

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
POR BOMBEO, MEDIANTE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL  
CENTRO POBLADO GANIMEDES, DISTRITO DE MOYOBAMBA,  
PROVINCIA DE MOYOBAMBA, REGIÓN SAN MARTÍN”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR : Bach. ALBERTO YASIR GUEVARA MACEDO**

**ASESOR : Ing. Mg. RAMIRO VÁSQUEZ VÁSQUEZ**

**TARAPOTO – PERU**

**2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
POR BOMBEO, MEDIANTE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL  
CENTRO POBLADO GANIMEDES, DISTRITO DE MOYOBAMBA,  
PROVINCIA DE MOYOBAMBA, REGION SAN MARTIN”**

**TESIS**

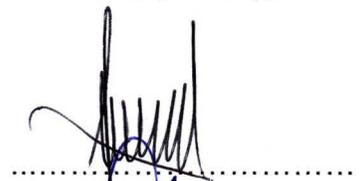
**PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**POR:**

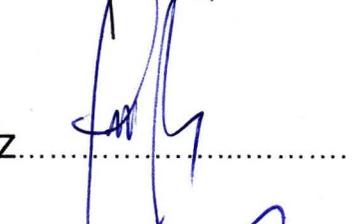
**BACHILLER: ALBERTO YASIR GUEVARA MACEDO**

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:**

**PRESIDENTE : Ing°. DANIEL DÍAZ PÉREZ**



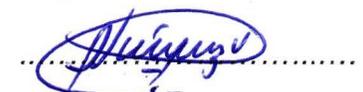
**SECRETARIO : Ing°. ERNESTO ELISEO GARCÍA RAMÍREZ**



**MIEMBRO : Ing°. SANTIAGO CHÁVEZ CACHAY**



**ASESOR : Ing°. Mg. RAMIRO VÁSQUEZ VÁSQUEZ**



## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi familia, de manera especial a mis padres Luis Alberto y Tany Yrazema, pues ellos son el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, me dieron las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar por sus virtudes infinitas me llevan a admirarlos cada día.

A mis amigos y profesores de la universidad, que han aportado para el desarrollo de mi vida universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Mg. Ramiro Vásquez Vásquez, por su asesoría en el desarrollo del proyecto de tesis y a los cursos dictados en la universidad.

Al centro poblado de Ganimedes, por brindarme el apoyo en la recolección de información para la elaboración de la tesis.

A la Universidad Nacional de San Martín, siendo mi alma mater, me permitió adquirir conocimientos referentes a la carrera de ingeniería civil, el cual será aplicado para el desarrollo de los problemas de mi región y país.

## INDICE

|   | <i>Pág.</i> |
|---|-------------|
| <b>CARATULA</b>   |             |
| <b>APROBACION DE TEXTOS</b>                                   | ii          |
| <b>DEDICATORIA</b>  | iii         |
| <b>AGRADECIMIENTO</b>   | iv          |
| <b>INDICE</b>   | v           |
| <b>RESUMEN</b>  | xi          |
| <b>ABSTRACT</b>   | xii         |
| <b>I. INTRODUCCION</b>  | 1           |
| <b>1.1. GENERALIDADES</b>                                     | 1           |
| <b>1.2. EXPLORACIÓN PRELIMINAR ORIENTADO LA INVESTIGACIÓN</b> | 1           |
| <b>1.3. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO</b>                    | 2           |
| 1.3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA                                   | 2           |
| 1.3.2. VÍAS DE ACCESO   | 5           |
| 1.3.3. CLIMA  | 6           |
| 1.3.4. HIDROLOGÍA   | 6           |
| 1.3.5. TOPOGRAFÍA   | 6           |
| 1.3.6. SISMICIDAD   | 6           |
| 1.3.7. CLASIFICACIÓN DE USO MAYOR DE SUELOS                   | 7           |
| 1.3.8. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS                               | 8           |
| 1.3.8.1. POBLACIÓN  | 8           |
| 1.3.8.2. SALUD  | 9           |
| 1.3.8.3. SERVICIOS  | 11          |
| 1.3.8.4. ACTIVIDAD ECONÓMICA                                  | 12          |
| <b>II. MARCO TEORICO</b>                                      | 16          |
| <b>2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>                        | 16          |
| 2.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA                              | 16          |
| 2.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA                             | 17          |
|   | v           |

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| 2.1.3.      | DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA  | 18         |
| 2.1.4.      | FORMULACIÓN DEL PROBLEMA   | 18         |
| <b>2.2.</b> | <b>OBJETIVOS</b>   | <b>18</b>  |
| 2.2.1.      | OBJETIVO GENERAL   | 18         |
| 2.2.2.      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS  | 18         |
| <b>2.3.</b> | <b>JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>                             | <b>19</b>  |
| <b>2.4.</b> | <b>DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>                              | <b>20</b>  |
| <b>2.5.</b> | <b>MARCO TEÓRICO</b>   | <b>20</b>  |
| 2.5.1.      | ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN                                     | 20         |
| 2.5.2.      | FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN                           | 22         |
| 2.5.2.1.    | PARÁMETROS DE DISEÑO   | 22         |
| 2.5.2.2.    | COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE                              | 27         |
| 2.5.2.3.    | SISTEMA DE BOMBEO POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA                     | 62         |
| 2.5.2.4.    | EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DE REPOSICIÓN, OPERACIÓN Y<br>MANTENIMIENTO | 78         |
| 2.5.3.      | MARCO CONCEPTUAL   | 79         |
| 2.5.4.      | MARCO HISTÓRICO  | 80         |
| <b>2.6.</b> | <b>HIPÓTESIS A DEMOSTRAR</b>   | <b>81</b>  |
| <b>III.</b> | <b>MATERIALES Y METODOS</b>  | <b>82</b>  |
| <b>3.1.</b> | <b>MATERIALES</b>  | <b>82</b>  |
| 3.1.1.      | RECURSOS HUMANOS   | 82         |
| 3.1.2.      | RECURSOS MATERIALES  | 82         |
| 3.1.3.      | RECURSOS DE EQUIPOS  | 82         |
| 3.1.4.      | OTROS RECURSOS   | 82         |
| <b>3.2.</b> | <b>METODOLOGÍA</b>   | <b>83</b>  |
| 3.2.1.      | UNIVERSO, MUESTRA Y POBLACION  | 83         |
| 3.2.2.      | SISTEMA DE VARIABLES   | 84         |
| 3.2.3.      | DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN                              | 84         |
| 3.2.4.      | DISEÑO DE INSTRUMENTOS   | 85         |
| 3.2.5.      | PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN   | 85         |
| 3.2.6.      | DESCRIPCION DEL PROYECTO   | 86         |
| <b>IV.</b>  | <b>RESULTADOS</b>  | <b>155</b> |
| <b>4.1.</b> | <b>DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>                        | <b>155</b> |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.2.  | <b>DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO</b>                              | 161 |
| 4.3.  | <b>DE LOS COSTOS DEL SISTEMA POR REPOSICION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>              | 161 |
| V.    | <b>ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS</b>   | 162 |
| 5.1.  | <b>DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>  | 163 |
| 5.2.  | <b>DEL SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO</b>   | 167 |
| 5.3.  | <b>DE LA EVALUACIÓN DE COSTOS DEL SISTEMA POR REPOSICION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b> | 167 |
| 5.4.  | <b>CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS</b>  | 168 |
| VI.   | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>   | 169 |
| 6.1.  | <b>CONCLUSIONES</b>   | 169 |
| 6.2.  | <b>RECOMENDACIONES</b>  | 170 |
| VII.  | <b>BIBLIOGRAFIA</b>   | 171 |
| VIII. | <b>ANEXOS</b>   | 174 |

Anexo N° 01: Estudio del aforo de la fuente.

Anexo N° 02: Características de la Tubería para Agua Fría.

Anexo N° 03: Informe del Estudio de la Mecánica de Suelos.

Anexo N° 04: Informe del Estudio del Análisis de la Calidad del Agua.

Anexo N° 05: Cotizaciones.

Anexo N° 06: Equipos Referenciales.

Anexo N° 07: Informe del Estudio Topográfico

Anexo N° 08: Panel Fotográfico.

Anexo N° 09: Planos.

#### **INDICE DE CUADROS**

|  |    |
|--|----|
| Cuadro N° 01: Superficie de Áreas Geográficas                | 05 |
| Cuadro N° 02: Vías de Acceso                                 | 05 |
| Cuadro N° 03: Población Total                                | 08 |
| Cuadro N° 04: Distribución Poblacional por Sexo              | 08 |
| Cuadro N° 05: Población total por grupo etario según sexo    | 09 |
| Cuadro N° 06: Morbimortalidad Local                          | 10 |
| Cuadro N° 07: Descripción del servicio de saneamiento básico | 11 |
| Cuadro N° 08: Ingreso Familiar Mensual                       | 12 |

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro N° 09: Gasto Familiar Mensual   | 12  |
| Cuadro N° 10: Ingresos/Egresos Familiares  | 13  |
| Cuadro N° 11: Disposición de Pago de las Familias                                | 13  |
| Cuadro N° 12: Monto Disponible a pagar por el servicio de agua                   | 14  |
| Cuadro N° 13: Principales actividades económicas productivas                     | 15  |
| Cuadro N° 14: Formula de diseño muestral   | 83  |
| Cuadro N° 15: Coeficiente “K” para línea de impulsión                            | 110 |
| Cuadro N° 16: Especificaciones del equipo inversor                               | 150 |
| Cuadro N° 17: Costos de operación y mantenimiento con energía solar              | 153 |
| Cuadro N° 18: Resultados de Parámetros de Diseño                                 | 155 |
| Cuadro N° 19: Resultados de Captación de tipo toma lateral                       | 155 |
| Cuadro N° 20: Resultados del Desarenador   | 156 |
| Cuadro N° 21: Resultados de la Línea de Impulsión                                | 156 |
| Cuadro N° 22: Resultados de la Cámara Rompe Presión                              | 157 |
| Cuadro N° 23: Resultados del Prefiltro   | 157 |
| Cuadro N° 24: Resultados del Filtro Lento  | 157 |
| Cuadro N° 25: Resultados del Reservorio  | 158 |
| Cuadro N° 26: Resultados de la Cisterna  | 158 |
| Cuadro N° 27: Resultados de las Redes de Distribución- velocidad                 | 159 |
| Cuadro N° 28: Resultados de las Redes de Distribución- presiones                 | 160 |
| Cuadro N° 29: Resultados del Sistema de Bombeo solar                             | 161 |
| Cuadro N° 30: Resultados de los Costos por Reposición, operación y mantenimiento | 161 |

### **INDICE DE TABLAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabla N° 01: Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación.  | 35 |
| Tabla N° 02: Criterios de Diseño Prefiltro  | 47 |
| Tabla N° 03: Criterios de Diseño Filtro Lento   | 49 |
| Tabla N° 04: Dosificación de Cloro en Polvo HTH al 65 %                               | 50 |
| Tabla N° 05: Estimación de la media mensual de la radiación solar diaria de Ganimedes | 75 |
| Tabla N° 06: Costos de Operación y Mantenimiento con energía solar                    | 79 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura N° 01: Ubicación del Proyecto                         | 03  |
| Figura N° 02: Regionalización Sísmica                        | 07  |
| Figura N° 03: Esquema de Captación de Toma Lateral           | 28  |
| Figura N° 04: Dispositivos de mantenimiento de nivel         | 29  |
| Figura N° 05: Caja de válvulas                               | 32  |
| Figura N° 06: Desarenador Convencional                       | 33  |
| Figura N° 07: Desarenador de 2 Unidades en paralelo (planta) | 34  |
| Figura N° 08: Angulo de Transición en Desarenador            | 34  |
| Figura N° 09: Cámara Rompe Presión                           | 45  |
| Figura N° 10: Planta de tratamiento - Prefiltro              | 46  |
| Figura N° 11: Planta de tratamiento - Filtro Lento           | 48  |
| Figura N° 12: Tipos de Reservorios                           | 54  |
| Figura N° 13: Tipos de Redes de Distribución                 | 57  |
| Figura N° 14: Esquema del efecto FV                          | 64  |
| Figura N° 15: Componentes del Sistema de Energía Solar FV    | 65  |
| Figura N° 16: Panel Fotovoltaico                             | 66  |
| Figura N° 17: Conjunto de Baterías                           | 67  |
| Figura N° 18: Controlador de Carga                           | 68  |
| Figura N° 19: Inversor                                       | 69  |
| Figura N° 20: Bomba Centrifuga                               | 70  |
| Figura N° 21: Sistema de bombeo de tanque a tanque           | 71  |
| Figura N° 22: Esquema del Desarenador – Planta               | 104 |
| Figura N° 23: Esquema del Desarenador – Corte                | 105 |
| Figura N° 24: Esquema de la cámara rompe presión             | 112 |
| Figura N° 25: Esquema del Prefiltro                          | 116 |
| Figura N° 26: Esquema del Filtro Lento                       | 123 |
| Figura N° 27: Esquema del Reservoirio                        | 132 |

## INDICE DE GRAFICOS

|   |     |
|---|-----|
| Grafico N° 01: Densidad y Viscosidad del agua | 176 |
| Grafico N° 02: Valores de Sedimentación       | 177 |
| Grafico N° 03: Velocidad de Sedimentación     | 178 |
| Grafico N° 04: Curvas de Comportamiento       | 179 |

## RESUMEN

El centro poblado de Ganimedes ubicado en el distrito y provincia de Moyobamba y Región de San Martín, no cuenta con un sistema de agua potable, por tanto el agua que consumen no recibe ningún tipo de tratamiento, produciéndose enfermedades de origen hídrico. Debido al desnivel negativo entre la fuente de agua y el centro poblado, es necesario para la obtención del agua el uso de un sistema por bombeo, pero la fuente de energía para el funcionamiento del sistema requerirá de la ausencia de redes eléctricas y de combustibles fósiles, debido al aislamiento que presenta la comunidad.

Por tanto se propone una alternativa que pueda contrarrestar en tal medida la problemática con la que padece hoy en día la población, la cual se trata del diseño de un sistema de agua potable por bombeo, mediante la energía solar fotovoltaica, salvándose así el desnivel que hay entre la fuente de captación y el centro poblado. Teniendo en cuenta que se busca una fuente de energía que alimente al sistema de bombeo sin el uso de energía eléctrica y de combustible fósiles.

Para la recolección de datos que permitan desarrollar la tesis, se procedió a ubicar las fuentes de datos. El testimonio directo proporcionado mediante entrevistas y encuestas por los usuarios de la localidad, estudios básicos como topografía, análisis del suelo, determinación y análisis de la fuente de abastecimiento.

Posteriormente a la recopilación de información se empezó al procesamiento de los datos mediante el uso programas de cómputo, teniendo como referencia los parámetros ofrecidos por las Entidades Públicas del País (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento), Organizaciones Internacionales (Organización Panamericana de la Salud) y diversos autores de buen reconocimiento. Todo con el propósito de tener una buena elaboración en las exploraciones de campo, dotaciones, tipos de infraestructura en las unidades de tratamiento, diseño del sistema de bombeo que abastece el requerimiento del caudal de diseño, diseño de redes de distribución de acuerdo a las normas.

## ABSTRACT

The town of Ganymede located in the district and province of Moyobamba and San Martin Region, center does not have a drinking water system, so the water they consume not receive any treatment, causing waterborne diseases. Due to the negative slope between the water source and the town center, it is necessary for obtaining water using a system for pumping, but the power source for operating the system require the absence of electrical networks and fossil fuel due to the isolation that presents the community.

Therefore an alternative that can counteract such an extent the problem with suffering today the population, which is the design of a potable water pumping by photovoltaic solar energy, thus saving themselves the unevenness is proposed that between the source and the town center recruitment. Given that seeks a source of energy that feeds the pumping system without the use of electricity and fossil fuel.

To collect data to develop the thesis, we proceeded to locate sources of data. The direct testimony provided through interviews and surveys by users of the town, basic studies as topography, soil analysis, identification and analysis of the supply source.

Following the collection of information it began to process data using computer programs, with reference to the parameters offered by Public Entities Country (Ministry of Housing, Construction and Sanitation), International Organizations (Pan American Health Organization) and various authors of good recognition. All for the purpose of having a good development in the field explorations, endowments, types of infrastructure in treatment units, design pump system that supplies the requirement of the design flow, design of distribution networks according to the rules .

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 GENERALIDADES**

El agua es el líquido vital del ser humano y de las demás especies que forman parte del planeta. Su importancia ha hecho que el ser humano se esfuerce en su obtención, presentándose en muchos casos un reto. Y uno de los problemas en la obtención del agua que se presentan, es las diferencias de niveles, cuando la fuente de agua está por debajo de la localidad a abastecer, presentándose como solución el bombeo del agua hasta un reservorio y que de ahí sea distribuido; existen diversos sistemas de bombeo, que van desde los sistemas de bombeo que tiene como fuente de energía al viento, térmica y solar. Cada una tomada en consideración, según las condiciones económicas, social y técnicas del lugar.

El presente proyecto de investigación plantea un sistema de bombeo de agua teniendo como fuente la energía solar fotovoltaica, desde una pequeña quebrada adyacente a la población hasta un tanque de almacenamiento, potabilizar esta agua y distribuirla entre los habitantes de la misma, partiendo de la premisa de que el sistema a diseñar debe ser mantenido por la comunidad y debe ser de bajo costo de operación y mantenimiento.

### **1.2 EXPLORACIÓN PRELIMINAR ORIENTANDO LA INVESTIGACIÓN**

El Proyecto de Tesis se desarrolló con las siguientes actividades exploratorias preliminares.

El trabajo se realizó mediante una exploración en campo, teniendo en cuenta todos los aspectos visibles, que nos puedan interesar, para utilizarlo como información actual de la zona de estudio. Asimismo con la colaboración de pobladores antiguos del lugar, se recorrió toda el área de influencia en estudio, para así determinar de acuerdo a la topografía del terreno, normas estipuladas en el reglamento, y diferentes aspectos observados, la cantidad y el lugar de los puntos a muestrear, que después se plasmaría en un plano guía. Una vez que se tuvo esta información, al realizar las excavaciones, se tomó nota de todas las

particularidades, en la que se encontró el suelo, como son: color, forma, profundidad, nivel freático, etc.

El trabajo en gabinete se realizó, mediante la búsqueda de publicaciones relacionada al tema; así como son: revisión y recopilación de información bibliográfica, proyectos de tesis e informes de ingeniería, manuales instructivos de laboratorio, uso de la biblioteca virtual (internet), normatividad y reglamentos, datos estadísticos, además se consultó información de los proyectos del INDECI e INGEMMET, entre otros.

También se consideró los testimonios de los pobladores, en cuanto a la historia del centro poblado, comportamiento del caudal y cauce de la quebrada, obras que anteriormente han sido proyectadas y ejecutadas.

### **1.3 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO**

#### **1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

La ubicación del centro poblado de Ganimedes es la siguiente:

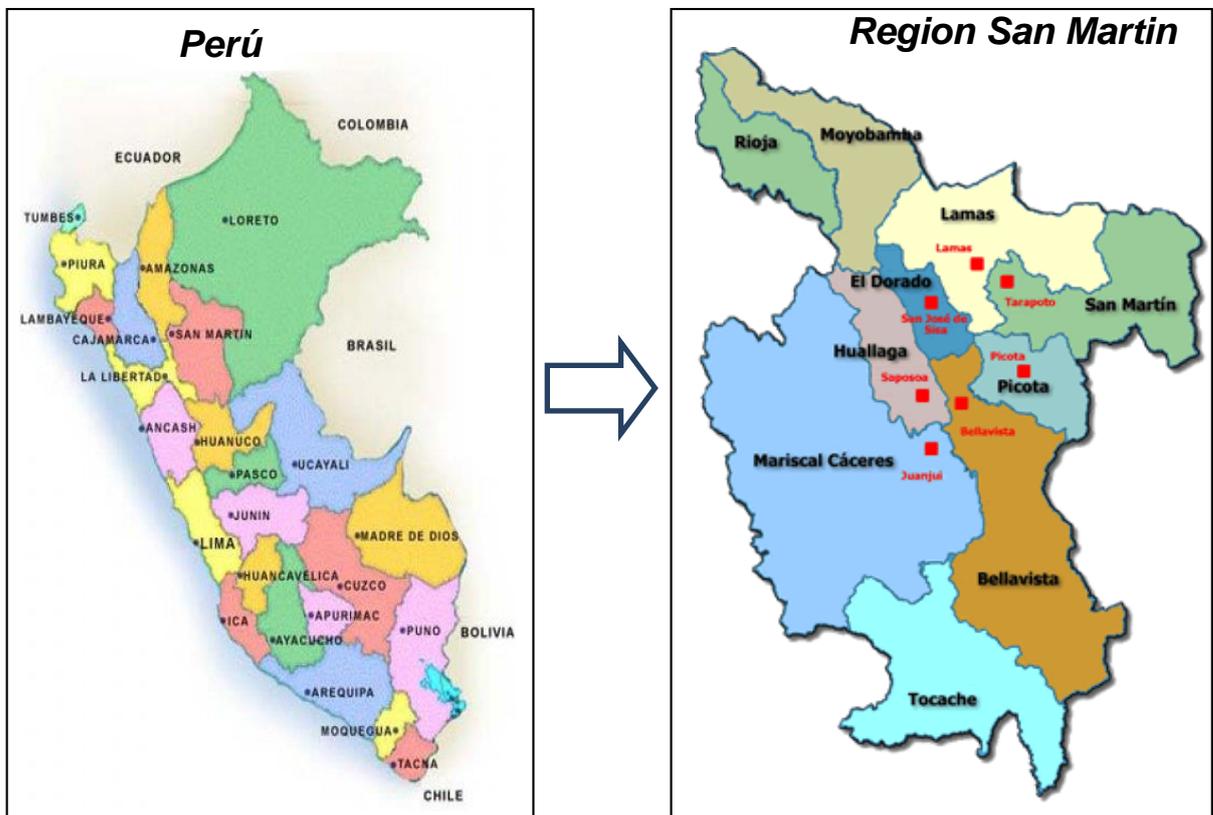
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Región:         | San Martín  |
| Provincia:      | Moyobamba   |
| Distrito:       | Moyobamba   |
| Centro Poblado: | Ganimedes   |
| Coordenadas:    |             |
| Este:           | 260929.366  |
| Norte:          | 9361570.196 |
| Altitud:        | 865 msnm    |
| Código Ubigeo:  | 220101      |

El centro poblado de Ganimedes, está ubicada dentro del distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, Región de San Martín; está comprendido por los sectores Ganimedes, La Fila y La Unión. Territorialmente su extensión alcanza una superficie de 36.35 Has. A una altitud aproximada de 865 msnm. En las coordenadas UTM: 260929.366 E; 9361570.196 N; con código UBIGEO 220101.

El centro poblado de Ganimedes se enmarca, según la clasificación de Antonio Brack, dentro de la ecorregión de selva alta. Geográficamente se ubica en la cuenca del río Mayo, uno de los principales afluentes del río Huallaga.

**Figura N° 01: Ubicación del proyecto**

**Macro localización:**





**Cuadro N° 01:** Superficie de Áreas Geográficas

| ÁREA GEOGRÁFICA          | Superficie (Km2) |
|--------------------------|------------------|
| Centro poblado Ganimedes | 0.3635           |
| Distrito Moyobamba       | 2737.57          |
| Provincia Moyobamba      | 3772.31          |
| Departamento San Martín  | 51253.31         |

**Fuente:** INEI Información correspondiente al Pre-censo 1999

### 1.3.2 VÍAS DE ACCESO

Para acceder desde la ciudad de Moyobamba al centro poblado de Ganimedes, se emplea la carretera asfaltada Fernando Belaúnde Terry hasta la localidad de Nueva Cajamarca, de éste a la localidad de Huascayacu a través de una vía afirmada y de aquí hasta el centro poblado de Ganimedes por una trocha carrozable.

Cabe señalar que los medios de transporte difieren de acuerdo al tipo de vía, por ejemplo hasta Nueva Cajamarca se puede llegar usando diversos tipos de movilidad, incluso hasta la localidad de Huascayacu; a partir de aquí la movilidad recomendada son las camioneta 4x4 con llantas grandes, a lomo de bestia o caminata principalmente en épocas de invierno.

**Cuadro N° 02:** Vías de Acceso.

| Desde           | A               | Tipo de vía | Medio de transporte | Km | Tiempo     |
|-----------------|-----------------|-------------|---------------------|----|------------|
| Moyobamba       | Nueva Cajamarca | Asfaltada   | Auto o Camioneta    | 48 | 35 minutos |
| Nueva Cajamarca | Huascayacu      | Afirmada    | Camioneta           | 25 | 28         |
| Huascayacu      | Ganimedes       | Trocha      | Caminata            | 9  | 2.5 horas  |

**Fuente:** Elaborado por el autor en base a encuestas.

### 1.3.3 CLIMA

La zona de estudio no cuenta con una estación meteorológica cercana, pero por descripción de los pobladores, se cuenta con un clima cálido durante todo el año, con vientos normales y lluvias moderadas en la temporada del mes de Enero a Mayo.

### 1.3.4 HIDROLOGÍA

El sistema hidrográfico está conformado por los ríos que desembocan en el gran Río Amazonas, los principales ríos que recorren la región de San Martín son el Marañón y el Huallaga. En el caso de la provincia de San Martín, el sistema hidrográfico está determinado por la cuenca del río Huallaga. Los principales afluentes del Huallaga, por la margen izquierda son, el Tocache, Huayabamba, Saposoa, Sisa y Mayo; y por la margen derecha, el Aspusana, Uchiza, Balzayacu, Shituya, Chipuana, Biavo y Pilluana. La localidad forma parte de la cuenca del río Mayo.

### 1.3.5 TOPOGRAFIA

El centro poblado se asienta en una topografía mixta con tendencia de terreno entre ondulado a pendientes pronunciadas, este aspecto aunado a la ubicación de aguas superficiales hacen que los suelos tengan una textura gravosa-arcillosa

### 1.3.6 SISMICIDAD

De acuerdo a la Información Sismológica, los dos últimos sismos en la Región de San Martín se dieron en los años 1990, 1991 y 2005. La zona de estudio es considerada un área de riesgo moderado, estando sujeta a distintos desastres entre los que destacan las inundaciones y los deslizamientos.

Figura N° 02: Regionalización Sísmica



### 1.3.7 CLASIFICACIÓN DE USO MAYOR DE SUELOS

En el departamento de San Martín se pueden identificar espacios territoriales con características propias:

- Alto Mayo: Superficies plana aptitudes para la siembra del arroz, café y vocación turística.

- Alto Huallaga: Suelos accidentados, con retracción del aparato productivo, debido a la secuela del narcotráfico. Se vienen impulsando producciones como la palma aceitera y el palmito.
- Huallaga Central y Bajo Mayo: Tierras con aptitudes para el desarrollo agrícola y pecuario. Suelos con alta potencialidad.
- Bajo Huallaga: Zona de selva baja. Área más deprimida debido a su aislamiento por carencia de vías de comunicación.

La zona de estudio, el centro poblado de Ganimedes, se encuentra comprendido dentro de la zona del Alto Mayo. Los suelos son principalmente utilizados para la práctica de la agricultura, actividad económica principal de la zona.

### 1.3.8 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

#### 1.3.8.1 POBLACIÓN

Realizado el empadronamiento familiar al 100.0% de las viviendas, durante el mes de enero del 2014, por el tesista y el acompañamiento de las autoridades locales, se determinó que la población total es de 323 habitantes (163 varones y 160 mujeres), distribuidos en 80 viviendas. Densidad poblacional de 4.0 hab./viv.

**Cuadro N° 03:** Población total

| Centro poblado | N° Población | N° de viviendas | N° de Familias |
|----------------|--------------|-----------------|----------------|
| Ganimedes      | 323          | 80              | 80             |

*Fuente:* Elaborado por el autor en base a encuestas.

#### a. Distribución poblacional por sexos

**Cuadro N° 04:** Distribución poblacional por sexo

| Sexo         | N°         | Porcentaje (%) |
|--------------|------------|----------------|
| Hombres      | 163        | 50.5           |
| Mujeres      | 160        | 49.5           |
| <b>Total</b> | <b>323</b> | <b>100.0</b>   |

*Fuente:* Elaborado por el autor en base a encuestas.

La población del centro poblado de Ganimedes, está constituida mayormente por varones por una mínima diferencia.

#### b. Población por grupo etario

**Cuadro N° 05:** Población Total por grupo etario según sexo

| Grupo de edad    | Total      |              | Sexo       |              |            |             |
|------------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|-------------|
|                  |            |              | H          |              | M          |             |
|                  | N°         | %            | N°         | %            | N°         | %           |
| Menos de 5 años  | 50         | 15.5         | 25         | 15.3         | 25         | 15.3        |
| De 5 a 17 años   | 105        | 32.5         | 51         | 31.3         | 54         | 33.1        |
| De 18 a 64 años  | 157        | 48.6         | 80         | 49.1         | 77         | 47.2        |
| De 65 años a más | 11         | 3.4          | 7          | 4.3          | 4          | 2.5         |
| <b>Total</b>     | <b>323</b> | <b>100.0</b> | <b>163</b> | <b>100.0</b> | <b>160</b> | <b>98.2</b> |

*Fuente:* Elaborado por el autor en base a encuestas.

La población del centro poblado de Ganimedes, está constituida mayormente por personas adultas, comprendidas entre los 18 a 64 años.

En relación a las características de la población cabe decir que en los centros poblados y en la zona de estudio las viviendas de los pobladores están construidas casi en su totalidad a base de madera y sólo algunas de ellas tienen cierta cantidad de material noble.

En la alimentación, los productos del bosque tienen un papel muy significativo, participando en la dieta diaria en todas las formas: frutos, nueces, brotes, hojas, tubérculos, setas, etc. Del bosque se obtienen sustancias medicinales, perfumes, tintes, gomas, caucho, venenos, etc. Existe también un importante comercio de plantas ornamentales, destacando las bromeliáceas y orquidáceas.

#### 1.3.8.2 SALUD

Para la atención en aspectos relacionados a la salud, las familias tienen que desplazarse hasta la localidad de La Conquista, para ser atendidos en el Puesto de Salud que lleva el mismo nombre. Esta

dependencia de salud cuenta con 01 Obstetra que asume la jefatura del establecimiento, 01 enfermera y 02 técnicos en enfermería quienes se encargan de realizar actividades preventivas promocionales, identificación, diagnóstico y tratamiento ambulatorio de acuerdo a su capacidad resolutive, como establecimiento 1 – 1 del Ministerio de Salud.

La población en su mayoría cuenta con el Seguro Integral de Salud – SIS.

El centro poblado de Ganimedes está comprendida dentro de la programación del AISPED (Atención Integral en Salud a Poblaciones excluidas y Dispersas) de la Dirección Regional de Salud de San Martín.

**Cuadro N° 06:** Morbimortalidad local

| Morbilidad 2011                  |                                     | Mortalidad 2011         |          |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------|
| < 5 años                         | > 5 años                            | < 5 años                | > 5 años |
| Parasitosis                      | Enfermedades Diarreicas Agudas.     | No se registraron casos |          |
| Enfermedades Diarreicas Agudas.  | Infecciones Respiratorias Agudas    |                         |          |
| Infecciones Respiratorias Agudas | Caries dental                       |                         |          |
| Dermatitis                       | ITU                                 |                         |          |
| Caries dental                    | Micosis                             |                         |          |
|                                  | Vulvovaginitis                      |                         |          |
|                                  | Enfermedades Pélvicas inflamatorias |                         |          |
|                                  | Enfermedades osteomusculares        |                         |          |

**Fuente:** Ficha de datos de salud.

Según los pobladores del centro poblado de Ganimedes, y de acuerdo a las referencias proporcionadas por el personal a cargo del Centro de Salud del lugar, se puede concluir que son los niños quienes presentan mayor cantidad de enfermedades. Entre ellas las que destacan son la

parasitosis, la cual se presenta con índices muy altos. También existen muchos problemas asociados con enfermedades respiratorias y algunos con la piel.

### 1.3.8.3 SERVICIOS

#### a. Agua potable

El centro poblado de Ganimedes no cuenta con sistema de agua potable.

#### b. Saneamiento básico

La eliminación de excretas es realizada en los pozos ciegos existentes en la localidad, los cuales han sido construidos de manera artesanal, empleando materiales de la zona.

**Cuadro Nº 07:** Descripción del servicio de saneamiento básico.

| Centro Poblado | N° familias con desagüe | N° Familias que no tienen conexión desagüe |            |
|----------------|-------------------------|--|------------|
|                |                         | Letrina                                    | Pozo ciego |
| Ganimedes      | 0                       | 0  | 65         |

(\*) El número 1 indica la alternativa afirmativa

**Fuente:** Elaborado por el autor en base a encuestas.

#### c. Disposición de residuos sólidos

No existe una adecuada disposición de residuos sólidos, debido a que son eliminados mayormente a la chacra o quemados.

En cuanto a la eliminación de las aguas residuales (aguas grises), estas son eliminadas arrojándolas a la calle.

#### d. Electrificación

No existe energía eléctrica en el Centro Poblado de Ganimedes.

#### e. Medios de comunicación

No existe acceso a señal de telefonía fija, ni celular en el centro poblado de Ganimedes.

La onda radial de algunas emisoras del distrito de Moyobamba, es captada con dificultad.

#### 1.3.8.4 ACTIVIDAD ECONÓMICA

##### A. Información sobre la capacidad y disposición de pago.

###### a. Ingreso familiar mensual.

**Cuadro N° 08:** Ingreso familiar mensual

| <b>Monto</b>            | <b>N°</b> | <b>%</b>     |
|-------------------------|-----------|--------------|
| De 100 a 200.00 soles   | 7         | 10.0         |
| De 201 a 400.00 soles   | 14        | 20.0         |
| De 401 a 800.00 soles   | 42        | 60.0         |
| De 801 a 1000.00 soles  | 4         | 5.7          |
| De 1001 a 2000.00 soles | 3         | 4.3          |
| <b>Total</b>            | <b>70</b> | <b>100.0</b> |

*Fuente:* Elaborado por el autor en base a encuestas.

Los ingresos mensuales percibidos por la mayoría de las familias fluctúan entre los 401.00 a 800.00 soles, en el 60.0% de las familias y 201.00 a 400.00 soles mensuales, en el 20.0% de las encuestadas.

Montos comprendidos entre los 100.00 a 200.00 soles mensuales son percibidos por el 10.0% de las familias y entre 1001.00 a 2001.00 soles mensuales, por el 4.3% de las entrevistadas.

###### b. Egreso familiar mensual.

**Cuadro N° 09:** Gasto familiar mensual

| <b>Gastos</b> | <b>Total mensual en Soles</b> |
|---------------|-------------------------------|
| Alimentos     | 292.8                         |
| Transportes   | 40.8                          |
| Salud         | 12.6                          |
| Educación     | 25.5                          |
| Combustible   | 23.2                          |
| Vestimenta    | 37.6                          |
| Otros         | 18.6                          |
| <b>Total</b>  | <b>451.1</b>                  |

*Fuente:* Elaborado por el autor en base a encuestas.

El promedio de gastos al mes de las familias es de S/. 451.10 soles.

**c. Análisis Ingresos/Egresos.**

**Cuadro N° 10:** Ingresos / egresos familiares

| <b>Concepto</b>          | <b>Monto (soles)</b> |
|--------------------------|----------------------|
| Ingreso promedio Mensual | 549.30               |
| Egreso promedio Mensual  | 451.10               |
| <b>Saldo Mensual</b>     | <b>98.20</b>         |

*Fuente:* Elaborado por el autor en base a encuestas.

El análisis de los ingresos y egresos que tienen las familias refleja ingresos mensuales ínfimos (S/.549.30 soles mensuales), que no alcanzan el sueldo básico mensual que asciende a 750.00 soles en el Perú, lo que nos evidencia que tienen una economía de subsistencia, que no les permite ampliar su horizonte para la mejora de sus condiciones de vida.

Respecto al egreso promedio mensual, este es de S/. 451.10 soles. La capacidad de ahorro mensual es de S/. 98.20 soles.

**d. Disposición de pago de las familias.**

**Cuadro N° 11:** Disposición de pago de las familias

| <b>Descripción</b> | <b>N°</b> | <b>%</b>     |
|--------------------|-----------|--------------|
| Si                 | 69        | 98.6         |
| No                 | 1         | 1.4          |
| <b>Total</b>       | <b>70</b> | <b>100.0</b> |

*Fuente:* Elaborado por el autor en base a encuestas.

La disposición de pago por el servicio de agua es asumida por el 98.6% de las familias. Solo el 1.4% de las familias refirió no poder pagar por este servicio.

**e. Monto disponible a pagar por el servicio de agua.**

**Cuadro N° 12:** Monto disponible a pagar por el servicio de agua

| Descripción                    | Agua      |              |
|--------------------------------|-----------|--------------|
|                                | N°        | %            |
| De 1.00 soles hasta 2.00 soles | 1         | 1.43         |
| De 2.10 soles hasta 3.00 soles | 2         | 2.86         |
| De 3.10 soles hasta 4.00 soles | 2         | 2.86         |
| De 4.10 soles hasta 5.00 soles | 3         | 4.28         |
| De 5.10 soles hasta 6.00 soles | 62        | 88.57        |
| <b>Total</b>                   | <b>70</b> | <b>100.0</b> |

*Fuente:* Elaborado por el autor en base a encuestas.

Del total de familias que tienen disponibilidad de pagar por el servicio de agua (98.6% - cuadro: Disponibilidad de pago de las familias), la mayoría (88.57%) manifestó poder pagar entre 5.10 soles a más.

El menor monto de pago que refirieron poder pagar es de 1.00 a 2.00 sol, según el 1.43% de las familias.

**B. Actividades económicas predominantes**

Las actividades económicas se complementan entre sí, debido a que las familias no se dedican exclusivamente a un rubro, sino que realizan diversas actividades a fin de cubrir los gastos que demanda el sostenimiento familiar.

**a. Agricultura:**

La agricultura constituye la principal fuente de ingresos económico, para el sustento familiar. La agricultura es generalmente de autoconsumo, y participan todos los miembros de la familia. Los productos de la zona son el café, maíz, entre otros.

**b. Ganadería:**

La ganadería es una actividad menor, siendo muy pocas las familias que se dedican a esta, generalmente se dedican a la crianza de ganado vacuno.

**c. Comercio:**

Esta actividad económica es la menos implementada en el Centro Poblado de Ganimedes, existiendo pequeñas bodegas las cuales no cuentan con productos de primera necesidad.

**Cuadro N° 13:** Principales actividades económicas productivas.

| <b>Descripción</b>                            | <b>N°</b> | <b>%</b>     |
|---|-----------|--------------|
| Agricultura                                   | 64        | 91.4         |
| Su casa (pequeñas bodegas)                    | 3         | 4.3          |
| Otras actividades (venta de animales menores) | 3         | 4.3          |
| <b>Total</b>                                  | <b>70</b> | <b>100.0</b> |

**Fuente:** Elaborado por el autor en base a encuestas.

La agricultura representa la principal actividad económica productiva a la que se dedica el 91.4% de las familias. Esta actividad es de autoconsumo y en ella participan todos los miembros de la familia.

