	Mín.11	Mín.11	Máx.10	Máx.10	Mín.11	Mín.11
Índice de Grupo I.G.	0	0	0	0	Máx.4	Máx.4	Máx.8	Máx.12	Máx.16	Máx.20
Principales Materiales constituyentes	Gravas y Arenas	Arenas Finas	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno	Excelente a Bueno	Excelente a Bueno			Regular a Malo				

Fuente: (Montejo, A., 2008, p.46) [1] y (Bowles, J., 1980, p.70) [5].

En la tabla 34:

- Los suelos del subgrupo A-7-5 tiene LP mayor o igual a 30.
- Los suelos del subgrupo A-7-6 tiene LP menor a 30.
- En general, este sistema de clasificación evalúa un suelo bajo los siguientes criterios:
- Más pobre para uso en la construcción de caminos en la medida en que se avanza de izquierda a derecha en la tabla.
- Más pobre para la construcción de caminos a medida que el índice de grupo aumenta para un subgrupo particular.

### Descripción del Índice de Grupo

Para establecer la posición relativa de un suelo dentro de un subgrupo, se desarrolló el índice de grupo (IG). El índice de grupo es una función del porcentaje de suelo que pasa la malla N°200 y de los límites de Atterberg. El índice de grupo se obtiene mediante el uso de la siguiente fórmula 8.28 de Índice de Grupo.

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad (8.28)$$

Dónde:

IG: Índice de Grupo.

a: La parte del porcentaje que pasa la malla N° 200 mayor de 35% y sin exceder 75%, expresada como un número entero positivo de 1 a 40.

b: La parte del porcentaje que pasa la malla N°200 mayor de 15% y sin exceder 55%, expresada como un número entero de 1 a 40.

c: La parte del límite líquido mayor de 40 y no mayor de 60, expresada como un número entero de 1 a 20.

d: La parte del índice de plasticidad mayor de 10 y sin exceder de 30, expresada como un número entero de 1 a 20.

El índice de grupo es redondeado al número entero más cercano y colocado entre paréntesis.

En general, cuanto mayor es el IG menos deseable es el suelo como material de Sub Rasante ó terreno de fundación en carreteras, es decir:

- Excelente IG = de - 1 a 0
- Buena IG = de 0 a 1
- Regular IG = de 2 a 4
- Mala IG = de 5 a 9
- Muy Mala IG = de 10 a 20

### Descripción General de los Subgrupos

- Los suelos clasificados desde un A-1 hasta el A-3 son granulares, que contienen una cantidad no mayor de 35 por ciento de material que pasa la malla N°200.
- Los suelos A-1 son materiales típicamente bien gradados, conformados por arena gruesa, arena fina y un material aglutinante que tiene poca o ninguna plasticidad.
- El subgrupo A-1a, que puede contener apreciable cantidad de grava es un material de gradación más gruesa que el A-1b, que es predominantemente arena gruesa.
- El grupo A-2 es también granular pero con apreciable cantidad de material aglutinante. Este material está en la frontera entre los materiales que caen en los grupos A-1 y A-3 y los materiales limo-arcillosos de los grupos A-4 a A-7.
- Los subgrupos A-2-4 y A-2-5 incluyen varios materiales en los que no más del 35 por ciento es más fino que la malla N° 200 y que tienen las características de Plasticidad de los grupos A-4 y A-5.
- Los subgrupos A-2-6 y A-2-7 son semejantes a los A-2-4 y A-2-5 excepto que las características de plasticidad de la porción bajo la malla N°40 son las de los grupos A-6 y A-7.
- El suelo A-3 es fino, arena relativamente uniforme, típicamente una arena fina de playa o arena eólica del desierto. Este grupo también puede incluir mezclas de arena fina aluviales pobremente gradadas, con algo de arena y grava. Son no plásticas (NP).
- Los suelos A-4 están compuestos predominantemente por limo con solo moderadas Cantidades de material grueso y poca cantidad de arcilla pegajosa y coloidal, contienen más de 35% de material que pasa la malla N° 200. Este tipo de suelo se encuentran frecuentemente en la superficie terrestre y proporcionan un terreno firme para la circulación cuando están secos.
- Los suelos A-5 son similares a los A-4, con excepción que incluyen suelos de gradación muy mala, y contiene materiales tales como mica y diatomeas, que son productores de propiedades el ‘asticas y estabilidades muy bajas.
- Los suelos A-6 se componen predominantemente de arcilla con contenidos moderados de materiales gruesos y son materiales compresibles.
- Los suelos A-7 son similares a los A-6 pero debido a las partículas de limo son Elásticas. Los suelos A-7-5 tienen índices de plasticidad moderados y los suelos A-7-6 comprende índices de plasticidad altos.

#### 8.16.2.10 *Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)*

Este Sistema de Clasificación fue originalmente desarrollado para su uso en la construcción de Aeropuertos, y fue adaptado y divulgado por el Dr. Arthur Casagrande en 1948. Había estado ya en uso desde 1942, pero fue ligeramente modificado en 1952 en cooperación con la oficina de mejoramiento de terrenos de los EE.UU. para darle mayor aplicabilidad y cobertura a otro tipo de construcciones de fines ingenieriles. Está basado en la identificación de los suelos según sus cualidades estructurales y de plasticidad, y su agrupamiento con relación a su comportamiento como materiales de construcción de ingeniería.

Este método divide los suelos en los grupos:

1. Suelos de grano Grueso.
2. Suelos de grano fino.
3. Suelos orgánicos.

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N°. 200.

Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz No. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en ingles de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.

Los seis principales tipos de suelos y sus respectivos prefijos son los siguientes:

1. G: Grava.
2. S: Arena.
3. M: Limo.
4. C: Arcilla.
5. O: Limos o arcillas orgánicas.
6. Pt: Turba y suelos altamente orgánicos.

Los sufijos que indican las subdivisiones en dichos grupos son los siguientes:

H: Alta plasticidad.

L: Baja plasticidad.

W: Bien graduado.

P: Mal graduado.

### Suelos Granulares

En este grupo se hallan las gravas, arenas y suelos gravosos o arenosos, con pequeñas cantidades de material fino (limo o arcilla). Estos suelos corresponden en líneas generales a los clasificados como: A - 1, A - 2 y A - 3, por la AASHTO y son designados de la siguiente forma:

- Gravavos o suelos gravavos: GW, GC, GP y GM.
- Arenas o suelos arenavos: SW, SC, SP y SM.

Donde se tiene que:

- ✓ G = Grava o suelo gravavoso.
- ✓ S = Arena o suelo arenavoso.
- ✓ W = Bien graduado.
- ✓ C = Arcilla inorgánica.
- ✓ P = Mal graduado.
- ✓ M = Limo inorgánico, o arena muy fina.

### Suelos Finos

En este grupo se hallan materiales finos, limavos o arcillosavos de baja o alta compresibilidad; son designavos de la siguiente forma:

- Suelos de baja o mediana compresibilidad: ML, CL, y OL.
- Suelos de alta compresibilidad: MH, CH y OH.

Donde se tiene que:

M = Limo inorgánico o arena muy fina.

C = Arcilla.

= Limavos, arcillas y mezclas limo arcillosavos con alto contenido de material orgánico.

L = Baja a mediana compresibilidad.

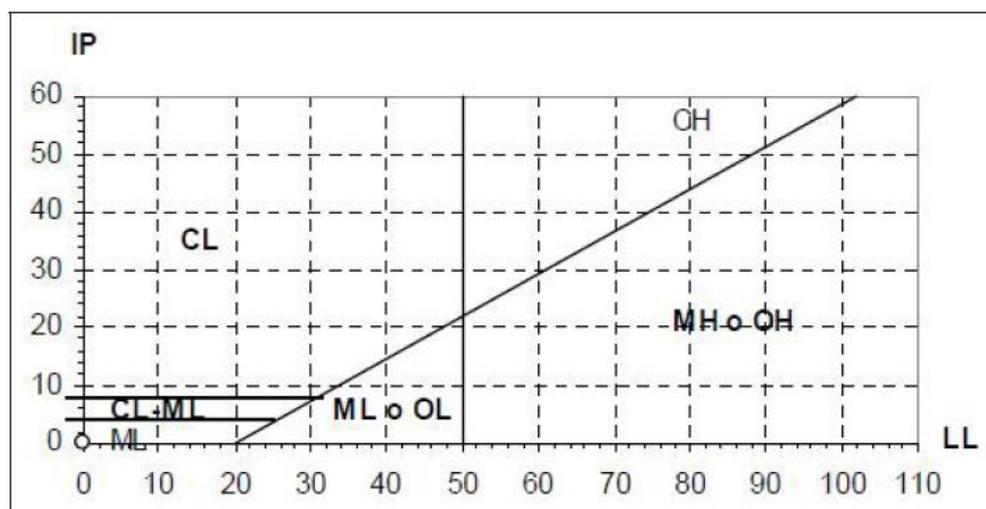
H = Alta compresibilidad.

**Tabla 38: Sistema Unificado De Clasificación De Suelos (SUCS) ASTM D 2487.**

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensajes de laboratorio		Clasificación de suelos	
		Símbolo de grupo	Nombre del grupo
	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	GW	Grava bien graduada
	Gravas con finos Más del 5% pasa la malla No. 200	GP	Grava mal graduada
Gravas Más del 50% de la tracción gruesa es retenida en la malla No. 4	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
	IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
Suelos de partículas gruesas más del 50% es retenido en la malla No. 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo
	Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo
	Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu ≥ 5 y 1 ≤ Cc ≤ 3	SW	Arena bien graduada
	Cu < 6 y 1 > Cc > 3	SP	Arena mal graduada
Arenas con finos El 50% o más de la tracción gruesa pasa la malla No. 4	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
	IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No. 200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
	Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo
	Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla
Limos y arcillas Límite Líquido menor que 50	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
	IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
Suelos de partículas finas El 50% o más pasa la malla No. 200	Límite líquido - secado al horno límite líquido - no secado < 0.75	OL	Arcilla orgánica
	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
Limos y arcillas Límite Líquido mayor que 50	IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
	Límite líquido - secado al horno límite líquido - no secado < 0.75	OH	Arcilla orgánica Limo orgánica
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro	PT	Turba

Fuente 62 : Ing. Marvin Blanco (Mecánica de Suelos).

**Tabla 39: carta de plasticidad.**



Fuente 63: [http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/esco/Ing\\_construcción/40025.pdf](http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/esco/Ing_construcción/40025.pdf), consultado al 06/08/2016.

En la Tabla N° 36 se puede apreciar un esquema para la rápida identificación de los suelos por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

En la figura 4.2 se puede apreciar la Carta de Plasticidad un esquema para la rápida identificación de los suelos por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

**Conclusiones:**

Para el presente proyecto de investigación se ha realizado 17 Calicatas, (Ver Anexo N° 07: Resultados de Estudio de Suelos), y el resumen de resultados de las Calicatas se muestra en la Tabla N° 38 y la ubicación de las calicatas se muestra en la Tabla N° 39.