En porcentajes similares al 4.3% las familias han implementado negocios en el hogar, tal como se muestra en el presente cuadro.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El Centro Poblado de GANIMEDES perteneciente a la provincia de Moyobamba, no tiene ni ha tenido un sistema de agua potable en toda su historia a pesar de los esfuerzos de los pobladores, actualmente se abastece por acarreo de agua de una quebrada de nombre "Salvador".

Esta fuente de agua se encuentra a 10 minutos del Centro Poblado y debido a ello, los pobladores gastan tiempo en ir a recoger el agua, siendo un promedio de 2 veces al día en que van a la fuente, dando como resultado un tiempo de 40 minutos gastados en abastecerse, pudiéndose invertir ese valioso tiempo en cosas productivas.

El agua que consumen los pobladores de la comunidad no cuenta con un adecuado tratamiento, siendo vulnerables a contraer enfermedades de origen híbrido.

Esta fuente de agua provee un caudal permanente, pero la problemática es que esta se encuentra en un nivel por debajo del promedio de las viviendas, siendo imposible realizarse un sistema de agua potable por gravedad.

La comunidad no cuenta con una red eléctrica y de una vía de acceso que esté en buenas condiciones, hace que el Centro Poblado se mantenga aislado en épocas de precipitaciones.

Existen también comunidades que se encuentran en el mismo problema del Centro Poblado de Ganimedes, siendo la más cercana la comunidad de Caña Brava. Que tiene a la fuente de agua por debajo del nivel del centro poblado, requiriéndose el diseño de sistema por bombeo.

### 2.1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el Centro Poblado de Ganimedes no cuenta con un sistema de agua potable, en la cual el agua que consumen no recibe ningún tipo de tratamiento, produciéndose enfermedades de origen hídrico.

Además, ninguna instancia del sector público o privado, ha mostrado interés en hacer un estudio basado en la proyección de un sistema de agua potable para el Centro Poblado.

Otra de los problemas es que la fuente de agua no puede ser captada por medio de la gravedad, debido a que esta se encuentra por debajo del nivel del centro poblado, paralelamente se tiene conocimiento que el Centro Poblado se encuentra sin una red eléctrica que pueda servir de fuente de energía para el funcionamiento de un sistema de bombeo.

El aislamiento que tiene el centro poblado por su inaccesibilidad de vehículos de transporte en épocas de lluvias y a la lejanía respecto a la ciudad más cercana, hace que las cosas encarezcan, entre los cuales están los combustibles fósiles, costando un galón de gasolina el doble que en el mercado, por tanto los combustibles fósiles como fuente de energía, nos dará una tarifa mensual muy elevada en costos, que no podrá ser abordada por los pobladores.

Para el sistema de bombeo también se pensó en el uso de fuentes de energías alternas, como la energía eólica, pero debido que en la zona no se presenta vientos con la velocidad necesaria para hacer funcionar el sistema de bombeo.

Por lo tanto en la presente investigación se propone una alternativa que pueda contrarrestar en tal medida la problemática con la que padece hoy en día la población, la cual se trata del diseño de un sistema de agua potable por bombeo, mediante la energía solar fotovoltaica, salvándose así el desnivel que hay entre la fuente de captación y el centro poblado. Teniendo en cuenta que se busca una fuente de energía que alimente al sistema de bombeo sin el uso de energía eléctrica y de combustible fósiles.

### 2.1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El Centro Poblado de Ganimedes, abarca un área de influencia de 35.35 ha. y según los cuadros arriba. El Centro Poblado de Ganimedes cuenta con 80 viviendas de las cuales el 80 % de las viviendas son concentradas y el 20% semidispersas y 03 locales institucionales, entre los que destacan el puesto de salud, la I.E. N° 0820 y la I.E.I. N°456. La población promedio es de 323 habitantes residentes en el centro poblado.

El tiempo de ejecución del cual se limita el presente proyecto de investigación es de 6 meses en la que se considera los estudios básicos como levantamiento topográfico, Aforo, Análisis de la calidad del Agua, Estudio de Suelos, Encuestas a la población beneficiaria.

### 2.1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo a este estudio se desea proyectar un sistema, basado en las condiciones del lugar y por lo tanto nos planteamos la siguiente interrogante:

**¿Qué solución puedo optar como proyecto para que la población cuente con un Sistema de Agua Potable sostenible, ante una fuente de captación de nivel inferior y que además carece tanto de red eléctrica como de recursos económicos para la obtención de combustible?**

## 2.2 OBJETIVOS

### 2.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar el sistema de Agua Potable por bombeo para el centro poblado Ganimedes.

### 2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar los componentes del sistema de agua potable.
- Proyectar un sistema de tratamiento adecuado para que la población consuma agua de calidad.

- Plantear un sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica que responda a las diferencias de niveles y a las condiciones del lugar.

### **2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El centro poblado Ganimedes requiere de la creación del suministro de agua potable, en donde actualmente no hay un sistema de agua tratada, y solo se obtiene del acarreo de una quebrada cercana, también se obtiene del agua de las lluvias, ya que hay mucha turbiedad en la quebrada en épocas de precipitaciones.

Se plantea como alternativa única el sistema de agua potable por bombeo con tratamiento con captación de la Quebrada Salvador. Durante el planteamiento de alternativas se evaluó un punto de captación que permitiera abastecer al Centro Poblado de Ganimedes por gravedad, encontrando que para esto es necesario desplazar 10 Km aguas arriba de la misma fuente (quebrada Salvador) del punto de captación seleccionado. Para descartar esta alternativa se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

1. Alta Inversión en línea de conducción.
2. Recorrido de la línea de conducción de difícil acceso.
3. El punto de captación apto para el sistema por gravedad pertenece a otro centro poblado.
4. Potencial dificultad para la adquisición de servidumbres de paso por terrenos ajenos al Centro Poblado de Ganimedes.
5. Al tener una conducción con una longitud de 10 km y recursos limitados para la operación del sistema, se tiene una alta vulnerabilidad del sistema.
6. El mantenimiento tanto de la captación como de la línea de conducción, se convierten en un punto crítico para la buena operación del sistema.

Para la selección de la alternativa de captación de la quebrada Salvador y posterior bombeo se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La ubicación de la fuente que está a 300 m del Centro Poblado garantiza una calidad de agua apta para consumo humano, después de su potabilización a través de procesos convencionales (prefiltración y filtración).

2. El sistema de bombeo será por energía solar dado el bajo caudal a bombear y la potencia de bombeo requerida se ajusta a este tipo de tecnología, lo que hace que a pesar de tener un sistema por bombeo, el mismo no demanda sobrecostos de operación y mantenimiento por consumo de energía eléctrica o combustible.

3. El mantenimiento rutinario del sistema de bombeo puede ser realizado por el operador del sistema una vez capacitado.

Posteriormente se realizará el diseño de la construcción de componentes, llámese unidades de tratamiento conectadas a través de una red de tuberías que abastezcan con agua potable en su totalidad a la población.

## **2.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto de tesis, está orientado en el diseño de un sistema de Agua Potable por bombeo mediante Energía Solar Fotovoltaica, el cual el sistema de estudio, abarca el centro poblado de Ganimedes, que pertenece al distrito de Moyobamba, en la provincia de Moyobamba y Región de San Martín.

Del mismo modo, cabe añadir que en el sistema de bombeo, existen muchos otros componentes sobre los cuales investigar, es decir se encuentra el factor del rendimiento en los equipos de bombeo, fuentes alternas de energía, como una exploración aún más completa del suelo, el factor de peligros y vulnerabilidad en la zona, ya que está muy expuesta frente a desastres naturales que se puedan suscitar, por lo que esta investigación se limitó solamente a elaborar un sistema de agua potable mediante bombeo de dicho centro poblado.

## **2.5 MARCO TEÓRICO**

### **2.5.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

El desarrollo de la energía solar fotovoltaica comenzó en el País, como en muchos otros países, en los años setenta del siglo pasado, como consecuencia de la llamada crisis del petróleo. Se trabajó en diferentes instituciones del país (mayormente en universidades) en capacitación y desarrollo tecnológico,

especialmente en bombeo de agua con molinos de viento, calentadores solares de agua y secadores solares de productos agrícolas. Estas experiencias fueron puntualmente exitosas, p.ej. la tecnología de los calentadores solares de agua, hoy bien asentada en Arequipa, fue originalmente desarrollada por el ex - ITINTEC, y, los secadores solares artesanales de maíz usados hoy en el Valle Sagrada del Urubamba fueron desarrollados y diseminados por un proyecto de la Universidad Nacional de Ingeniería con la cooperación alemana.

Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5.5 a 6.5 kWh/m<sup>2</sup>; 5.0 a 6.0 kWh/m<sup>2</sup> en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4.0 a 5.0 kWh/m<sup>2</sup><sup>1</sup>. En la gran mayoría de localidades del Perú, la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y bastante uniforme durante todo el año, comparado con otros países, lo que hace atractivo su uso.

Desde varios años existe el proyecto GEF – MEM “Electrificación rural en base a energía fotovoltaica en el Perú”, cuya meta es la instalación de 7500 sistemas fotovoltaicos, mayormente domiciliarios, en diferentes regiones del Perú, en especial en la selva. La primera etapa había previsto la instalación de 1000 SFD, lo que se frustró debido al incumplimiento de la empresa que había ganado la licitación. En 2006 se realizó una nueva licitación por un total de 4500 SFV. Ya se ha firmado el contrato con la empresa que ganó la licitación.

La Ing. Gabriela Claudia Cunia Perez (2012), detalla en su proyecto de tesis “Diseño y evaluación económica comparativa del sistema de agua potable en la comunidad de nuevo Arica de Cachiyacu utilizando energía solar y energía térmica en el año 2010”. Sostiene que es más económico y sostenible en el tiempo el sistema de bombeo con energía solar que la energía térmica.

---

<sup>1</sup> <http://gruporural.pucp.edu.pe/noticias/nacionales/el-desarrollo-de-la-energia-solar-en-el-peru>, vista 16 mayo 2015.

## 2.5.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.5.2.1 PARAMETROS DE DISEÑO

#### **A. PERIODO DE DISEÑO**

Agüero Pittman<sup>2</sup>, nos dice: “Es la determinación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente viable. Por lo tanto el periodo de diseño puede definirse como el tiempo en el cual el sistema será 100% eficiente, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado o por la existencia física de las instalaciones.

Para determinar el periodo de diseño se consideran factores como: durabilidad o vida útil de las instalaciones, factibilidad de construcción y posibilidades de ampliación o sustitución, tendencias de crecimiento de la población y posibilidades de financiamiento.

Tomando en consideración los factores señalados se debe establecer para cada caso el periodo de diseño aconsejable. A continuación, se indican algunos rangos de valores asignados para los diversos componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales:

- Obras de captación: 20 años.
- Conducción: 10 a 20 años.
- Reservorio: 20 años.
- Redes: 10 a 20 años (tubería principal 20 años, secundaria 10 años).

Para todos los componentes, las normas generales para proyectos de abastecimiento de agua potable en el medio rural del Ministerio de Salud recomiendan un periodo de diseño de 20 años”.

---

<sup>2</sup> AGÜERO PITTMAN, Roger. “Agua Potable para poblaciones rurales, sistema de abastecimiento por gravedad”, pág. 19

## B. POBLACION DE DISEÑO

Las obras de agua potable no se diseñan para satisfacer solo una necesidad del momento actual sino que deben prever el crecimiento de la población en un periodo de tiempo prudencial que varía entre 10 y 30 años; siendo necesario estimar cual será la población futura al final de este periodo. Con la población futura se determina la demanda de agua para el final del periodo de diseño.

Agüero Pittman<sup>3</sup>, nos indica que: “El método más utilizado para el cálculo de la población futura en las zonas rurales es el analítico y con más frecuencia el de crecimiento aritmético. Este método se utiliza para el cálculo de poblaciones bajo la consideración de que estas van cambiando en la forma de una progresión aritmética y que se encuentran cerca del límite de saturación”.

Y la fórmula de crecimiento aritmético es la siguiente:

$$Pf = Pa (1+r.t)..... (1)$$

Dónde:

Pf = Población futura en habitantes.

Pa = Población actual en habitantes.

r = Coeficiente de la tasa crecimiento anual, siendo 3.36% para el centro poblado de Ganimedes<sup>4</sup>.

t = Tiempo en años.

Para la aplicación de esta fórmula es necesario conocer el coeficiente de crecimiento (r) pudiéndose presentar 2 casos. En el primer caso, además de contar con los datos recopilados en el estudio de campo, se considera la información censal de periodos anteriores.

## C. DOTACION

Raúl López Malavé<sup>5</sup>, nos dice: “Es la cantidad de agua necesaria para satisfacer apropiadamente los requerimientos de un determinado núcleo

---

<sup>3</sup> AGÜERO PITTMAN, Roger. “Agua Potable para poblaciones rurales, sistema de abastecimiento por gravedad”, pág. 20

<sup>4</sup> INEI. “Perfil Sociodemográfico del Departamento de San Martín, Censos Nacionales 2007”, pag. 20

urbano, generalmente expresada en litros por persona por día (LPCD). La dotación se forma de la suma de los requerimientos razonables correspondientes a los usos que conforman el abastecimiento”.

El Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR)<sup>6</sup>, en su guía de agua potable y saneamiento para la amazonia rural, recomienda una dotación para consumo doméstico de 90 lt/hab/día.

#### **D. PERDIDAS FISICAS EN EL SISTEMA**

Según el Ministerio de economía y finanzas, por medio de la DGPI<sup>7</sup>, son: Las pérdidas reales de agua potable producida pero no utilizada. Puede ser resultado de:

- Fugas en las tuberías en mal estado.
- Rebose no controlado en los reservorios.
- Agua utilizada para limpieza de las unidades de la planta de tratamiento, entre otros.

Las pérdidas se estiman como porcentaje de la producción:

$$\text{Perdidas en el sistema} = \text{Consumo Promedio diario anual} * \text{\%de perdidas}$$

Dónde:

- El % de perdidas recomendado máximo es de 20%, pero trabajaremos con el 10%, debido a que se estima que habrá capacitaciones en el manejo del sistema, reduciéndose así el porcentaje de pérdidas.

---

<sup>5</sup> LOPEZ MALAVE, Raúl. “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Santa Fe y Capachal, Píritu, estado Anzoátegui”, pag. 30

<sup>6</sup> PNSR. “Guía para la elaboración de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento del Programa de Agua Potable y Saneamiento para la Amazonia Rural”. Año 2013, pag. 31-32

<sup>7</sup> Ministerio de economía y finanzas, Dirección General de Inversiones. “Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos Saneamiento Básico en el Ámbito Rural, a Nivel de Perfil”. Año 2011, pag. 21

## E. VARIACION DE CONSUMO

Agüero Pittman<sup>8</sup>, nos indica que: “Para suministrar eficientemente agua a la comunidad, es necesario que cada una de las partes que constituyen el sistema satisfaga las necesidades reales de la población; diseñando cada estructura de tal forma que las cifras de consumo y variaciones de las mismas, no desarticulen todo el sistema, sino que permitan 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.”

Las variaciones de consumo son las siguientes:

### 1. Consumo promedio diario anual (Qm)

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

$$Q_m = \frac{P_f \cdot D}{86400} + PS$$

Donde:

Q<sub>m</sub> = Consumo promedio diario (lt/s).

P<sub>f</sub> = Población futura (hab.).

D = Dotación (lt/hab./día).

PS= Perdidas en el sistemas

### 2. Consumo máximo diario (Qmd)

La demanda es variable en el día y también en los meses del año, lo cual se debe a que la población tiene un comportamiento que depende de la estación del año. Para el dimensionamiento de las obras de captación, producción y conducción del agua a las plantas de tratamiento y a los reservorios, se debe tomar en cuenta la máxima demanda diaria, la cual se obtiene de la siguiente expresión:

---

<sup>8</sup> AGÜERO PITTMAN, Roger. “Agua Potable para poblaciones rurales, sistema de abastecimiento por gravedad”, pág. 24

$$Q_{md} = K_1 \cdot Q_m$$

Donde:

$Q_{md}$  = Consumo máximo diario (lt/s).

$K_1$  = Coeficiente del caudal máximo diario. Según la PNSR<sup>9</sup> para el consumo máximo diario se considera un valor de 1.3 veces del consumo promedio anual.

$Q_m$  = Consumo promedio diario (lt/s).

### 3. Consumo máximo horario ( $Q_{mh}$ )

El consumo máximo horario, se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. Puede ser relacionado respecto al consumo medio mediante la siguiente expresión:

$$Q_{mh} = K_2 \cdot Q$$

Donde:

$Q_{mh}$  = Consumo máximo horario (lt/s).

$K_2$  = Coeficiente del caudal máximo diario. Según la PNSR para el consumo máximo diario se considera un valor de 2 veces del consumo promedio anual.

$Q_m$  = Consumo promedio diario anual (lt/s).

### 4. Caudal de bombeo ( $Q_b$ )

La captación, el desarenador y la planta de tratamiento se diseñan con el caudal máximo diario para sistemas convencionales de gravedad, pero debido a que trabajaremos con un sistema de bombeo tendremos que condicionarnos por el caudal de bombeo ( $Q_b$ )

$$Q_b = Q_m * 24/N$$

Donde:

Número de horas de bombeo (N) : 9

Consumo promedio diario anual ( $Q_m$ ) : 0.62 l/s

---

<sup>9</sup> PNSR. "Guía para la elaboración de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento del Programa de Agua Potable y Saneamiento para la Amazonia Rural". Año 2013, pág. 32

$$\begin{aligned} \text{❖ Reemplazando : } \quad Q_b &= 0.62 * 24/9 \\ Q_b &= 1.65 \text{ l/s} \end{aligned}$$

### 2.5.2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

El sistema de abastecimiento de agua que se va a diseñar en este trabajo se clasificará como uno de Agua superficial ya que su fuente de abastecimiento va a ser una quebrada, específicamente la quebrada Salvador, para la cual será captada desde una captación del tipo toma lateral, para luego conducir el agua hacia un desarenador para bajar los niveles de turbidez, posteriormente se trasladara el agua hacia una cisterna debido a la diferencia de niveles, habrá que usarse un sistema de bombeo, que impulsara el agua desde la cisterna; mediante una línea de impulsión hacia la planta de tratamiento, el agua una vez tratada pasara hacia al reservorio, desde donde se tendrá que repartir el agua hacia la comunidad mediante el uso de las redes de distribución. Los Componentes del sistema son los siguientes:

#### **A.- CAPTACION**

La fuente proyectada es la Quebrada Salvador a través del sistema por bombeo. La captación se diseña con el caudal máximo diario para sistemas convencionales de gravedad, pero debido a que trabajaremos con un sistema de bombeo tendremos que condicionarnos por el caudal de bombeo ( $Q_b$ ), ya con el caudal definido debe ser comparada con el caudal de la fuente en épocas de estiaje y de avenidas, las cuales han sido medidas mediante el método volumétrico de aforo.

El Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR)<sup>10</sup>, da indicaciones en cuanto a la captación de aguas superficiales: “Las obras de captación se ubicarán en zonas libres de inundación en época de crecida, donde no ocasionen erosión o sedimentación y aguas arriba de posibles fuentes de contaminación. Deberá contar con rejilla o malla para evitar el ingreso de materiales gruesos y dispositivos para control del caudal de ingreso. En caso de emplear balsas flotantes, deben ubicarse de tal modo de evitar su arrastre

---

<sup>10</sup> PNSR. “Parámetros de Diseño de Infraestructura de Agua y Saneamiento para Centros Poblados Rurales”. Año 2004, pág. 09

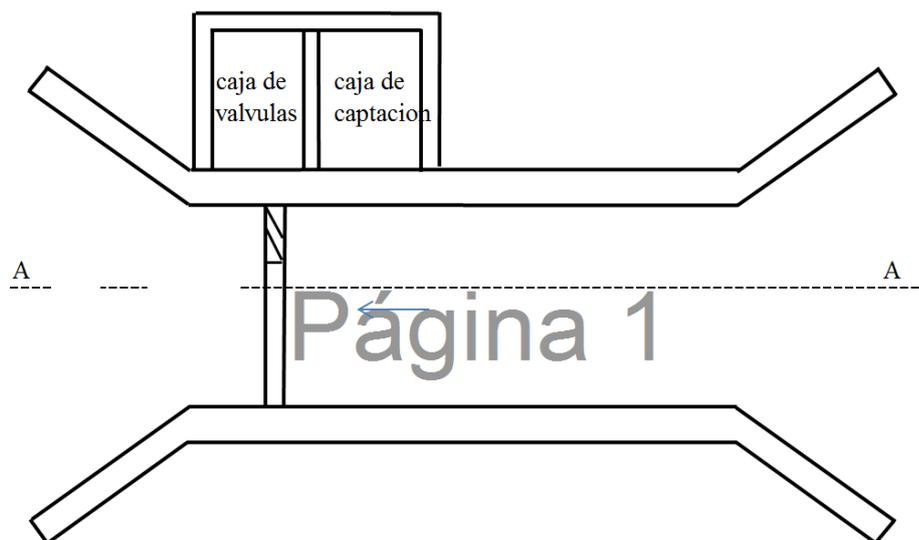
por la corriente de agua. Se deberá diseñar el tipo de anclaje adecuado considerando las variaciones del nivel de agua, así como la protección necesaria contra elementos flotantes. En todos los casos, la captación deberá asegurar el ingreso del caudal suficiente de agua durante la época de estiaje”.

Para la captación de agua de este proyecto se ha considerado utilizar la captación superficial del tipo de toma lateral.

OPS/CEPIS/UNATSABAR, Lima 2004<sup>11</sup> indica que: La captación de toma lateral es la obra civil que se construye en uno de los flancos del curso de agua, de forma tal, que el agua ingresa directamente a una caja de captación para su posterior conducción a través de tuberías o canal (véase figura N° 03).

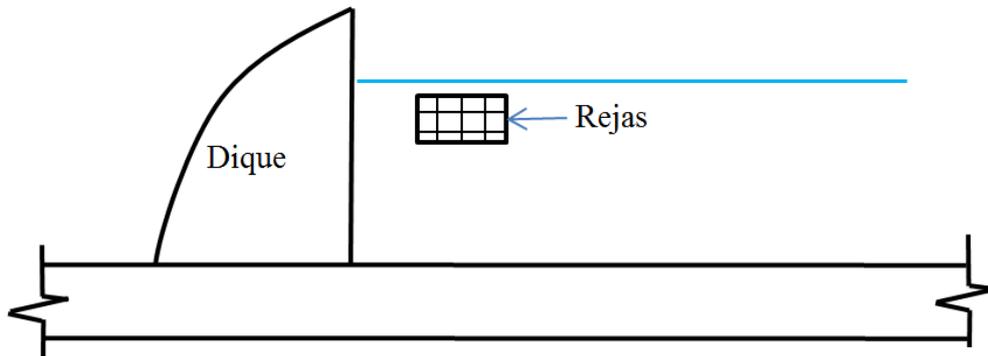
Este tipo de obra debe ser empleada en ríos de caudal limitado y que no produzcan socavación profunda. La obra de toma se ubicará en el tramo del río con mayor estabilidad geológica, debiendo prever además muros de protección para evitar el desgaste del terreno natural.

**Figura N° 03:** Esquema de captación de toma lateral



<sup>11</sup> Centro Panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente Organización panamericana de la salud, unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural. Especificaciones técnicas para el diseño de captaciones por gravedad de aguas superficiales, Lima 2004.

### CORTE A-A



### **Diseño de los elementos constitutivos de la captación**

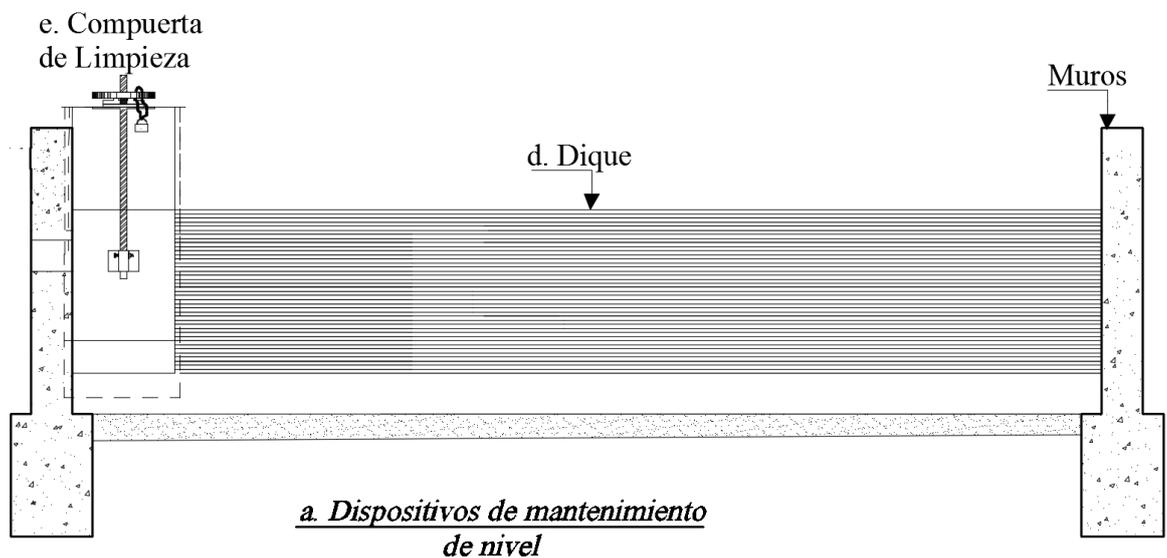
#### **a. Dispositivos de mantenimiento de nivel**

Son obras ejecutadas en un río o en curso superficial estrecho, ocupando toda su anchura, con la finalidad de elevar el nivel de agua en la zona de captación y asegurar el sumergimiento permanente de la toma de agua.

Se pueden emplear presas, vertederos o colocar piedras en el lecho del río, constituyendo lo que se denomina enrocamiento. No se deben construir en ríos profundos con gran superficie de agua.

La memoria del proyecto debe contener la demostración del comportamiento hidráulico de la represa de nivel para el caudal máximo del curso de agua, con la indicación de las condiciones desfavorables de su funcionamiento.

**Figura N° 04:** Dispositivos de mantenimiento de nivel



***a. Dispositivos de mantenimiento de nivel***

## b. Rejas

El área efectiva de paso a través de las rejas será dos veces el área necesaria para el ingreso del caudal de diseño.

El área total de la reja se calculará considerando el área de las barras metálicas y el área efectiva del flujo de agua.

Entonces:

$$A_t = A_s + A_f$$

Siendo:

$$A_s = n s l$$

$$A_f = \frac{c \cdot Q}{k \cdot V_a}$$

Donde:

$A_t$  = Área total de la rejas (m<sup>2</sup>)

$A_s$  = Área total de las barras metálicas (m<sup>2</sup>)

$A_f$  = Área necesaria de flujo (m<sup>2</sup>)

$N$  = Número de barras

$s$  = Ancho de cada barra (m)

$l$  = longitud de cada barra (m)

$c$  = Coeficiente de mayoración por efectos de colmatación:  $c=1.5-2$ .

$k$  = Coeficiente de contracción de la vena de agua

$k=0,82$  (barras rectangulares).

$k=0,9$  (barras circulares)

$k=0,98$  (barras con curvas parabólicas)

$Q$  = Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

$V_a$  = Velocidad de aproximación

$V_a = 0,21$  m<sup>2</sup>/s, según medición de la velocidad en el sitio, ver

**anexo N° 01**

El espaciamiento entre barras paralelas debe ser de 7,5 cm a 15 cm para las rejas gruesas, y de 2 cm a 4 cm para las rejas finas. Las mallas deben tener de 8 a 16 filos por decímetro.

**c. Caja de Captacion**

Elemento estructural de las obras de toma lateral, mediante el cual se reparte el caudal deseado a los demás componentes de la captación y el caudal remanente es retornado al río a través de una tubería de rebose.

**d. Dique**

El dimensionamiento de la sección transversal del dique debe asegurar la protección contra los efectos de volcamiento y deslizamiento causado por el empuje hidráulico, empuje de sedimentos e impactos sobre el dique.

**e. Compuerta de limpieza**

Se instalará transversalmente al cauce del río y a un costado del dique, se empleará para represar y elevar el nivel de agua en el área de captación.

También tiene como función aislar la captación cuando se realice el mantenimiento o limpieza de los componentes de la misma.

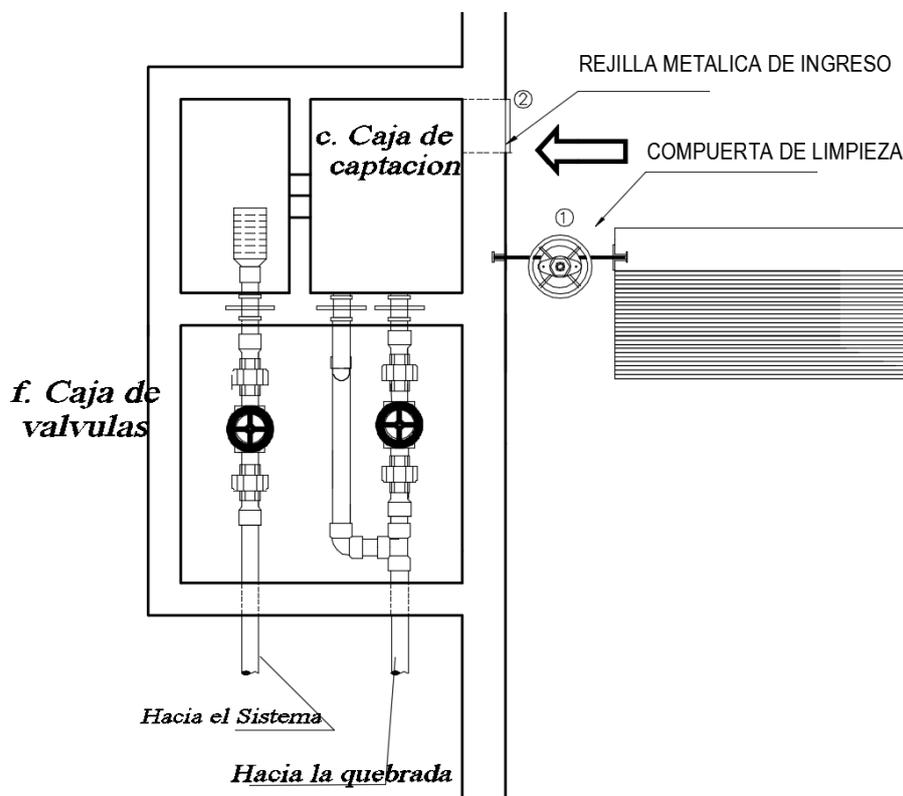
El material de la compuerta será resistente a la corrosión y al empuje del agua, deberá ser activado mediante un mecanismo sencillo que posibilite su operación.

El tamaño de la compuerta se define en función del tamaño del canal en el cual será localizado.

**f. Caja de valvulas**

En ella se encuentra las válvulas que regula el ingreso y salida del agua hacia los demás componentes del sistema, son dos las válvulas que se encuentran en esta cámara, una de ellas es la que capta el agua de la cámara de captación y la lleva hacia el desarenador, la otra válvula es la que controla la tubería de limpieza, tubería necesaria para el mantenimiento y limpieza de la cámara de captación.

**Figura N° 05: Caja de válvulas**



### **C.- DESARENADOR**

La mayoría de las fuentes superficiales de agua tienen un elevado contenido de materia en estado de suspensión, siendo necesaria su remoción previa, especialmente en temporada de lluvias.

La sedimentación es un proceso muy importante. Las partículas que se encuentran en el agua pueden ser perjudiciales en los sistemas o procesos de tratamiento ya que elevadas turbiedades inhiben los procesos biológicos y se depositan en el medio filtrante causando elevadas pérdidas de carga y deterioro de la calidad del agua efluente de los filtros.

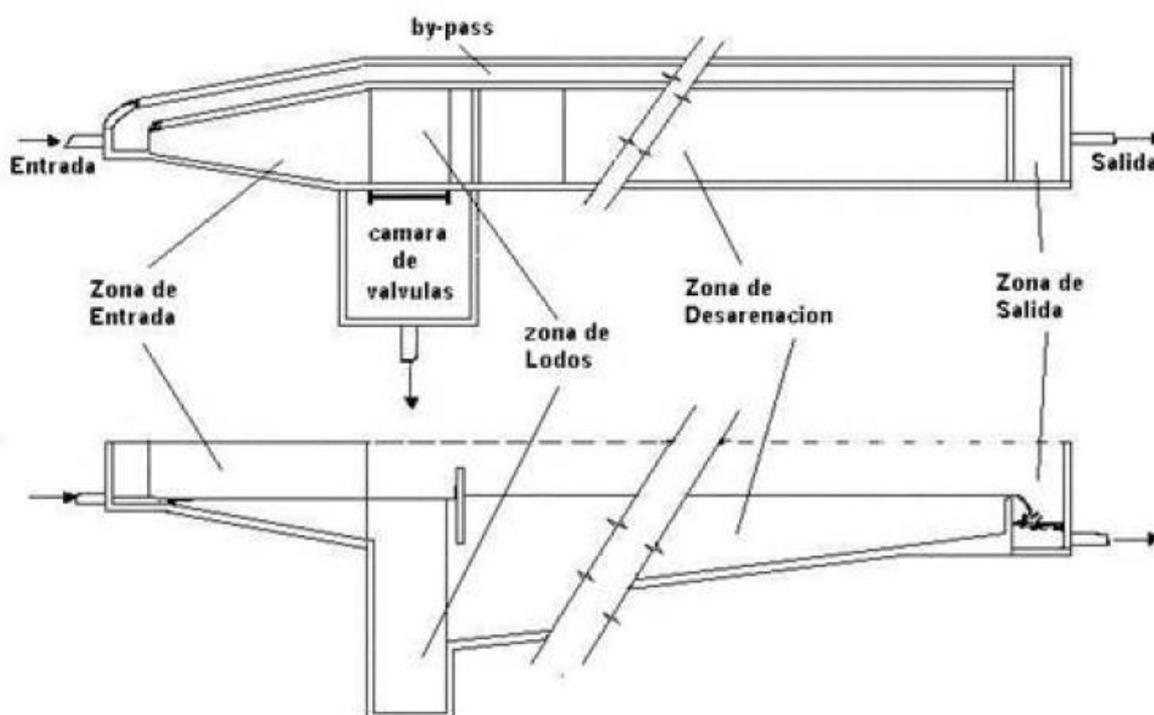
Los procedimientos de separación de material muy grueso (rejillas: gruesas y finas) se realizan o están relacionados a las captaciones. Se considera como pretratamientos y acondicionamientos previos en la planta, a unidades como desarenadores y sedimentadores.

OPS/CEPIS/UNATSABAR, Lima 2005<sup>12</sup> indica que: El Desarenador tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm.

### Componentes constitutivos del Desarenador

Esta unidad se puede dividir en cuatro partes o zonas

**Figura N° 06:** Desarenador convencional



#### a. Zona de entrada

Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad.

#### b. Zona de desarenacion

Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.

<sup>12</sup> Centro Panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente  
Organización panamericana de la salud, unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, Lima 2005.

**c. Zona de salida**

Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada

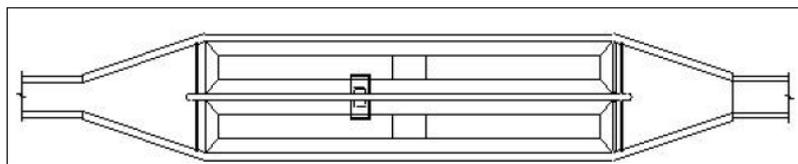
**d. Zona de deposito y eliminacion de la arena sedimentada**

Constituida por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

**Criterios de Diseño**

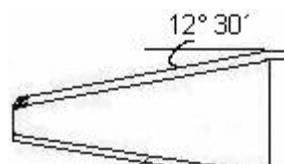
- El periodo de diseño, teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 20 años.
- El número de unidades mínimas en paralelo es 2 para efectos de mantenimiento (ver figura N° 07).

**Figura N° 07:** Desarenador de 2 unidades en paralelo (planta)



- Debe existir una transición en la unión del canal o tubería de llegada al desarenador para asegurar la uniformidad de la velocidad en la zona de entrada.
- La transición debe tener un ángulo de divergencia suave no mayor de  $12^{\circ} 30'$ .

**Figura N° 08:** Angulo de transición en desarenador



- La velocidad de paso por el vertedero de salida debe ser pequeña para causar menor turbulencia y arrastre de material (Krochin,  $V=1\text{m/s}$ ).

- La relación largo/ancho debe ser entre 7 y 12.
- La sedimentación de arena fina ( $d < 0.01$  cm) se efectúa en forma más eficiente en régimen laminar con valores de número de Reynolds menores de uno ( $Re < 1.0$ ).
- La sedimentación de arena gruesa se efectúa en régimen de transición con valores de Reynolds entre 1.0 y 1 000.
- La sedimentación de grava se efectúa en régimen turbulento con valores de número de Reynolds mayores de 1 000.

**Tabla N° 01:** Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación.

| Material     | Φ Limite de las partículas (cm)                                      | # de Reynolds                                   | Vs  | Regimen    | Ley Aplicable   |
|--------------|--|---|---|------------|---|
| Grava        | >1.00  | >10 000   | 100   | Turbulento | $V_s = 1.82 \sqrt{\frac{dg(\rho_a - \rho)}{\rho}}$<br>Newton  |
| Arena Gruesa | 0.100<br>0.080<br>0.050<br>0.050<br>0.040<br>0.030<br>0.020<br>0.015 | 1 000<br>600<br>180<br>27<br>17<br>10<br>4<br>2 | 10.00<br>8.30<br>6.40<br>5.30<br>4.20<br>3.20<br>2.10<br>1.50 |            | $V_s = 0.22 \left( \frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[ \frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right]$<br>Allen |
| Arena Fina   | 0.010<br>0.008<br>0.006<br>0.005<br>0.004<br>0.003<br>0.002<br>0.001 | 0.8<br>0.5<br>0.24<br>1<br>1<br>1<br>1<br>1     | 0.80<br>0.60<br>0.40<br>0.30<br>0.20<br>0.13<br>0.06<br>0.015 | Laminar    | $V_s = \frac{1}{18} g \left( \frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$<br>Stokes                                     |

## Dimensionamiento del Desarenador

- Se determina la velocidad de sedimentación de acuerdo a los criterios indicados anteriormente en relación a los diámetros de las partículas. Como primera aproximación utilizamos la ley de Stokes.

$$V_s = \frac{g}{18} \left( \frac{P_s - 1}{n} \right) d^2$$

Siendo:

$V_s$  = Velocidad de sedimentación (cm/seg)

$d$  = Diámetro de la partícula (cm)

$n$  = Viscosidad cinemática del agua (cm<sup>2</sup>/seg)

$P_s$  = Densidad de la partícula

- Al disminuir la temperatura aumenta la viscosidad afectando la velocidad de sedimentación de las partículas. (aguas frías retienen sedimentos por periodos más largos que cursos de agua más calientes), véase **Gráfico N° 01**: Densidad y viscosidad del agua (ver pág. 176).

Se comprueba el número de Reynolds:

$$Re = \frac{V_s \cdot d}{n}$$

- En caso que el número de Reynolds no cumpla para la aplicación de la ley de Stokes ( $Re < 0.5$ ), se realizará un reajuste al valor de  $V_s$  considerando la sedimentación de la partícula en régimen de transición, mediante el término del diámetro y el término de velocidad de sedimentación del **Gráfico N° 02**: Valores de Sedimentación (ver pág. 177).
- Se determina el coeficiente de arrastre ( $C_d$ ), con el valor del número de Reynolds a partir del nuevo valor de  $V_s$  hallado.

$$C_d = \frac{24}{R} + \frac{3}{R} + 0.34$$

- Se determina la velocidad de sedimentación de la partícula en la zona de transición mediante la ecuación.

$$V_s = \sqrt{\frac{24}{R} * \frac{g}{Cd} (P_s - 1) * d}$$

- Se realiza un ajuste tomando en cuenta el tiempo de retención teórico del agua respecto al práctico (coeficiente de seguridad), mediante el **Gráfico N° 03**: Velocidad de sedimentación (ver pág. 178).

Así tenemos que:

$$V_s = \left( \frac{Q * coef. segur}{A_s} \right)$$

- Determinamos la velocidad límite que resuspende el material o velocidad de desplazamiento:

$$V_d = \sqrt{\frac{8k}{f} * g(P_s - 1) * d}$$

Siendo: K: Factor de forma (0.04, arenas unigranulares no adheribles)

V<sub>d</sub>: Velocidad de desplazamiento (cm/seg)

f: Factor de rugosidad de la cámara

- Estimamos el valor de f mediante el **Gráfico N° 04**: Curvas de comportamiento (ver pág. 179).

$$R = \left( \frac{4R_m * V_h}{n} \right)$$

$$\frac{4R_m}{K}$$

Siendo: K: 1\*10<sup>-1</sup> cm

V<sub>h</sub>: Velocidad horizontal (cm/seg)

R<sub>m</sub>: Radio medio hidráulico(cm)

- Determinamos la velocidad horizontal (V<sub>h</sub>), mediante la ecuación.

$$V_h = \frac{Q}{At}$$

- Luego se debe cumplir la relación  $V_d > V_h$ , lo que asegura que no se producirá la resuspensión.
- Las dimensiones de ancho, largo y profundidad serán de tal forma que se cumpla las relaciones determinadas en los criterios de diseño mencionadas anteriormente.
- La longitud de la transición de ingreso la determinamos mediante la ecuación:

$$L1 = \frac{B - b}{2 * tg\theta}$$

Siendo:  $\theta$ : Ángulo de divergencia ( $12^\circ 30'$ )

B: Ancho del sedimentador (m)

b: Ancho del canal de llegada a la transición (m)

### **C.- LINEA DE IMPULSION**

En el caso de conducción por bombeo, la diferencia de elevación de carga a vencer va a verse incrementada en función de la selección de diámetros menores y consecuentemente ocasionará mayores costos de equipo y energía. Por tanto, cuando se tiene que bombear agua mediante una línea directa al estanque de almacenamiento, existirá una razón inversa de costos entre potencia requerida y diámetros de la tubería.

#### **a. Gasto de Diseño**

Simón Arocha<sup>13</sup> menciona que, el gasto de diseño de una línea de aducción por bombeo será el correspondiente al consumo máximo diario para el periodo de diseño y que no resulta aconsejable ni práctico mantener periodos de bombeo diario de 24 horas diarias, habrá que incrementar el gasto de bombeo de acuerdo a la relación de horas de bombeo, satisfaciendo así las necesidades de la población en las 24 horas.

---

<sup>13</sup> Arrocha R., Simón. "Abastecimientos de agua, teoría y diseño", pág. 143.

Por tanto:

$$Q_b = K_1 Q_m \cdot \frac{24}{N} \dots \dots \dots (5)$$

K1 = Factor previamente definido

N = Horas de bombeo

Debido a que estamos diseñando para un consumo medio en función de población futura, y que el K1, está afectando el consumo medio de la población, puede considerarse satisfactorio un diseño de una línea de impulsión por bombeo prescindiendo de K1, y absorbiendo el día de máximo consumo con un aumento en el tiempo de bombeo cuando tal situación ocurra, quedando por tanto, como gasto de diseño de la línea de bombeo.

Por tanto:

$$Q_b = Q_m \cdot \frac{24}{N}$$

#### **b. Selección de Diámetro**

El **mismo autor** indica que, sostiene que de acuerdo al crecimiento poblacional y al desarrollo urbanístico de la zona, durante el periodo de diseño se producirán aumentos graduales en los consumos de agua. Esto significa que para un diámetro determinado, las pérdidas de carga aumentaran de acuerdo al aumento del gasto y consecuentemente se incrementaran los costos de operación y mantenimiento de la estación de bombeo.

Un predimensionamiento puede hacerse en base a la fórmula de Bresse, que se trata de un criterio muy conservador, ya que corresponde a una velocidad constante de 0.57 m/s, velocidad ampliamente superada hoy en día. Existen dos casos, cuando el bombeo es continuo (N=24 horas) y cuando no lo es (N<24 horas):

$$\text{Para } N=24 \text{ horas} \rightarrow D = K \cdot \sqrt{Q} \dots \dots \dots (6)$$

D= Diametro en m

Q= Gasto en m<sup>3</sup>/s

$$K = 0.7 - 1.6$$

$$\text{Para } N < 24 \text{ horas} \rightarrow D = 1.3 \cdot \lambda^{1/4} \cdot \sqrt{Q} \dots\dots (6)$$

D= Diámetro en m

$$\lambda = \frac{N}{24}$$

Q= Gasto en m<sup>3</sup>/s

N= Número de horas de bombeo\*

\* Para el cálculo con energía solar “N” es determinado por La horas en que funcionara el sistema, el cual será de 9 horas.

### c. Velocidad Media de Flujo

Para Choy Bejar<sup>14</sup>, una vez establecido el diámetro de diseño, si este no es comercial se determina la velocidad media del flujo en la tubería escogiendo para esto el diámetro inmediato superior comercial y utilizando la ecuación de continuidad tenemos:

$$V = \frac{4 \cdot Q_b}{\pi \cdot D_c^2} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

V = Velocidad media del agua a través de la tubería (m/s).

D<sub>c</sub> = Diámetro interior de la sección transversal de la tubería comercial (mm).

Q<sub>b</sub> = Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s).

García Trisolini<sup>15</sup>, nos indica: “la velocidad mínima para tuberías de impulsión en poblaciones rurales es de 0.60 m/s y la máxima es de 3m/s”

### d. Presión Máxima

Para Juan Ruilova<sup>16</sup>: “El término Golpe de Ariete se refiere a las fluctuaciones de presión debido a un repentino incremento o decremento

---

<sup>14</sup> Choy Bejar, Víctor. “Diseño de una nueva línea de impulsión y selección del equipo de bombeo para la extracción de agua subterránea planes de expansión de mínimo costo de agua potable y alcantarillado EPS Chimbote”, Cap. 4, Pág. 24.

<sup>15</sup> García Trisolini, Eduardo. “Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales”, Pág. 33.

en la velocidad del flujo. Este fenómeno de estado estable se encarga del cambio entre la energía cinética y la energía de presión, el cual puede ser positivo o negativo.

Al cerrar repentinamente o paralizar el equipo de bombeo, la compresión del agua más la expansión de la tubería empieza en el punto de cierre, transmitiéndose hacia arriba a una velocidad de nombre Velocidad de Propagación de Onda.

- Velocidad de Propagación de Onda

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{\delta \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{d}{e \cdot E}\right)}} \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

$\delta$  = Densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>).

$\varepsilon$  = Modulo de la elasticidad del agua (2x10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>).

d = Diámetro interior de la tubería (mm).

e = Espesor de la tubería (m). (Ver tabla N° 1.6 del **anexo N° 02**)

E = Modulo de elasticidad del material de la tubería (para PVC, E = 2.94 x 10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>)

- Sobrepresión

El tiempo de propagación de la onda (ida y vuelta) es conocido como tiempo crítico y se expresa como:

$$T_c = \frac{2 \cdot L}{\alpha} \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

T<sub>c</sub>= Tiempo critico o de propagación de la onda en cierre instantáneo (s).

L= Longitud de la tubería por donde transita la onda (m).

---

<sup>16</sup> Ruilova, Juan. "Diseño y construcción de un sistema de suministro de agua para una comunidad agrícola", pág. 13

Si el tiempo de cierre de la válvula es menor al tiempo crítico entonces la presión ira aumentando hasta el cierre completo de la válvula y dicho valor será entonces considerado como el de un tiempo de cierre instantáneo.

La sobrepresión por este efecto se calcula para un cierre instantáneo que genera una presión mayor que la originada por un tiempo de cierre gradual, es decir un tiempo mayor al tiempo critico regulado por la válvula de control y se expresa como:

$$\Delta H = \frac{\alpha \cdot V}{g} \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

$\Delta H$ = Sobrepresión (m.c.a.)

$g$ = Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

$V$ = Velocidad media de flujo (m/s)

$\alpha$ = Velocidad de propagación de onda (m/s)

La presión máxima estará dada por la siguiente expresión:

$$P_{max} = H + \Delta H \dots\dots\dots (11)$$

$H$ = 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 ese punto (m.c.a.).

#### **e. Perdida de carga**

Agüero Pittman<sup>17</sup>, nos indica que es el gasto de energía necesario para vencer las resistencias que se oponen al movimiento del fluido de un punto a otro en una sección de la tubería, pueden ser:

---

<sup>17</sup> Agüero Pittman, Roger. "Agua potable para poblaciones rurales, sistema de abastecimiento por gravedad". Pág. 20.

- Perdida de carga por fricción en la tubería

Son ocasionadas por la fuerza de rozamiento en la superficie de contacto entre el fluido y la tubería. Se calcula con la ecuación de Hazen – William:

$$Qb = 0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot S^{0.54}$$

$$S = \left[ \frac{Qb}{0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63}} \right]^{1.85}$$

$$Hf = S \cdot L \quad \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

Qb= Caudal de Bombeo (m<sup>3</sup>/s)

C= Coeficiente de rugosidad de Hazen – William

D= Diámetro interior de la tubería (m)

S= Pendiente de la línea de energía (m/m)

L= Longitud de la tubería con diámetro constante (m)

- Perdida de carga local por accesorios

Son producidas por la deformación del flujo, cambio en sus movimientos y velocidad (estrechamientos o ensanchamientos bruscos de la sección, torneado de las válvulas, grifos, compuertas, codos, etc.).

$$H_l = \Sigma k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

k= Coeficiente que depende del accesorio por donde transita el flujo

V= Velocidad media del flujo (m/s)

g= Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Nota: Se considera esta pérdida de carga si se cumple que:

$$H_L \geq 10 \% H_f \quad \dots\dots\dots (15)$$

#### **f. Altura manométrica**

Se define como la suma de las alturas geométricas; es decir, la altura medida verticalmente desde el nivel del líquido a elevar hasta el punto más alto de descarga, más las pérdidas de carga que existan.

Para el cálculo de la altura manométrica se considera colocar la bomba sumergible a una profundidad de 0.30 metros, por encima del fondo de piso de la cisterna de almacenamiento.

#### **D.- CAMARA ROMPE PRESION**

La tubería de impulsión tiene como punto final, la cámara rompe presión, esto debido a que el agua bombeada viene con una presión que podría afectar al funcionamiento de la planta de tratamiento, por ello hace necesario que el agua bombeada sea disipada la energía y reducida la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños en la planta de tratamiento

En la instalación de una cámara rompe-presión debe preverse de un flotador o regulador de nivel de aguas para el cierre automático una vez que se encuentre llena la cámara y para periodos de ausencia de flujo.

#### **Diseño de cámara rompe presión**

Agüero Pittman<sup>18</sup>, nos indica que: Para determinar la altura de la cámara rompe presión, es necesario conocer la carga requerida (H) para que el caudal de salida pueda fluir. Este valor se determina mediante la ecuación experimental de Bernoulli.

$$H = 1.56 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H= Carga de agua (m)

V= Velocidad del flujo en m/s definida como  $1.9735 \frac{Q_b}{D^2}$

g= Aceleración gravitacional (9.81 m/s<sup>2</sup>).

---

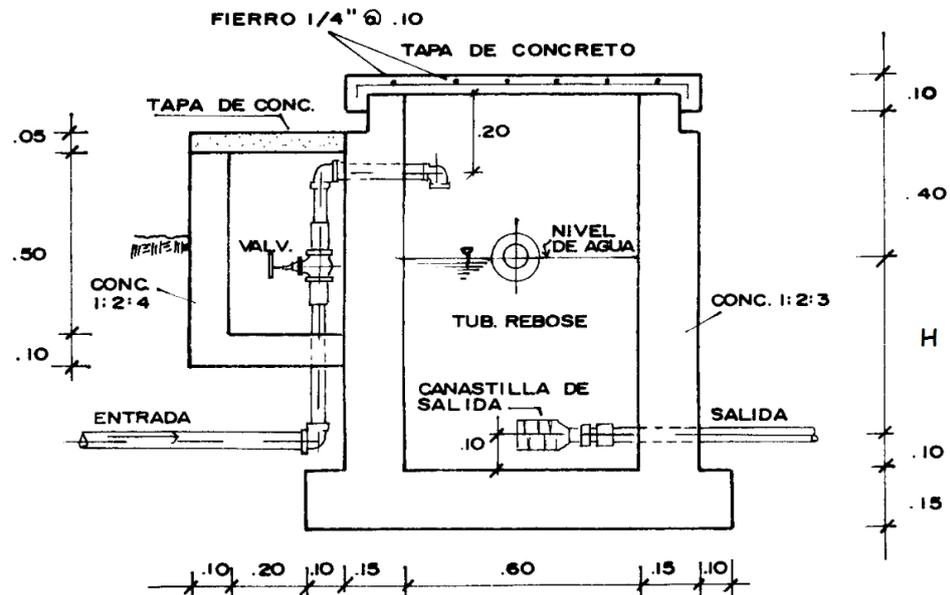
<sup>18</sup> Agüero Pittman, Roger. "Agua potable para poblaciones rurales, sistema de abastecimiento por gravedad". Pág. 71.

A esta altura (H), el autor suma 10 cm debido a la canastilla de salida (A) y también agrega un mínimo de 40 cm de borde libre (BL), resultando la altura total (Ht):

$$H_t = H + A + BL$$

Por facilidad, en el proceso constructivo y en la instalación de accesorio, se considerara una sección interna de 0.60 por 0.60 m.

**Figura N° 09: Cámara Rompe Presión**



## E.- PLANTA DE TRATAMIENTO

Lidia Canepa<sup>19</sup>, nos indica que: “La filtración biológica (o filtración lenta) se consigue al hacer circular el agua cruda a través de un manto poroso de arena. Durante el proceso las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica que reducen a la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta un subsecuente retiro o limpieza.

<sup>19</sup> Canepa de Vargas, Lidia: “Filtración lenta como proceso de desinfección”, pág. 02.

Los procesos que se desarrollan en un filtro lento se complementan entre sí, actuando en forma simultánea, para mejorar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua tratada.”

El presente sistema, tendrá una planta de tratamiento de filtro lento, la filtración lenta es la tecnología más apta para el medio rural.

Para el diseño de la planta de tratamiento se necesitó del estudio de agua de la fuente proyectada (**ver Anexo 04**), del estudio de agua se verificó el nivel de turbiedad, con ello se analizó que componentes tendrá la planta de tratamiento de filtro lento.

El resultado del nivel de turbiedad es de 88 NTU, el cual según Cesar Marrón<sup>20</sup>, indica que para este nivel de turbiedad es necesario el uso de los siguientes componentes: Pre filtro de grava en capas con flujo ascendente, Filtro lento en arena y Clorador.

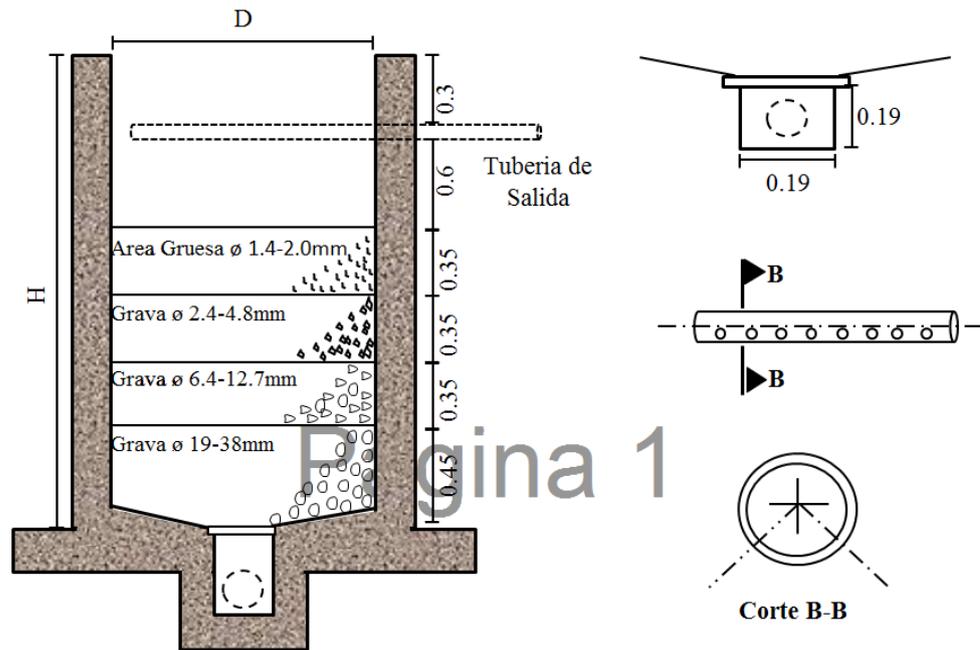
#### **a. Pre filtro de grava en capas con flujo ascendente**

En muchos diseños de plantas de tratamiento no se toman en cuenta las variaciones en la calidad del agua, sobre todo en época de lluvias, en que debido al aumento de turbidez los filtros se obstruyen y pierden su eficacia. Por ello es necesario adecuar previamente el agua mediante diferentes procesos. Entre estos se encuentra la pre filtración, que remueve no solo la turbidez sino también las algas y bacterias del agua y alarga el periodo de operación de los filtros, disminuyendo su frecuencia de lavado.

---

<sup>20</sup>Marrón, Cesar: “Plantas de tratamiento por filtración lenta: diseño, operación y mantenimiento”, pág. 09  
46

**Figura N° 10:** Planta de tratamiento - Prefiltro



El mismo Autor indica que la tubería de ingreso se introduce por el eje del pre filtró hasta el fondo de la unidad. Desde esta tubería el agua se distribuye uniformemente a todo el área de la unidad mediante tuberías secundarias perforadas. La zona de filtración está compuesta por cuatro capas de grava de diferentes tamaños: al fondo se deposita la grava más gruesa, y en la parte superior la más fina.

El agua atraviesa la zona de filtración de forma ascendente y es recogida por la tubería de salida, que tiene orificios de 12.7 mm. de diámetro a 50 mm. de centro a centro y está a 0.40 m del lecho filtrante de grava. Esta tubería puede ser mayor que la de ingreso, para reducir perdidas de carga y facilitar la salida de agua.

En el fondo del pre filtró esta la zona de drenaje, que permite su descarga. El piso de la unidad tiene una inclinación del 12.50 % para facilitar el deslizamiento del sedimento hacia el canal de descarga del agua de lavado. Como soporte de las gravas se ubican losas o ladrillos sobre el canal de descarga, separados por dos o tres centímetros.

**Tabla N° 02:** Criterios de diseño Prefiltro

| PARÁMETRO                              | VALORES    |
|--|------------|
| Número de prefiltros                   | $\geq 2$   |
| Tasa de filtración (Caudal/área) (m/h) | $\leq 1.5$ |

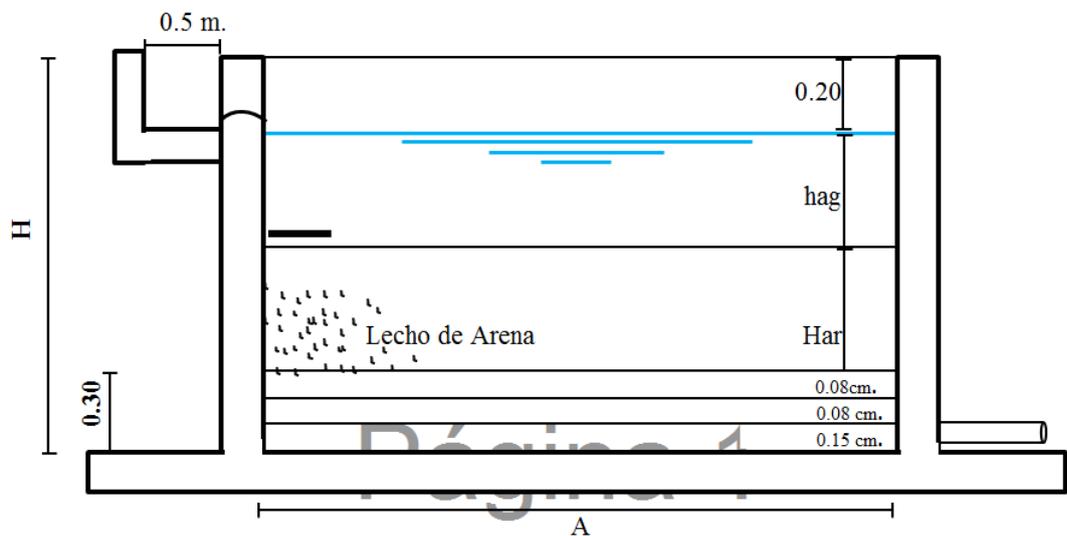
| Capas  | espesor (m) | tamaño (mm) |
|--|-------------|-------------|
| Capa 01 (grava)                                  | 0.1 - 0.3   | 19.0 - 38.0 |
| Capa 02 (grava)                                  | 0.2 - 0.4   | 6.4 - 12.7  |
| Capa 03 (grava)                                  | 0.3 - 0.5   | 2.4 - 4.8   |
| Capa 04 (grava)                                  | 0.3 - 0.5   | 1.4 - 2.0   |
| Espesor total del lecho (m)                      |             | ≥ 1.2       |
| Altura de agua sobre la superficie del lecho (m) |             | ≥ 0.4       |
| Altura del borde libre (m)                       |             | 0.2 - 0.4   |
| Pendiente del fondo (%)                          |             | ≥ 12.5 %    |
| Separación entre losas/ladrillos (mm)            |             | 20 - 30     |
| Ancho de losas/ladrillos (cm)                    |             | 10 - 15     |
| Velocidad de descarga de lavado (m/min)          |             | 1           |
| Velocidad en el canal de lavado (m/s)            |             | 1.5         |

**Fuente:** Plantas de tratamiento por filtración lenta, Cesar Marrón, 1999

#### b. Filtro Lento en Arena

Cesar Marrón<sup>21</sup>, nos dice que durante la operación normal de filtrado, el agua ingresa por la parte superior del filtro a la capa de agua sobrenadante. La tubería de ingreso se deposita en el canal de entrada, donde luego pasa por un vertedero hacia la capa sobrenadante, donde permanecerá durante varias horas, periodo durante el cual las partículas suspendidas en el agua pueden sedimentar.

**Figura N° 11:** Planta de tratamiento - Filtro Lento



<sup>21</sup>Marrón, Cesar: "Plantas de tratamiento por filtración lenta: diseño, operación y mantenimiento", pág. 17  
48

El nivel de la capa de agua sobrenadante se va elevando con la obstrucción del filtro hasta llegar al rebose, momento en el cual es necesario lavar el lecho de arena. Por encima del rebose se deja una altura libre de 20 cm.

En la capa superficial de arena se desarrolla la mayor actividad biológica y se remueve la mayoría de organismos patógenos del agua. La altura del lecho mide entre 30 y 40 cm, dependiendo de la calidad del agua bruta. Las paredes interiores de la caja del filtro en el tramo ocupado por el lecho filtrante deben presentar un acabado rugoso que impida la formación de cortocircuitos.

El agua atraviesa el lecho filtrante de arena y es recogida por el sistema de drenaje en el fondo, constituido por tuberías perforadas que la conducen a la siguiente unidad. Sobre las tuberías perforadas del fondo se encuentran las capas de grava que cumplen la función de soporte de la arena.

**Tabla N° 03:** Criterios de diseño Filtro Lento

| PARÁMETRO                                  | VALORES                      |             |
|--|------------------------------|-------------|
| Numero de filtros (n)                      | ≥ 2                          |             |
| Vf: Tasa de filtración (caudal/área) (m/h) |                              |             |
| Filtro Lento                               | 0.1 - 0.2                    |             |
| Sedimentador o prefiltro + Filtro lento    | 0.15 - 0.3                   |             |
| Sedimentador + prefiltro + Filtro lento    | 0.3 - 0.5                    |             |
| Área de un filtro (A)                      | $A=Q/(n \times Vf)$          |             |
| Coeficiente de mínimo costo (k)            | $K=2n/(n+1)$                 |             |
| Largo del filtro (m)                       | $L = \sqrt{(Area \times K)}$ |             |
| Altura total del lecho de grava (m)        | 0.1 - 0.3                    |             |
| Capas:                                     | espesor (m)                  | tamaño (mm) |
| Capa 01 (grava)                            | ≥ 0.05                       | 1.5 - 4.0   |
| Capa 02 (grava)                            | ≥ 0.05                       | 4 - 15      |
| Capa 03 (grava)                            | ≥ 0.05                       | 10 - 40     |
| Altura del lecho de arena (m)              | 0.3 - 0.5                    |             |

|   |            |
|---|------------|
| Diámetro efectivo de la arena (D <sub>10</sub> ) (mm)           | 0.15 - 0.4 |
| Coefficiente de uniformidad (D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> ) | 1.8 - 3    |
| Altura del borde libre (m)                                      | 0.2        |
| Altura de capa de agua sobrenadante (m)                         | 1 - 1.5    |

Fuente: Plantas de tratamiento por filtración lenta, Cesar Marrón, 1999

### c. Clorador artesanal por goteo

La filtración lenta en arena produce agua de muy buena calidad. Sin embargo, es necesario efectuar la cloración para obtener una completa desinfección y evitar futuras contaminaciones del agua durante su transporte y manipulación.

Cesar Marrón<sup>22</sup>, describe al Clorador artesanal por goteo como un pequeño tanque de PVC de 250 lts. sobre el reservorio, colocado cerca del ingreso de agua y junto a la tapa sanitaria..

En el Clorador prepararemos una solución de cloro con agua y con el caño controlaremos el goteo de esta solución al reservorio para desinfectar el agua. El sistema de control de goteo constante está compuesto por un flotador y una tubería de 1/2" con un orificio para que la carga, y por tanto, el goteo sean constantes.

#### Dosificación

Para calcular la cantidad de cloro necesaria, será necesario tener el caudal que ingresa al reservorio, teniendo esto, utilizaremos la tabla N° 04.

**Tabla N°04:** Dosificación de cloro en polvo HTH al 65%.

| CAUDAL<br>(l/s) | PESO DE<br>CLORO<br>(gramos) | VOLUMEN<br>SOLUCION<br>MADRE<br>(Litros) | GOTAS<br>POR<br>MINUTO |
|-----------------|------------------------------|--|------------------------|
| 0.30            | 115                          | 115                                      | 12                     |
| 0.40            | 140                          | 18                                       | 15                     |
| 0.50            | 170                          | 22                                       | 18                     |
| 0.60            | 208                          | 27                                       | 22                     |

<sup>22</sup>Marrón, Cesar: "Plantas de tratamiento por filtración lenta: diseño, operación y mantenimiento", pág. 17  
50

|      |     |     |    |
|------|-----|-----|----|
| 0.70 | 240 | 31  | 26 |
| 0.80 | 277 | 36  | 30 |
| 0.90 | 308 | 40  | 33 |
| 1.00 | 346 | 45  | 37 |
| 1.20 | 408 | 53  | 44 |
| 1.50 | 524 | 68  | 56 |
| 1.80 | 624 | 81  | 67 |
| 2.00 | 693 | 90  | 74 |
| 2.25 | 770 | 100 | 83 |
| 2.50 | 862 | 112 | 92 |

Fuente: *Plantas de tratamiento por filtración lenta, Cesar Marrón, 1999*

Se interpolara los valores que no se encuentren en la tabla. Se echara en un balde la cantidad de cloro obtenida en la tabla, con un poco de agua para disolverla. Vertemos esta mezcla en el Clorador y rellenamos con agua hasta completar los litros de solución madre que recomienda la tabla. La solución madre es la mezcla de cloro y agua que introducimos en el Clorador artesanal y que por goteo, desinfectara el agua en el reservorio. Entonces regulamos el caño para que proporcione aproximadamente las gotas por minuto que indica la tabla.

Contamos las gotas que caen en un minuto, y consideramos correcto si el Clorador proporciona hasta cinco gotas más o menos de lo que indica la tabla.

Esta tabla considera cloro en polvo HTH al 65%. Si el cloro utilizado tiene otro porcentaje, para calcular el peso necesario haremos la siguiente operación (solo la segunda columna de la tabla variara):

$$\text{PESO} = \text{PESO (tabla)} \times \frac{65}{\% \text{CLORO}} \dots\dots\dots (16)$$

## F.- RESERVORIO Y CISTERNA

### F.1.- RESERVORIO

Simón Arrocha<sup>23</sup>, indica que: Los reservorios o estanques de almacenamiento cumplen tres propósitos fundamentales:

<sup>23</sup> Simón Arocha R. "Abastecimiento de agua: teoría y diseño", Pág. 77

- ✓ Compensar las variaciones de los consumos que se producen durante el día.
- ✓ Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.
- ✓ Mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situación de emergencia tales como incendios e interrupciones por daños de tubería de aducción o de estaciones de bombeo

Agüero Pittman<sup>24</sup>, nos informa que: 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 conducción y que el reservorio funcione como parte del sistema.

$$V_{ALM} = V_{REG} + V_I + V_{RES}$$

- Volumen de regulación: Se utilizan métodos gráficos y analíticos. Los primeros se basan en la determinación de la “curva de masa” o de “consumo integral”, considerando los consumos acumulados; para los métodos analíticos, se debe disponer de los datos de consumo por horas y del caudal disponible de la fuente, que por lo general es equivalente al consumo promedio diario. En la mayoría de las poblaciones rurales no se cuenta con información que permita utilizar los métodos mencionados, pero si podemos estimar el consumo medio diario anual. En base a esta información se calcula el volumen de almacenamiento.

Para los proyectos de agua potable por bombeo, la PNSR<sup>25</sup> recomiendan una capacidad mínima de regulación del reservorio del 20% del consumo promedio diario anual

---

<sup>24</sup> AGÜERO PITTMAN, Roger. “Agua Potable para poblaciones rurales, sistema de abastecimiento por gravedad”, pág. 77.

<sup>25</sup> PNSR. “Guía para la elaboración de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento del Programa de Agua Potable y Saneamiento para la Amazonia Rural”. Año 2013, pág. 33.

- Volumen contra incendios: Según Vierendel<sup>26</sup> no se considera el volumen de agua contra incendios, para poblaciones que cuenten con menos de 10 000 habitantes.
- Volumen de reserva: este volumen es utilizado como provisión cuando existan interrupciones por las bombas o cuando existan daños en la línea de aducción. Para determinar el volumen de reserva, Gabriela Cunia<sup>27</sup> recomienda las siguientes formulas:

$$V_{\text{reserva}} = 25\% \times V_{\text{ALM}}$$

$$V_{\text{reserva}} = 25\% \times V_{\text{ALM}}$$

### **Tipos de reservorios**

OPS/CEPIS/UNATSABAR, Lima 2004<sup>28</sup> indica que: Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados, que pueden tomar la forma esférica, cilíndrica, y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc; los apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo; y los enterrados, de forma rectangular y circular, son construidos por debajo de la superficie del suelo (cisternas).

Para capacidades medianas y pequeñas, como es el caso de los proyectos de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, resulta tradicional y económica la construcción de un reservorio apoyado de forma cuadrada o circular.

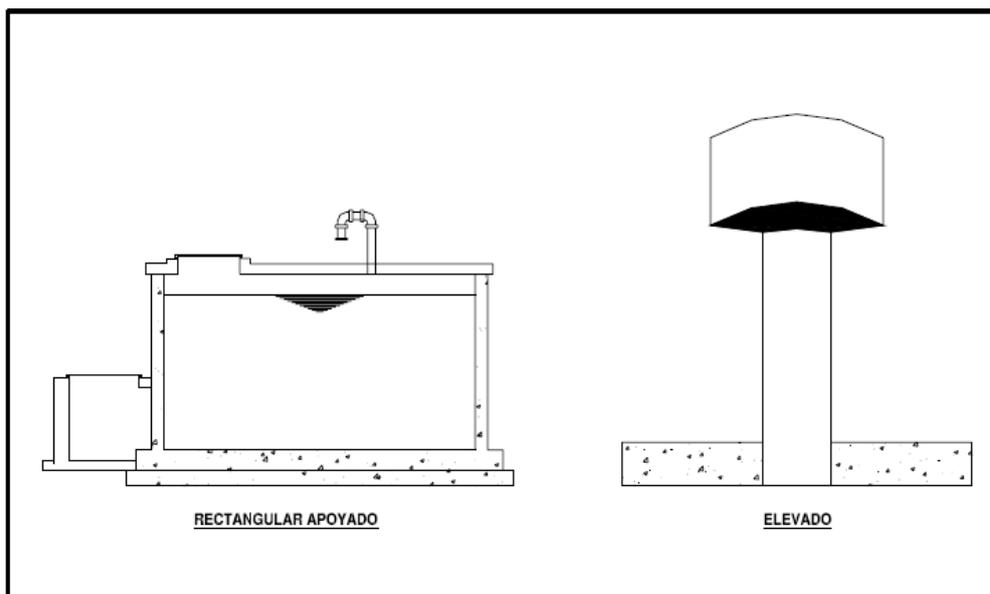
---

<sup>26</sup> Vierendel. "Abastecimiento de agua y alcantarillado" pág. 50

<sup>27</sup> Cunia Pérez, Gabriela: "Diseño y evaluación económica comparativa del sistema de agua potable en la comunidad de nuevo Arica de Cachiyacu utilizando energía solar y energía térmica en el año 2010". Pag. 25.

<sup>28</sup> Centro Panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente Organización panamericana de la salud, unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural. Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados, Lima 2004, pág. 08

**Figura N° 12:** Tipos de reservorios.



### **Ubicación del reservorio**

OPS/CEPIS/UNATSABAR, Lima 2004<sup>29</sup> indica que: De acuerdo a la ubicación, los reservorios pueden ser de cabecera o flotantes. En el primer caso se alimentan directamente de la captación, pudiendo ser por gravedad o bombeo y elevados o apoyados, y alimentan directamente de agua a la población. En el segundo caso, son típicos reguladores de presión, casi siempre son elevados y se caracterizan porque la entrada y la salida del agua se hacen por el mismo tubo.

Considerando la topografía del terreno y la ubicación de la fuente de agua, en la mayoría de los proyectos de agua potable en zonas rurales los reservorios de almacenamiento son de cabecera y por gravedad.

El reservorio se debe ubicar lo más cerca posible y a una elevación mayor al centro poblado.

### **F.2.- CISTERNA**

La cisterna es un componente que tiene características similares al del reservorio descrito arriba, pues ambas tienen por función la de almacenar

<sup>29</sup> Centro Panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente  
Organización panamericana de la salud, unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural. Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados, Lima 2004, pág. 09

un determinado volumen de agua. Pero este componente no tiene por función potabilizar el agua y tampoco de mantener presiones en la red de distribución. Aun así debe ser diseñada para almacenar cierto volumen de agua y de recipiente para trasladar el agua hacia una cota más alta por el sistema de bombeo.

La cisterna estará ubicada a 100 m. del desarenador, y será semienterrada según la topografía.

La capacidad de almacenamiento según el RNE<sup>30</sup>, debe ser de  $\frac{3}{4}$  del Volumen de regulación del reservorio.

## **G.- REDES DE DISTRIBUCION**

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.

Las presiones deben satisfacer las condiciones máximas y mínimas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir. En tal sentido, la red debe mantener presiones de servicio mínimas, que sean capaces de llevar agua al interior de las viviendas (parte alta del pueblo). También en la red deben existir limitaciones de presiones máximas tales que no provoquen danos en las conexiones y que permitan el servicio sin mayores inconvenientes de uso (parte baja).

### **Consideraciones básicas de diseño**

- ✓ La red de distribución se debe calcular considerando la velocidad y presión del agua en las tuberías.
  
- ✓ Agüero Pittman<sup>31</sup> recomienda que los valores de velocidad mínima de 0.6 m/s y máxima de 3.0 mis. Si se tiene velocidades menores que la

---

<sup>30</sup> Reglamento nacional de edificaciones, título III.3, I.S.010, capítulo 2.4.

mínima, se presentaran fenómenos de sedimentación; y con velocidades muy altas, se producirá el 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 presiones elevadas se originan pérdidas por fugas y fuertes golpes de ariete.
- ✓ Agüero Pittman<sup>32</sup>, 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.
- ✓ Según la OPS/CEPIS/UNATSABAR, Lima 2004<sup>33</sup> indica que: El diámetro a utilizarse será aquel que asegure el caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red. Los diámetros nominales mínimos serán: 25 mm en redes principales, 20 mm en ramales y 15 mm en conexiones domiciliarias.
- ✓ Para el cálculo hidráulico de las tuberías se utilizara formulas racionales. En el caso de aplicarse la fórmula de Hazen William se utilizaran los coeficientes de fricción establecidos a continuación:

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Fierro Galvanizado | 100 |
| PVC                | 150 |
| HDPE               | 150 |
- ✓ El número de válvulas será el mínimo que permita una adecuada sectorización y garantice el buen funcionamiento de la red. Las válvulas permitirán realizar las maniobras de reparación del sistema de distribución de agua sin perjudicar el normal funcionamiento de otros sectores.

---

<sup>31</sup> AGÜERO PITTMAN, Roger. "Agua Potable para poblaciones rurales, sistema de abastecimiento por gravedad", pág. 93.

<sup>32</sup> AGÜERO PITTMAN, Roger. "Agua Potable para poblaciones rurales, sistema de abastecimiento por gravedad", pág. 93.