**Tabla 40: Resumen De Resultado De Calicatas**

UBICACIÓN EN (Km.)	GRANULOMETRIA % QUE PASA				LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		TIPO DEL MATERIAL
	# 200	# 40	# 4	# 2	L.L. (%)	L.P. (%)	IP (%)	SUCS	AASHTO	
C-1	38.04	46.78	58.07	87.09	26.5	21.3	5.2	GM-GC	A-4 ( 1 )	GRAVA LIMO ARCILLOSO
C-2	39.08	60.09	78.15	0.00	26.8	17.0	9.7	SC	A-4 ( 1 )	ARENAS ARCILLOSAS
C-3	81.18	91.36	97.94	100.00	45.3	22.7	22.5	CL	A-7-6 ( 14 )	ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD
C-4	38.04	46.78	58.07	87.09	27.6	21.3	6.3	GM-GC	A-4 ( 1 )	GRAVA LIMO ARCILLOSO
C-5	17.22	30.69	53.69	100.00	26.9	19.1	7.8	GC	A-2-4 ( 0 )	GRAVA LIMO ARCILLOSO
C-6	13.68	39.05	67.23	100.00	23.8	17.3	6.5	SM-SC	A-2-4 ( 0 )	ARENA LIMO ARCILLOSO
C-7	25.35	33.22	43.39	82.56	27.4	16.5	10.9	GC	A-2-6 ( 0 )	GRAVA LIMO ARCILLOSO
C-8	38.12	52.42	74.47	100.00	22.9	16.3	6.6	SM-SC	A-4 ( 1 )	ARENA LIMO ARCILLOSO
C-9	26.53	42.88	68.09	100.00	24.1	16.1	8.1	SC	A-2-4 ( 0 )	ARENAS ARCILLOSAS
C-10	6.54	25.23	54.05	100.00	26.9	19.5	7.4	SP-SC	A-2-4 ( 0 )	ARENA GRAVASO ARCILLA
C-11	7.69	14.68	45.43	100.00	28.1	21.5	6.6	GW-GC	A-2-4 ( 0 )	GRAVA BIEN GRADUADA
C-12	39.66	64.34	86.92	100.00	36.3	24.8	11.6	SM	A-6 ( 1 )	ARENAS LIMOARCILLOSAS
C-13	35.81	44.50	55.72	86.36	22.4	18.1	4.3	GM-GC	A-4 ( 0 )	GRAVA LIMOSA
C-14	74.38	88.66	97.87	100.00	31.1	22.7	8.4	CL	A-4 ( 8 )	ARCILLAS A BAJA PLASTICIDAD
C-15	38.12	52.42	74.47	100.00	22.9	16.3	6.6	SM-SC	A-4 ( 1 )	ARENA LIMO ARCILLOSO
C-16	26.53	42.88	68.09	100.00	24.1	16.1	8.1	SC	A-2-4 ( 0 )	ARENAS ARCILLOSAS
C-17	6.54	25.23	54.05	100.00	26.9	19.5	7.4	SP-SC	A-2-4 ( 0 )	ARENA GRAVASO ARCILLA

Fuente 64: elaboración Propia

**Tabla 41: Ubicación De Las Calicatas Para El Estudio De Suelos**

UBICACIÓN DE CALICATAS ISLA SOTO				
PUNTOS	DETALLE	NORTE	ESTE	COTA
1	CAP - CISTER	8281217.67	445726.533	3871
2	LINEA DE IMPULSION	8281214.78	445903.777	3918
3	CAMARA DIST. CAUDALES	8281216.86	446111.271	3955
4	LINEA DE CONDUCCION	8280978.54	446281.701	3923
5	LINEA DE CONDUCCION	8280788.58	446511.207	3909
6	LINEA DE CONDUCCION	8280576.53	446704.36	3891
7	LINEA DE CONDUCCION	8280344.03	446891.287	3871
8	LINEA DE CONDUCCION	8280081.43	447046.421	3871
9	LINEA DE CONDUCCION	8279876.69	447248.059	3870
10	RESERVORIO S2	8279698.55	447502.662	3868
11	RESERVORIO S1	8281156.98	446102.377	3944
12	LINEA DE DISTRIBUCION S1	8280958.15	446407.803	3923
13	LINEA DE DISTRIBUCION S1	8280848.57	446687.148	3929
14	LINEA DE DISTRIBUCION S1	8280586.72	446905.418	3880
15	LINEA DE DISTRIBUCION S2	8279425.21	447640.274	3831
16	LINEA DE DISTRIBUCION S2	8279268.48	447760.111	3845
17	LINEA DE DISTRIBUCION S2	8279014.73	447910.498	3857

Fuente 65: Tesista

### 8.16.3 Estudio Hidrológico

#### 8.16.3.1 Aspectos Generales

##### INTRODUCCION

La Gestión de los Recursos Hídricos con fines de uso humano y múltiple puede definirse como el proceso de control que el hombre ejerce sobre el flujo del agua, en su cantidad, calidad, lugar y tiempo de ocurrencia, durante el ciclo hidrológico. Dicha gestión debe orientarse a maximizar en forma equilibrada los beneficios sociales (equidad), económicos (crecimiento económico) y ambientales (sustentabilidad ambientales), así como a controlar los fenómenos y efectos adversos asociados con los usos del agua, con el fin de proteger al hombre y el ambiente que lo sustenta.

La Ley N° 29338, LEY DE RECURSOS HÍDRICOS, tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta, como también uno de los principios del uso de agua es el acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso, inclusive en épocas de escasez.

Es así que, el agua superficial proviene del manantial: Chamacani, es utilizado para el consumo humano por la población ubicada en la Localidad de Isla Soto del distrito de Conima, provincia de El Moho, Departamento de Puno.

El recurso hídrico abastecerá a 02 sistemas de Agua Potable:

Sector I

Sector II

Que, consta de 120 familias y la carga familiar que posee cada hogar en promedio es 2.76 integrantes por familia, obteniéndose una población de 331 habitantes, además de 03 locales sociales y 02 instituciones estatales, que hacen un total de 331 beneficiarios en la Localidad de Isla Soto

#### 8.16.3.2 *Antecedentes*

En la localidad de Isla Soto los servicios de agua potable y saneamiento son nulos, habiéndose identificado algunos intentos de los mismos pobladores en solucionar el problema de inexistencia de dichos servicios antes mencionados, en la construcción de captaciones artesanales sin criterio técnico. Así mismo la población de la zona se abastece de pozos artesanales.