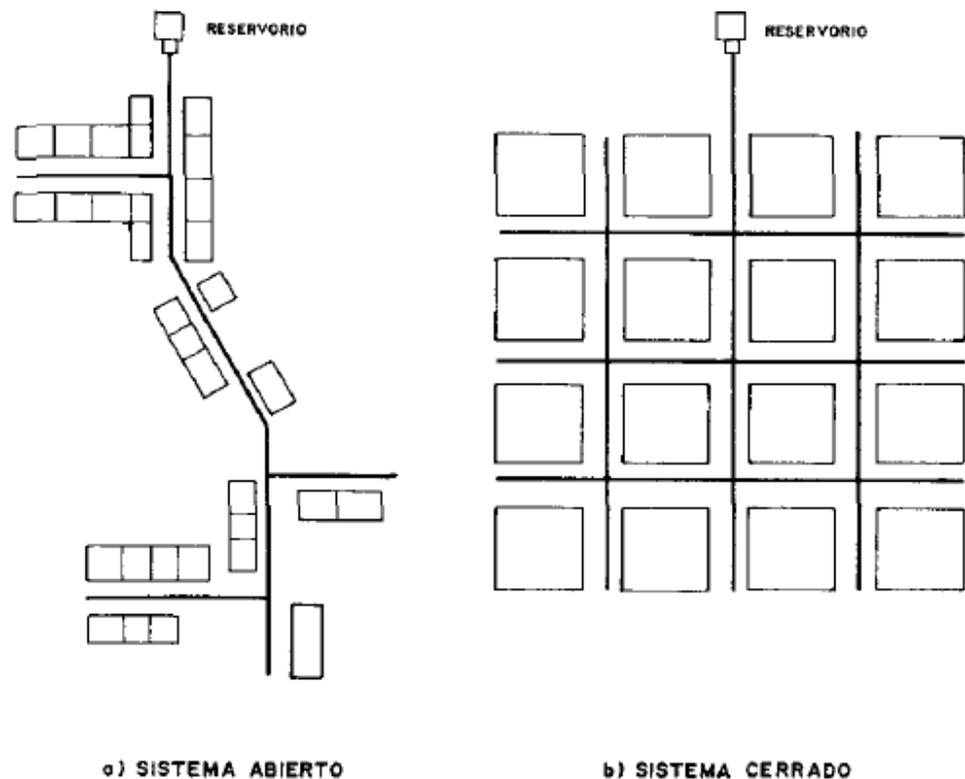
<sup>33</sup> Centro Panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente Organización panamericana de la salud, unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural.

- ✓ Para el análisis hidráulico del sistema de distribución se podrá utilizar el método de Hardy Cross, seccionamiento o cualquier otro método racional.

### **Tipos de redes de distribución**

Dependiendo de la topografía, de la viabilidad y de la ubicación de las fuentes de abastecimiento y del estanque puede determinarse el tipo de red de distribución, existiendo el tipo ramales abiertos y el tipo circuito cerrado.

**Figura N° 13:** Tipos de redes de distribución.



- ✓ Sistema abierto o ramificado: Son redes de distribución que están constituidas por un 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 tubería matriz o principal se instala a lo largo de una calle de la cual se derivan las tuberías secundarias. La desventaja es que el flujo está determinado en un solo

sentido, y en caso de sufrir desperfectos puede dejar sin servicio a una parte de la población. El otro inconveniente es que en el extremo de los ramales secundarios se dan los puntos muertos, es decir el agua ya no circula, sino que permanece estática en los tubos originando sabores y olores, especialmente en las zonas donde las casas están más separadas. En los puntos muertos se requiere instalar válvulas de purga con la finalidad de limpiar y evitar la contaminación del agua.

- ✓ Sistema cerrado: Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red es el más conveniente y tratara de lograrse mediante la interconexión de tuberías, a fin de crear un circuito cerrado que permita un servicio más eficiente y permanente.

En este sistema se eliminan los puntos muertos; si se tiene que realizar reparaciones en los tubos, el área que se queda sin agua se puede reducir a una cuadra, dependiendo de la ubicación de las válvulas. Otra ventaja es que es más económico, los tramos son alimentados por ambos extremos consiguiéndose menores pérdidas de carga y por lo tanto menores diámetros; ofrece más seguridad en caso de incendios, ya que se podría cerrar las válvulas que se necesiten para llevar el agua hacia el lugar del siniestro.

Para la presente investigación se ha determinado utilizar el tipo de **malla o cerrado**, que es una red de distribución constituida por circuitos.

### **Diseño de redes de distribución de tipo ramificado**

Según la OPS/CEPIS/UNATSABAR, Lima 2004<sup>34</sup> nos indica que: Para el cálculo de los caudales se puede disponer de los siguientes métodos:

- Método de las áreas:

Consiste en la determinación del caudal en cada nudo considerando su área de influencia. Este método es recomendable en localidades con

---

<sup>34</sup> Centro Panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente. Organización panamericana de la salud, unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural.

densidad poblacional uniforme en toda la extensión del proyecto. El caudal en el nudo será:

$$Q_i = Q_u \cdot A_i$$

Donde:

$Q_u$  = Caudal unitario superficial (L/s/ha)

$Q_i$  = Caudal en el nudo "i" (L/s)

$A_i$  = Área de influencia del nudo "i" (Ha)

$A_t$  = Superficie total del proyecto (Ha)

- Método de densidad poblacional:

Este método considera la población por área de influencia de cada nudo. Para la aplicación de este método se deberá definir la población en cada sector del área del proyecto

El caudal por nudo será:

$$Q_i = Q_p \cdot P_i$$

Donde el caudal unitario poblacional se calcula por:

$$Q_i = Q_t / P_i$$

Donde:

$Q_p$  = Caudal unitario superficial (L/s/ha)

$Q_t$  = Caudal total o caudal máximo horario para la totalidad de la población (L/s)

$Q_i$  = Caudal en el nudo "i" (L/s)

$P_t$  = Población total del proyecto (hab)

$P_i$  = Población del área de influencia del nudo "i" (hab)

- Método de la longitud unitaria:

Por este método se calcula el caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total de la red.

Para obtener el caudal en cada tramo, se debe multiplicar el caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente.

Entonces:

$$Q_i = Q_P \cdot P_i$$

Donde:

$$q = Q_{m/h} \cdot L_t$$

$q$  = Caudal unitario por metro lineal de tubería (L/s/m.)

$Q_i$  = Caudal en el tramo "i" (L/s)

$Q_{m/h}$  = Caudal máximo horario (L/s)

$L_t$  = Longitud total de la tubería del proyecto (m)

$L_i$  = Longitud del tramo "i" (m.)

- Método de la repartición media:

Consiste en la determinación de los caudales en cada tramo del sistema, repartiéndolos en partes iguales a los nudos de sus extremos.

Po tanto, el caudal en un nudo, será la suma de los caudales de los tramos medios adyacentes.

El caudal de cada tramo puede ser calculado por el método de longitud unitaria.

- Método del número de familias:

Por este método se calcula un caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre el número total de familias de la población.

El caudal en el nudo, será el número de familias en su área de influencia, multiplicado por el caudal unitario.

$$Q_n = Q_u \cdot N_{fn}$$

Donde:

$$Q_u = Q_{mh}/N_{fn}$$

$Q_u$  = Caudal unitario (L/s/fam.)

$Q_n$  = Caudal en el nudo "n" (L/s)

$Q_{m/h}$  = Caudal máximo horario (L/s)

$N_f$  = Número total de familias (m)

$N_{fn}$  = Número de familias en el área de influencia del nudo "n".

### **Componentes de la red de distribución**

#### a. Válvulas de Seccionamiento

La ubicación y cantidad de válvulas de seccionamiento en una red de distribución se determinan con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red en caso de reparaciones o ampliaciones, manteniendo el servicio en el resto de esta. Mientras mayor número de válvulas se tenga en la red, menor será la parte sin servicio en caso de una reparación, pero más costoso el proyecto.

En poblaciones concentradas deben proveerse de una válvula de ingreso a la red y en los puntos donde exista un ramal de derivación importante.

#### b. Válvulas de purga de lodos

Las válvulas de purga de lodos se ubicaran en los puntos de cotas más bajas de la red de distribución, en donde se pudieran acumular sedimentos, se deberán considerar sistemas de purga.

#### c. Válvulas reductoras de presión

Las válvulas reductoras de presión reducen automáticamente la presión del agua debajo de las mismas, hasta un valor prefijado. En los casos en que no se pueda acceder a una válvula reductora de presión se puede optar por el uso de una cámara rompe-presión.

#### d. Cámara de válvulas

Todas las válvulas deberán contar con cámara de válvulas para fines de protección, operación y mantenimiento. Las dimensiones de la cama deberán permitir la operación de herramientas y otros dispositivos alojados dentro de la misma.

e. Cámara rompe presión

En la instalación de una cámara rompe-presión debe preverse de un flotador o regulador de nivel de aguas para el cierre automático una vez que se encuentre llena la cámara y para periodos de ausencia de flujo.

f. Anclajes

Se instalaran anclajes de seguridad (hormigón simple, ciclópeo, etc.) en los siguientes casos:

- En las tuberías expuestas a la intemperie que requieran estar apoyadas en soportes o adosadas a formaciones naturales de roca.
- En los cambios de dirección tanto horizontales como verticales de tramos enterrados o expuestas, siempre que el cálculo estructural lo amerite.
- En tuberías colocadas en pendiente mayores a 60 grados respecto a la horizontal.

Los anclajes más comunes son para curvas horizontales y verticales, tees y terminaciones de tubería.

### 2.5.2.3 SISTEMA DE BOMBEO POR ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

#### **A.- ENERGIA SOLAR**

Piriz Sagahon<sup>35</sup>, nos dice que: “Es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres”

El sol es una fuente inagotable de energía debido a la magnitud de las reacciones nucleares que ocurren en su centro y corona. Debido a la gran masa con la que cuenta, se puede asegurar que su tiempo de vida es infinito comparado con el tiempo de vida del hombre sobre el planeta tierra. Una gran parte de esta energía llega a la tierra en forma de radiación

---

<sup>35</sup> Piriz Sagahon, Imanol Yalli. “Energía solar térmica y fotovoltaica aislado para pequeñas comunidades en Perú”, pág. 10.

electromagnética llamada comúnmente energía solar, la cual está formada básicamente por luz y calor.

La potencia de la radiación solar que se recibe un instante dado sobre un captador de una superficie determinada se le conoce como Irradiancia y se mide de  $W/m^2$ .

### **Irradiancia**

Según el Atlas de Energía Solar del Perú<sup>36</sup>: “El termino radiación se aplica al cuerpo que radia, mientras que el termino irradiación al objeto que expuesto a la radiación. Estrictamente, la superficie terrestre es irradiada. Las cantidades de radiación se expresan generalmente en términos de irradiancia o irradiación (exposición radiante)”.

Un captador de la energía solar ve la radiación como si viniera de la bóveda celeste con esas dos componentes, radiación directa y difusa, por lo que en muchas ocasiones se podría tener valores de irradiancia mayores de  $1000 W/m^2$ . Para un día despejado, la componente recibida mayormente en el captador es la directa; mientras que en un día nublado, es la componente difusa, ya que la radiación directa es obstruida por las nubes.

### **Horas – Pico – Solar**

Prat Viñas<sup>37</sup>, nos indica que: Es la duración en horas de un día equivalente que con una irradiancia constante de  $1 kW/m^2$  un panel proporcionara la misma energía total que el día considerado.

Notar que si en determinado punto se recibe durante un día una irradiación  $G$  en  $kWh/m^2$ , las HPS de este día tendría el mismo valor numérico que  $G$

---

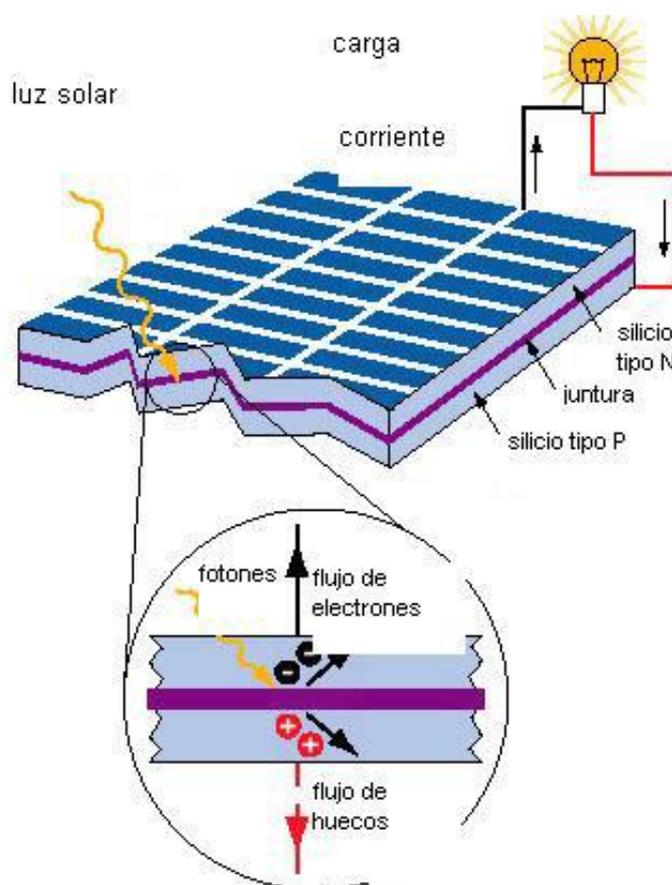
<sup>36</sup> Atlas de energía solar del Perú, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Pag.11.

<sup>37</sup> Prat Viñas, Lluís: “Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos”, pág. 20

## B.- ENERGIA FOTOVOLTAICO

Piriz Sagahon<sup>38</sup>, nos dice que: “El efecto fotovoltaico se produce cuando el material de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica como se puede observar en la siguiente figura:

**Figura N° 14:** Esquema del efecto FV.

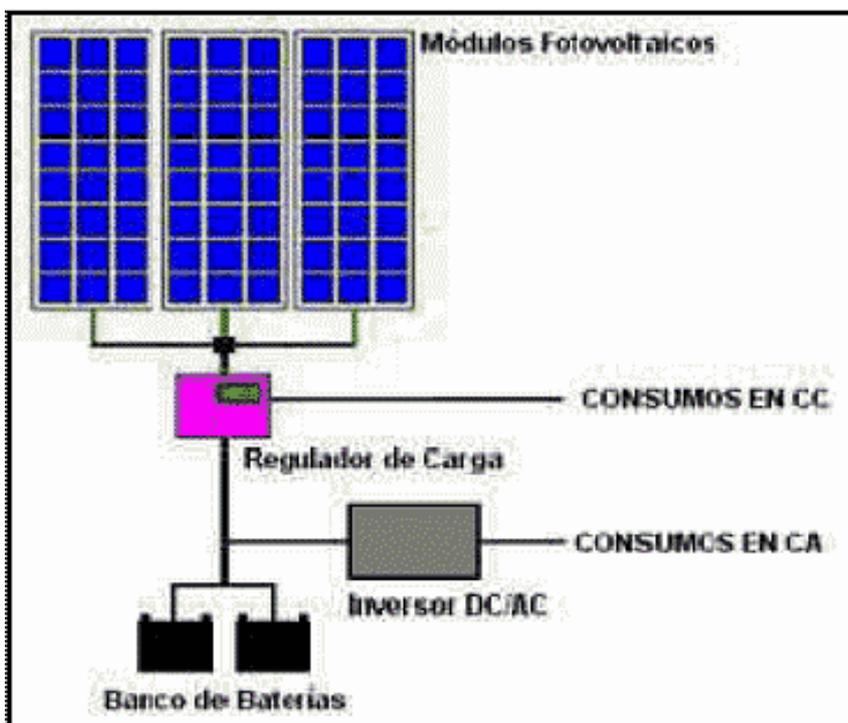


## C.- COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico aislado está compuesto por los siguientes elementos como se puede observar en la figura 11.

<sup>38</sup> Piriz Sagahon, Imanol Yalli. “Energía solar térmica y fotovoltaica aislado para pequeñas comunidades en Perú”, pág. 11.

Figura N° 15: Componentes del sistema de energía solar FV.



### C.1.- PANELES FOTOVOLTAICOS

En Wikipedia<sup>39</sup>, se encuentra lo siguiente: Están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, del griego "fotos", luz. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía lumínica produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

Los materiales para celdas solares suelen ser silicio cristalino o arseniuro de galio. Los cristales de arseniuro de galio se fabrican especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes normalizados, más baratos, producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor coste.

<sup>39</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar), visto el 02 de Noviembre del 2015, a las 8:27 am

Cuando se expone a luz solar directa, una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede producir una corriente de alrededor 0,5 amperios a 0,5 voltios (equivalente a un promedio de 90 W/m<sup>2</sup>, en un campo de normalmente 50-150 W/m<sup>2</sup>, dependiendo del brillo solar y la eficiencia de la celda). El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso.

Las células de silicio más empleadas en los paneles fotovoltaicos se pueden dividir en tres subcategorías:

- Las células de silicio monocristalino están constituidas por un único cristal de silicio. Este tipo de células presenta un color azul oscuro uniforme.
- Las células de silicio policristalino (también llamado multicristalino) están constituidas por un conjunto de cristales de silicio, lo que explica que su rendimiento sea algo inferior al de las células monocristalinas. Se caracterizan por un color azul más intenso.
- Las células de silicio amorfo. Son menos eficientes que las células de silicio cristalino pero también más barato. Este tipo de células es, por ejemplo, el que se emplea en aplicaciones solares como relojes o calculadoras.

**Figura N° 16:** Panel Fotovoltaico.



## **C.2.- SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA**

El sistema de almacenamiento está compuesto de un banco de baterías las cuales almacenan energía y luego cuando la radiación solar disminuye las baterías son las encargadas de alimentar el sistema. Al igual que los paneles existen baterías de distintas calidades y precio, las más adecuadas son las que permiten descargas profundas a continuación analizaremos algunas de ellas:

- a) Plomo - Ácido: Estas baterías se componen de varias placas de plomo en una solución de ácido sulfúrico. La placa consiste en una rejilla de aleación de Plomo con una pasta de óxido de Plomo incrustada sobre la rejilla. La solución de ácido sulfúrico y agua se denomina electrolito. Las baterías de este tipo se utilizan ampliamente en sistemas fotovoltaicos, la unidad de construcción básica de una batería de cada celda de 2 Volt. La capacidad de almacenaje de energía de una batería depende de la velocidad de descarga. La capacidad nominal que la caracteriza corresponde a un tiempo de descarga de 10 horas. Cuanto mayor es el tiempo de descarga, mayor es la cantidad de energía que la batería entrega. Un tiempo de descarga típico en sistemas fotovoltaicos es 100 hs. Por ejemplo, una batería que posee una capacidad de 80 Ah en 10 hs (capacidad nominal) tendrá 100 Ah de capacidad en 100 hs.
  
- c) Níquel - cadmio: Las baterías de Níquel-Cadmio tienen una estructura física similar a las de Plomo-ácido, en lugar de Plomo, se utiliza hidróxido de Níquel para las placas positivas y óxido de Cadmio para las negativas. El electrolito es hidróxido de Potasio. La unidad básica de cada celda es de 1,2 volt, admiten descargas profundas de hasta un 90%, su vida útil es más larga, sin embargo su alto costo en comparación con las de plomo acida las hacen menos utilizadas en sistemas fotovoltaico.

**Figura N° 17:** Conjunto de baterías.



### **C.3.- REGULADOR DE CARGA**

Este elemento permite proteger a la batería en caso de sobrecarga o descargas profundas lo que minimiza la vida útil del sistema de almacenamiento, el regulador monitorea constantemente la tensión del banco de baterías cuando la batería se encuentra cargada interrumpe el proceso de carga abriendo el circuito entre los paneles y las baterías, cuando el sistema comienza a ser utilizado y las baterías a descargarse el regulador nuevamente conecta el sistema. El dimensionamiento del inversor debe ser lo más cercano a la tensión nominal del banco de baterías, lo cual otorga mayor seguridad al sistema de almacenamiento.

**Figura N° 18:** Controlador de carga.



#### C.4.- INVERSOR DE ENERGIA

Este elemento permite convertir la corriente continua (CC) en alterna (CA), dado que los sistemas fotovoltaicos nos entregan corrientes continua es necesario realizar esta conversión para la utilización de las bombas. Los inversores son dispositivos electrónicos los cuales permiten interrumpir las corrientes y cambiar su polaridad, de acuerdo a si el sistema fotovoltaico va a estar aislado de la red o conectado a ella para los conectados a la red podemos utilizar inversores de conmutación natural, ya que la red determina el estado de conducción hacia los dispositivos eléctricos conectados al sistema, para sistema aislados se utilizan inversores de conmutación forzados estos permiten generar CA mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzado por el sistema de control. Pueden ser de salida escalonada (onda cuadrada) o de modulación por anchura de pulsos (PWM), con los que se pueden conseguir salidas prácticamente senoidales y por tanto con poco contenido de armónicos.

Figura N° 19: Inversor.

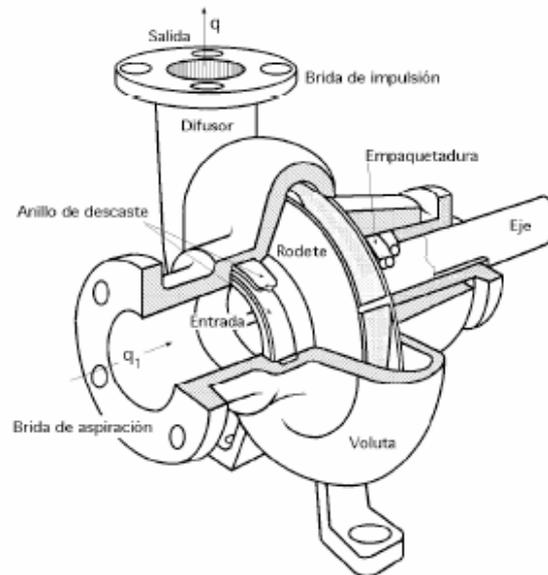


#### D.- BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO

Lopez Malave, Raúl<sup>40</sup> nos indica que: La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye, al líquido que la atraviesa, energía hidráulica. Las bombas se emplean para impulsar toda clase de líquidos como el agua, aceites, combustibles, ácidos, etc. En el diseño del sistema de abastecimiento de agua se utilizarán bombas centrífugas (figura 16) de diferentes tamaños y potencias de acuerdo a los requerimientos del sistema.

<sup>40</sup> Lopez Malave, Raul: "Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades santa fe y capachi, piritu, estado anzoategui", pág. 41

**Figura N° 20: Bomba Centrífuga**



Una bomba centrífuga es una máquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter, o una cubierta o coraza. Se denominan así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza de esta misma acción.

#### **D.1.- ALTURA DINAMICA DE BOMBEO**

Representa la cantidad de energía que entrega la bomba por cada m-Kg/Kg del líquido bombeado. Se expresa ya sea en metros (m) en el sistema internacional o en pies (ft) en el sistema inglés.

Si un líquido es transferido de un punto 1 a un punto 2 por una bomba (ver figura 17), la energía que entrega la bomba (HB) expresada en metros (m), será dada por la ecuación 2.7, la cual es una derivación de la ecuación de Bernoulli.

$$H_b = \left( \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + \left( \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right) + (Z_2 - Z_1) + H_f$$

Donde:

P= Presion (KPa)

V= Velocidad del fluido (m/s)

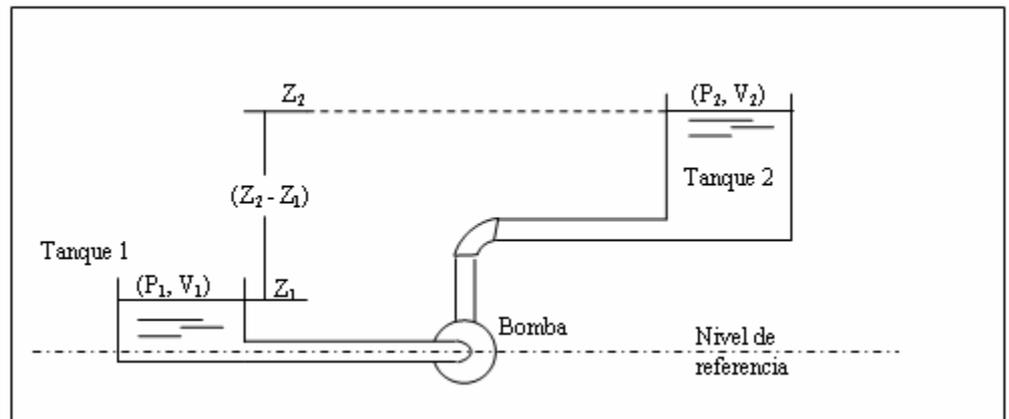
Z= Altura (m)

g= gravedad (m/s<sup>2</sup>)

H<sub>b</sub>= Altura que debe vencer la bomba (m)

H<sub>f</sub>= Perdidas por fricción (m)

**Figura N° 21:** Sistema de bombeo de tanque a tanque.



## D.2.- POTENCIA DE LA BOMBA

La potencia de la bomba es la energía que requiere ésta para vencer todas las pérdidas presentes en un sistema y poder abastecer con suficiente presión y caudal dicho sistema, podrá calcularse por la ecuación siguiente:

$$HP = \left( \frac{Q \cdot H_b \cdot 9.81}{n} \right)$$

Donde:

HP: Potencia de la bomba. (KW)

Q<sub>b</sub>: Caudal de bombeo(m<sup>3</sup>/s)

H<sub>fm</sub>: Altura manométrica de bombeo (m)

η: Eficiencia de la bomba, para bombas sumergibles y superficiales centrífugas solares, el rendimiento teórico se estima en 37%.

## D.3.- SELECCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO

Para seleccionar un equipo de bombeo se deberá tener un conocimiento completo del sistema en que trabajará la bomba y motor, caso contrario puede hacer una selección errónea que causará el mal funcionamiento

de la bomba, lo que a su vez afectará a la eficiencia y eficacia del sistema.

Las bombas se eligen generalmente por uno de los tres métodos siguientes:

- El cliente suministra detalles completos a uno ó más proveedores, de las condiciones de bombeo y pide una recomendación y oferta de las unidades que parezcan más apropiadas para la aplicación.
- El comprador efectúa un cálculo completo del sistema de bombeo procediendo a elegir la unidad más adecuada de catálogos y graficas de características.
- Una combinación de los anteriores métodos para llegar a la selección final.

Para seleccionar equipos pequeños de bombeo, como los utilizados en el medio rural, es más conveniente adoptar uno de los dos últimos métodos. No es una práctica recomendable, dejar la selección de la bomba únicamente en manos del representante del proveedor, ya que su criterio será limitado debido a su conocimiento parcial del sistema en que trabajará la bomba (solo dispondrá de la información que se le proporcione).

Contrariamente, cuando se pide una propuesta, es buena práctica proporcionar un diagrama completo del sistema en que trabajará el equipo al representante del proveedor, de esta manera sus técnicos pueden realizar sus propios cálculos y verificar los del cliente. Esta es una forma de asegurar una selección más exacta del equipo<sup>41</sup>

### **Bombas compatibles con sistemas de bombeo solar fotovoltaico**

Gabriela Cunia<sup>42</sup>, nos dice que: 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

---

<sup>41</sup> Guía para la selección de equipos de bombeo para sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento para el medio rural.- Organización Panamericana de la salud. Lima 2007.

<sup>42</sup> Cunia Pérez, Gabriela: "Diseño y evaluación económica comparativa del sistema de agua potable en la comunidad de nuevo Arica de Cachiyacu utilizando energía solar y energía térmica en el año 2010". Pág. 25.

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

- **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.
- **Bombas volumétricas:** las bombas volumétricas o de desplazamiento positivo son adecuados para el bombeo de bajos caudales y/o donde la profundidad es grande.

#### **Motores compatibles con sistemas de bombeo solar fotovoltaico.**

El laboratorio Nacional Sandia<sup>43</sup> afirma que: la selección de un motor depende de la eficiencia, disponibilidad, confiabilidad, acoplamiento a bombas y costos. Comúnmente se usan dos tipos de motores en aplicaciones Fotovoltaica: de Corriente continua CC (de imán permanente y de bobina) y de corriente alterna CA. Debido a que los arreglos FV proporcionan potencia en CC, los motores de CC pueden conectarse directamente, mientras que los motores de CA deben incorporar un inversor CCCA. Los sistemas de CA son ligeramente menos eficientes que los sistemas CC debido a las pérdidas de conversión. Los motores de CA pueden funcionar por muchos años con menos mantenimiento que los motores CC.

#### **E.- DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.**

Prat Viñas, Lluís<sup>44</sup> nos indica que: Dimensionar un sistema fotovoltaico significa calcular el número de sus componentes y su interconexión, para cumplir unos objetivos determinados que dependen de la aplicación concreta.

---

<sup>43</sup> Guía para el desarrollo de Bombeo de agua con energía fotovoltaica, Sandia National Laboratories.

<sup>44</sup> Prat Viñas, Lluís: "Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos", pág. 21

Si se trata de un sistema fotovoltaico autónomo su objetivo será asegurar la disponibilidad de electricidad durante el máximo tiempo posible. Un sistema autónomo debe generar energía eléctrica y acumularla en baterías para ser utilizado en el momento en que se requiera.

### Método de balance energético

Basado en el principio: Energía generada = energía consumida

#### 1) Cálculo de la energía consumida por día

Es el cálculo de la energía que el sistema necesitara cada día:

- Energía consumida en corriente continua (CC) en Wh:

$$E_{DC} = \sum P_{(DC)i} \cdot t_{di}$$

Donde:

$P_{(DC)i}$ = Potencia nominal del equipo i en W

$T_{di}$ = Tiempo diario de uso en horas (h)

- Energía consumida en corriente alterna (CA) en Wh:

$$E_{CA} = \sum P_{(CA)i} \cdot t_{di}$$

Donde:

$P_{(CA)i}$ = Potencia nominal del equipo i en W

$T_{di}$ = Tiempo diario de uso en horas (h)

- Consumo total diario en Wh:

$$E_T = \frac{E_{CC}}{N_{BAT}} + \frac{E_{CA}}{N_{BAT} \cdot N_{CONV}}$$

Donde:

$N_{BAT}$ = Eficiencia de la batería, que según Viñas Pratt<sup>45</sup>, debe oscilar entre 80-95 %

$N_{CONV}$ = Eficiencia del convertidor, que según Viñas Pratt, debe oscilar entre 90-95 %

<sup>45</sup> Prat Viñas, Lluís: "Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos", pág. 22

## 2) Selección de la energía solar diaria HPS (KW h/m2) para la aplicación.

Para el cálculo con energía solar es determinado por el número de horas solares pico (HSP), para el diseño se considera según los valores arrojados por la página web de la NASA<sup>46</sup>, la cual tiene un valor de 4.09 kW/m2/d (Ver Tabla N° 05).

**Tabla N° 05:** Estimación de la media mensual de la radiación solar diaria de Ganimedes, UTM (260929.366; 9361570.196).

| Month           | Air temperature | Relative humidity | Daily solar radiation - horizontal |
|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|
|                 | °C              | %                 | kWh/m <sup>2</sup> /d              |
| January         | 23.0            | 62.3%             | 3.74                               |
| February        | 22.2            | 69.4%             | 3.64                               |
| March           | 22.5            | 67.8%             | 3.81                               |
| April           | 22.0            | 66.6%             | 3.89                               |
| May             | 22.0            | 57.7%             | 3.94                               |
| June            | 21.7            | 49.3%             | 3.85                               |
| July            | 21.3            | 42.5%             | 4.02                               |
| August          | 22.1            | 39.4%             | 4.30                               |
| September       | 23.3            | 40.3%             | 4.52                               |
| October         | 24.1            | 43.2%             | 4.52                               |
| November        | 23.9            | 49.8%             | 4.61                               |
| December        | 23.3            | 59.3%             | 4.19                               |
| <b>Annual</b>   | 22.6            | 54.0%             | <b>4.09</b>                        |
| Measured at (m) |                 |                   |                                    |

*Fuente:* NASA Surface meteorology and Solar Energy

## 3) Dimensionado del generador fotovoltaico: número de paneles y su interconexión.

- Cálculo del número total de paneles por balance energético:

$$N_T = E_T / (HPS \cdot P_P \cdot P_G)$$

<sup>46</sup> <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen>, visto el 02 de noviembre del 2015

Donde:

HPS= irradiación diaria en la zona en (kW h/m<sup>2</sup>)

P<sub>p</sub>= Potencia pico del panel en (Wp)

PG= Factor de pérdidas (usualmente entre 0.65 y 0.9)

- Calculo del número de paneles en serie:

$$N_S = V_{BAT}/V_P$$

Donde:

V<sub>BAT</sub>= Tensión nominal de la batería en (voltios)

V<sub>P</sub>= Tensión nominal del panel en (voltios)

- Calculo del número de ramas de paneles en paralelo:

$$N_p = N_T/N_S$$

Nota: Los valores de N<sub>T</sub>, N<sub>S</sub> y N<sub>p</sub> se redondean por exceso.

#### 4) Dimensionado del sistema de acumulación (baterías).

Deben considerarse los siguientes parámetros:

- **Mínima energía** que debe proporcionar la batería a las cargas ΔE (Wh). A determinar según especificaciones de la instalación y considerando:
  - **Días de autonomía D:** número de días consecutivos que, en ausencia de sol, el sistema de acumulación debe poder proporcionar: ΔE<sub>auto</sub> = DxE<sub>T</sub>, este requisito deben cumplirlo todos los sistemas.
  - **Déficit estacional:** para atender al déficit entre la energía consumida y la energía generada durante determinado periodo de tiempo: ΔE<sub>auto</sub> = (E<sub>T</sub> – E<sub>G</sub>), requisito importante para la estrategia de media anual.
- **Máxima profundidad descarga Pd.-** La vida útil de las baterías dependerá en gran medida del grado en que estas sean descargadas, para estos tipos de sistemas usualmente se

recomienda las baterías de plomo ácido, que tienen como duración 4 años si es que tienen descargas al 35%.

### 5) Dimensionado regulador

Debe calcularse la máxima corriente  $I_R$  que debe ser capaz de soportar el regulador en funcionamiento. Debe ser la mayor entre  $I_G$ , corriente generada por los paneles, y  $I_C$ , corriente consumida por las cargas:

$$I_R = \max(I_G, I_C)$$

El valor de  $I_G$  será:

$$I_G = I_{pmpP} \cdot N_P$$

$$I_{pmpP} = P_P / V_{pmpP}$$

Donde:

$I_{pmpP}$ = Corriente producida por cada rama en paralelo

$N_P$ = Numero de ramas en paralelo de paneles

$P_P$ = Potencia pico del panel fotovoltaico

$V_{pmpP}$ =Tensión nominal del panel en punto máxima potencia

El valor de  $I_C$  será:  $I_C = P_{DC} / V_{BAT} + P_{AC}/220$

### 6) Dimensionamiento del inversor

Los parámetros para seleccionar el inversor son:

- Potencia nominal (kW): ligeramente superior a  $P_{AC}$  (no conviene sobredimensionarlo para conseguir que trabaje en la potencia que presenta mayor eficiencia).
- Tensión nominal de entrada (V): será la del sistema de acumulación, pero estableciendo un cierto margen ya que la tensión de las baterías varia
- Tensión nominal de salida ( $V_{ef}$ )
- Frecuencia de operación (Hz)
- Eficiencia del inversor

#### 2.5.2.4 EVALUACION DE LOS COSTOS DE REPOSICION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La evaluación económica del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo mediante energía solar fotovoltaica, se tendrá en cuenta los costos de la reposición, costos de operación y mantenimiento.

En la investigación se ha considerado los siguientes costos:

##### **A.- COSTOS POR REPOSICION.**

Costos de los componentes a reponer luego de que cumplan con su vida útil, como son la bomba sumergible, baterías, inversor, regulador y accesorios.

Vida útil de los componentes a ser repuestos (años), se pueden considerar los siguientes tiempos de vida para los diferentes componentes:

- ✓ Paneles solares: 20 años.
- ✓ Bomba sumergible y accesorios: 10 años.
- ✓ Baterías de plomo acido: 4 años
- ✓ Regulador: 3 años.
- ✓ Conversor de CC a CA: 3 años

##### **B.- COSTOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

###### **❖ Costos de operación:**

Costos de operadores con formación básica en el manejo de sistema por bombeo solar.

###### **❖ Costos de mantenimiento:**

Costos de mantenimiento preventivo como la limpieza de los componentes de sistema de bombeo solar (módulos solares, limpieza de impulsores y recarga del ácido de las baterías) y así como también de las unidades de tratamiento del sistema de agua potable (captación, desarenador, planta de tratamiento, línea de impulsión y redes de distribución), para lo que se necesita mano de obra no calificada.

Además de los costos de mantenimiento correctivo, cambio de sello, ajustes de bombas.

Para costos de operación y mantenimiento anuales se consideran los costos establecidos por V. Lizana, J. Xiberta y Flores<sup>47</sup>.

**Tabla N° 06:** Costos de operación y mantenimiento con energía solar.

| Descripción   | Costo US\$       |
|---|------------------|
| Costos de operación: Operador con formación básica  | 500<br>US\$ /año |
| Costo de mantenimiento preventivo y correctivo en el sistema de bombeo: Limpieza de módulos, impulsores, ajustes de bombas y recarga de ácido en baterías.                            | 250<br>US\$ /año |
| Costo de mantenimiento preventivo y correctivo en las unidades de tratamiento: Limpieza de captación, desarenador, planta de tratamiento, línea de impulsión y redes de distribución. | 250<br>US\$ /año |

### 2.5.3 MARCO CONCEPTUAL

#### ❖ Sistema

Del latín “Systema” que significa un conjunto de partes o elementos, organizadas y relacionadas que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia.

#### ❖ Sistema de abastecimiento de agua potable

Sistema que permite que llegue el agua desde el lugar de captación al punto de consumo en condiciones correctas, tanto en calidad como en cantidad. Es importante tener en cuenta que esta agua antes de ser enviadas a las viviendas se transformará en agua potable, dependiendo el origen de estas, se le hará un proceso de saneamiento y desinfección.

<sup>47</sup> V. Lizana, J. Xiberta, M. Flores. “Uso de la energía solar para el abastecimiento de agua”, pag. 10.

#### ❖ **Sistema de bombeo**

El sistema de bombeo tiene como objeto elevar la presión del fluido térmico para vencer la resistencia que opondrá el circuito a su circulación. Las presiones de trabajo deben ser tales que se garanticen en todo momento que el fluido permanece en estado líquido y que no hay vaporización.

#### ❖ **Energía**

Energía es un término que deriva del griego "energos", cuyo significado original es fuerza de acción o fuerza de trabajo, y de "energeia" que significa actividad, operación. El concepto se utiliza en el sentido corriente para designar el vigor o la actividad de una persona, objeto u organización.

#### ❖ **Energía solar fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica.

### 2.5.4 MARCO HISTORICO

El centro poblado de Ganimedes desde su fundación, no ha tenido un sistema de agua potabilizado, debido a la falta de apoyo técnico y económico por parte de sus autoridades, y se han visto en la necesidad de consumir agua de una fuente superficial, la cual no recibe ningún tipo de tratamiento. Dando como resultado muchos casos de enfermedades hídricas entre los menores de edad.

La comunidad se dedica a la ganadería y a la agricultura, actividades que demandan mucho tiempo, y que debido a que tienen que abastecerse de agua para su consumo gastan el tiempo para el recojo del agua, en vez de avanzar con sus actividades productivas.

La fuente de agua más cercana al centro poblado se encuentra en un nivel por debajo de las viviendas del centro poblado, siendo imposible que se haga un sistema de agua por gravedad, siendo la única opción el uso de un sistema por bombeo. Las condiciones que se presentan al sistema de bombeo son que el centro poblado no tiene una red eléctrica y que el centro poblado se mantiene

aislada por su lejana ubicación y sumado al mal estado de su camino de acceso, siendo casi imposible el acceso de vehículos en épocas de lluvias. Resultando difícil la obtención de recursos y por tanto el encarecimiento de muchos recursos, entre los cuales el combustible.