Del trabajo de campo realizado, se ha podido identificar que los motivos que generan la formulación del proyecto son los problemas de salud de origen hídrico que frecuentemente registran los pobladores de la localidad de Isla Soto del Distrito de Conima; cuya causa, por lo común son la ausencia de una adecuada disposición sanitaria de excretas. En resumen se pueden citar los siguientes motivos que generan la formulación del proyecto:

- Inadecuada Disposición Sanitaria de Excretas de la población.
- Baja Cobertura del Servicio de agua potable para la población.
- Inadecuada prácticas de higiene de la población, en relación con el uso del agua.

La población de la localidad de Isla Soto del Distrito de Conima; registra con incidencia enfermedades de origen hídrico tales como EDAs. Estas enfermedades tienen un impacto importante en la salud de la población pues ocasionan desnutrición y por consiguiente una baja capacidad inmunológica de los habitantes y en especial en los niños y ancianos; un bajo rendimiento escolar en los niños y baja productividad en los adultos. El conjunto de estas enfermedades, inciden en la economía de las familias puesto que ocasionan gastos en la compra de medicinas, originando el deterioro de la calidad de vida por disminución de recursos económicos disponibles.

Es necesario dar solución al problema planteado pues con la disminución de las enfermedades de origen hídrico, tales como las EDAs y parasitosis, se mejorará la calidad de vida de la población, se incrementará el rendimiento escolar en los niños y mejorará la productividad de la población adulta.

#### 8.16.3.3 *Justificación*

Con la Formalización del Uso de Agua Poblacional se fortalecerán las bases jurídicas para la gestión de los recursos hídricos disponibles que vienen siendo utilizados en el consumo doméstico brindándose garantía y equidad en el acceso al agua para los beneficiarios y asimismo permitirá mejorar la gestión de los recursos hídricos disponibles y asignados sobre la base de las demandas hídricas asentadas las cuencas.

Los beneficios que con lleva la licencia de uso de agua, se sintetizan en lo siguiente:

- Otorgará seguridad jurídica a las organizaciones de usuarios de agua de uso doméstico y permitirá inscribir su derecho en el Registro Administrativo de Derechos de Uso de Agua.
- Garantizará a todos los usuarios, la accesibilidad al uso de las aguas con igualdad de oportunidades, a través de un documento respaldado por la Autoridad Nacional del Agua.
- Reconocerá a las Organizaciones de Usuarios, sus derechos consuetudinarios, para de esta manera fortalecer el marco jurídico de la gestión de los recursos hídricos de las cuencas.
- Se podrá establecer un equilibrio de interrelación entre el agua y territorio para así apreciar el valor real de estos dos factores importantes en la población.
- Mejorará claramente la gobernabilidad sobre la gestión de los recursos hídricos en la cuenca, lo que incidirá en su desarrollo social y económico.
- Permitirá la elegibilidad de las organizaciones de usuarios permitirá el apoyo financiero de las instituciones internacionales y del Estado, Organizaciones No Gubernamentales y Privadas.
- Fundamentará legalmente el ordenamiento jurídico y la gestión del agua en la cuenca.

#### 8.16.3.4 *Base legal.*

- Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos.
- Decreto Supremo N° 001-2010- AG; Reglamento de la Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos.

- Resolución Jefatural N° 579 – 2010 – ANA, Reglamento de Procedimientos para el otorgamiento de Derechos de Uso de Agua.
- Resolución Jefatural N 484- 2012-ANA, metodología para la formalización del uso del agua poblacional y agrario.
- Resolución Jefatural N° 504-2012-ANA.
- Decreto Supremo N° 054-2013-PCM.
- Resolución Jefatural N° 251-2013-ANA.
- Decreto Supremo N° 060-2013-PCM.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.
- Decreto Supremo N° 023-2005-Vivienda; Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento; Ley N° 26338.
- Resolución Jefatural N 007- 2015-ANA, Reglamento de Procedimientos Administrativos para el otorgamiento de Derechos de Uso de Agua.

#### 8.16.3.5 *Objetivo*

Acreditar la disponibilidad hídrica y la existencia de infraestructura hidráulica que vienen aprovechando las Juntas Administradoras de los Servicios de Saneamiento JASS de la Localidad de Isla Soto, del Distrito de Conima, Provincia de Moho, del Departamento de Puno.

#### 8.16.3.6 *Evaluación Hidrológica*

#### 8.16.3.7 *Descripción General De La Fuente De Agua*

### **Ubicación y Delimitación del Área de Estudio**

#### **Accesibilidad**

- a) Delimitación

#### **Área de Estudio**

El área de estudio está ubicada en la localidad de Isla Soto, del Distrito de Conima, en la cual se encuentra las viviendas, manantes y otros.

El área de estudio para el proyecto es el área de influencia más el área donde se ubican las fuentes de agua existentes y todas las estructuras proyectadas como: captación de agua, línea de conducción, reservorio, redes de distribución y conexiones domiciliarias proyectadas. Así mismo es el área donde se encuentran ubicadas las estructuras proyectadas del sistema de disposición sanitaria de excretas.

El área de estudio = área de influencia + área de intervención

- Ubicación de la Unidad Productora de los servicios

- La Unidad Productora de los servicios de agua potable actual (componentes tales como: Captación, entre otros) se encuentran en el ámbito integral en la localidad de Isla Soto del Distrito de Conima.

### Área de Influencia

En el área de influencia, se ubica en los Sectores de Sector I y Sector Santa Rosa de la Localidad de Isla Soto, ubicado en el distrito de Conima, provincia de Moho, Departamento de Puno. El área de influencia está conformada por el espacio geográfico en donde se encuentran los pobladores quienes se beneficiarán con el presente proyecto, para lo cual según trabajo de campo se realizó el empadronamiento de familias, donde existen 120 viviendas y 331 habitantes, además de 03 locales sociales y 02 instituciones estatales, que hacen un total de 331 beneficiarios.

En el área de Influencia del proyecto se encuentra lo siguiente:

**Tabla 42: Población Directamente Afectada**

Nro.	SECTOR	Nro. DE FAMILIAS	PROMEDIO DE PERSONAS POR HOGAR	POBLACION TOTAL
1	Sector I	59	2.76	163
2	Sector II	61	2.76	168
	TOTAL	120		331

*Fuente 66: Tesista en base al Padrón de Usuarios 2016*

### Accesibilidad – Vías de Comunicación

#### a) Accesibilidad

En el área de influencia del proyecto se cuenta con una infraestructura vial. A la localidad de Isla Soto, lugar donde se ubica el foco del problema, el acceso se puede realizar por medio de dos vías: aérea – terrestre y totalmente terrestre.

La primera vía se inicia en el aeropuerto Internacional Jorge Chavez en la Provincia Constitucional del Callao hasta el Aeropuerto Internacional Inca Manco Capac en la ciudad de Juliaca, continuando por vía terrestre por la ruta Juliaca – Huancané – Moho – Conima – Playa Conima – Embarcadero Soto.

La segunda vía se inicia partiendo de Lima utilizando la carretera Panamericana Sur siguiendo la ruta de Lima – Ica – Nasca – Arequipa – Juliaca – Huancane – Moho – Conima – Playa Conima – Embarcadero Soto.

En el siguiente cuadro se detalla las características de las vías de acceso a la zona de influencia, se puede observar los accesos principales a la zona del Proyecto.

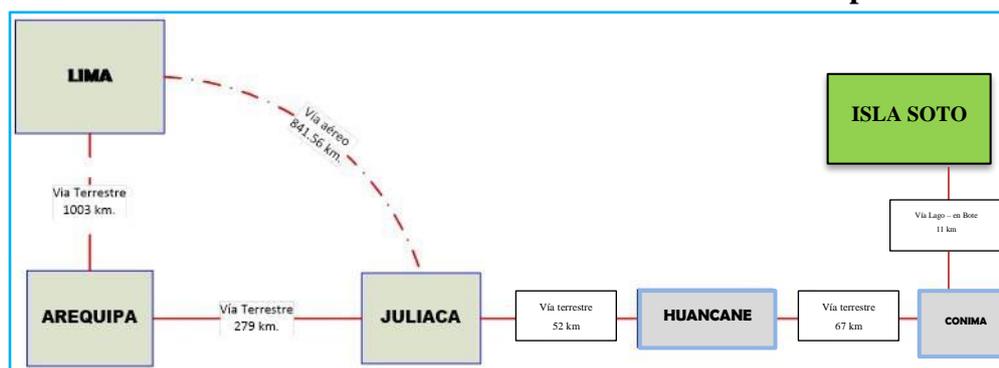
**Tabla 43: Accesibilidad Al Área De Influencia Y Estudio**

VÍAS DE ACCESO	TRAMOS	TIPO DE VIA	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	MEDIO DE TRANSPORTE
<b>Vía Aérea</b>	Lima – Juliaca	Aérea	1286	100	Avión
<b>Vía Terrestre</b>	Lima – Juliaca	Asfaltado	1315	1320	Buses
	Puno – Juliaca	Asfaltado	45	45min	Vehículo
	Juliaca–Huancané	Asfaltado	52	50min	Vehículo
	Huancané – Moho	Asfaltado y afirmado	47	40min	Vehículo
	Moho – Conima	Asfaltado (bicapa)	17	27min	Vehículo
	Conima – Playa Conima	Trocha	860	5 min	Vehículo
	Playa -Embarcadero soto	Lacustre	11	100 min	Bote motorizado

Fuente 67: Tesista en base al Plan Vial provincial Moho Participativo-PVPP

**Figura N° 6.2**

**Vías De Acceso Al Distrito De Conima Desde La Ciudad Capital Lima**



Fuente: Tesista

No se evidencio algún riesgo que podría confrontar la movilización de recursos para ejecutar el proyecto.

**8.16.3.8 Calidad de Agua**

La calidad de agua en el SISTEMA es apta para el consumo humano de acuerdo a los análisis realizados en el laboratorio.

**Tabla 44: análisis fisicoquímico, bacteriológicos y metales pesados de la fuente n°01-soto**

Parámetros	Símbolo	Unidad	Resultados obtenidos	Calidad de Agua	Reglamento de la Calidad de Agua para consumo DS N° 031-2010-SA-MINSA
<b>Fisicoquímico</b>					
Potencial hidrogeno	Ph	–	<b>7.51</b>	6.5-8.5	6.5-8.5
Turbidez	T	NTU	<b>&lt;1</b>	5.00	5
Color (UC)	UC	mg/L	<b>&lt;1</b>	15.00	15
Cloruros		mg/L	<b>12</b>	250.00	250
Conductividad (C.E.)		Us/cm	<b>337</b>	1500.00	1500
Nitratos	NO3	mg/L	<b>4.56</b>	10.00	50
Nitritos	NO2	mg/L	<b>0.002</b>	1.00	3.00 expansión corta 0.20 expansión larga
Solidos Sedimentables		mg/L	<b>&lt;0.1</b>	–	–
Solidos Disueltos		mg/L	<b>165</b>	1000.00	1000
Solidos Totales		mg/L	<b>177</b>	–	–
Sulfatos	SO4	mg/L	<b>54</b>	250.00	250
<b>Metales</b>					
Cadmio	Cd	mg/L	<b>0.002</b>	0.00	0.003
Hierro	Fe	mg/L	<b>0.056</b>	0.30	0.3
Magnesio	Mg	mg/L	<b>6.06</b>	–	–
Plomo	Pb	mg/L	<b>&lt;0.013</b>	0.010	0.010
Potasio	K	mg/L	<b>1.08</b>	–	–
Sodio	Na	mg/L	<b>4.36</b>	–	200
Manganeso	Mn	mg/L	<b>0.004</b>	0.1	0.4
<b>Bacteriológicos</b>					
Coliformes Fecales	CF	NMP/100ml	<b>13</b>	0	0

Fuente 68: Laboratorio Análisis del Sur - Ciudad de Arequipa.