Por tanto surge la necesidad de un sistema por bombeo que no dependa de una red eléctrica, que no tenga la necesidad de combustibles fósiles y que sus costos de operación y mantenimiento sean fácilmente solventados por la comunidad.

Por lo tanto en la presente investigación surge plantear una alternativa que pueda contrarrestar en tal medida la problemática con la que padece hoy en día la población, la cual se trata del diseño de un sistema de agua potable por bombeo teniendo como fuente la energía solar fotovoltaica, salvándose así el desnivel que hay entre la fuente de captación y el centro poblado. Y que pueda ser solventado en costos de reposición, operación y mantenimiento, de esta manera hacer imprescindible el uso de energía eléctrica y de combustibles fósiles.

## **2.6 HIPOTESIS A DEMOSTRAR**

Para el desarrollo de este proyecto de investigación nos planteamos la siguiente hipótesis: **“El diseño del sistema de agua potable por bombeo mediante energía solar fotovoltaica planteada para el centro poblado de Ganimedes, permite contar con un servicio adecuado de agua potable para el consumo humano, solucionara el problema de la diferencia de niveles, evitando el uso de combustibles fósiles y de red eléctrica”.**

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 MATERIALES**

##### **3.1.1 RECURSOS HUMANOS**

- Tesista.
- Asesor de la facultad de Ingeniería Civil de la UNSM-T.
- 01 Técnico de mecánica de suelos.
- 01 Topógrafo.
- 01 Técnico de suelos
- 01 Técnico de análisis de calidad del agua.
- 04 Peones (excavación de calicatas, transporte de equipos).

##### **3.1.2 RECURSOS MATERIALES**

- Información existente (registros de temperatura, precipitación, etc).
- Información de la comunidad de Ganimedes.
- Materiales de oficina (Cd's, USB's, tinta de impresión, etc.).
- Muestra de Suelos.
- Muestra de agua.

##### **3.1.3 RECURSOS DE EQUIPOS**

- Equipos de oficina.
- Equipos de cómputo.
- Equipo topográfico.
- Cámara digital.
- Impresora.

##### **3.1.4 OTROS RECURSOS**

- Software Microsoft Excel versión 2013.
- Software Microsoft Word versión 2013.
- Software Microsoft Autocad versión 2013.
- Software S10 versión 2005.
- Movilidad local y hacia la zona de estudio.
- Copias, impresión, ploteos, anillados y empastados.

## 3.2 METODOLOGIA

### 3.2.1 UNIVERSO, MUESTRA Y POBLACION

#### a. Universo

El campo experimental comprende un área de 36.35 has. Con un perímetro de 3,681.50 ml. La Localidad de Ganimedes, cuenta con 80 viviendas de las cuales el 80% de las viviendas son concentradas y 20% son semidispersas y 03 locales institucionales, entre los que destacan el Puesto de Salud, la I.E. N° 0820 y la I.E.I. N°456. La población promedio es de 323 personas que habitan de manera permanente en el Centro Poblado.

#### b. Muestra

La población muestral del centro poblado está en función a la formula otorgada por la Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos-Saneamiento básico, con la confiabilidad del 95.0% y margen de error de 5%; La muestra determinada es de 70 familias, considerando 80 viviendas.

#### **Diseño básico de la muestra**

Conocido el universo de estudio, para la determinación de la muestra se utilizó la formula proporcionada por el Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural – PNSR, con un nivel de confiabilidad de 95.0%, un margen de error de 5.0% y la constante de 1.96.

**Cuadro N° 14:** Formula de diseño muestral

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| <b>N = Viviendas</b>          | <b>80</b>    |
| <b>Nivel de Confianza</b>     | <b>95.0%</b> |
| <b>z = Constante</b>          | <b>1.96</b>  |
| <b>e = Error</b>              | <b>5.0%</b>  |
| <b>p = Con Característica</b> | <b>0.5</b>   |
| <b>q = Sin Característica</b> | <b>0.5</b>   |
| <b>n = Muestra</b>            | <b>70</b>    |
| <b>l = Intervalo</b>          | <b>1.25</b>  |

**Fuente:** Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural – PNSR

### c. Población

De acuerdo a los objetivos de la encuesta y concentración demográfica, la población a ser investigada está conformada por el conjunto de viviendas y sus ocupantes que residen en la localidad de Imperio de Ganimedes. Siendo un total de 80 viviendas y 323 habitantes.

## 3.2.2 SISTEMA DE VARIABLES

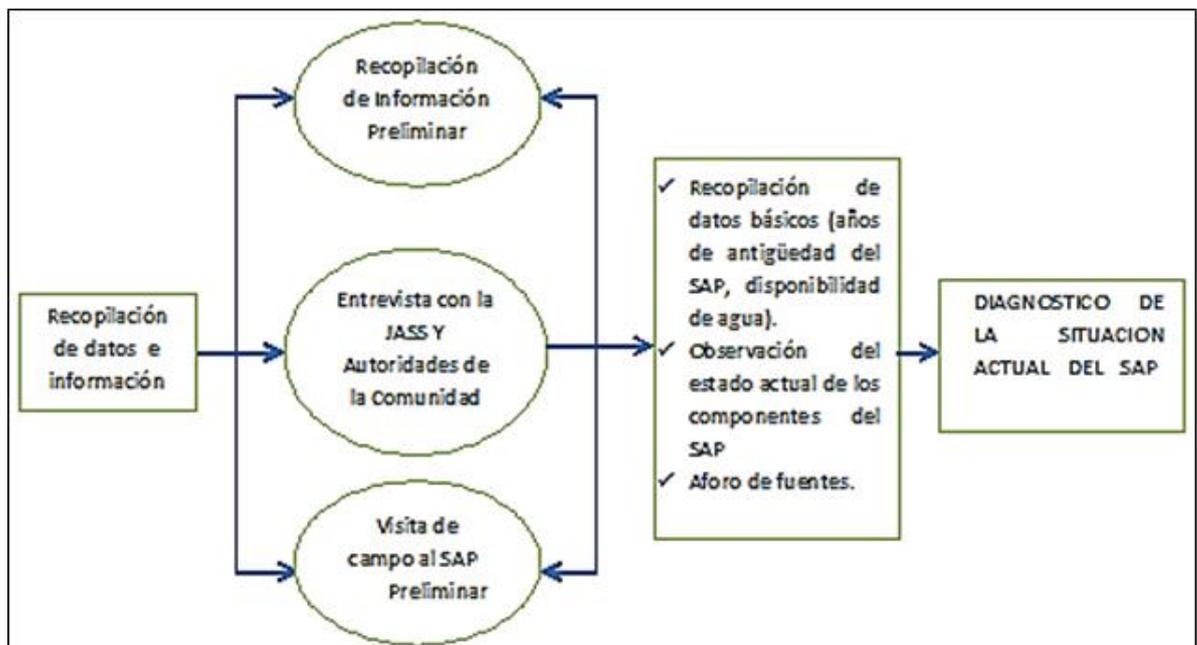
### a. Variable Independiente

El sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo mediante energía solar fotovoltaica del centro poblado de Ganimedes.

### b. Variable Dependiente

Permite contar con un servicio adecuado de agua potable para el consumo humano, solucionar el problema de la diferencia de niveles y será solventada por la localidad los costos para el normal funcionamiento del sistema, evitando el uso de combustibles fósiles y de red eléctrica.

## 3.2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACION



### 3.2.4 DISEÑO DE INSTRUMENTOS

Para la recolección de datos que permitan verificar la hipótesis, se procedió a ubicar las fuentes de datos. Se precisaron las técnicas e instrumentos para la captación de la información requerida, estos son los siguientes:

#### Fuentes

- ❖ El testimonio directo proporcionado por los usuarios del sistema de abastecimiento de agua potable de Ganimedes desde enero a julio del 2015.
- ❖ Versiones proporcionadas por expertos en bombas sumergibles, paneles solares y baterías desde abril hasta agosto del año 2015.

#### Técnicas:

- ❖ Encuesta aplicada a los usuarios del sistema de abastecimiento de agua potable sobre la disponibilidad del recurso hídrico durante el año.
- ❖ Entrevista a los distribuidos de equipos para la cotización de precios.

#### Instrumentos:

- ❖ Catálogo de fabricantes de grupos electrógenos de energía solar.
- ❖ Catálogo de tuberías y accesorios de PVC.
- ❖ Guía de entrevista que se aplicó a los expertos en panel solar, bombas sumergibles y baterías

### 3.2.5 PROCESAMIENTO DE INFORMACION

Luego de recopilar la información se empezó al procesamiento de los datos en forma computarizada, empleando programas de ingeniería como el programa de dibujo automatizado Auto Cad, programa de procesamiento de redes de distribución Water Cad V8i, hojas de cálculo en el programa Microsoft Excel y el programa de textos Microsoft Word utilizando formulas necesarias expuestas en el marco teórico.

### 3.2.6 DESCRIPCION DEL PROYECTO

#### **SISTEMA DE AGUA POTABLE**

##### **1.- PARAMETROS DE DISEÑO**

###### **A.- PERIODO DE DISEÑO**

Periodo de diseño (t) = 20 años

###### **B.- POBLACION DE DISEÑO**

Población al año 2014 (Pa) : 323 habitantes

Tasa de crecimiento (r) : 3.36 %

Periodo de Diseño (t) : 20 años

Población de Diseño (Pf) :  $Pf = Pa \cdot (1 + r \cdot t)$

❖ Reemplazando  $Pf = 323 \cdot (1 + 3.36\% \cdot 20)$

$Pf = 540$  habitantes

Para el periodo de duración del proyecto que es 20 años partiendo desde el año 2014 solo habrá un incremento de 217 habitantes, porque para este proyecto se ha considerado utilizar el método de crecimiento aritmético para el cálculo de crecimiento futura, en el cual se utiliza el coeficiente de la tasa de crecimiento anual, siendo tan solo el 3.36% para la provincia de Moyobamba que comprende a la comunidad de Ganimedes, lugar donde se desarrolló la presente investigación.

###### **C.- DOTACION**

Dotación para población rural en selva :  $D = 90$  l/hab/día

###### **D.- VARIACION DEL CONSUMO**

D.1.- Consumo promedio diario anual (Qm)

Población futura (Pf) : 540 habitantes.

Dotación (D) : 90 l/hab/día

Consumo promedio diario anual ( $Q_m$ ) :  $Q_m = \frac{P_f \cdot D}{86400} + PS$

$$\text{❖ Reemplazando : } Q_m = \frac{P_f \cdot D}{86400} + 0.10Q_m$$

$$0.90 * Q_m = \frac{540 \cdot 90}{86400}$$

$$Q_m = 0.56/0.90 \text{ l/s}$$

$$Q_m = 0.62 \text{ l/s}$$

D.2.- Consumo máximo diario ( $Q_{md}$ )

Coefficiente para población rural ( $K_1$ ) : 1.3

Consumo promedio diario anual ( $Q_m$ ) : 0.62 l/s

Consumo máximo diario ( $Q_{md}$ ) :  $Q_{md} = K_1 \cdot Q_m$

$$\text{❖ Reemplazando : } Q_{md} = 1.3 \cdot 0.62$$

$$Q_{md} = 0.81 \text{ l/s}$$

D.3.- Consumo máximo horario ( $Q_{m.h}$ )

Coefficiente para población rural ( $K_2$ ) : 2

Consumo promedio diario anual ( $Q_m$ ) : 0.62 l/s

Consumo máximo diario ( $Q_{m.h}$ ) :  $Q_{m.h} = K_2 \cdot Q_m$

$$\text{❖ Reemplazando : } Q_{m.h} = 2 \cdot 0.62$$

$$Q_{m.h} = 1.24 \text{ l/s}$$

D.4.- Caudal de bombeo ( $Q_b$ )

Número de horas de bombeo (N) : 9

Consumo promedio diario anual ( $Q_m$ ) : 0.62 l/s

Caudal de bombeo ( $Q_b$ ) :  $Q_b = Q_m * 24/N$

$$\text{❖ Reemplazando : } Q_b = 0.62 * 24/9$$

$$Q_b = 1.65 \text{ l/s}$$

## 2.- COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

### A.- CAPTACION

#### A.1. Parámetros de diseño

|                       |             |      |            |
|-----------------------|-------------|------|------------|
| Población de Diseño   | <i>Pd.</i>  | 540  | Hab.       |
| Dotación              | <i>Dot.</i> | 90   | L/Hab./Dia |
| Ancho de Quebrada     | <i>B'</i>   | 4    | m.         |
| Caudal Promedio       | <i>Qp</i>   | 0.62 | Lps.       |
| Caudal Máximo Diario  | <i>Qmd</i>  | 0.81 | Lps.       |
| Caudal Máximo Horario | <i>Qmh</i>  | 1.24 | Lps.       |
| Caudal de bombeo      | <i>Qb</i>   | 1.65 | Lps        |

#### A.2. Dimensionamiento

✚ Ancho de la captación (A) :  $A = B' \cdot 1.25$

❖ Reemplazando :  $A = 4 \cdot 1.25$

$A = 5 \text{ m.}$

✚ Largo de la Captación (L) :  $L = A \cdot 1.5$

❖ Reemplazando :  $L = 5 \cdot 1.5$

$L = 7.5 \text{ m.}$

✚ Longitud de aleta (l') :  $l' = 1.50 \text{ m.}$

✚ Altura del piso hasta la reja (h) :  $h = 0.50 \text{ m.}$  altura promedio medida en el lugar, ver **anexo N° 01**

✚ Altura de barraje (Hb) :  $Hb = 0.80 \text{ m.}$

#### ✚ Caja de Captación

Largo de la caja captación (Lcc) :  $Lcc = 0.90 \text{ m}$

Ancho de la caja captación (Acc) :  $Acc = 1.30 \text{ m}$

Altura de la caja captación (Hcc) :  $Hcc = 1.10 \text{ m}$

#### ✚ Caja de Válvula

Largo de la caja de válvula (l) :  $l = 1.20 \text{ m}$

Ancho de la caja de válvula (a):  $a = 1.30 \text{ m}$

Altura de la caja de válvula (h):  $h = 1.10 \text{ m}$

✚ Compuerta de Limpieza

Altura de la compuerta (Hcl) :  $H_{cl} = 0.90 \text{ m}$

Ancho de la compuerta (Acl) :  $A_{cl} = 0.50 \text{ m}$

✚ Rejas

Área total de la rejas :  $A_t = A_s + A_f \text{ en } m^2$

Área necesaria de flujo :  $A_f = \frac{c \cdot Q}{k \cdot V_a} \text{ en } m^2$

$c$  = Coeficiente de mayoración por efectos de colmatación:

$c = 2$

$k$  = Coeficiente de contracción de la vena de agua

$k = 0,9$  (barras circulares)

$Q_{md}$  = Caudal máximo diario ( $m^3/s$ )

$V_a$  = Velocidad de Aproximación con  $0.21 \text{ m}^2/s$ , según

**anexo N° 01**

❖ Reemplazando :

$$A_f = \frac{2 \cdot 0.00165}{0.9 \cdot 0.21}$$

$$A_f = 0.02 \text{ m.}$$

Área total de las barras metálicas:  $A_s = N \cdot s \cdot l \text{ en } m^2$

$N$  = Número de barras, 1 cada  $4 \text{ cm} = 5$

$s$  = Ancho de cada barra (m) =  $3/8'' = 0.009 \text{ m}$

$l$  = longitud de cada barra (m) =  $0.10 \text{ m}$ .

❖ Reemplazando :  $A_s = 5 \cdot 0.009 \cdot 0.1$

$$A_s = 0.005 \text{ m}^2$$

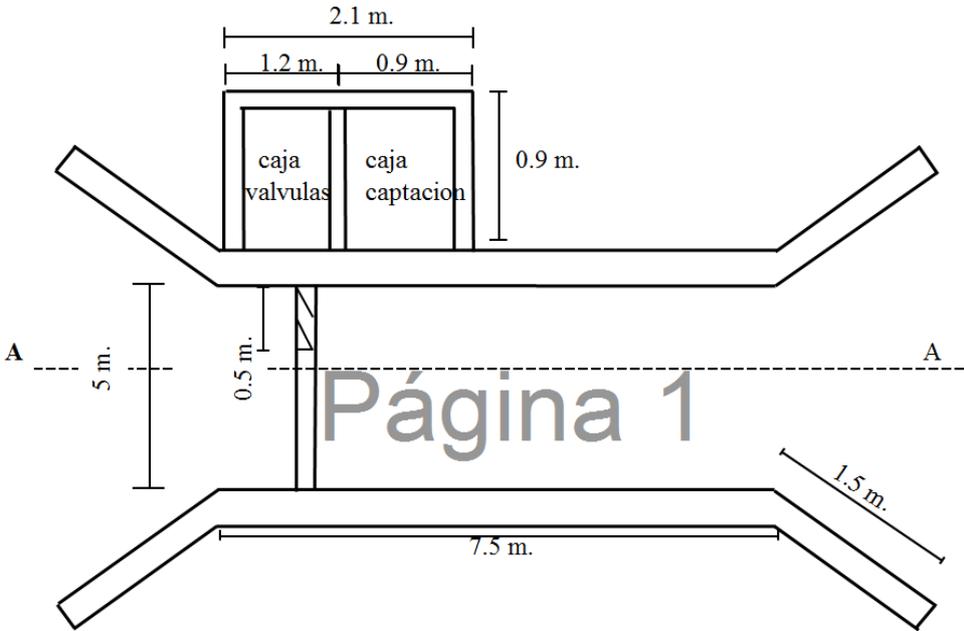
Área total de la rejas :  $A_t = A_s + A_f \text{ en } m^2$

$$: A_t = 0.005 + 0.02$$

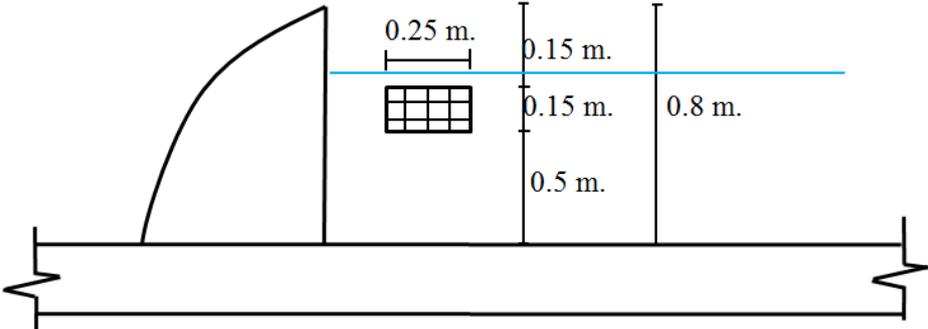
$$: A_t = 0.025 \text{ m}^2$$

Entonces:           Altura de reja = 0.15 m  
                           Longitud de reja = 0.25 m

**ESQUEMA CAPTACION DE TOMA LATERAL**

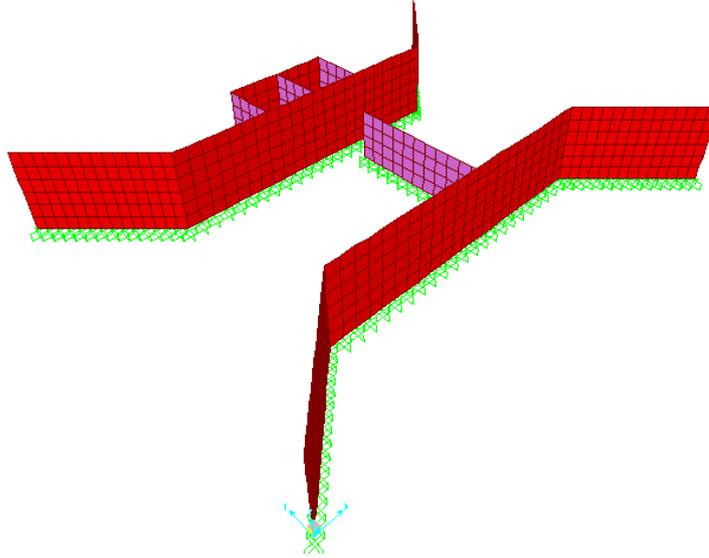


**CORTE A-A**



## DISEÑO ESTRUCTURAL DE CAPTACIÓN

### MODELO ESTRUCTURAL



### METODO DE DISEÑO

El Método utilizado es el diseño a la rotura o por resistencia última, adicionalmente se efectuará el control de rajaduras para los muros, tal como lo considera el código del ACI para el diseño de estructuras retenedoras de líquidos por este método.

### ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Las elementos estructurales tienen el siguiente predimensionamiento, que de acuerdo al cálculo estructural y diseño respectivo son pasibles de modificación:

|              |    |                             |
|--------------|----|-----------------------------|
| Muro Alero   | e= | 0.20 m                      |
| Muro Cámaras | e= | 0.15 m                      |
| Barraje      | e= | Variable de 0.15 m a 0.60 m |

### CARGAS

#### Las más desfavorables:

Cuando la estructura está vacía.

Datos del Terreno del EMS:

Peso específico del terreno:

(Verificar en campo sí las condiciones del suelo son las mismas)

1.71 Tn/m<sup>3</sup>

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Angulo de Fricción ( $\phi$ ): | 22.00 °                                   |
| Carga admisible:               | 0.66 Kg/cm <sup>2</sup>                   |
| Coefficiente activo (Ca):      | $\text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) = 0.4550$ |
| Cag =                          | 0.78 Tn/m <sup>3</sup>                    |

Cuando la estructura está llena.

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Peso específico del agua: | 1.00 Tn/m <sup>3</sup> |
| Sobre Carga:              | 0.10 Tn/m <sup>3</sup> |
| Peso del Concreto:        | 2.40 Tn/m <sup>3</sup> |

## DISEÑO SISMORRESISTENTE

La concepción estructural se realizará de acuerdo a los criterios indicados en la Norma E.030 – DISEÑO SISMORRESISTENTE. El análisis se realizará por el método dinámico, utilizando un espectro inelástico de pseudo aceleraciones.

### CALCULO DE ACERO DE MURO ALERO

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

#### CALCULO DE ACERO VERTICAL DE MURO ALERO e.20

MDiseño = 0.45 Tn - m

Coefficiente de durabilidad para flexión= 1.3

Mu = 0.59 tn-m

f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

espesor = 0.20 m

Recubrimiento = 0.05 m.

fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

d = 0.15 m

b = 1.00 m.

w = 0.025 cm

(Rajadura Máxima para control agrietamiento)

$$S_{\text{máx}} = (107046 / f_s - 2 * C_c) w / 0.041,$$

$$S_{\text{máx}} = 30.5 \times (2817 / f_s) \times w / 0.041$$

S máx = 20 cm,

21 cm,

(EI menor)

As = Mu / (( $\phi$  x fy x (d - a/2))

, a = As \* fy / (0.85 \* f'c \* b)

As = 1.22 cm<sup>2</sup>

a =

0.29 cm

Verificación de As min:

|                               |                      |                                |           |
|-------------------------------|----------------------|--------------------------------|-----------|
| As min = 0.0018 x ancho x d = | 2.70 cm <sup>2</sup> | As = As min<br>cm <sup>2</sup> | As = 2.70 |
| Varilla ø 3/8"                | 1 @                  | 0.263                          |           |
| Varilla ø 1/2"                | 1 @                  | 0.478                          |           |
| <b>Usar Varilla ø 3/8" @</b>  | <b>0.20</b>          | <b>(ambos lados)</b>           |           |

### VERIFICACIÓN POR CORTANTE

Cortante Máximo = 1.11 Tn.                      Cortante que aporta el Concreto (Vc) = 11.52 Tn  
 Vu = 1.11 Tn.    ø = 0.75 (Estructura Hidráulica)  
 Vu / ø =                      1.48 Tn  
 Vc > Vu / ø ---> CONFORME

### CALCULO DE ACERO HORIZONTAL DE MURO ALERO e=0.20

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

MDiseño = 0.21Tn - m

Coefficiente de durabilidad para flexión=                      1.3                      Mu = 0.27 tn-m

f'c =                      210 Kg/cm<sup>2</sup>                      espesor =                      0.20 m                      Recubrimiento =0.050  
 fy =                      4200 Kg/cm<sup>2</sup>                      d =                      0.15 m                      b =1.00 m

w =                      0.025 cm                      (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

Smáx= (107046/fs -2xCc)w/0.041,                      Smáx = 30.5 x (2817 / fs) x w / 0.041

S máx =                      20 cm,                      21 cm,                      (El menor)

As = Mu/(ø \*fy\*(d-a/2))                      a = As\*fy/(.85\*f'c\*b)

As =                      0.57 cm<sup>2</sup> ,                      a =                      0.13 cm

Verificación de As min:

As min = 0.0018 x ancho x d = 2.70 cm<sup>2</sup>                      As = As min                      As = 2.70 cm<sup>2</sup>

|                            |   |   |       |
|----------------------------|---|---|-------|
| Varilla $\varnothing$ 3/8" | 1 | @ | 0.263 |
| Varilla $\varnothing$ 1/2" | 1 | @ | 0.478 |

**Usar Varilla  $\varnothing$  3/8" @  
0.20 (AMBOS LADOS)**

### CALCULO DE ACERO CIMENTACIÓN MURO ALERO

Momento Diseño Máximo = 0.45 Tn - m (Por continuidad, momento pared M22)

Coeficiente de durabilidad para flexión= 1.3 Mu = 0.59 Tn-m

$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  espesor = 0.30 Recubrimiento=0.075 m

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  d = 0.23 m b = 1.00 m.

w = 0.025 cm (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

$S_{\text{máx}} = (107046 / f_s - 2 \times C_c) \times w / 0.041$ ,  $S_{\text{máx}} = 30.5 \times (2817 / f_s) \times w / 0.041$ ,

S máx = 17 cm, 21 cm, (El menor)

$A_s = Mu / ((\varnothing \times f_y \times (d - a/2)))$ ,  $a = A_s \times f_y / (.85 \times f'c \times b)$ ,  $\varnothing = 0.769$   
 $A_s = 0.81 \text{ cm}^2$ ,  $a = 0.19 \text{ cm}$

Verificación de  $A_s$  min:

$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 4.05 \text{ cm}^2$   $A_s = A_s \text{ min}$   $A_s = 4.05 \text{ cm}^2$

|                            |   |   |       |
|----------------------------|---|---|-------|
| Varilla $\varnothing$ 3/8" | 1 | @ | 0.175 |
|----------------------------|---|---|-------|

|                            |   |   |       |
|----------------------------|---|---|-------|
| Varilla $\varnothing$ 1/2" | 1 | @ | 0.319 |
|----------------------------|---|---|-------|

**Usar Varilla  $\varnothing$  3/8" @ 0.16 (longitudinal y transversal)**

### CALCULO DE ACERO DE MURO DE CAMARA

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

#### CALCULO DE ACERO VERTICAL DE MURO CÁMARA e.15

M Diseño = 0.10 Tn - m

Coeficiente de durabilidad para flexión= 1.3 Mu = 0.13 tn-m

$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  espesor = 0.15 m. Recubrimiento = 0.075 m.

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  d = 0.08 b = 1.00 m.

$w = 0.025 \text{ cm}$  (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

$S_{\text{máx}} = (107046/f_s - 2 \cdot C_c) \cdot w / 0.041$ ,  $S_{\text{máx}} = 30.5 \times (2817 / f_s) \times w / 0.041$

$S_{\text{máx}} = 17 \text{ cm}, 21 \text{ cm}$ , (el menor)

$A_s = M_u / (\phi \times f_y \times (d - a/2))$ ,  $a = A_s \times f_y / (.85 \times f'_c \times b)$ ,  $\phi = 0.769$   
(Estructura Hidráulica)

$A_s = 0.54 \text{ cm}^2$ ,  $a = 0.13 \text{ cm}$

Verificación de  $A_s$  min:

$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 1.35 \text{ cm}^2$   $A_s = A_s \text{ min}$   $A_s = 1.35 \text{ cm}^2$

Varilla  $\phi 3/8"$  1 @ 0.526

Varilla  $\phi 1/2"$  1 @ 0.956

**Usar Varilla  $\phi 3/8"$  @ 0.16 (central)**

#### VERIFICACIÓN POR CORTANTE

Cortante Máximo = 0.40 Tn Cortante que aporta el Concreto ( $V_c$ ) = 5.76 Tn.

$V_u = 0.40 \text{ Tn}$   $\phi = 0.75$  (Estructura Hidráulica)

$V_u / \phi = 0.53 \text{ Tn}$

$V_c > V_u / \phi \rightarrow$  CONFORME

#### CALCULO DE ACERO HORIZONTAL DE MURO ALERO $e=0.15$

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

$M_{\text{Diseño}} = 0.01 \text{ Tn} \cdot \text{m}$

Coeficiente de durabilidad para flexión = 1.3  $M_u = 0.01 \text{ Tn} \cdot \text{m}$

$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  espesor = 0.15 m. Recubrimiento = 0.075 m.

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   $d = 0.08 \text{ m}$   $b = 1.00 \text{ m}$ .

$w = 0.025 \text{ cm}$  (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

$S_{\text{máx}} = (107046/f_s - 2 \times C_c)w/0.041$ ,  $S_{\text{máx}} = 30.50(2817/f_s)w/0.041$ , (El menor)

$S_{\text{máx}} = 17 \text{ cm}, 21 \text{ cm}$ , (El menor)

$A_s = M_u / (\phi \cdot f_y \cdot (d - a/2))$ ,  $a = A_s \cdot f_y / (.85 \cdot f'_c \cdot b)$

$$As = 0.05 \text{ cm}^2, \quad a = 0.01 \text{ cm}$$

Verificación de  $As_{min}$ :

$$As_{min} = 0.0018 \cdot \text{ancho} \cdot d = 1.35 \text{ cm}^2 \quad As = As_{min} \quad As = 1.35 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla } \varnothing 3/8" \quad 1 \quad @ \quad 0.526$$

$$\text{Varilla } \varnothing 1/2" \quad 1 \quad @ \quad 0.956$$

**Usar Varilla  $\varnothing 3/8"$  @ 0.16 (central)**

### CALCULO DE ACERO VERTICAL DE BARRAJE

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

$$MDiseño = 0.44 \text{ Tn} \cdot \text{m}$$

$$\text{Coeficiente de durabilidad para flexión} = 1.3 \quad \mu = 0.57 \text{ tn} \cdot \text{m}$$

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{espesor} = 0.30 \text{ m.} \quad \text{Recubrimiento} = 0.05 \text{ m}$$

$$fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad d = 0.25 \text{ m.} \quad b = 1.00 \text{ m.}$$

$$w = 0.025 \text{ cm.} \quad (\text{Rajadura Máxima para control de agrietamiento})$$

$$S_{máx} = (107046 / fs - 2 \times Cc) \cdot w / 0.041, \quad S_{máx} = 30.5 \times (2817 / fs) \cdot w / 0.041$$

$$S_{máx} = 20 \text{ cm}, \quad 21 \text{ cm}, \quad (\text{El menor})$$

$$As = \mu / ((\varnothing \times fy \times (d - a/2))) , \quad a = As \times fy / (.85 \times f'c \times b)$$

$$As = 0.71 \text{ cm}^2, \quad a = 0.17 \text{ cm}$$

Verificación de  $As_{min}$ :

$$As_{min} = 0.0018 \cdot \text{ancho} \cdot d = 4.50 \text{ cm}^2 \quad As = As_{min} \quad As = 4.50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla } \varnothing 3/8" \quad 1 \quad @ \quad 0.158$$

$$\text{Varilla } \varnothing 1/2" \quad 1 \quad @ \quad 0.287$$

**Usar Varilla  $\varnothing 3/8"$  @ 0.15 (AMBOS LADOS)**

### VERIFICACIÓN POR CORTANTE

$$\text{Cortante Máximo} = 1.04 \text{ Tn} \quad \text{Cortante que aporta el Concreto } (Vc) = 19.20 \text{ Tn}$$

$$Vu = 1.04 \text{ Tn} \quad \varnothing = 0.75 \text{ (Estructura Hidráulica)}$$

$$V_u / \phi = 1.39 \text{ Tn}$$

$V_c > V_u / \phi \rightarrow$  CONFORME

### CALCULO DE ACERO HORIZONTAL DE BARRAJE

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

$$M_{\text{Diseño}} = 0.09 \text{ Tn} \cdot \text{m}$$

Coefficiente de durabilidad para flexión = 1.3

$$M_u = 0.12 \text{ tn} \cdot \text{m}$$

$$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{espesor} = 0.30 \text{ m} \quad \text{Recubrimiento} = 0.050 \text{ m.}$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad d = 0.25 \text{ m.} \quad b = 1.00 \text{ m.}$$

$$w = 0.025 \text{ cm} \quad (\text{Rajadura Máxima para control de agrietamiento})$$

$$S_{\text{máx}} = (107046 / f_s - 2 \times C_c) \times w / 0.041, \quad S_{\text{máx}} = 30.5 \times (2817 / f_s) \times w / 0.041$$

$$S_{\text{máx}} = 20 \text{ cm}, \quad 21 \text{ cm}, \quad (\text{El menor})$$

$$A_s = M_u / (\phi \times f_y \times (d - a/2)) \quad , \quad a = A_s \times f_y / (.85 \times f'_c \times b)$$

$$A_s = 0.14 \text{ cm}^2 \quad , \quad a = 0.03 \text{ cm}$$

Verificación de  $A_s$  min:

$$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 4.50 \text{ cm}^2 \quad A_s = A_s \text{ min}, \quad A_s = 4.50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla } \phi 3/8" \quad 1 \quad @ \quad 0.158$$

$$\text{Varilla } \phi 1/2" \quad 1 \quad @ \quad 0.287$$

**Usar Varilla  $\phi 3/8"$  @ 0.15 (ambos lados)**

### CALCULO DE ACERO FONDO $e=0.20$

Momento Diseño Máximo = 0.44 Tn - m (Por continuidad, momento pared M22)  
(Barraje)

Coefficiente de durabilidad para flexión = 1.3

$$M_u = 0.57 \text{ tn} \cdot \text{m.}$$

$$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{espesor} = 0.20 \text{ m.} \quad \text{Recubrimiento} = 0.050 \text{ m.}$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad d = 0.15 \text{ m.} \quad b = 1.00 \text{ m.}$$

$$w = 0.025 \text{ cm} \quad (\text{Rajadura Máxima para control de agrietamiento})$$

$$S_{\text{máx}} = (107046/f_s - 2 \times C_c) \times w / 0.041, \quad S_{\text{máx}} = 30.5 \times (2817 / f_s) \times w / 0.041,$$

S máx = 20 cm, 21 cm, (El menor)

$$A_s = M_u / (\phi \cdot f_y \cdot (d - a/2)), \quad a = A_s \cdot f_y / (.85 \cdot f'_c \cdot b)$$

$$A_s = 1.19 \text{ cm}^2, \quad a = 0.28 \text{ cm}$$

Verificación de  $A_s$  min:

$$A_s \text{ min} = 0.0018 \times$$

ancho x d =

$$2.70 \text{ cm}^2$$

$$A_s = A_s \text{ min}$$

$$A_s =$$

$$2.70 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla } \phi 3/8" \quad 1 \quad @ \quad 0.263$$

$$\text{Varilla } \phi 1/2" \quad 1 \quad @ \quad 0.478$$

**Usar Varilla  $\phi 3/8"$  @ 0.20 (malla ambos lados)**

### CALCULO DE ACERO FONDO $e=0.15$

(Por continuidad, momento pared M22)

$$\text{Momento Diseño Máximo} = 0.10 \text{ Tn} \cdot \text{m}$$

(Cámara)

$$\text{Coeficiente de durabilidad para flexión} = 1.3$$

$$M_u = 0.13 \text{ tn} \cdot \text{m}$$

$$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Espesor} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento} = 0.075 \text{ m}$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = 0.08 \text{ m}$$

$$b = 1.00 \text{ m}$$

$$w = 0.025 \text{ cm}$$

(Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

$$S_{\text{máx}} = (107046/f_s - 2 \cdot C_c)w/0.041, \quad S_{\text{máx}} = 30.5(2817/f_s)w/0.041 \quad (\text{El menor})$$

S máx = 17 cm, 21 cm, (El menor)

$$A_s = M_u / ((\phi \cdot f_y \cdot (d - a/2))), \quad a = A_s \times f_y / (.85 \times f'_c \times b),$$

$$\phi = 0.769$$

(Estructura  
Hidráulica)

$$A_s = 0.54 \text{ cm}^2,$$

$$a = 0.13 \text{ cm}$$

Verificación de  $A_s$  min:

$$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 1.35 \text{ cm}^2$$

$$A_s = A_s \text{ min}$$

$$A_s =$$

$$1.35 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla } \phi 3/8" \quad 1 \quad @ \quad 0.526$$

$$\text{Varilla } \phi 1/2" \quad 1 \quad @ \quad 0.956$$

**Usar Varilla  $\phi 3/8"$  @ 0.16 (malla centrada)**

## B.- LINEA DE CONDUCCION

|                              |      |
|------------------------------|------|
| A.- POBLACION ACTUAL         | 323  |
| B.- TASA DE CRECIMIENTO (%)  | 3.36 |
| C.- PERIODO DE DISEÑO (AÑOS) | 20   |
| D.- POBLACION FUTURA         | 540  |

$$Pf = Po * ( 1 + r*t/100 )$$

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| E.- DOTACION (LT/HAB/DIA)           | 90   |
| F.- PERDIDAS EN EL SISTEMA          | 10 % |
| G.- CONSUMO PROMEDIO ANUAL (LT/SEG) |      |

$$Q = \text{Pob.} * \text{Dot.}/86,400 + \text{PS}$$

|      |
|------|
| 0.62 |
|------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| H.- CAUDAL DE LA FUENTE (LT/SEG) | 72.36 |
|----------------------------------|-------|

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| I.- CAUDAL DE BOMBEO (LT/SEG) |      |
| $Q_b = Q_m * 24/N = Q * 24/9$ | 1.65 |

$$Q = 0.0004264 * C * D^{2.63} * S^{0.54}$$

$$D = ( Q / (0.0004264 * C * S^{0.54}) )^{1/2.63}$$

$$S = hf / L = ( Q / (0.0004264 * C * D^{2.63}) )^{1/0.54}$$

Entonces :

$$hf = L * ( Q / (0.0004264 * C * D^{2.63}) )^{1.85}$$

**Donde :**

Q : Caudal en lts/seg.

D : Diámetro en pulgadas

S : Pendiente hidráulica en m/km

C : Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams

150.00 para PVC

### LINEA DE CONDUCCIÓN

CAUDAL A UTILIZAR 1.65 LTS/SEG.

| ELEMENTO    | NIV. DINAM. (COTA) | LONGITUD (Km) | Q. TRAMO (Lts/seg) | PEND. "S" (m / Km) | DIAMETRO "D" (Pulg.) | DIAM.COMER. (Pulg.) | VEL. FLUJO (m/seg.) | Hf (m.) | H PIEZOM. (m.) | PRESION (m agua) |
|-------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------|----------------|------------------|
| CAPTACION   | 871.620            |               |                    |                    |                      |                     |                     |         | 871.620        |                  |
| DESARENADOR | 871.350            | 0.010         | 1.65               | 27.00              | 1.75                 | 2.000               | 0.814               | 0.14    | 871.480        | 0.13             |

## C.- DESARENADOR

### ✚ Parámetros de diseño

|                               |          |      |      |
|-------------------------------|----------|------|------|
| Caudal de diseño              | Qb       | 1.65 | Lps. |
| Densidad relativa de la arena | $\rho_s$ | 2.65 |      |
| Diámetro de la partícula      | d        | 0.02 | m.   |
| Temperatura del agua          | T°       | 20   |      |

### ✚ Dimensionamiento de las longitudes.

- De la tabla del **Grafico N° 01**.

Viscosidad cinemática (n) =  $1.0105 \times 10^{-2}$  cm<sup>2</sup>/seg.

Luego, de la fórmula:

$$V_s = \frac{1}{18} g \left( \frac{\rho_s - 1}{n} \right) d^2$$

Se tiene velocidad de sedimentación (Vs) = 3.55 cm/s.

- Se comprueba el número de Reynolds:

$$Re = \frac{V_s * d}{n}$$

Re = 7.02 > 0.5; por lo tanto, no se encuentra en la zona de la ley de Stokes.

Se realiza un reajuste mediante en el **grafico N° 02** (ver pág. N°177).

$$\left[ \frac{g(\rho_s - 1)}{n^2} \right]^{1/3} d = 5.02$$

Termino de la velocidad de sedimentación:

$$\frac{V_s}{[g(\rho_s - 1)n]^{1/3}} = 1$$

Luego Vs=2.54 cm/s.

Comprobamos nuevamente el Re=5.02

Entonces se encuentra en la zona de transición (ley de Allen).

- Se determina el coeficiente de arrastre:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{Cd} (\rho_s - 1) * d}$$

$$V_s = 2.58 \text{ cm/seg.}$$

Si se asumen una eficiencia del 75%, de acuerdo con el **grafico N° 03** (ver pág. N° 178), se adopta un coeficiente de seguridad igual a 1.75.

$$V_s' = \frac{Q * \text{coefic. segur}}{A_s}$$

De tal manera que se obtiene el área superficial ( $A_s$ )=0.10 m<sup>2</sup>.

- Se determina las dimensiones de largo, ancho y profundidad respetando los criterios de diseño.

Largo : **L= 4.50 m.**

Ancho : **B= 0.70 m.**

Profundidad: **h= 0.50 m.**

Luego la velocidad horizontal:

$$V_h = \frac{Q}{A_t}$$

$$V_h = \frac{0.00165}{0.6 * 0.5} \text{ m/seg}$$

$$V_h = 0.55 \text{ cm/seg}$$

Se determina el valor de rugosidad de la cámara mediante:

$$R = \frac{4R_m * V_h}{n}$$

$$\frac{4R_m}{K}$$

Luego se ingresa al **grafico N°04** (ver pág. N° 179), de donde se tiene  $f=0.027$ .

- Se determina la velocidad de desplazamiento o resuspension:

$$Vd = \sqrt{\frac{8k}{f} * g(Ps - 1) * d}$$

$$Vd = 19.56 \text{ cm/seg.}$$

Lo que indica que no habrá resuspension pues  $Vd > Vh$

#### ✚ Profundidad al extremo de la zona de sedimentación

- Pendiente del fondo de la zona de desarenacion

$$S = 8\%$$

- Caída del fondo en la zona de sedimentación

$$h' = s * L$$

$$h' = 0.08 * 4.5$$

$$h' = 0.36 = 0.40 \text{ m}$$

- Profundidad al extremo del desarenador

$$Ht = h + h'$$

$$Ht = 0.50 + 0.40$$

$$Ht = 0.90 \text{ m.}$$

#### ✚ Dimensiones de la zona de ingreso

- Angulo de transición

$$\theta = 12.50^\circ$$

- Se determina la longitud del tramo de transición.

$$L1 = \frac{B - b}{2 * tg\theta}$$

$$L1 = \frac{0.60 - 0.08}{2 * tg(12.5^\circ)}$$

$$L = 1.20 \text{ m.}$$

### Dimensiones de la zona de salida

- Ancho del canal de salida

$$A_2 = 0.20 \text{ m.}$$

- Largo del canal de salida

$$L_2 = 0.60 \text{ m.}$$

- Altura de agua en el vertedero

$$H_2 = \left( \frac{Qb}{1.84 \cdot A_2} \right)^{2/3}$$

$$H_2 = \left( \frac{0.00165}{1.84 \cdot 0.2} \right)^{2/3}$$

$$H_2 = 0.03 \text{ m}$$

Figura N° 22: Esquema del Desarenador – Planta

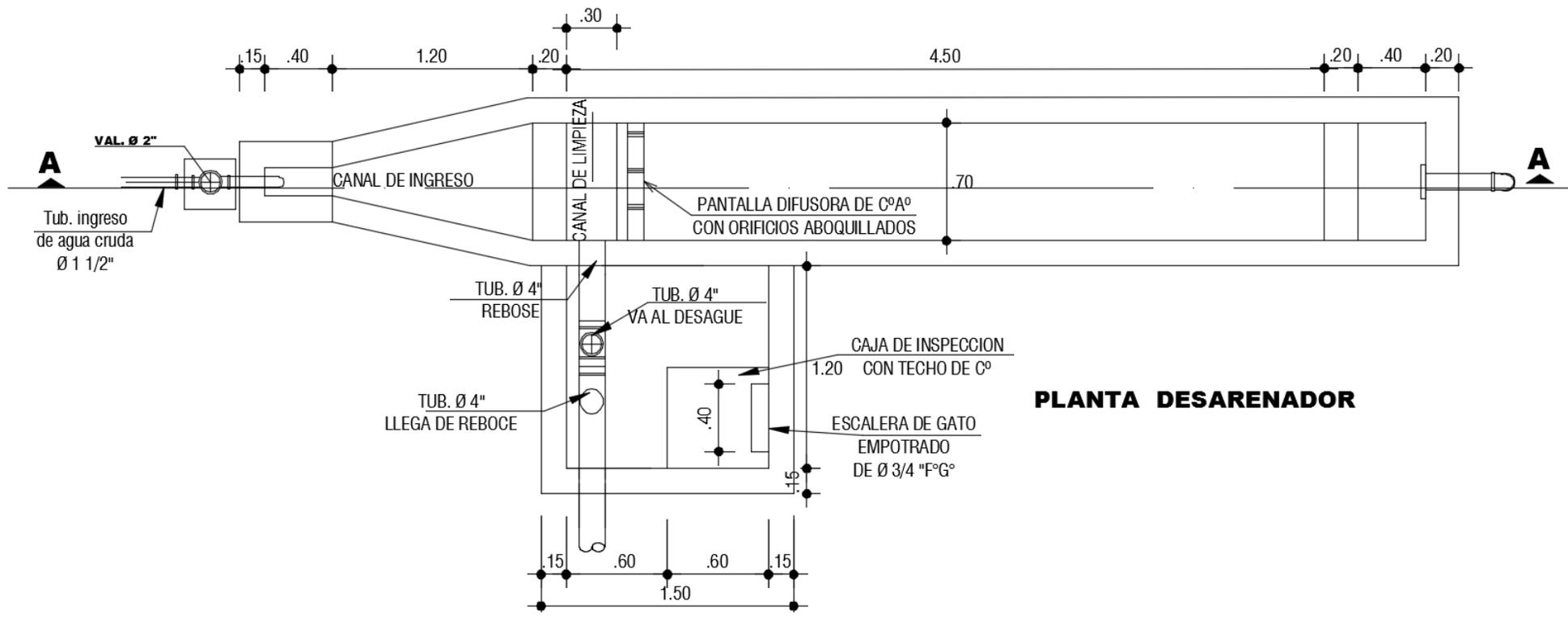
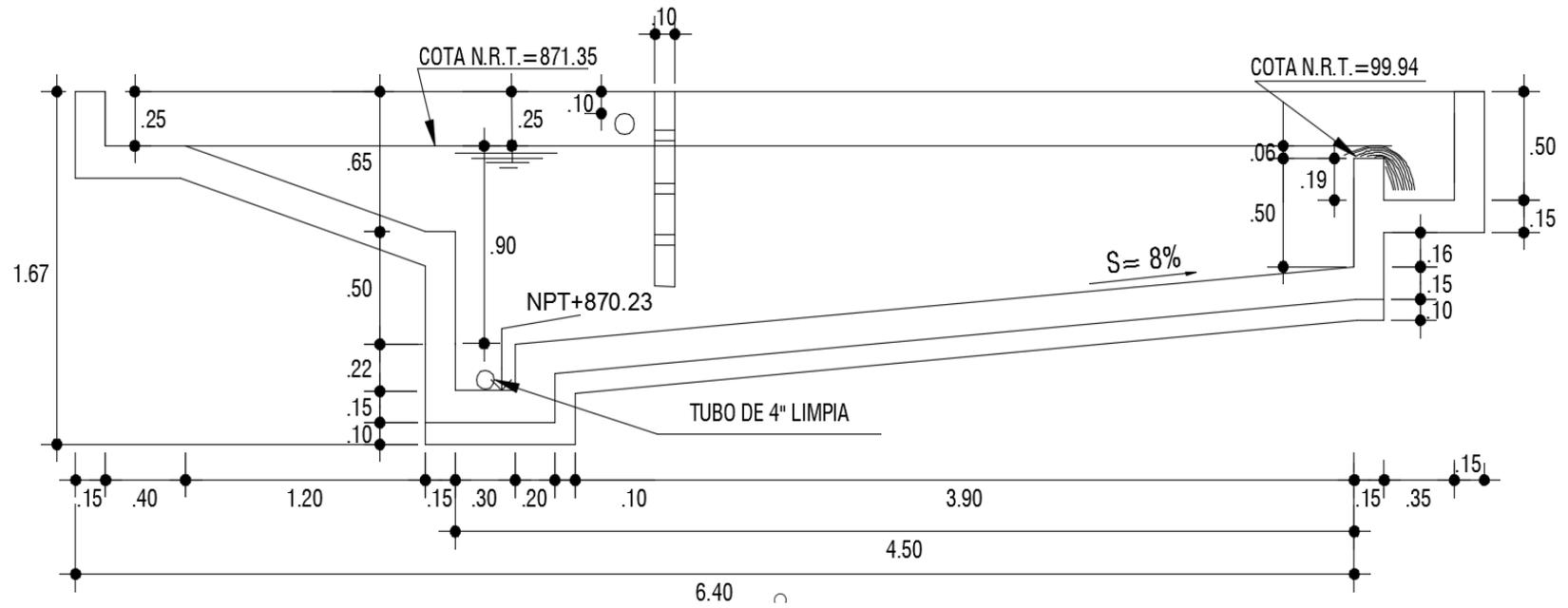


Figura N° 23: Esquema del Desarenador – Corte





## **D.- LINEA DE IMPULSION**

### **✚ GASTO DE DISEÑO**

Horas de bombeo : N=9 horas

Caudal medio diario promedio anual : Qm= 0.62 l/s

$$Qb = Qm \cdot \frac{24}{N}$$

$$Qb = 0.62 \cdot \frac{24}{9}$$

$$Qb = 1.65 \text{ l/s}$$

### **✚ SELECCIÓN DEL DIAMETRO**

Utilizando la fórmula de Bresse

$$D = 1.3 \cdot \lambda^{1/4} \cdot \sqrt{Q}$$

$$D = 1.3 \cdot \left(\frac{9}{24}\right)^{1/4} \cdot \sqrt{\frac{1.65}{1000}}$$

$$D = 0.041 \text{ m.}$$

$$D = 41 \text{ mm.}$$

$D_c = 2''$  ---->Diámetro comercial mínimo disponible

### **✚ VELOCIDAD MEDIA DE FLUJO**

Diámetro interior : D= 0.0598 m.

Caudal de bombeo : Qb= 1.65 l/s

$$V = \frac{4 \cdot Q_b}{\pi \cdot D^2}$$

$$V = \frac{4 \cdot \frac{1.65}{1000}}{\pi \cdot (0.0598)^2}$$

$$V = 0.59 \text{ m/s} \text{ ----> OK}$$

### **✚ PRESION MAXIMA**

Velocidad de propagación de onda

Densidad del agua :  $\delta = 1000 \text{ Kg/m}^3$

Módulo de la elasticidad del agua :  $\varepsilon = 2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$   
 Diámetro interior de la tubería del agua :  $d = 0.0598 \text{ m}$ .  
 Espesor de la tubería :  $e = 0.0016 \text{ m}$   
 Módulo de elasticidad de la tubería :  $E = 2.94 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

Se tiene:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{\delta \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{d}{e \cdot E}\right)}} \dots\dots\dots (8)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{1000 \cdot \left(\frac{1}{2 \times 10^9} + \frac{0.0598}{0.0016 \cdot 2.94 \cdot 10^9}\right)}}$$

$$\alpha = 275.11 \text{ m/s}$$

Sobrepresión

Velocidad de propagación de onda :  $\alpha = 275.11 \text{ m/s}$   
 Longitud de la tubería :  $L = 300.66 \text{ m}$   
 Gravedad :  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ .  
 Velocidad media de flujo :  $V = 0.59 \text{ m/s}$

Tiempo crítico :  $T_c = \frac{2L}{\alpha}$   

$$T_c = \frac{2 \cdot 300.66}{275.11}$$
  

$$T_c = 2.19 \text{ s.}$$

Sobre Presión :  $\Delta H = \frac{\alpha V}{g}$   

$$\Delta H = \frac{275.11 \cdot 0.59}{9.81}$$
  

$$\Delta H = 16.55 \text{ m. c. a.}$$

Presión máxima:

Cota descarga en la cámara rompe presión :  $C_{rp} = 896.40 \text{ msnm}$

|                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Cota más baja de cisterna     | : Ccist = 869.20 msnm         |
| Diferencia de altura estática | : H = 27.20 m. c. a.          |
| Sobre presión                 | : $\Delta H = 16.55$ m. c. a. |
| Presión máxima                | : $P_{\max} = H + \Delta H$   |
|                               | $P_{\max} = 27.20 + 16.55$    |
|                               | $P_{\max} = 43.75$ m.         |

Nota: El valor de la presión máxima se aplica para seleccionar la resistencia de la tubería de acuerdo a las especificaciones técnicas de los fabricantes estando por encima respecto a la presión de trabajo.

#### ✚ PERDIDA DE CARGA

##### Perdida de carga por fricción en la tubería:

|                                 |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| Caudal de bombeo                | : $Q_b = 1.65$ l/s |
| Coefficiente de rugosidad       | : C = 150          |
| Diámetro interior de la tubería | : D = 0.0598 m.    |
| Longitud de la tubería          | : L = 300.66 m.    |
| Ecuación de Hazen y William     |                    |

$$H_f = \left[ \frac{Q_b}{0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63}} \right]^{1.85} \times L$$

$$H_f = \left[ \frac{\frac{1.65}{1000}}{0.2785 \cdot 150 \cdot 0.0598^{2.63}} \right]^{1.85} \times 300.66$$

$$H_f = 1.92 \text{ m.}$$

##### Perdida de carga local por accesorios:

|                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| Velocidad media de flujo | : V = 0.54 m/s                |
| Gravedad                 | : g = 9.81 m/s <sup>2</sup> . |

Teniendo en cuenta los accesorios y los cambios de dirección de los tramos, el coeficiente “k” se determina en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 15:** Coeficiente “K” para la línea de impulsión.

| DESCRIPCION               | N° | K   | TOTAL |
|---------------------------|----|-----|-------|
| Codo 90°                  | 3  | 0.9 | 2.7   |
| válvula check             | 1  | 2.5 | 2.5   |
| Válvula compuerta abierta | 1  | 0.2 | 0.2   |
| Salida de tubo            | 1  | 1   | 1     |
| Unión de desmontaje       | 1  | 0.4 | 0.4   |
| Válvula de purga          | 1  | 2.5 | 2.5   |
| Total                     |    |     | 9.3   |

$$H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_l = 9.30 \cdot \frac{0.54^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$H_l = 0.14 \text{ m.}$$

$$\text{Pérdida de carga total} = H_l + H_f$$

$$\text{Pérdida de carga total} = 0.14 + 1.92$$

$$\text{Pérdida de carga total} = 2.06 \text{ m.}$$

#### ✚ ALTURA MANOMETRICA

Cota descarga en la cámara rompe presión : Crp = 896.40 msnm

Cota más baja de cisterna : Ccist = 869.20 msnm

Pérdida de carga total : 2.06 m.

Presión de llegada a la Cámara rompe presión: 2.00 m.

Se tiene:

$$H_m = (895.95 - 869.70) + 2.06 + 2.00 \text{ m.}$$

$$H_m = 31.26 \text{ m.}$$

## E.- CAMARA ROMPE PRESION

### DATOS

|                           |     |      |                  |
|---------------------------|-----|------|------------------|
| Caudal Promedio           | Qp  | 0.62 | Lps.             |
| Caudal Máximo Diario      | Qmd | 0.81 | Lps.             |
| Caudal de bombeo          | Qb  | 1.65 | Lps.             |
| Diámetro de ingreso       | Di  | 2.00 | Pulg             |
| Aceleración gravitacional | g   | 9.81 | m/s <sup>2</sup> |

✚ Altura de la carga (H)

$$H = 1.56 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde: H= Carga de agua (m)

V= Velocidad del flujo en m/s definida como  $1.9735 \frac{Qb}{D^2}$

g= Aceleración gravitacional (9.81 m/s<sup>2</sup>).

❖ Reemplazando :

$$H = 1.56 \frac{(1.9735 \cdot \frac{1.65}{2^2})^2}{2 * 9.81}$$

$$H = 1.56 \frac{0.71^2}{19.62}$$

$$H = 0.05 \approx 0.10 \text{ m}$$

✚ Altura total de la cámara

$$Ht = H + A + BL$$

Donde: H= Carga de agua (m)

A= altura hasta la canastilla (m)

BL= Altura de borde libre (m)

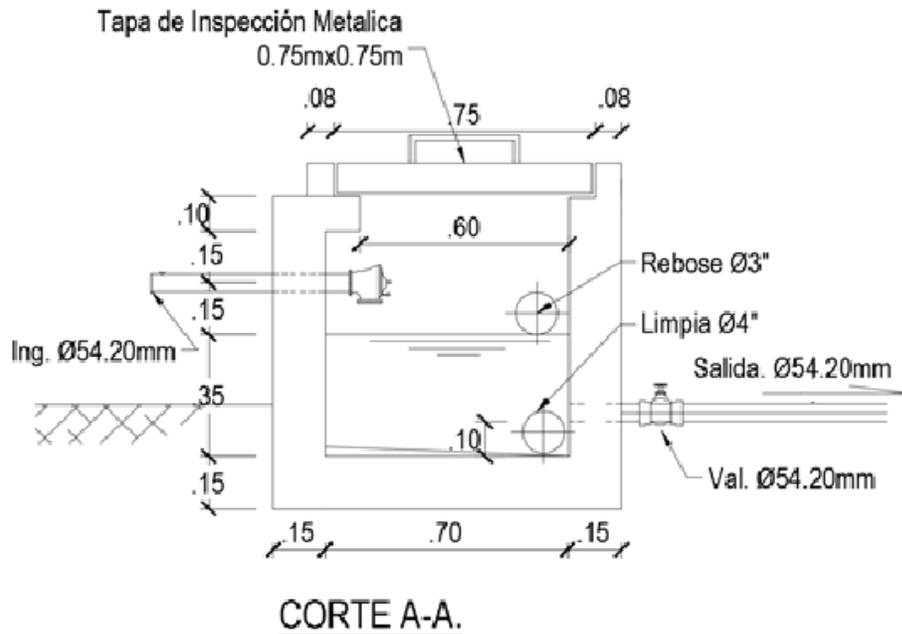
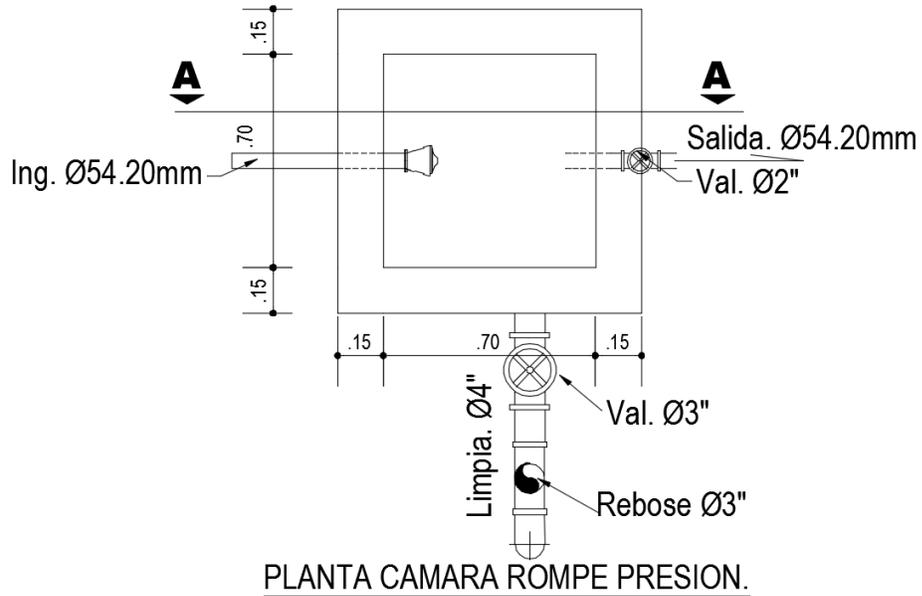
❖ Reemplazando :  $Ht = H + A + BL$

$$Ht = 0.10 + 0.25 + 0.30$$

$$Ht = 0.65 \text{ m}$$

Por facilidad, en el proceso constructivo y en la instalación de accesorio, se considerara una sección interna de 0.70 por 0.70 m.

**Figura N° 24:** Esquema de la cámara rompe presión



## CALCULO DE ACERO CAMARA ROMPE PRESION

Estructura de dimensiones menores y cargas limitadas, predominando para el diseño de los elementos estructurales el control de agrietamiento en el concreto.

### **Cáculo Acero**

espesor = 0.15 m      Recubrimiento = 0.075 m

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$        $d = 0.08 \text{ m}$        $b = 1.00 \text{ m}$ .

$w = 0.033 \text{ cm}$ .      (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

$S_{\text{máx}} = (96636 / f_s - 2.5 \times C_c) \times w / 0.041$ ,       $S_{\text{máx}} = 30 \times (2520 / f_y) \times w / 0.041$ ,

$S_{\text{máx}} = 16 \text{ cm}, 24 \text{ cm}$ , (El menor)

Verificación de  $A_s$  min:

$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 1.35 \text{ cm}^2$

**Varilla  $\varnothing 3/8"$**       1 @ 0.53

Varilla  $\varnothing 1/2"$       1 @ 0.96

**Usar Varilla  $\varnothing 3/8"$  @ 0.16 (central ambos lados)**

## F.- PLANTA DE TRATAMIENTO

### F.1. DISEÑO DE PREFILTRO

#### DATOS

|                                 |     |      |      |
|---------------------------------|-----|------|------|
| Caudal Promedio                 | Qp  | 0.62 | Lps. |
| Caudal Máximo Diario            | Qmd | 0.81 | Lps. |
| Caudal Máximo Horario           | Qmh | 1.24 | Lps. |
| Caudal de bombeo                | Qb  | 1.65 | Lps  |
| Diámetro de ingreso             | ØI  | 2.00 | Pulg |
| Número de unidades de Prefiltro | N   | 2.00 | #    |

✚ Velocidad de filtración (Vf) : Vf = 0.60 m/h

✚ Área del Prefiltro (A) :  $A = \frac{Qb}{N*1000} * \frac{3600}{Vf}$

❖ Reemplazando :  $A = \frac{1.65}{2*1000} * \frac{3600}{0.6}$

A = 4.95 m.

✚ Diámetro del Prefiltro (D') :  $D = \sqrt{A * \frac{4}{\pi}}$

❖ Reemplazando :  $D = \sqrt{4.95 * \frac{4}{\pi}}$

D = 2.50 m.

✚ Espesor total del lecho (EL)

➤ Capa 01 (grava Ø 19.00-38.00 mm) = 0.45 m

➤ Capa 02 (grava Ø 6.40-12.70 mm) = 0.35 m

➤ Capa 03 (grava Ø 2.40-4.80 mm) = 0.35 m

➤ Capa 04 (arena gruesa Ø 1.4.00-38.00 mm)= 0.35 m

EL = Capa 01 + Capa 02+ Capa 03+ Capa 04

EL = 0.45+0.35+0.35+0.35

EL = 1.50 m

✚ Altura de agua sobre la superficie del lecho ( $H_{agua}$ ) = 0.60 m

✚ Altura del borde libre (HBL) : HBL= 0.30 m.

✚ Pendiente del fondo (P%) : P%= 12.50 %

✚ Separación entre losas/ladrillos (s) : S= 20 mm.

✚ Ancho de losas /ladrillos (a) : a= 12 mm.

✚ Velocidad de descarga de lavado ( $V_d$ ) :  $V_{lav}$  = 1 m/min

✚ Velocidad en el canal de lavado ( $V_c$ ) :  $V_c$ = 1.5 m/s

✚ Diametro de tubería de ingreso ( $D_i$ ) : 2 pulg.

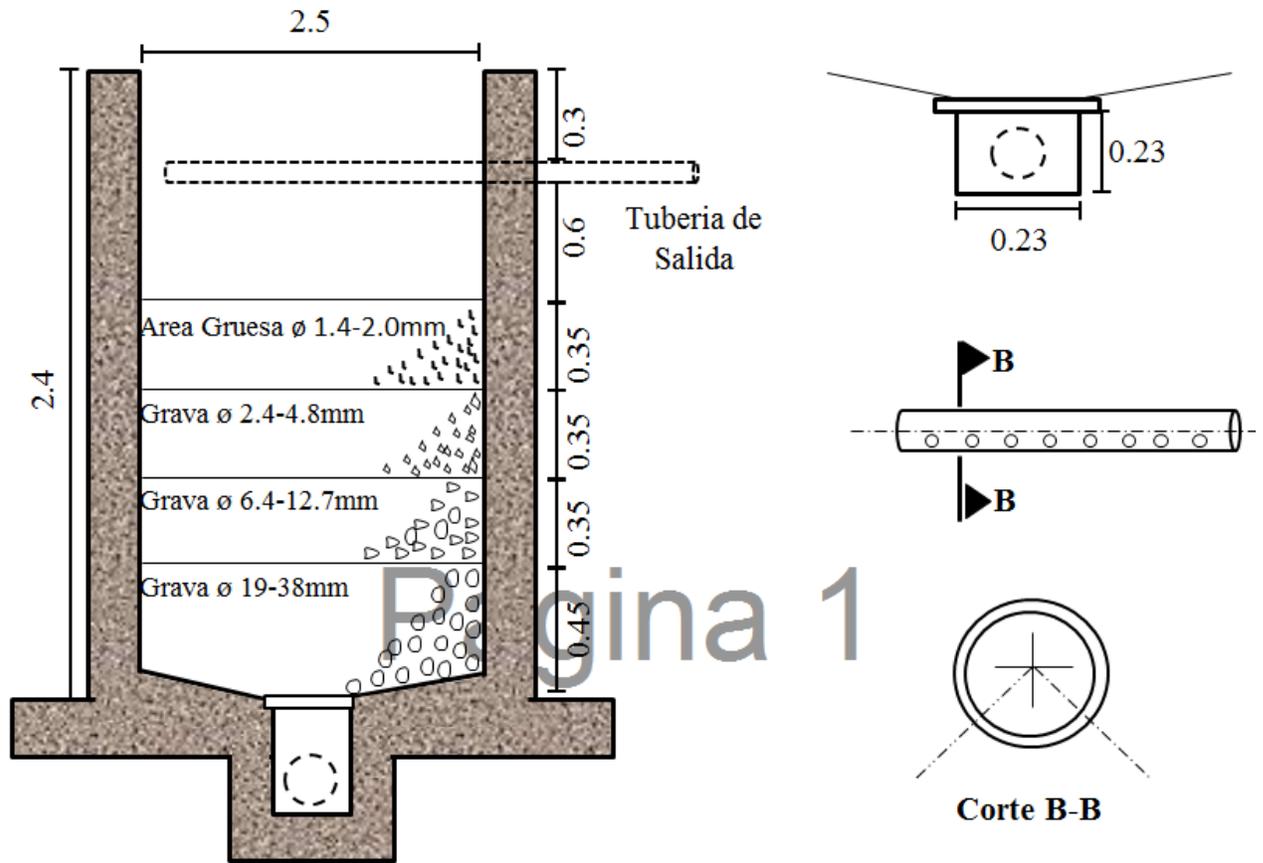
✚ Diámetro de tubería secundaria:  $D_S = \sqrt{\frac{\frac{4 * Q_b}{\frac{\pi * 0.3}{0.462}}}{\frac{N * 1000}{0.0254}}} * \frac{1}{0.0254}$  pulg

$$D_S = \sqrt{\frac{4 * 1.65}{\frac{\pi * 0.3}{0.462}} * \frac{1}{0.0254}}$$

$D_s$ = 1.50 pulg.

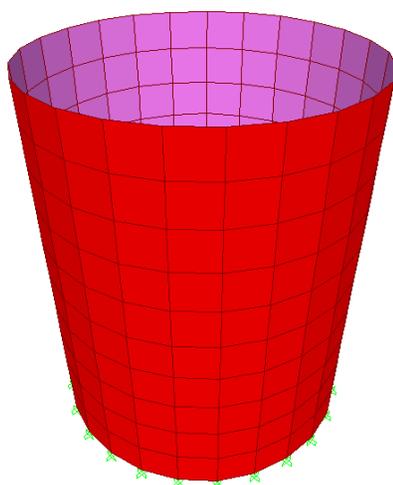
✚ Diámetro de tubería de fondo ( $D_f$ ) :  $D_f$ = 4 pulg.

Figura N° 25: Esquema del Prefiltro



## DISEÑO ESTRUCTURAL PRE FILTRO

### CRITERIOS DE DISEÑO



### **METODO DE DISEÑO**

El Método utilizado es el diseño a la rotura o por resistencia última, adicionalmente se efectuará el control de rajaduras para los muros, tal como lo considera el código del ACI para el diseño de estructuras retenedoras de líquidos por este método.

### **ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Las elementos estructurales tienen el siguiente predimensionamiento, que de acuerdo al cálculo estructural y diseño respectivo son pasibles de modificación:

Espesor de Pared: 0.15 m.

Espesor de Losa de Fondo: 0.15m

### **CARGAS**

Peso específico del agua: 1.00 Tn/m<sup>3</sup>

Peso del Concreto: 2.40 Tn/m<sup>3</sup>

### **DISEÑO SISMORRESISTENTE**

La concepción estructural se realizará de acuerdo a los criterios indicados en la Norma E.030 - DISEÑO SISMORRESISTENTE. El análisis se realizará por el método dinámico, utilizando un espectro inelástico de pseudo aceleraciones.

## CALCULO DE ACERO DE LA PARED DEL PREFILTRO

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

### CALCULO DE ACERO VERTICAL DE LA PARED DEL PREFILTRO

Momento DISEÑO = 0.15 Tn - m

Coeficiente de durabilidad para flexión= 1.3                       $M_u = 0.20 \text{ Tn} - \text{m}$

$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$     espesor = 0.15 m    Recubrimiento = 0.075 m

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$                        $d = 0.08 \text{ m}$                        $b = 1.00 \text{ m}$

$w = 0.025 \text{ cm}$                       (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

$S_{\text{máx}} = (107046 / f_s - 2 \times C_c) \times w / 0.041$ ,  $S_{\text{máx}} = 30.5 \times (2817 / f_s) \times w / 0.041$

$S_{\text{máx}} = 17 \text{ cm}$ ,                       $21 \text{ cm}$ ,                      (El menor)

$A_s = M_u / ((\phi \times f_y \times (d - a/2)))$ ,     $a = A_s \times f_y / (.85 \times f'_c \times b)$

$A_s = 0.82 \text{ cm}^2$                       ,                       $a = 0.19 \text{ cm}$

Verificación de  $A_s$  min:

$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 1.35 \text{ cm}^2$                        $A_s = A_s \text{ min}$                        $A_s = 1.35 \text{ cm}^2$

Varilla  $\phi 3/8"$                       1                      @ 0.526

Varilla  $\phi 1/2"$                       1                      @ 0.956

**Usar Varilla  $\phi 3/8"$  @ 0.16                      (CENTRAL PARED)**

### VERIFICACIÓN POR CORTANTE

Cortante DISEÑO = 0.71 Tn                      Cortante que aporta el Concreto ( $V_c$ ) = 5.76 Tn

$V_u / \phi = 0.95 \text{ Tn}$                        $\phi = 0.75$  (Estructura Hidráulica)

$V_c > V_u / \phi$  ---> CONFORME

## CALCULO DE ACERO CIRCULAR DE LA PARED DEL PREFILTRO

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

Tracción Máxima = 1.86 Tn (Carga Servicio)

Coeficiente de durabilidad para tracción= 1.65 Tracción Diseño = 3.07 tn

$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  espesor = 0.15 m. Recubrimiento = 0.075 m.

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   $d = 0.08 \text{ m}$   $b = 1.00 \text{ m}$ .

$w = 0.025 \text{ cm}$  (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

$S_{\text{máx}} = (107046 / f_s - 2 \times C_c) \times w / 0.041$ ,  $S_{\text{máx}} = 30.5 \times (2817 / f_s) \times w / 0.041$

$S_{\text{máx}} = 17 \text{ cm}$ ,  $21 \text{ cm}$ , (El menor)

$f_s = 1050 \text{ Kg/cm}^2$  (Para Tracción)

Área del Acero =  $2.92 \text{ cm}^2$

Verificación de  $A_s$  min:

$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 1.35 \text{ cm}^2$   $A_s = A_s \text{ min}$   $A_s = 2.92 \text{ cm}^2$

Varilla  $\varnothing 3/8"$  1 @ 0.24

Varilla  $\varnothing 1/2"$  1 @ 0.44

**Usar Varilla  $\varnothing 3/8"$  @ 0.16 (central pared)**

|  |
|--|
| <b>CALCULO DE ACERO FONDO DE PREFILTRO <math>e=0.15</math></b> |
|--|

Cálculo del Peso de la Estructura:

Por Peso de las Paredes: 5.60 Tn.

Por Peso Interior: 8.00Tn

Por Peso del Fondo: 1.13 Tn

Peso Total: 14.73 Tn

Capacidad Portante del Terreno: 1.12 Kg/cm<sup>2</sup>

Área de Contacto: 3.14 m<sup>2</sup>

Presión sobre el Terreno: 0.47 Kg/cm<sup>2</sup>

Momento DISEÑO = 0.15 Tn - m (Por continuidad, momento pared M22)

Coeficiente de durabilidad para flexión= 1.3

$M_u = 0.20 \text{ Tn-m.}$

$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$       espesor = 0.15 m

Recubrimiento = 0.075 m.

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$        $d = 0.08 \text{ m.}$

$b = 1.00 \text{ m.}$

$w = 0.025 \text{ cm}$       (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

$S_{\text{máx}} = (107046 / f_s - 2 \times C_c) \times w / 0.041$ ,       $S_{\text{máx}} = 30.5 \times (2817 / f_s) \times w / 0.041$

$S_{\text{máx}} = 17 \text{ cm, } 21 \text{ cm,}$       (El menor)

$A_s = M_u / (\phi \times f_y \times (d - a/2))$ ,       $a = A_s \times f_y / (.85 \times f'_c \times b)$

$A_s = 0.82 \text{ cm}^2$ ,       $a = 0.19 \text{ cm.}$

Verificación de  $A_s$  min:

$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 1.35 \text{ cm}^2$        $A_s = A_s \text{ min}$

$A_s = 1.35 \text{ cm}^2$

Varilla  $\phi 3/8"$       1      @      0.526

Varilla  $\phi 1/2"$       1      @      0.956

**Usar Varilla  $\phi 3/8"$  @      0.16      (malla central losa)**

## F.2. DISEÑO DE FILTRO LENTO

### DATOS

|                              |     |      |      |
|------------------------------|-----|------|------|
| Caudal Promedio              | Qp  | 0.62 | Lps. |
| Caudal Máximo Diario         | Qmd | 0.81 | Lps. |
| Caudal Máximo Horario        | Qmh | 1.24 | Lps. |
| Caudal de bombeo             | Qb  | 1.65 | Lps  |
| Diámetro de ingreso          | ØI  | 2.00 | Pulg |
| Número de unidades de Filtro | N   | 2.00 | #    |

✚ Velocidad de filtración (Vf) :  $V_f = 0.20 \text{ m/h}$

✚ Área Superficial del Filtro (As) :  $A_s = \frac{Q_b}{N \cdot 1000} * \frac{3600}{V_f}$

❖ Reemplazando :  $A_s = \frac{1.65}{2 \cdot 1000} * \frac{3600}{0.2}$

$A_s = 14.85 \text{ m.}$

✚ Coeficiente de mínimo costo (k) :  $K = \frac{2n}{n+1}$

❖ Reemplazando :  $k = \frac{2 \cdot 2}{2+1}$

$k = 1.33$

✚ Largo del Filtro (L) :  $L = \sqrt{A_s * K}$

❖ Reemplazando :  $L = \sqrt{14.85 * 1.33}$

$L = 4.44 \approx 4.45 \text{ m.}$

✚ Ancho del Filtro (A) :  $A = \sqrt{A_s / K}$

❖ Reemplazando :  $A = \sqrt{\frac{14.85}{1.33}}$

$A = 3.34 \approx 3.35 \text{ m.}$

✚ Espesor total del lecho (EL)

➤ Capa 01 (grava Ø 10.00-40.00 mm) = 0.15 m

- Capa 02 (grava Ø 4.00-15.00 mm) = 0.08 m
- Capa 03 (grava Ø 4.00-1.50 mm) = 0.08 m

EL = Capa 01 + Capa 02+ Capa 03

EL = 0.15+0.08+0.08

EL = 0.30 m

✚ Altura del lecho de arena total (H<sub>are</sub>) : H<sub>are</sub>=H<sub>a</sub> + H<sub>r</sub>.

Altura del lecho de arena (H<sub>a</sub>) : H<sub>a</sub>= 0.50 m.

Altura del raspado de arena (H<sub>r</sub>)\* : H<sub>r</sub>= 0.30 m.

❖ Reemplazando : H<sub>are</sub>= 0.50 + 0.30

H<sub>are</sub>= 0.80 m

\*Altura de arena extraído en c/d raspado (debe quedar mínimo 0.30m de altura de la arena y de ahí reponer la arena lavada, se manejará un mínimo de 50cm, al tercer raspado repongo la arena del primer raspado)

✚ Altura de agua sobre la superficie del lecho (H<sub>agua</sub>) = 1.00 m

✚ Altura del borde libre (H<sub>BL</sub>) : H<sub>BL</sub>= 0.20 m.

✚ Altura de falso fondo (H<sub>ff</sub>) : H<sub>ff</sub>= 0.30 m.