### 8.16.3.9 Oferta Hídrica

#### Análisis de la información de campo

- Se realizó la verificación y ubicación de las fuentes de agua denominada manantial:

**Tabla 45: Ubicación de la fuente de agua (captación de agua potable)**

Fuente Hídrica	Tipo de Fuente	Ubicación							Caudal l/s	Uso
		Geográfica (WGS 84) Zona 19 L Sur			Política					
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)	Localidad	Distrito	Provincia	Dpto		
Chamacani	Ladera	446112.00	8281152.51	3877.55	Isla Soto	Conima	Moho	Puno	0.50	Poblacional
<b>TOTAL</b>									<b>0.50</b>	

Fuente 69: Tesista.

Nota: Las coordenadas UTM están referidas al Datum WGS 84, Zona 19 L Sur.

8.16.3.10 *Análisis de la oferta hídrica*

- Para determinar la oferta de agua en las fuentes, se ha realizado el aforo en la captación de manantial, SISTEMA ISLA SOTO “Manantial Chamacani”, por el método volumétrico, para el análisis del volumen de agua mensual se utilizara el caudal aforado en la fuente, siendo el caudal en la captación de manantial,  $Q = 0.50$  litros por segundo. El volumen de agua se ha mensualizado en  $m^3$  tal como se muestra en el cuadro N° 04.
- Para estimar el caudal en el mes más crítico, se ha entrevistado a los beneficiarios de la zona que conocen el comportamiento de las fuentes de agua.

**Tabla 46: Disponibilidad hídrica en la fuente de agua, del sistema de agua potable isla soto**

Fuente de Agua	Volumen mensualizado otorgado ( $m^3$ )											Total	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov		Dic
Chamacani	1358	1226	1358	1314	1358	1314	1358	1358	1314	1358	1314	1358	15987
<b>Total</b>	<b>1358</b>	<b>1226</b>	<b>1358</b>	<b>1314</b>	<b>1358</b>	<b>1314</b>	<b>1358</b>	<b>1358</b>	<b>1314</b>	<b>1358</b>	<b>1314</b>	<b>1358</b>	<b>15987</b>

*Fuente 70: Elaboración Tesista en base a la información recopilada en campo*

- De la oferta de agua en la captación de la fuente de agua, existe un caudal de; Chamacani  $Q = 0.50$ , litros por segundo, que equivale a una masa anual de  $15987m^3$ .

8.16.3.11 *Usos Y Demandas De Agua*

- Para determinar la demanda de agua con fines poblacionales rural se toma en cuenta el número de beneficiarios que se encuentran registrados en el padrón presentado por los Sectores de Sector I y Sector Santa Rosa de la Localidad de Isla Soto.
- Del padrón de beneficiarios de la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento (JASS) de los Sectores de la Localidad de Isla Soto, del distrito de Conima, provincia de Moho - Puno, cuenta con 02 sistemas de agua potable con un total de 120 familias, la carga familiar que posee cada hogar en promedio es 2.76 integrantes por familia, obteniéndose una población de 331 habitantes, además de 03 locales sociales y 02 instituciones estatales, que hacen un total de 331 beneficiarios en el Centro Poblado de Isla Soto; con una tasa de crecimiento de 1.13%, para un periodo de 20 años, con una dotación de 80 lit/hab/día considerado para poblaciones de sierra, (según “Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos Saneamiento Básico en el Ámbito Rural”).
- Cabe mencionar que, los datos y/o indicadores (promedio de personas por hogar y la tasa de crecimiento) se han obtenido del INEI- SISTEMA DE DIFUSION DE CENSOS NACIONALES que fueron calculados en base a los censos nacionales 1993-2007.

➤ **Dotación.-** A continuación se describen los cuadros de recomendaciones para la adopción de demanda de dotaciones. De acuerdo al Consumo de agua doméstico y dependiendo del sistema de disposición de excretas. La dotación para el presente proyecto es de 80 Lit/Hab/Dia

- Del análisis de la demanda de agua con fines poblacionales (Tabla 46), En el Sistema Isla Soto se tiene una población actual de 120 habitantes, mientras que la población futura es de 406 habitantes, por lo que se requiere un caudal promedio anual de 0.38 litros por segundo, caudal máximo diario de 0.49 litros por segundo y caudal máximo horario de 0.56 litros por segundo, estimado para una proyección de 20 años. La misma que se muestra en el Tabla 43.

De la demanda de agua mensualizada en el cuadro N° 43, la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento (JASS) de la localidad de Isla Soto, requiere un volumen anual de 15635 m3/año.

### 8.16.3.12 Balance Hídrico

Para realizar el balance hídrico, en el sistema de agua potable de la localidad de Isla Soto, utilizamos la siguiente relación:

**Tabla 47: Balance Hídrico Con Fines Poblaciones Isla Soto**

Fuente de Agua	Volumen mensualizado (m3)												Total Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<b>OFERTA</b>	1358	1226	1358	1314	1358	1314	1358	1358	1314	1358	1314	1358	<b>15987</b>
<b>DEMANDA</b>	1328	1199	1328	1285	1328	1285	1328	1328	1285	1328	1285	1328	<b>15635</b>
<b>SUPER</b>	30	27	30	29	30	29	30	30	29	30	29	30	<b>352</b>
<b>DEFICIT</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

*Fuente 71: elaboración propia*

### 8.17 Costos de operación y mantenimiento del proyecto de la localidad de Isla Soto

Los costos de Operación y Mantenimiento del Proyecto de Investigación se muestran en el Cuadro N° 48.