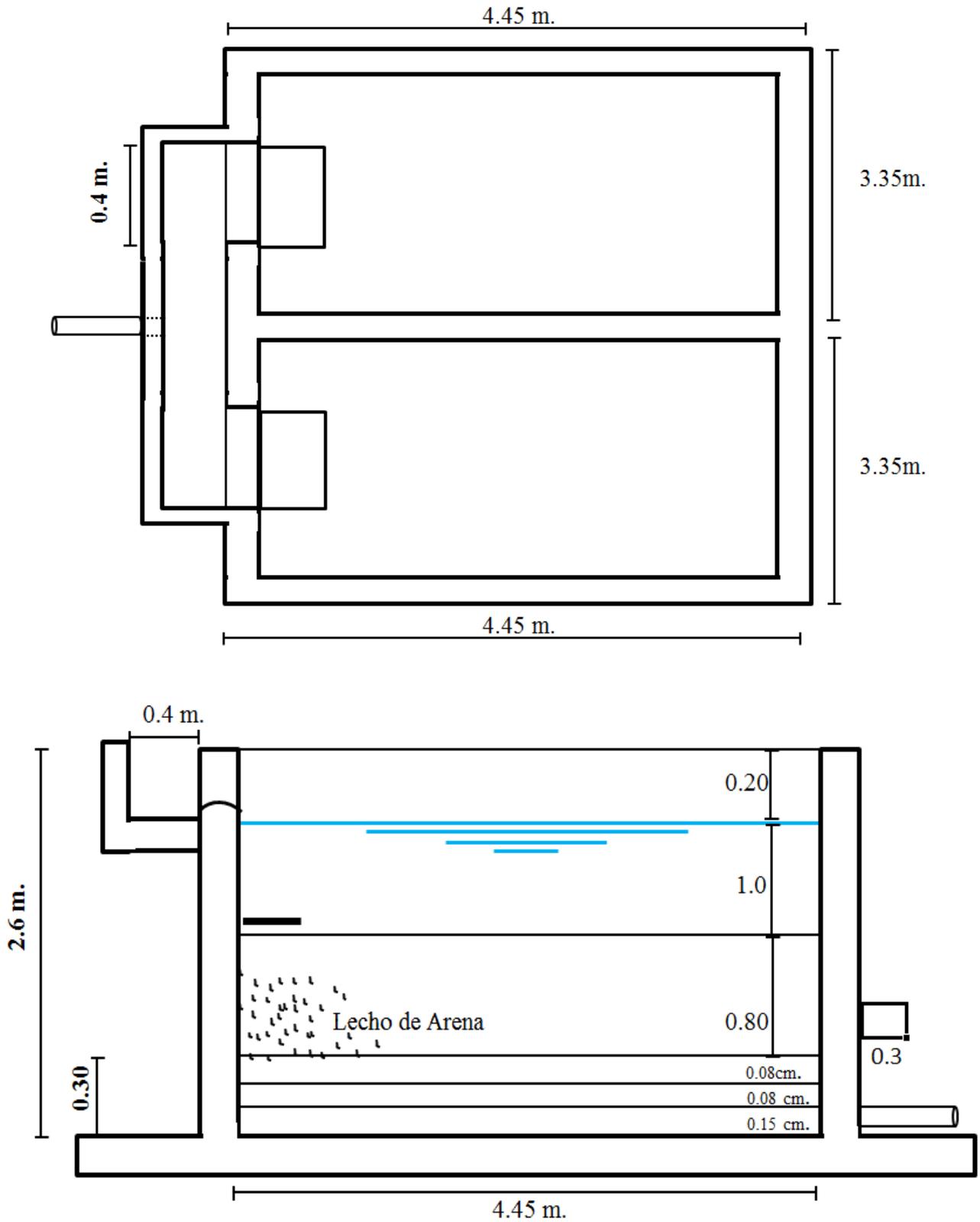
✚ Altura total del filtro (interno) : H<sub>filtro</sub>= 2.60 m.

✚ Ancho del vertedero de ingreso : a= 0.50 m.

✚ Diámetro de tubería de salida (D<sub>i</sub>) : 2 pulg.

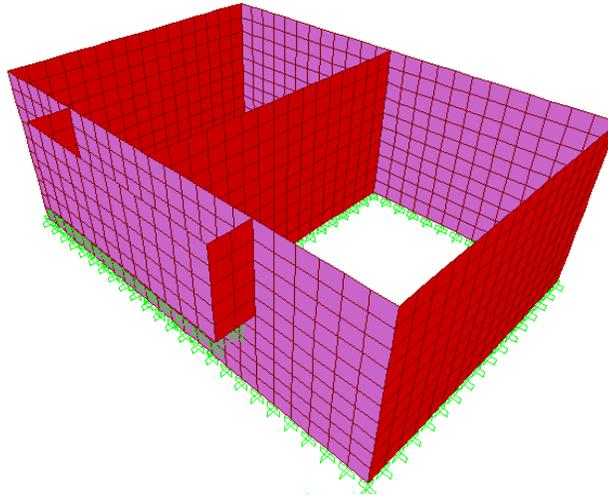
✚ Diámetro de tubería de Desfogue : D<sub>f</sub>= 4 pulg.

Figura N° 26: Esquema del Filtro Lento



## DISEÑO ESTRUCTURAL DE FILTRO LENTO

### CRITERIOS DE DISEÑO



### **METODO DE DISEÑO**

El Método utilizado es el diseño a la rotura o por resistencia última, adicionalmente se efectuará el control de rajaduras para los muros, tal como lo considera el código del ACI para el diseño de estructuras retenedoras de líquidos por este método. Se usará el programa de Estructuras Sap 2000 para la obtener los valores calculados

### **ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Las elementos estructurales tienen el siguiente predimensionamiento, que de acuerdo al cálculo estructural y diseño respectivo son pasibles de modificación:

|                            |        |                                 |
|----------------------------|--------|---------------------------------|
| Espesores de Pared:        | 0.20 m | (Paredes Longitudinales)        |
|                            | 0.20 m | (Paredes Transversales)         |
|                            | 0.15 m | (Paredes Canal y Caja válvulas) |
| Espesores de Losas (Pisos) | 0.20 m |                                 |
|                            | 0.15 m | (Piso Canal y Caja válvulas)    |

### **CARGAS**

**Las más desfavorables:**

Cuando la estructura está vacía.

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <u>Datos del Terreno del EMS:</u> | (Verificar en campo sí las condiciones del suelo son las mismas) |
| Peso específico del terreno:      | 1.79 Tn/m <sup>3</sup>   |
| Angulo de Fricción ( $\phi$ ):    | 20.00°   |
| Carga admisible:                  | 1.12 Kg/cm <sup>2</sup>  |
| Coefficiente activo (Ca):         | $\text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) = 0.4903$                        |
| Cag =                             | 0.88 Tn/m <sup>3</sup>   |

Cuando la estructura está llena.

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Peso específico del agua: | 1.00 Tn/m <sup>3</sup> |
| Sobre Carga:              | 0.10 Tn/m <sup>3</sup> |
| Peso del Concreto:        | 2.40 Tn/m <sup>3</sup> |

### **DISEÑO SISMORRESISTENTE**

La concepción estructural se realizará de acuerdo a los criterios indicados en la Norma E.030 - DISEÑO SISMORRESISTENTE. El análisis se realizará por el método dinámico, utilizando un espectro inelástico de pseudo aceleraciones.

|   |
|---|
| <b>CALCULO DE ACERO DE LA PARED DEL FILTRO LENTO e=0.20</b> |
|---|

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

### **CALCULO DE ACERO VERTICAL DE LA PARED DEL FILTRO LENTO e=0.20**

Momento Diseño Máximo = 1.93 Tn - m

Coefficiente de durabilidad para flexión= 1.3 Mu = 2.51 Tn - m

f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>    espesor = 0.20 m.    Recubrimiento = 0.050 m

fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>    d = 0.150 m.    b = 1.00 m.

w = 0.025    (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

Smáx= (107046 / fs - 2 x Cc) x w / 0.041, Smáx = 30.5 x (2817 / fs) x w / 0.04, 1

S máx = 20 cm,    21 cm,    (El menor)

$$A_s = M_u / ((\phi \times f_y \times (d - a/2)), \quad a = A_s \times f_y / (.85 \times f'_c \times b)$$

$$A_s = 5.41 \text{ cm}^2, \quad a = 1.27 \text{ cm}$$

Verificación de  $A_s$  min:

$$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 2.70 \text{ cm}^2 \quad A_s = 5.41 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla } \phi 3/8" \quad 1 \quad @ \quad 0.13$$

$$\text{Varilla } \phi 1/2" \quad 1 \quad @ \quad 0.24$$

### VERIFICACION POR CORTANTE

$$\text{Cortante Máximo} = 3.98 \text{ Tn} \quad \text{Cortante que aporta el Concreto } (V_c) = 11.52 \text{ Tn}$$

$$V_u = 3.98 \text{ Tn} \quad \phi = 0.75 \text{ (Estructura Hidráulica)}$$

$$V_u / \phi = 5.31 \text{ Tn}$$

$$V_c > V_u / \phi \text{ ---> CONFORME}$$

**Usar Varilla  $\phi 3/8"$  @ 0.13 (AMBOS LADOS DE LA PARED)**

### CALCULO DE ACERO HORIZONTAL DE LA PARED DEL FILTRO LENTO $e=0.20$

$$\text{Momento Diseño Máximo} = 0.94 \text{ Tn} \cdot \text{m}$$

$$\text{Coeficiente de durabilidad para flexión} = 1.3 \quad M_u = 1.22 \text{ Tn} \cdot \text{m}$$

$$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{espesor} = 0.20 \text{ m} \quad \text{Recubrimiento} = 0.050 \text{ m.}$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad d = 0.150 \text{ m} \quad b = 1.00 \text{ m.}$$

$$w = 0.025 \quad (\text{Rajadura Máxima para control de agrietamiento})$$

$$S_{\text{máx}} = (107046/f_s - 2 \times C_c).w/0.041, \quad S_{\text{máx}} = 30.5 \times (2817/f_s).w/0.041, \quad (\text{El menor})$$

$$S_{\text{máx}} = 20 \text{ cm}, \quad 21 \text{ cm}, \quad (\text{El menor})$$

$$A_s = M_u / ((\phi \times f_y \times (d - a/2)), \quad a = A_s \times f_y / (.85 \times f'_c \times b)$$

$$A_s = 2.57 \text{ cm}^2, \quad a = 0.61 \text{ cm}$$

Verificación de  $A_s$  min:

$$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 2.70 \text{ cm}^2 \quad A_s = A_s \text{ min} \quad A_s = 2.70$$

$$\text{Varilla } \varnothing 3/8'' \quad 1 \quad @ \quad 0.26$$

$$\text{Varilla } \varnothing 1/2'' \quad 1 \quad @ \quad 0.48$$

### VERIFICACION POR TRACCION

$$\text{Tracción Máxima} = 2.91 \text{ Tn} \quad \text{Área del Acero} = 2.70 \text{ cm}^2$$

$$\text{Coeficiente de durabilidad para tracción} = 1.65 \quad \text{Tracción Diseño} = 4.80 \text{ Tn}$$

$$\text{Tracción que aporta el Acero (Ts)} = 5.67 \text{ Tn}$$

Ts > Tmax ---> CONFORME

**Usar Varilla  $\varnothing 3/8''$  @ 0.20 (ambos lados de la pared)**

|  |
|--|
| <b>CALCULO DE ACERO DE LA PARED e=0.15</b> |
|--|

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

### CALCULO DE ACERO VERTICAL DE LA PARED e=0.15

$$\text{Momento Máximo} = 0.36 \text{ Tn} \cdot \text{m}$$

$$\text{Coeficiente de durabilidad para flexión} = 1.3 \quad \mu = 0.47 \text{ Tn} \cdot \text{m}$$

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{espesor} = 0.15 \text{ m} \quad \text{Recubrimiento} = 0.075 \text{ m}$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad d = 0.075 \text{ m} \quad b = 1.00 \text{ m}$$

$$w = 0.025 \quad (\text{Rajadura Máxima para control de agrietamiento})$$

$$S_{\text{máx}} = (107046 / f_s - 2 \times C_c) \times w / 0.041, \quad S_{\text{máx}} = 30.5 \times (2817 / f_s) \times w / 0.041,$$

$$S_{\text{máx}} = 17 \text{ cm}, \quad 21 \text{ cm}, \quad (\text{El menor})$$

$$A_s = \mu / ((\varnothing \times f_y \times (d - a/2))) \quad , \quad a = A_s \times f_y / (.85 \times f'c \times b)$$

$$A_s = 1.99 \text{ cm}^2 \quad , \quad a = 0.47 \text{ cm}$$

Verificación de  $A_s \text{ min}$ :

$$As_{min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 1.35 \text{ cm}^2 \quad As = 1.99 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla } \varnothing 3/8" \quad 1 \quad @ \quad 0.36$$

$$\text{Varilla } \varnothing 1/2" \quad 1 \quad @ \quad 0.65$$

### VERIFICACION POR CORTANTE

$$\text{Cortante Máximo} = 1.01 \text{ Tn} \quad \text{Cortante que aporta el Concreto (Vc)} = 5.76 \text{ Tn}$$

$$Vu = 1.01 \text{ Tn} \quad \varnothing = 0.75 \quad (\text{Estructura Hidráulica})$$

$$Vu / \varnothing = 1.35 \text{ Tn}$$

$$Vc > Vu / \varnothing \text{ ---> CONFORME}$$

**Usar Varilla  $\varnothing 3/8"$  @ 0.16 (central)**

### CALCULO DE ACERO HORIZONTAL DE LA PARED $e=0.15$

$$\text{Momento Máximo} = 0.23 \text{ Tn} \cdot \text{m}$$

$$\text{Coeficiente de durabilidad para flexión} = 1.3 \quad Mu = 0.30 \text{ tn}\cdot\text{m}.$$

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{espesor} = 0.15 \text{ m} \quad \text{Recubrimiento} = 0.075 \text{ m}.$$

$$fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad d = 0.075 \text{ m} \quad b = 1.00 \text{ m}.$$

$$w = 0.025 \quad (\text{Rajadura Máxima para control de agrietamiento})$$

$$S_{máx} = (107046 / fs - 2x Cc) \cdot w / 0.041, \quad S_{máx} = 30.5 \times (2817 / fs) \times w / 0.041, \quad (\text{El menor})$$

$$S_{máx} = 17 \text{ cm}, \quad 21 \text{ cm}, \quad (\text{El menor})$$

$$As = Mu / ((\varnothing \times fy \times (d - a/2))), \quad a = As \times fy / (.85 \times f'c \times b)$$

$$As = 1.26 \text{ cm}^2, \quad a = 0.30 \text{ cm}$$

Verificación de  $As_{min}$ :

$$As_{min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 1.35 \text{ cm}^2 \quad As = As_{min} \quad As = 1.35$$

$$\text{Varilla } \varnothing 3/8" \quad 1 \quad @ \quad 0.53$$

$$\text{Varilla } \varnothing 1/2" \quad 1 \quad @ \quad 0.96$$

## VERIFICACION POR TRACCION

Tracción Máxima = 0.60 Tn      Área del Acero = 1.35 cm<sup>2</sup>

Coefficiente de durabilidad para tracción= 1.65      Tracción Diseño = 0.99

Tracción que aporta el Acero (Ts) = 1.42 Tn

Ts > Tmax ---> CONFORME

### CALCULO DE ACERO FONDO DEL FILTRO LENTO e=0.20

Cálculo del Peso de la Estructura:

Por Peso de las Paredes: 35.00 Tn

Por Peso Interior: 45.00 Tn

Por Peso del Fondo: 12.00 Tn

Peso Total: 92.00 Tn

Capacidad Portante del Terreno: 1.12 Kg/cm<sup>2</sup>

Área de Contacto: 25 m<sup>2</sup>

Presión sobre el Terreno: 0.37 Kg/cm<sup>2</sup>

Momento Diseño Máximo = 1.93 Tn - m      (Por continuidad, momento pared M22)

Coefficiente de durabilidad para flexión= 1.3

Mu = 2.51 Tn-m

f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

espesor = 0.20 m

Recubrimiento = 0.050 m.

fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

d = 0.150 m

b = 1.00 m.

w = 0.025

(Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

Smáx= (107046 / fs - 2 x Cc) x w / 0.041, Smáx = 30.5 x (2817 / fs) x w / 0.041

S máx = 20 cm, 21 cm, (El menor)

As = Mu / ((ø x fy x (d - a/2))      a = As x fy / (.85 x f'c x b)

As = 5.41 cm<sup>2</sup> ,      a = 1.27 cm

Verificación de As min:

As min = 0.0018 x ancho x d = 2.70 cm<sup>2</sup>      CONFORME! As = 5.41cm<sup>2</sup>

Varilla ø 3/8"      1      @      0.13



## **G.- RESERVORIO Y CISTERNA**

### **G.1. DISEÑO DE RESERVORIO**

#### DATOS

|                            |             |      |            |
|----------------------------|-------------|------|------------|
| Población de Diseño        | <i>Pd.</i>  | 540  | Hab.       |
| Dotación                   | <i>Dot.</i> | 90   | L/Hab./Día |
| Coefficiente de regulación | <i>C</i>    | 20   | %          |
| Caudal Promedio            | <i>Qp</i>   | 0.62 | Lps.       |
| Caudal Máximo Diario       | <i>Qmd</i>  | 0.81 | Lps.       |
| Caudal Máximo Horario      | <i>Qmh</i>  | 1.24 | Lps.       |

#### ✚ Volumen de regulación

$$V_{reg} = C \times Q_p$$

$$V_{reg} = 0.20 \times (540 \times 90 / 0.90)$$

$$V_{reg} = 10,800 \text{ lt.}$$

#### ✚ Volumen de reserva

$$V_{res} = 25\% \times V_{alm}$$

$$V_{res} = 25\% \times (V_{reg} + V_{res})$$

$$V_{res} = 25\% \times (10,800 + V_{res})$$

$$V_{res} = 2,700 + .25 V_{res}$$

$$V_{res} = 2,700 / .75$$

$$V_{res} = 3,600 \text{ lt}$$

#### ✚ Volumen de Almacenamiento

$$V_{alm} = V_{reg} + V_{res}$$

$$V_{alm} = 10800 + 3600$$

$$V_{alm} = 14,400 \text{ lt} = 14.40 \text{ m}^3$$

#### ✚ Dimensiones del reservorio

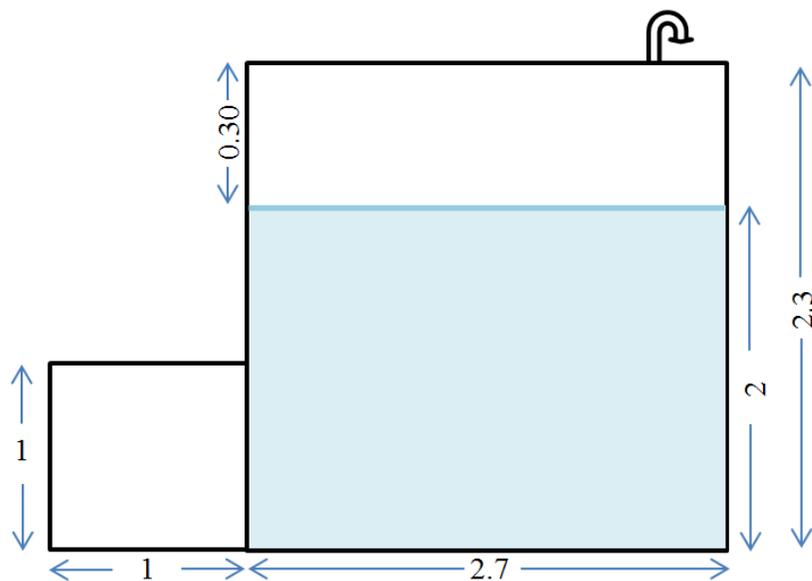
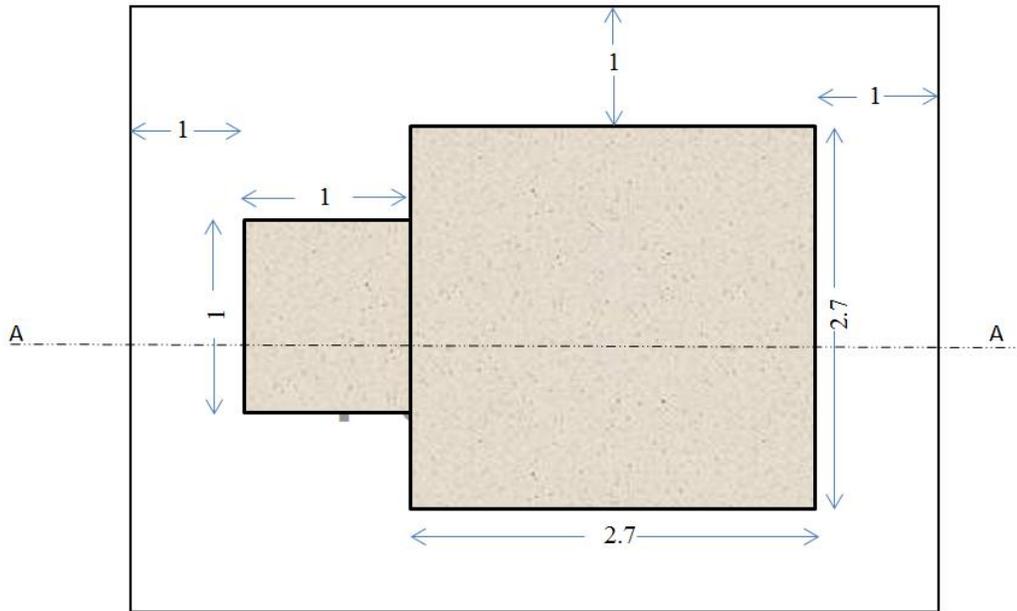
➤ Altura de agua :  $h = 2.00 \text{ m.}$

➤ Largo :  $L = \sqrt{\frac{V_{alm}}{h}}$

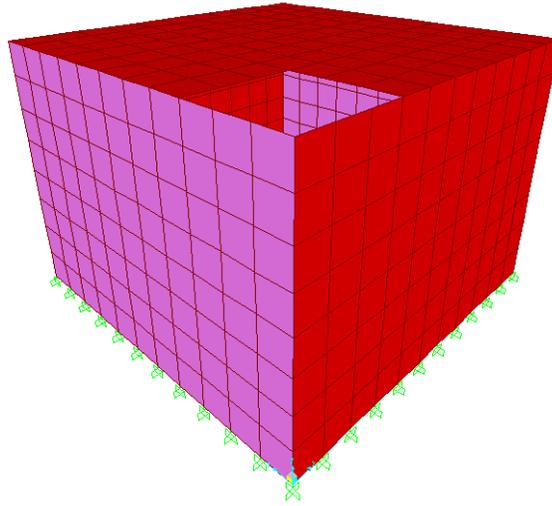
$$L = 2.70 \text{ m.}$$

- Ancho :  $A = L$   
 $A = 2.70 \text{ m.}$
- Borde Libre :  $B_L = 0.30 \text{ m.}$
- Altura total :  $H_t = 2.30 \text{ m.}$
- Volumen asumido :  $V_u = 14.58 \text{ m}^3$

**Figura N° 27: Esquema del Reservorio**



## DISEÑO ESTRUCTURAL DE RESERVORIO APOYADO DE 14.50 M<sup>3</sup>



### METODO DE DISEÑO

El Método utilizado es el diseño a la rotura o por resistencia última, adicionalmente se efectuará el control de rajaduras para los muros, tal como lo considera el código del ACI para el diseño de estructuras retenedoras de líquidos por este método. Se usará el programa de Estructuras Sap 2000 para la obtener los valores calculados

### ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Las elementos estructurales tienen el siguiente predimensionamiento, que de acuerdo al cálculo estructural y diseño respectivo son pasibles de modificación:

|            |    |        |
|------------|----|--------|
| Pared      | e= | 0.15 m |
| Losa Fondo | e= | 0.15 m |
| Techo      | e= | 0.10 m |

### CARGAS

#### Pared

Las paredes de los muros, así como todos los elementos, se diseñarán con las respectivas combinaciones de cargas.

Peso específico del agua: 1.00 Tn/m<sup>3</sup>

#### Losa Reservorio

Peso específico del agua: 1.00 Tn/m<sup>3</sup>

Carga Muerta

Peso del Concreto: 2.40 Tn/m<sup>3</sup>

**Losa Techo**

Carga Viva 0.10 Tn/m<sup>2</sup>

Carga Muerta

Peso del Concreto: 2.40 Tn/m<sup>3</sup>

|   |
|---|
| <b>CALCULO DE ACERO DE LA PARED e=.15</b> |
|---|

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo  
SAP2000:

**CALCULO DE ACERO VERTICAL DE LA PARED e=.15**

MDiseño = 0.69 Tn - m

Coeficiente de durabilidad para flexión= 1.3                      Mu =0.90 Tn - m

f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>    espesor = 0.15 m.    Recubrimiento = 0.075 m

fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>    d = 0.08 m.                      b = 1.00 m.

w = 0.025 cm                      (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

Smáx= (107046 / fs - 2 x Cc) x w / 0.041,                      Smáx = 30.5 x (2817 / fs) x w / 0.041

S máx = 17 cm,                      21 cm,                      (El menor)

As = Mu / ((ø x fy x (d - a/2)),                      a = As x fy / (.85 x f'c x b)

As = 3.95 cm<sup>2</sup>,                      a =0.93 cm.

Verificación de As min:

As min = 0.0018 x ancho x d = 1.35 cm<sup>2</sup>                      CONFORME! As =3.95 cm<sup>2</sup>

Varilla ø 3/8"                      1                      @    0.180

Varilla ø 1/2"                      1                      @    0.327

**Usar Varilla ø 3/8" @                      0.16                      (central pared)**

## VERIFICACIÓN POR CORTANTE

Cortante Máximo = 2.10 Tn      Cortante que aporta el Concreto (Vc) = 5.76 Tn

Vu = 2.10 Tn      ø = 0.75 (Estructura Hidráulica)

Vu / ø = 2.80 Tn

**Vc > Vu / ø ---> Conforme**

## CALCULO DE ACERO HORIZONTAL DE LA PARED e=.15

MDiseño = 0.48 Tn - m

Coeficiente de durabilidad para flexión= 1.3      Mu = 0.62 Tn - m

f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>      espesor = 0.15 m.      Recubrimiento = 0.075 m.

fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>      d = 0.08 m.      b = 1.00 m

w = 0.025 cm      (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

Smáx= (107046 / fs - 2 x Cc) x w / 0.041,      Smáx = 30.5 x (2817 / fs) x w / 0.041

S máx = 17 cm,      21 cm,      (El menor)

As = Mu / ((ø x fy x (d - a/2)),      a = As\*fy / (.85 \*f'c \*b)

As = 2.69 cm<sup>2</sup>,      a = 0.63 cm

Verificación de As min:

As min = 0.0018 x ancho x d = 1.35 cm<sup>2</sup>      CONFORME!      As = 2.69 cm<sup>2</sup>

Varilla ø 3/8"      1      @      0.264

Varilla ø 1/2"      1      @      0.480

## VERIFICACION POR TRACCION

Tracción Máxima = 1.04 Tn      Área del Acero = 2.69 cm<sup>2</sup>

Coeficiente de durabilidad para tracción= 1.65      Tracción Diseño = 1.72 Tn

Tracción que aporta el Acero (Ts) = 2.82 Tn

Ts > Tmax ---> CONFORME

**Usar Varilla  $\varnothing$  3/8" @ 0.16 (central pared)**

|  |
|--|
| <b>CALCULO DE ACERO LOSA TECHO e=.10</b> |
|--|

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo  
SAP2000:

MDiseño = 0.13 Tn - m

Coefficiente de durabilidad para flexión= 1.3

Mu =0.17 Tn - m

f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

espesor = 0.10 m.

Recubrimiento = 0.05 m.

fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

d = 0.05 m.

b = 1.00 m

w = 0.025 cm.

(Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

Smáx= (107046/fs - 2 x Cc)w/0.041, Smáx = 30.50(2817 / fs)w/0.041

S máx = 20 cm,

21 cm,

(El menor)

As = Mu/(( $\varnothing$ \*fy\*(d-a/2)), a = As x fy / (.85 x f'c x b)

As = 1.07 cm<sup>2</sup>, a = 0.25 cm.

Verificación de As min:

As min = 0.0018 x ancho x d = 0.90 cm<sup>2</sup>

As = 1.07 cm<sup>2</sup>

Varilla  $\varnothing$  3/8"

1

@

0.661

Varilla  $\varnothing$  1/2"

1

@

1.202

**Usar Varilla  $\varnothing$  3/8" @**

**0.20**

**(malla centrada)**

|                                      |
|--------------------------------------|
| <b>CALCULO DE ACERO FONDO e=0.15</b> |
|--------------------------------------|

Cálculo del Peso de la Estructura:

Por Peso del Agua: 13.00 Tn

Por Peso del Techo y Paredes: 9.60 Tn

Por Peso S/C: 0.75 Tn

Por Peso del Fondo: 2.72 Tn

Peso Total: 26.07 Tn

Capacidad Portante del Terreno: 1.09 Kg/cm<sup>2</sup>

Área de Contacto: 7.55 m<sup>2</sup>

Presión sobre el Terreno: 0.35 Kg/cm<sup>2</sup>

Momento Diseño Máximo = 0.69 Tn-m (Por continuidad, momento pared M22)

Coeficiente de durabilidad para flexión= 1.3

Mu = 0.90 Tn - m

f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

espesor = 0.15 m

Recubrimiento = 0.075 m

fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

d = 0.08 m.

b = 1.00 m

w = 0.025 cm

(Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

S<sub>máx</sub> = (107046/fs - 2\*Cc)w/0.041,

S<sub>máx</sub> = 30.5 x (2817 / fs) x w / 0.041

S máx = 17 cm,

21 cm,

(El menor)

As = Mu/(ø x fy x (d - a/2)), a = As\*fy/(.85\*f'c\*b)

As = 3.95 cm<sup>2</sup>,

a = 0.93 cm

Verificación de As min:

As min = 0.0018 x ancho x d = 1.35 cm<sup>2</sup> CONFORME! As = 3.95 cm<sup>2</sup>

Varilla ø 3/8" 1 @ 0.180

Varilla ø 1/2" 1 @ 0.327

**Usar Varilla ø 3/8" @**

**0.16**

**(malla centrada)**

## G.2. CISTERNA

- ✚ Volumen de Almacenamiento en reservorio

$$V_{res} = 14.40 \text{ m}^3$$

- ✚ Volumen de almacenamiento en cisterna

$$V_{cis} = \frac{3}{4} * V_{res}$$

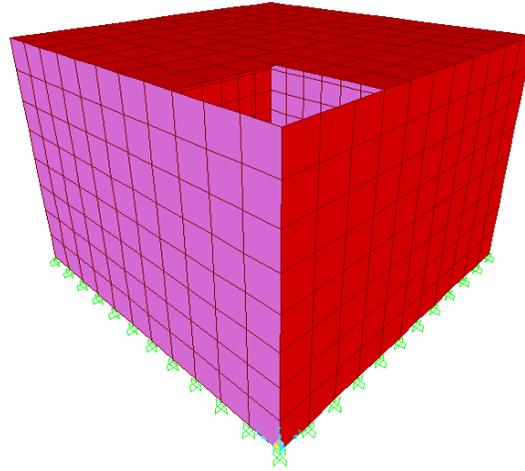
$$V_{cis} = \frac{3}{4} * 14.40$$

$$V_{cis} = 10.80 \text{ m}^3$$

- ✚ Dimensiones de la cisterna

- Altura de agua :  $h = 2.00 \text{ m.}$
- Largo :  $L = \sqrt{\frac{V_{cis}}{h}}$   
 $L = 2.35 \text{ m.}$
- Ancho :  $A = L$   
 $A = 2.35 \text{ m.}$
- Borde Libre :  $B_L = 0.20 \text{ m.}$
- Altura total :  $H_t = 2.20 \text{ m.}$
- Volumen asumido :  $V_u = 11.05 \text{ m}^3$

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE CISTERNA DE 11 M<sup>3</sup>



### METODO DE DISEÑO

El Método utilizado es el diseño a la rotura o por resistencia última, adicionalmente se efectuará el control de rajaduras para los muros, tal como lo considera el código del ACI para el diseño de estructuras retenedoras de líquidos por este método. Se usará el programa de Estructuras Sap 2000 para la obtener los valores calculados

### ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Las elementos estructurales tienen el siguiente predimensionamiento, que de acuerdo al cálculo estructural y diseño respectivo son pasibles de modificación:

|            |    |        |
|------------|----|--------|
| Pared      | e= | 0.15 m |
| Losa Fondo | e= | 0.15 m |
| Techo      | e= | 0.10 m |

### CARGAS

#### Pared

Las paredes de los muros, así como todos los elementos, se diseñarán con las respectivas combinaciones de cargas.

Peso específico del agua: 1.00 Tn/m<sup>3</sup>

#### Losa Reservorio

Peso específico del agua: 1.00 Tn/m<sup>3</sup>

Carga Muerta

Peso del Concreto: 2.40 Tn/m<sup>3</sup>

**Losa Techo**

Carga Viva 0.10 Tn/m<sup>2</sup>

Carga Muerta

Peso del Concreto: 2.40 Tn/m<sup>3</sup>

**CALCULO DE ACERO DE LA PARED e=.15**

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

**CALCULO DE ACERO VERTICAL DE LA PARED e=.15**

M<sub>Diseño</sub> = 0.69 Tn - m

Coeficiente de durabilidad para flexión= 1.3                      Mu = 0.90 Tn - m

f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>                      espesor = 0.15 m                      Recubrimiento = 0.075 m

fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>                      d = 0.08 m                      b = 1.00 m.

w = 0.025 cm                      (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

S<sub>máx</sub> = (107046 / fs - 2 x Cc) x w / 0.041,                      S<sub>máx</sub> = 30.5 x (2817 / fs) x w / 0.041

S máx = 17 cm,                      21 cm,                      (El menor)

As = Mu / ((ø x fy x (d - a/2)) ,                      a = As\*fy/(.85 x f'c x b)

As = 3.95 cm<sup>2</sup> ,                      a = 0.93 cm

Verificación de As min:

As min = 0.0018 x ancho x d = 1.35 cm<sup>2</sup>                      CONFORME!                      As = 3.95 cm<sup>2</sup>

Varilla ø 3/8"                      1                      @                      0.180

Varilla ø 1/2"                      1                      @                      0.327

**Usar Varilla ø 3/8" @                      0.16                      (central pared)**

**VERIFICACIÓN POR CORTANTE**

Cortante Máximo = 2.10 Tn      Cortante que aporta el Concreto ( $V_c$ ) = 5.76 Tn

$V_u = 2.10$  Tn

$\phi = 0.75$  (Estructura Hidráulica)

$V_u / \phi = 2.80$  Tn

**$V_c > V_u / \phi$  ---> CONFORME**

### CALCULO DE ACERO HORIZONTAL DE LA PARED $e=.15$

$M_{Diseño} = 0.48$  Tn - m

Coefficiente de durabilidad para flexión= 1.3

$M_u = 0.62$  Tn - m

$f'_c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>

espesor = 0.15 m.

Recubrimiento = 0.075 m.

$f_y = 4200$  Kg/cm<sup>2</sup>

$d = 0.08$  m.

$b = 1.00$  m.

$w = 0.025$  cm

(Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

$S_{máx} = (107046 / f_s - 2 \times C_c) \times w / 0.041$ ,       $S_{máx} = 30.5 \times (2817 / f_s) \times w / 0.041$

$S_{máx} = 17$  cm,

21 cm,

(El menor)

$A_s = M_u / ((\phi \times f_y \times (d - a/2)))$ ,       $a = A_s \times f_y / (.85 \times f'_c \times b)$

$A_s = 2.69$  cm<sup>2</sup>

,

$a = 0.63$  cm

Verificación de  $A_s$  min:

$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 1.35$  cm<sup>2</sup>

CONFORME!

$A_s = 2.69$  cm<sup>2</sup>

Varilla  $\phi$  3/8"

1

@

0.264

Varilla  $\phi$  1/2"

1

@

0.480

### VERIFICACION POR TRACCION

Tracción Máxima = 1.04 Tn

Área del Acero = 2.69 cm<sup>2</sup>

Coefficiente de durabilidad para tracción=

1.65

Tracción Diseño = 1.72 Tn

Tracción que aporta el Acero ( $T_s$ ) =

2.82 Tn

$T_s > T_{max}$  ---> CONFORME

**Usar Varilla  $\phi$  3/8" @ 0.16 (central pared)**

|  |
|--|
| <b>CALCULO DE ACERO LOSA TECHO e=.10</b> |
|--|

Valores obtenidos mediante el Programa de Computo SAP2000:

MDiseño = 0.13 Tn - m

Coefficiente de durabilidad para flexión= 1.3                      Mu = 0.17 Tn - m

f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>                      espesor = 0.10 m.                      Recubrimiento = 0.05 m

fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>                      d = 0.05 m                      b = 1.00 m

w = 0.025 cm                      (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

Smáx= (107046/fs-2\*Cc)\*w/0.041,                      Smáx = 30.5\*(2817 / fs)\*w / 0.041

S máx = 20 cm,                      21 cm,                      (El menor)

As = Mu/(ø\*fy\*(d - a/2)) ,                      a = As x fy / (.85 x f'c x b)

As = 1.07 cm<sup>2</sup> ,                      a = 0.25 cm

Verificación de As min:

As min = 0.0018 x ancho x d = 0.90 cm<sup>2</sup>                      As = 1.07 cm<sup>2</sup>

Varilla ø 3/8"                      1                      @                      0.661

Varilla ø 1/2"                      1                      @                      1.202

**Usar Varilla ø 3/8" @ 0.20 (malla centrada)**

|                                      |
|--------------------------------------|
| <b>CALCULO DE ACERO FONDO e=0.15</b> |
|--------------------------------------|

Cálculo del Peso de la Estructura:

Por Peso del Agua: 13.00 Tn                      Por Peso del Techo y Paredes: 9.60 Tn

Por Peso S/C: 0.75 Tn                      Por Peso del Fondo: 2.72 Tn

Peso Total: 26.07 Tn                      Capacidad Portante del Terreno: 1.09 Kg/cm<sup>2</sup>

Área de Contacto: 7.55 m<sup>2</sup>                      Presión sobre el Terreno:0.35 Kg/cm<sup>2</sup>

Momento Diseño Máximo = 0.69 Tn - m

Coeficiente de durabilidad para flexión= 1.3 Mu = 0.90 Tn - m

$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  espesor = 0.15 m Recubrimiento = 0.075 m

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  d = 0.08 m b = 1.00 m

w = 0.025 cm (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

$S_{\text{máx}} = (107046 / f_s - 2 \times Cc) \times w / 0.041$ ,  $S_{\text{máx}} = 30.5(2817/f_s)w/0.041$

S máx = 17 cm, 21 cm, (El menor)

$A_s = Mu / (\phi \times f_y \times (d - a/2))$ ,  $a = A_s \cdot f_y / (.85 \cdot f'c \cdot b)$

$A_s = 3.95 \text{ cm}^2$ , a = 0.93 cm

Verificación de  $A_s$  min:

$A_s \text{ min} = 0.0018 \times \text{ancho} \times d = 1.35 \text{ cm}^2$  CONFORME!  $A_s = 3.95 \text{ cm}^2$

Varilla  $\emptyset 3/8"$  1 @ 0.180

Varilla  $\emptyset 1/2"$  1 @ 0.327

**Usar Varilla  $\emptyset 3/8"$  @ 0.16 (malla centrada)**

## **G.- REDES DE DISTRIBUCION**

- a) Población actual (2015) = 323 hab.  
b) Tasa de crecimiento = 3.36 %  
c) Periodo de diseño = 20 años  
d) Población futura = 540 hab.