**Tabla 48: desagregado del costo de operación y mantenimiento.**

COSTO DE OPERACIÓN CON PROYECTO A PRECIOS DE MERCADO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO - ALTERNATIVA

DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	%PARTICIPACION POR	PRECIO UNITARIO	COSTO PRECIO PRIVADO	
					MENSUAL	ANUAL
<b>I.- COSTO DE OPERACIÓN</b>					<b>455.00</b>	<b>5,460.00</b>
<b>Mano de Obra</b>					<b>425.00</b>	<b>5,100.00</b>
Guardiana	Mes	1	50%	850.00	425.00	5,100.00
<b>Materiales</b>	Glb	1		15.00	<b>15.00</b>	<b>180.00</b>
<b>Equipos</b>	Glb	1		15.00	<b>15.00</b>	<b>180.00</b>
<b>II.- COSTO DE MANTENIMIENTO</b>						<b>2,780.00</b>
<b>Mantenimiento Rutinario</b>					<b>415.00</b>	<b>415.00</b>
<b>Mano de Obra</b>					<b>215.00</b>	<b>215.00</b>
Tecnico	Días	1	100%	100.00	100.00	100.00
Operario	Días	1	100%	70.00	70.00	70.00
Peon	Días	1	100%	45.00	45.00	45.00
<b>Materiales</b>	Glb	1		100.00	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Equipos</b>	Glb	1		100.00	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Mantenimiento Periodico</b>						<b>2,365.00</b>
<b>Mano de Obra</b>					<b>475.00</b>	<b>475.00</b>
Ingeniero	Días	1	100%	100.00	100.00	100.00
Tecnico	Días	1	100%	80.00	80.00	80.00
Operario	Días	1	100%	70.00	70.00	70.00
Peon	Días	5	100%	45.00	225.00	225.00
<b>Materiales</b>					<b>1,790.00</b>	<b>1,790.00</b>
Baterías	Und	1		350.00	350.00	350.00
Pintura	Galon	2		25.00	50.00	50.00
Valvulas Compuerta	Und	2		120.00	240.00	240.00
Tuberias	Glb	1		100.00	100.00	100.00
Parrarayos	Glb	1		750.00	750.00	750.00
Cables	Glb	1		50.00	50.00	50.00
Otros	Glb	1		150.00	150.00	150.00
<b>Equipos</b>	Glb	1		100.00	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente 72: elaboración propia del Investigar

**Tabla 49: Costos De Operación Y Mantenimiento**

COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SISTEMA DE BOMBEO SOLAR EN LA SITUACION CON PROYECTO A PRECIOS DE MERCADO -

Actividad	Periodo	con proy.
<b>Costos de operación y mantenimiento</b>		<b>8,240.00</b>
Operación	Anual	5,460.00
Mantenimiento	Anual	2,780.00
Mantenimiento Rutinario	Anual	415.00
Mantenimiento Periodico	Quinquenic	2,365.00

Fuente 73: Elaboración propia del Investigador

## IX. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN.

### 9.1 Estudios básicos de Ingeniería para el diseño de la línea de impulsión del sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de Isla Soto.

Para el presente proyecto se ha realizado los siguientes estudios básicos:

#### **Estudio Topográfico.**

Este estudio se ha desarrollado en el Item 8.16.1. Y uno de los objetivos es tener La cota Cisterna 3872.00 m.s.n.m. y Cota Reservorio 3953.00 m.s.n.m. obteniéndose una altura estática de 81 metros, y la longitud de la Línea de impulsión de la cisterna al reservorio de 373.26 metros y además los BMs Auxiliares que servirán para el replanteo en la etapa de construcción, que se muestra en la tabla N°32 BMS localizadas en la localidad de isla soto.:

Por lo tanto se concluye la importancia del estudio topográfico, para el diseño de la línea de impulsión para el sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la localidad de Isla Soto.

#### **Estudio de suelos.**

El estudio de suelos en nuestro caso particular se ha referido a la determinación de la naturaleza, y se realizaron los estudios básicos, para determinar los tipos de suelos sobre el cual se proyectara la instalación de las redes de Impulsión, conducción y Distribución del sistema de agua potable, además conocer las propiedades físicas y mecánicas para el diseño estructural de las estructuras de saneamiento, en nuestro caso para el diseño de Cisterna de 33 m<sup>3</sup>, y los 02 Unidades de reservorio de 20 m<sup>3</sup>, de el mismo que se ha desarrollado a través de resultados de ensayos en laboratorio de muestras representativas de suelo y cuyos resultados nos permitió determinar, si el material sea material suelto, roca suelta o roca dura, para poder evitar los elevados costos de excavación de las redes. Es así que se con la ubicación de las calicatas Ver la tabla N° 39 y la Tabla 38 donde se muestran los resúmenes de los resultados de laboratorio además la granulometría el perfil estratigráfico y contenidos de humedad e índices de plasticidad se muestran en el Anexo N° 07: resultados de estudio de Suelos

#### **Estudio Hidrológico**

Es importante conocer la oferta de agua en el manante, en el presente proyecto en la Localidad de Isla Soto se ha identificado del manantial de ladera llamado **Chamacani** la ubicación de la fuente de agua se Muestra en la Tabla N° 40, Ubicado a una altura 3877.55 msnm al mismo que se realizó el aforo, cuyo resultado se muestra en el (Anexo N° 08: Aforo de agua en el manante), obteniéndose un caudal disponible de 0.5 Lit./ Seg.

La demanda de agua mensualizada se muestra en la Tabla N° 45 versus Disponibilidad hídrica en la fuente de agua Ver (Tabla N° 44, se tiene un exceso de 352 m<sup>3</sup> de agua, se concluye que se tiene agua suficiente para dotar a los habitantes de la localidad de Isla Soto.

EN LA Tabla N° 42 se muestra la comparación entre los resultados físico químicos Microbiológicos y metales pesados obtenidos en el laboratorios del sur de la ciudad de Arequipa y los parámetros mínimos que recomienda el Reglamento de la Calidad de Agua para consumo DS N° 031-2010-SA-MINSA, donde se concluye que el agua es apto para el consumo.

## 9.2 Criterios para el diseño de la línea de impulsión aplicando la energía solar para el sistema de abastecimiento y eliminación de excretas en la Localidad de Isla Soto.

Los criterios de diseño para el diseño de la línea de impulsión son:

**Calculo de la población beneficiaria.** Se ha realizado un censo a los habitantes de la localidad de Isla Soto (Ver Anexo N° 01), y se concluye que se tiene una población de 120 familias.

**Periodo de diseño:** Para el presente proyecto de tesis, bajo las consideraciones establecidas en Capítulo V Item: 4.1.7.5. Se distingue claramente que la vida útil de cada elemento o componente íntegramente es mayor con respecto al alcance del sistema en conjunto, se opta como adecuado fijar para el sistema en conjunto un periodo de diseño de 20 años.

**Taza de crecimiento y densidad poblacional:** por ser una población en donde su tasa de crecimiento es negativo -2.47 según informes de INEI y una densidad poblacional en zonas rurales de 2.76 en el distrito de Conima, se realiza el estudio de la tasa de crecimiento de la provincia de Moho, obteniéndose según el INEI una tasa de crecimiento -1.26, y una densidad Poblacional para zonas rurales de 2.8 Habitantes, para la presente investigación se trabaja con la tasa de crecimiento regional, por ser positivo de 1.13, y se toma como densidad poblacional de 2.76, por ser de la zona de intervención y ser positivo.

**Población Futura:** la población actual del Proyecto de 331 habitantes, utilizando la densidad 2.76 Hab/Familia y tasa de crecimiento de 1.13, se obtiene una población futura para el año 20 de 406 habitantes en la localidad de Isla Soto.

**Demanda y dotación:** la dotación considerada para la localidad de Isla soto, es de 80 Lit./Hab. /Día. Por ser un proyecto de agua y saneamiento. Y las variaciones periódicas para el presente proyecto se muestran en el cuadro siguiente:

**Tabla 50: Variaciones De Consumo Del Proyecto**

Año	Población	Dotación (lt/hab./día)	Qm (l/s)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)
2036	406	80	0.376	0.489	0.752

*Fuente 74: Elaboración propia.*

Los datos Mostrado en la Tabla N° 48: Variaciones de Consumo del Proyecto, son datos indispensables para realizar el Diseño de la línea de impulsión.

Además de la Altura Dinámica Total. Insolación de la Zona de Estudio.

### 9.3 Los aspectos que deberán considerarse para el dimensionamiento del generador fotovoltaico:

La luz solar, insolación, Irradiación, características del Panel Solar, orientación del módulo fotovoltaico, son consideraciones para el dimensionamiento del Generador fotovoltaico, (Ver: capítulo VIII, Item: 8.14).

### 9.4 Costos de Operación y Mantenimiento Para el Abastecimiento de Agua Potable y Eliminación de Excretas en la Localidad de Isla Soto.

Realizado el costo de operación y mantenimiento según la tabla N° 46 y 47, se Observa que el Costo de operación y mantenimiento anual es S/. 8,240.00. (Ver Tabla N° 47).

## X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1 Conclusiones

- a) Los estudios Básicos que inciden para el diseño de la línea de impulsión aplicando la energía solar, son el estudio topográfico, estudio de suelos, y estudio Hidrológico.
- b) Los criterios de diseño para sistemas de impulsión con energía solar son: cálculo de la población de diseño, demanda y dotación, fuentes de abastecimiento y diseño, diseño electromecánico, modelamiento hidráulico de la red impulsión, modelamiento hidráulico de la red de distribución.
- c) Los aspectos que se debe tener para el dimensionamiento del generador fotovoltaico se requiere conocer la radiación, insolación, luz solar, tipo de Panel Solar, caudal máximo diario, altura manométrica del bombeo, Longitud de impulsión. Etc.
- d) El costo de operación y Mantenimiento Anual para el proyecto es de S/. 8,240.00.

### 10.2 Recomendaciones

- a) Se recomienda ampliar la investigación para utilizar la energía solar para la impulsión de agua de sistemas de abastecimiento.
- b) Se recomienda el adecuado control de calidad durante el proceso de la instalación del sistema solar fotovoltaico.
- c) Se recomienda utilizar NASA Surface meteorology and Solar Energy – Location, para obtener la radiación directa normal, en el lugar de la instalación.
- d) Realizar los Cálculos Hidráulicos

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- José M. Fernández Salgado: Compendio de energía solar: fotovoltaica, térmica y termoeléctrica, Edición 2010.
- Ana Madrid Censano, Luis Esteire Gereca, Estibaliz Cenzano del Castillo, Eva Esteire Madrid, Javier Madrid Cenzano y Antonio Madrid. Formación Profesional en energías renovables, Primera edición año 2015.
- Freddy Marlo Magne Ayllon, Abastecimiento Diseño Construcción de sistemas de agua potable. Edición Diciembre – 2008.
- Pedro Rodriguez Ruiz, Abastecimiento de Agua. Edición Agosto – 2001.
- Jairo Alberto Romero; potabilización del agua. Tercera Edición.
- Programación PERT - CPM y control de proyectos, primera edición CAPECO.
- Costos y Presupuestos en Edificaciones. Primera edición CAPECO.
- Ing. Luis Reyes Carrasco, Hidrología Básica
- Munson Young Okiishi, Fundamentos de mecánica de Fluidos.
- Aurelio Hernández Muños, Abastecimiento y Distribución de Agua.
- Roger Agüero Pittman, Agua Potable Para Poblaciones Rurale
- Ricardo Alfredo López Cualla, Elementos de Diseño Para Acueductos y Alcantarillados.
- Enriquez Hamper, el ABC de las Energías renovables en los sistemas Eléctricos.
- Ana María Cerdán Cabrea(2011), Diseño De Un Sistema De Bombeo Solar-Eólico para Consumo De Agua En Cabañas Ecoturísticas En la Pitaya, Veracruz, México.
- Organización Panamericana de la Salud COSUDE (2005), Guías Para El Diseño De Estaciones De Bombeo De Agua Potable.
- Marcelo Suarez Ontaneda, (2010), tesis grado Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Escuela de Civil. “Aplicación de Energía Solar Fotovoltaica en un Sistema de Bombeo de Agua Potable”: Comunidad San Pablo de Kantsiya Zona Rural del Cantón San Roque Provincia de Sucumbíos.

# TOMO II