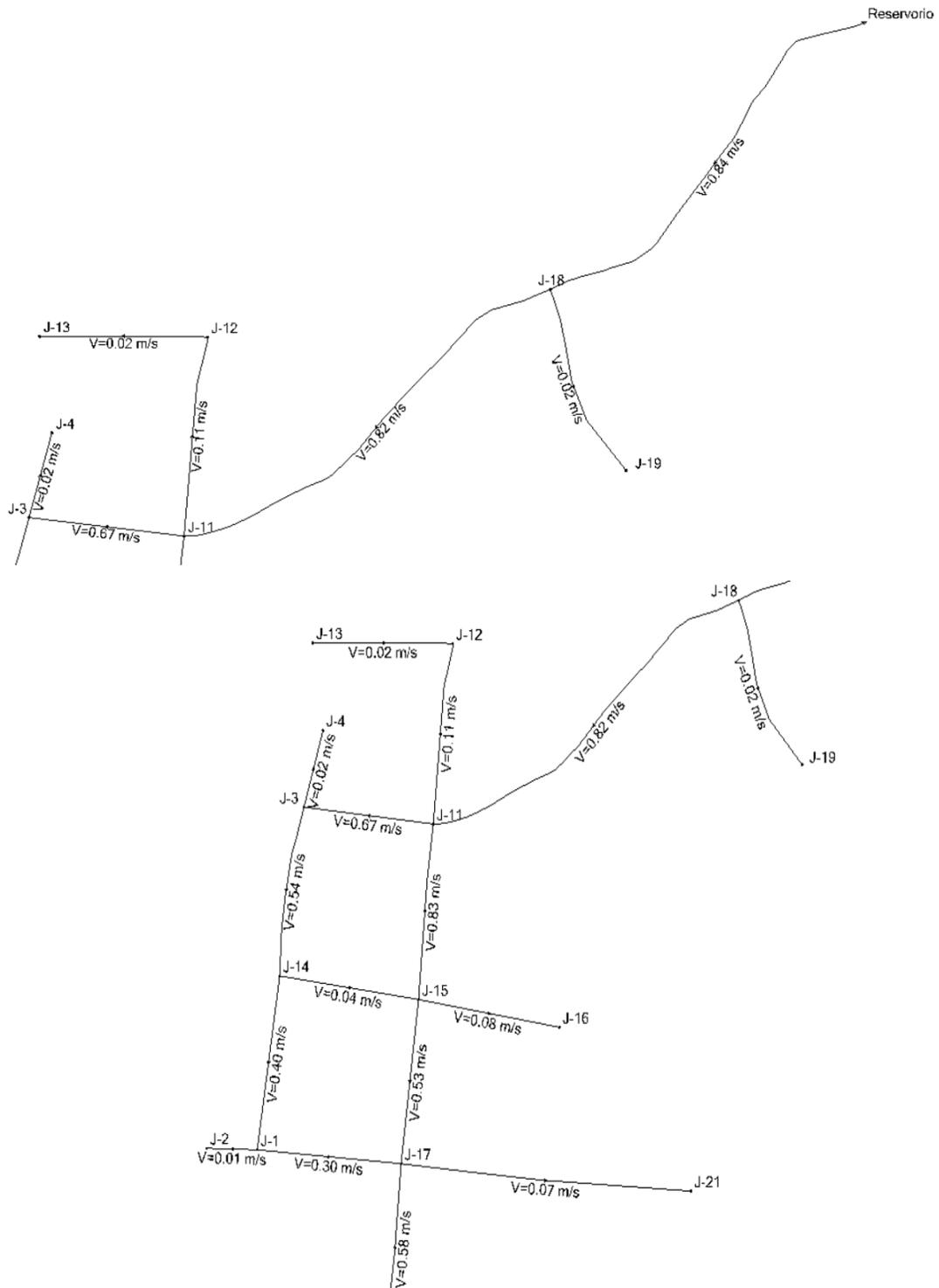
$$Pf = Po * (1+r*t/100)$$

- e) Dotación = 90 lts/hab/día  
f) Consumo promedio anual = 0.62 lts/seg  
g) Consumo máximo diario = 0.81 lts/seg  
h) Consumo máximo horario = 1.24 lts/seg.

## **ASIGNACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO**

| Nodos | QMH       |
|-------|-----------|
|       | (lts/seg) |
| J-1   | 0.060     |
| J-2   | 0.010     |
| J-3   | 0.070     |
| J-4   | 0.020     |
| J-5   | 0.120     |
| J-6   | 0.020     |
| J-7   | 0.090     |
| J-8   | 0.020     |
| J-9   | 0.120     |
| J-10  | 0.010     |
| J-11  | 0.120     |
| J-12  | 0.060     |
| J-13  | 0.020     |
| J-14  | 0.120     |
| J-15  | 0.120     |
| J-16  | 0.050     |
| J-17  | 0.120     |
| J-18  | 0.020     |
| J-19  | 0.010     |
| J-20  | 0.020     |
| J-21  | 0.050     |

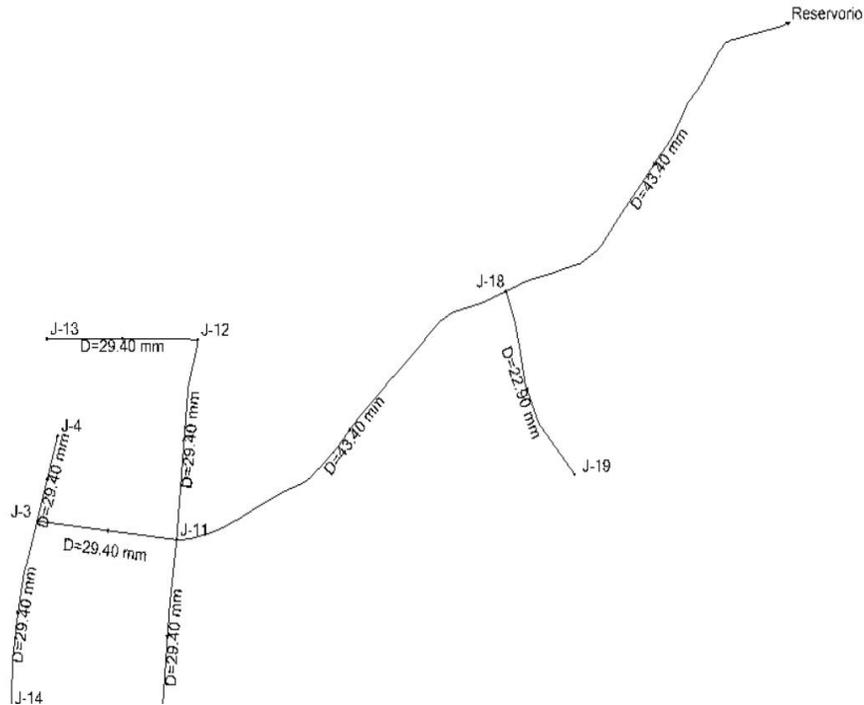
## Modelación Hidráulica



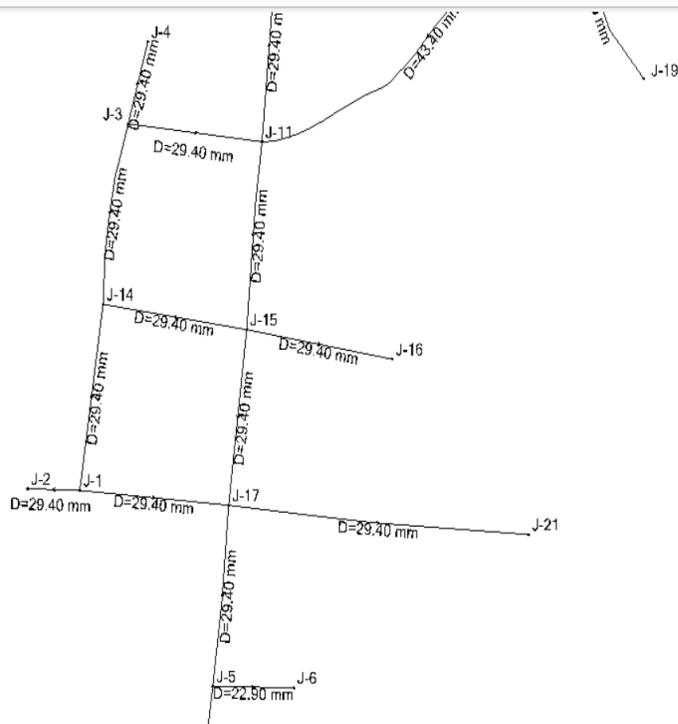
El Cálculo Hidráulico se ha realizado con Software especializado que utiliza la ecuación de Hazen-Williams y el principio de conservación de masa y energía para la distribución de caudal.

## Chequeo de diámetro

lIM.wtg / ganimedes.wtg

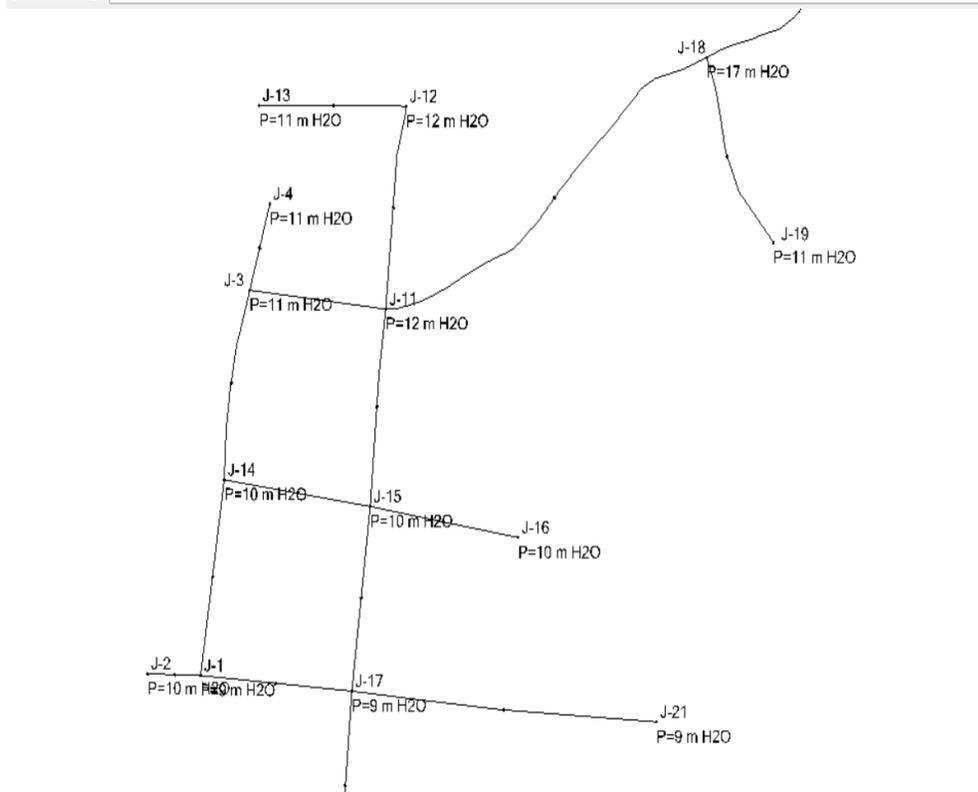
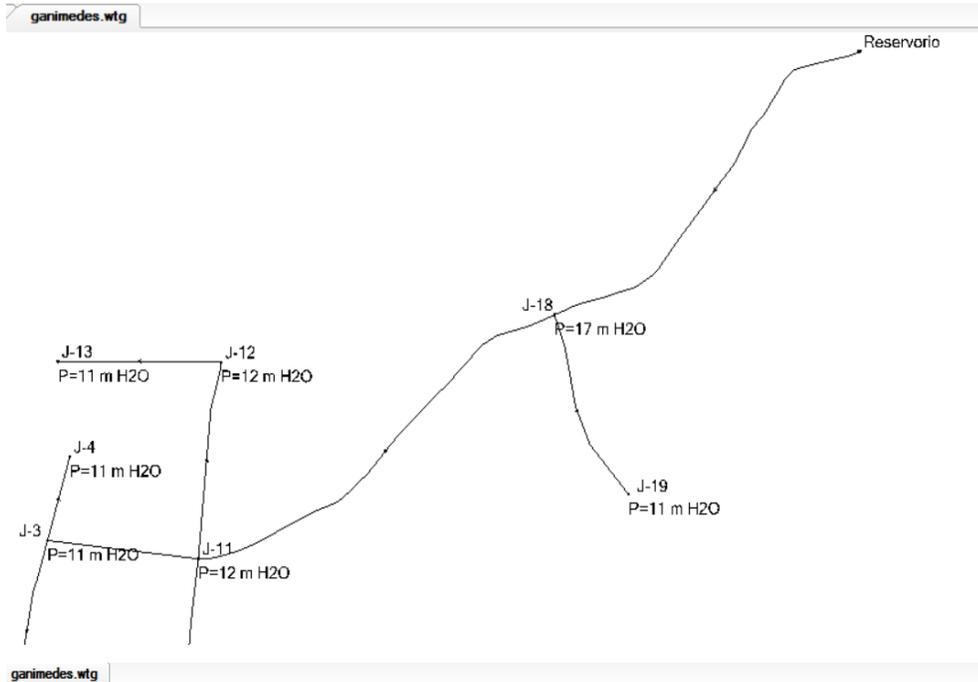


ganimedes.wtg



Los diámetros calculados, son los diámetros internos por la cual fluiría el agua, las medidas de los diámetros descritos son comerciales.

## Chequeo de presiones



Las presiones calculadas a consumo de 20 años, tienen un rango mínimo de 5 m.c.a y como máximo 50 m.c.a. en zonas rurales, por lo tanto el diámetro de tubería propuesta es la adecuada.

### 3.- DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICA

#### DATOS

|                     |             |       |            |
|---------------------|-------------|-------|------------|
| Población de Diseño | <i>Pd.</i>  | 540   | Hab.       |
| Dotación            | <i>Dot.</i> | 90    | L/Hab./Día |
| Horas de bombeo     | <i>Hb</i>   | 9     | hr         |
| Caudal Promedio     | <i>Qp</i>   | 0.62  | Lps.       |
| Caudal de Bombeo    | <i>Qb</i>   | 1.65  | Lps.       |
| Altura Manométrica  | <i>Hfm</i>  | 31.26 | m.         |
| Horas pico solares  | <i>HPS</i>  | 4.09  | KW h/m2    |

#### ✚ Potencia de la bomba

Caudal de bombeo :  $Q_b = 1.65 \text{ l/s}$

Altura manométrica :  $H_{fm} = 31.26 \text{ m.}$

Rendimiento de la bomba:  $n = 37 \%$

Potencia de la bomba:  $P_b = \frac{9.81 \cdot Q_b \cdot H_{fm}}{n}$

$$P_b = \frac{9.81 \cdot \frac{1.65}{1000} \cdot 31.26}{.37}$$

$P_b = 1.36 \text{ kW} - \text{h}$

Ver modelo de equipo referencial en el **Anexo N° 06**

#### ✚ Calculo de la energía consumida

Potencia de la bomba (W) :  $P_b = 1\ 180 \text{ W-h}$

Eficiencia de batería :  $n_b = 0.95$

Eficiencia de inversor :  $n_{inv} = 0.90$

Horas de bombeo :  $t = 9 \text{ h}$

Energía consumida :  $E_t = \frac{P_b \cdot t}{n_b \cdot n_{inv}}$

$$E_t = \frac{1360 \cdot 9}{0.95 \cdot 0.90}$$

$E_t = 14,315.79 \text{ W.}$

✚ Dimensionamiento generador fotovoltaico (paneles)

Se trabajara con un panel fotovoltaico de potencia 155 W, con una tensión de panel  $V_{mp} = 18.28V$ . y una corriente de panel  $I_{mp} = 8.50 A$ .

El número total de paneles, tomando en cuenta el HPS = 4.09 y con un factor de perdidas  $P_g = 0.75$  será:

$$N_t = \frac{E_t}{P_p \cdot HPS \cdot P_g}$$
$$N_t = \frac{14,315.79}{155 \cdot 4.09 \cdot 0.75} = 30.11 \approx 30 \text{ paneles}$$

Calculo del número de paneles en serie

$$N_s = \frac{V_{bat}}{V_p} = \frac{12}{18.28} = 0.70 = 1 \text{ paneles en serie}$$

Ver modelo de equipo referencial en el **anexo N° 06**

✚ Dimensionamiento del sistema de acumulación (Baterías)

Días de autonomía :  $D_t = 1$  día

Profundidad de descarga:  $P_d = 35\%$

Energía consumida :  $E_t = 14,315.79 W$

Energía acumulada :  $\Delta E = D \cdot E_t$

$$\Delta E = 1 \cdot 14,315.79$$

$$\Delta E = 14,315.79 W$$

Amperios hora de la batería:  $A_{bat} = 250 A$

Voltaje de la batería :  $V_{bat} = 12 V$

Potencia de batería :  $P_{bat} = \frac{\Delta E}{V_{bat} \cdot P_d}$

$$P_{bat} = \frac{14,315.79}{12 \cdot 0.35}$$

$$P_{bat} = 3,408.52 \text{ Ah}$$

Numero de baterías :  $\#bat = \frac{P_{bat}}{A_{bat}}$

$$\#bat = \frac{3,408.52}{250}$$

$$\#bat = 13.63 \approx 14 \text{ baterías}$$

Ver modelo de batería referencial en el **anexo N° 06**

#### ✚ Dimensionamiento del regulador

La corriente máxima que producirá el sistema generador fotovoltaico será:

$$I_g = Nt * I_{pmp} = 30 * 8.50 = 255 \text{ A}$$

La corriente máxima que debe soportar el regulador será:

$$I_g = 255 \text{ A}$$

Ver modelo de equipo referencial en el **anexo N° 06**

#### ✚ Dimensionamiento del Inversor

##### **Cuadro N° 16.** Especificaciones del equipo inversor

| Características                     | 12v/1200W        |
|-------------------------------------|------------------|
| Potencia CA cont. De salida a 25 °C | 1200             |
| Pico de Potencia (W)                | 2400             |
| Tensión/frecuencia CA de salida     | 230V AC +-<br>3% |
| Rango de tensión de entrada (V DC)  | 9.20 - 17.30     |
| Eficacia máx. 12 V (%)              | 92               |
| Consumo en vacío 12 V (W)           | 8                |

Ver modelo de equipo referencial en el **anexo N° 06**

#### 4.- EVALUACION DE LOS COSTOS DE REPOSICION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

##### A.- COSTOS POR REPOSICION

✚ Vida útil de los equipos a reponer (Vut) :

- ✓ Paneles solares: 20 años.
- ✓ Bomba sumergible y accesorios: 10 años.
- ✓ Baterías de plomo acido: 4 años
- ✓ Regulador: 3 años.
- ✓ Conversor de CC a CA: 3 años

✚ Número de veces en que se requerirá el cambio de los siguientes equipos(Nv):

$$\text{Se usara la siguiente formula : } Nv = \frac{V_{\text{proy}}}{V_{\text{ut}}} - 1$$

Dónde:

Vproy : Vida útil del proyecto 20 años  
Vut : Vida útil de los equipos

- ✓ Paneles solares : 0 veces.
- ✓ Bomba sumergible y accesorios : 1 veces.
- ✓ Baterías de plomo acido : 4 veces.
- ✓ Regulador : 6 veces.
- ✓ Conversor de CC a CA : 6 veces

✚ Costo unitario de los equipos a reponer (Cu):

- ✓ Bomba sumergible y accesorios : \$ 560.36 ≈ S/. 1,916.44
- ✓ Baterías de plomo acido : \$ 198.44 ≈ S/. 680.39
- ✓ Regulador : \$ 96.46 ≈ S/. 329.88
- ✓ Conversor de CC a CA : \$ 104.71 ≈ S/. 358.10

Todos los costos mencionados han sido cotizados, ver el **anexo N° 05**

✚ Costo total de los equipos a reponer.

Se usara la siguiente formula :  $Ct = Cu * Nv * Neq$

Dónde:

- Cu : Costo unitario
- Nv: Número de veces de reposiciones
- Neq: Número de equipos

✓ Bomba sumergible y accesorios: S/. 1,916.44 x 1 x 1  
= S/. 1,916.44

✓ Baterías de plomo acido : S/. 680.39 x 4 x 14  
= S/. 38,101.84

✓ Regulador : S/. 329.88 x 6 x 1  
= S/. 1,979.28

✓ Conversor de CC a CA : S/. 358.10 x 6 x 1  
= S/. 2,148.60

❖ TOTAL = Bomb + Bat + Reg + Conv

TOTAL = 1,916.44+ 38,101.84+ 1,979.28+ 2,148.60

TOTAL = S/. 44,146.16

COSTO TOTAL POR REPOSICION ANUAL= S/. 44,146.16 / 20  
= S/. 2,207.31

## **B.- COSTOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

- ✚ Para costos de operación y mantenimiento anuales se consideran los costos establecidos:

**CUADRO N° 17:** Costos de operación y mantenimiento con energía solar.

| Descripción   | Costo US\$       | Tipo de cambio | Costo S/.       |
|---|------------------|----------------|-----------------|
| Costos de operación: Operador con formación básica  | 500<br>US\$ /año | 3.20           | 1,600.00        |
| Costo de mantenimiento preventivo y correctivo en sistema de bombeo: Limpieza de módulos, impulsores, ajustes de bombas y recarga de ácido en baterías.                           | 250<br>US\$ /año | 3.20           | 800.00          |
| Costo de mantenimiento preventivo y correctivo en unidades de tratamiento: Limpieza de captación, desarenador, planta de tratamiento, línea de impulsión y redes de distribución. | 250<br>US\$ /año | 3.20           | 800.00          |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |                  |                | <b>3,200.00</b> |

## C.- EVALUACION DE COSTOS

### + COSTO TOTAL ANUAL

El costo total anual del proyecto:  $CTT = CREP + CO\&M$

Donde:

- $CREP = 2,207.31$
- $CO\&M = 3,200.00$

❖ TOTAL:  $CTT = 2,207.31 + 3,200.00$   
 $CTT = S/. 5,407.31$

### + COSTO MENSUAL

El costo mensual del proyecto:  $CM = \frac{CTT}{M}$

Donde:

- $CTT = 5,407.31$
- $M = 12$  meses

❖ TOTAL:  $CM = \frac{5,407.31}{12}$   
 $CM = S/. 450.61$

### + TARIFA MENSUAL HA ABORDAR POR CADA FAMILIA

El costo mensual del proyecto:  $CF = \frac{CM}{N}$

Donde:

- $CM = 450.61$
- $N = 80$  familias

❖ TOTAL:  $CF = \frac{450.61}{80}$   
 $CF = S/. 5.63 \approx S/. 5.70$

## IV. RESULTADOS

### 4.1 DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

**CUADRO N° 18:** Resultados de parámetros de diseño

| Parámetro de diseño     | Símbolo | Cantidad | Unidad     |
|-------------------------|---------|----------|------------|
| Periodo de diseño       | t       | 20       | años       |
| Población de diseño     | Pf      | 540      | habitantes |
| Dotación                | Dot     | 90       | l/hab/día  |
| Porcentaje de perdidas  | PS      | 10       | %          |
| Variación del consumo   |         |          |            |
| - Caudal promedio anual | Qp      | 0.62     | Lps.       |
| - Caudal máximo Diario  | Qmd     | 0.81     | Lps.       |
| - Caudal máximo horario | Qmh     | 1.24     | Lps.       |
| - Caudal de bombeo      | Qb      | 1.65     | Lps        |

*Fuente: Elaborado por el autor.*

**CUADRO N° 19:** Resultados de captación de tipo toma lateral

| Parámetro de diseño            | Símbolo | Cantidad | Unidad |
|--------------------------------|---------|----------|--------|
| Ancho de la captación          | A       | 5.00     | m.     |
| Largo de la captación          | L       | 7.50     | m.     |
| Longitud de aleta              | l'      | 1.50     | m.     |
| Altura de barraje              | Hb      | 0.80     | m.     |
| Altura del piso hasta la reja  | h       | 0.50     | m.     |
| Rejilla Metálica               |         |          |        |
| Altura de rejilla metálica     | Hr      | 0.15     | m.     |
| Longitud de rejilla metálica   | Lr      | 0.25     | m.     |
| Caja de captación              |         |          |        |
| Largo de la caja de captación  | Lcc     | 0.90     | m.     |
| Ancho de la caja de captación  | Acc     | 1.30     | m.     |
| Altura de la caja de captación | Hcc     | 1.10     | m.     |
| Compuerta de limpieza          |         |          |        |
| Altura de la compuerta         | Hcl     | 0.90     | m.     |
| Ancho de la compuerta          | Acl     | 0.50     | m.     |
| Caja de válvula                |         |          |        |
| Largo de la caja de válvula    | Lcv     | 1.20     | m.     |
| Ancho de la caja de válvula    | Acv     | 1.30     | m.     |
| Altura de la caja de válvula   | Hcv     | 1.10     | m.     |

*Fuente: Elaborado por el autor.*

**CUADRO N° 20:** Resultados del Desarenador

| Parámetro de diseño                            | Símbolo  | Cantidad | Unidad |
|--|----------|----------|--------|
| Ancho del desarenador                          | A        | 0.70     | m.     |
| Largo del desarenador                          | L        | 4.50     | m.     |
| Profundidad del desarenador                    | h        | 0.50     | m.     |
| Pendiente del fondo de la zona de desarenación | S        | 8        | %      |
| Caída del fondo en la zona de desarenación     | H'       | 0.40     | m.     |
| Profundidad en la zona de desarenación         | Ht       | 0.90     | m.     |
| Zona de ingreso                                |          |          |        |
| Angulo de transición                           | $\theta$ | 12.50°   |        |
| Longitud del tramo de transición               | L1       | 1.20     | m.     |
| Zona de Salida                                 |          |          |        |
| Ancho del canal de salida                      | A2       | 0.20     | m.     |
| Largo del canal de salida                      | Ls       | 0.60     | m.     |
| Altura de agua en vertedero                    | Hs       | 0.03     | m.     |

**Fuente:** Elaborado por el autor.

**CUADRO N° 21:** Resultados de la Línea de impulsión

| Parámetro de diseño                      | Símbolo | Cantidad | Unidad |
|--|---------|----------|--------|
| Horas de bombeo                          | Hb      | 9        | horas  |
| Caudal de bombeo                         | Qb      | 1.65     | lps.   |
| Selección del diámetro                   | D       | 2        | pulg.  |
| Velocidad del flujo                      | v       | 0.59     | m/s    |
| Presión máxima                           | Pmax    | 41.80    | m.     |
| Perdida de carga                         |         |          |        |
| Perdida de carga por fricción de tubería | Hf      | 1.92     | m.     |
| Perdida de carga local de accesorio      | Hl      | 2.06     | m.     |
| Altura estática                          | H       | 25.25    | m.     |
| Altura manométrica                       | Hm      | 29.61    | m.     |

**Fuente:** Elaborado por el autor.

**CUADRO N° 22:** Resultados de la Cámara rompe presión

| Parámetro de diseño | Símbolo | Cantidad | Unidad |
|---------------------|---------|----------|--------|
| Altura de la carga  | h       | 0.10     | m.     |
| Altura de la cámara | Ht      | 0.65     | m.     |
| Ancho de la cámara  | a       | 0.70     | m.     |
| Largo de la cámara  | L       | 0.70     | m.     |

*Fuente: Elaborado por el autor.*

**CUADRO N° 23:** Resultados del Pre filtro

| Parámetro de diseño                          | Símbolo | Cantidad | Unidad           |
|--|---------|----------|------------------|
| Diámetro de ingreso                          | ØI      | 2        | pulg             |
| Número de unidades de prefiltro              | N       | 2        | #                |
| Velocidad de filtración                      | Vf      | 0.60     | m/h.             |
| Área del prefiltro                           | A       | 4.95     | m <sup>2</sup> . |
| Diámetro del prefiltro                       | D       | 2.50     | m.               |
| Capa 01 (grava Ø 19.00-38.00 mm)             |         | 0.45     | m.               |
| Capa 02 (grava Ø 6.40-12.70 mm)              |         | 0.35     | m.               |
| Capa 03 (grava Ø 2.40-4.80 mm)               |         | 0.35     | m.               |
| Capa 04 (arena gruesa Ø 1.4.00-38.00 mm)     |         | 0.35     | m.               |
| Esesor total del lecho                       | EI      | 1.50     | m.               |
| Altura de agua sobre la superficie del lecho | Hagua   | 0.60     | m.               |
| Altura del borde libre                       | Hbl     | 0.30     | m.               |
| Pendiente del fondo                          | P%      | 12.50    | %                |
| Separación entre losas / ladrillo            | s       | 20       | mm.              |
| Ancho de losas /ladrillos                    | a       | 12       | mm.              |
| Diámetro de tubería secundaria               | Ds      | 1.50     | Pulg.            |
| Diámetro de tubería de fondo                 | Df      | 4        | Pulg.            |

*Fuente: Elaborado por el autor.*

**CUADRO N° 24:** Resultados del Filtro Lento

| Parámetro de diseño              | Símbolo | Cantidad | Unidad           |
|----------------------------------|---------|----------|------------------|
| Diámetro de ingreso              | ØI      | 2        | pulg             |
| Número de unidades de filtro     | N       | 2        | #                |
| Velocidad de filtración          | Vf      | 0.20     | m/h.             |
| Área del superficial del filtro  | As      | 14.85    | m <sup>2</sup> . |
| Coeficiente de mínimo costo      | K       | 1.33     |                  |
| Largo del filtro                 | L       | 4.45     | m.               |
| Ancho del filtro                 | A       | 3.35     | m.               |
| Capa 01 (grava Ø 10.00-40.00 mm) |         | 0.15     | m.               |
| Capa 02 (grava Ø 4.00-15.00 mm)  |         | 0.08     | m.               |

|  |         |      |       |
|--|---------|------|-------|
| Capa 03 (grava Ø 4.00-1.50 mm)               |         | 0.08 | m.    |
| Espesor total del lecho                      | El      | 0.30 | m.    |
| Altura del lecho de arena total              | Hare    | 0.80 |       |
| Altura de agua sobre la superficie del lecho | Hagua   | 1.00 | m.    |
| Altura del borde libre                       | Hbl     | 0.20 | m.    |
| Altura de falso fondo                        | Hff     | 0.30 | m.    |
| Altura total del filtro (interno)            | Hfiltro | 2.60 | m.    |
| Ancho del vertedero de ingreso               | a       | 0.50 | m.    |
| Diámetro de tubería de salida                | Ds      | 2    | pulg  |
| Diámetro de tubería de desfogue              | Df      | 4    | Pulg. |

*Fuente: Elaborado por el autor.*

#### CUADRO N° 25: Resultados del Reservorio

| Parámetro de diseño        | Símbolo | Cantidad | Unidad |
|----------------------------|---------|----------|--------|
| Volumen de regulacion      | Vreg    | 10,800   | lt     |
| Volumen de reserva         | Vres    | 3,600    | lt     |
| Volumen de almacenamiento  | Valm    | 14,400   | lt     |
| Dimensiones del reservorio |         |          |        |
| Altura de agua             | h       | 2.00     | m      |
| Largo                      | L       | 2.70     | m.     |
| Ancho                      | A       | 2.70     | m.     |
| Borde libre                | Bl      | 0.30     | m.     |
| Altura total               | Ht      | 2.30     | m.     |
| Volumen asumido            | Vu      | 14.58    | M3     |

*Fuente: Elaborado por el autor.*

#### CUADRO N° 26: Resultados de la Cisterna

| Parámetro de diseño        | Símbolo | Cantidad | Unidad |
|----------------------------|---------|----------|--------|
| Volumen de almacenamiento  | Vcis    | 14.40    | m3.    |
| Dimensiones de la cisterna |         |          |        |
| Altura de agua             | h       | 2.00     | m      |
| Largo                      | L       | 2.35     | m.     |
| Ancho                      | A       | 2.35     | m.     |
| Borde libre                | Bl      | 0.20     | m.     |
| Altura total               | Ht      | 2.20     | m.     |
| Volumen asumido            | Vu      | 11.05    | M3     |

*Fuente: Elaborado por el autor.*

**CUADRO N° 27:** Resultados de las redes de distribución - velocidad

| Tubería | Longitud (m) | Empieza el nudo | Termina en el Nudo | Diámetro (mm) | Material | C   | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) |
|---------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|----------|-----|--------------|-----------------|
| P-1     | 38           | J-1             | J-2                | 29.4          | PVC      | 150 | 0.01         | 0.01            |
| P-2     | 52           | J-3             | J-4                | 29.4          | PVC      | 150 | 0.02         | 0.02            |
| P-3     | 58           | J-5             | J-6                | 22.9          | PVC      | 150 | 0.02         | 0.06            |
| P-4     | 62           | J-7             | J-8                | 22.9          | PVC      | 150 | 0.02         | 0.04            |
| P-5     | 66           | J-9             | J-10               | 22.9          | PVC      | 150 | 0.01         | 0.02            |
| P-6     | 97           | J-11            | J-3                | 29.4          | PVC      | 150 | 0.45         | 0.67            |
| P-7     | 104          | J-12            | J-13               | 29.4          | PVC      | 150 | 0.02         | 0.02            |
| P-9     | 107          | J-15            | J-16               | 29.4          | PVC      | 150 | 0.05         | 0.08            |
| P-10    | 108          | J-1             | J-17               | 29.4          | PVC      | 150 | 0.21         | 0.3             |
| P-11    | 109          | J-15            | J-17               | 29.4          | PVC      | 150 | 0.36         | 0.53            |
| P-12    | 112          | J-17            | J-5                | 29.4          | PVC      | 150 | 0.4          | 0.58            |
| P-13    | 113          | J-3             | J-14               | 29.4          | PVC      | 150 | 0.37         | 0.54            |
| P-14    | 116          | J-14            | J-1                | 29.4          | PVC      | 150 | 0.27         | 0.4             |
| P-15    | 116          | J-11            | J-15               | 29.4          | PVC      | 150 | 0.56         | 0.83            |
| P-16    | 121          | J-18            | J-19               | 22.9          | PVC      | 150 | 0.01         | 0.02            |
| P-17    | 119          | J-5             | J-9                | 29.4          | PVC      | 150 | 0.26         | 0.38            |
| P-18    | 120          | J-11            | J-12               | 29.4          | PVC      | 150 | 0.08         | 0.11            |
| P-19    | 121          | J-7             | J-20               | 29.4          | PVC      | 150 | 0.02         | 0.02            |
| P-20    | 122          | J-9             | J-7                | 29.4          | PVC      | 150 | 0.12         | 0.18            |
| P-21    | 217          | J-17            | J-21               | 29.4          | PVC      | 150 | 0.05         | 0.07            |
| P-22    | 265          | Reservorio      | J-18               | 43.4          | PVC      | 150 | 1.24         | 0.84            |
| P-23    | 279          | J-18            | J-11               | 43.4          | PVC      | 150 | 1.22         | 0.82            |
| P-1     | 105          | J-15            | J-14               | 29.4          | PVC      | 150 | 0.03         | 0.04            |

*Fuente: Elaborado por el autor.*

**CUADRO N° 28:** Resultados de las redes de distribución - presiones

| Punto | Elevación (m) | Demanda (L/s) | Gradiente hidráulica (m) | Presión (m H <sub>2</sub> O) |
|-------|---------------|---------------|--------------------------|------------------------------|
| J-1   | 869           | 0.06          | 878.41                   | 9                            |
| J-2   | 868.47        | 0.01          | 878.41                   | 10                           |
| J-3   | 870           | 0.07          | 880.67                   | 11                           |
| J-4   | 870           | 0.02          | 880.67                   | 11                           |
| J-5   | 868.05        | 0.12          | 876.35                   | 8                            |
| J-6   | 868.62        | 0.02          | 876.34                   | 8                            |
| J-7   | 868.07        | 0.09          | 875.39                   | 7                            |
| J-8   | 868.53        | 0.02          | 875.38                   | 7                            |
| J-9   | 868.41        | 0.12          | 875.59                   | 7                            |
| J-10  | 869           | 0.01          | 875.59                   | 7                            |
| J-11  | 870.05        | 0.12          | 882.46                   | 12                           |
| J-12  | 870.52        | 0.06          | 882.37                   | 12                           |
| J-13  | 870.92        | 0.02          | 882.37                   | 11                           |
| J-14  | 869           | 0.12          | 879.25                   | 10                           |
| J-15  | 869.46        | 0.12          | 879.27                   | 10                           |
| J-16  | 869           | 0.05          | 879.23                   | 10                           |
| J-17  | 869           | 0.12          | 877.95                   | 9                            |
| J-18  | 870.51        | 0.02          | 887.26                   | 17                           |
| J-19  | 875.94        | 0.01          | 887.26                   | 11                           |
| J-20  | 867.44        | 0.02          | 875.38                   | 8                            |
| J-21  | 868.61        | 0.05          | 877.89                   | 9                            |

*Fuente:* Elaborado por el autor.

## 4.2 DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICA

**CUADRO N° 29:** Resultados del sistema de bombeo solar

| Parámetro de diseño                             | Símbolo | Cantidad     | Unidad   |
|---|---------|--------------|----------|
| Caudal de bombeo                                | Qb      | 1.65         | lps      |
| Potencia de la bomba sumergible                 |         | 1.36         | Kw-h     |
| Energía total a consumir                        | Et      | 14,315.79    | w        |
| Paneles   |         |              |          |
| Numero de paneles                               | Nt      | 30           | paneles  |
| Tensión máxima del panel                        | Vmp     | 18.28        | V        |
| Potencia del panel                              | Pp      | 155          | W        |
| Corriente del panel                             | Imp     | 8.50         | A        |
| Baterías  |         |              |          |
| Numero de baterías                              | #bat    | 14           | baterías |
| Voltaje de la batería                           | Vbat    | 12           | v        |
| Amperios hora de la batería                     | Abat    | 250          | A        |
| Regulador                                       |         |              |          |
| Corriente máxima que debe soportar el regulador | Ig      | 255          | A        |
| Inversor  |         |              |          |
| Potencia CA cont. De salida a 25 °C             |         | 1200         | W        |
| Pico de Potencia (W)                            |         | 2400         | W        |
| Tensión/frecuencia CA de salida                 |         | 230          | V        |
| Rango de tensión de entrada (V DC)              |         | 9.20 - 17.30 | V        |
| Eficacia máx. 12 V                              |         | 92           | %        |
| Consumo en vacío 12 V                           |         | 8            | W        |

*Fuente: Elaborado por el autor.*

## 4.3 DE LOS COSTOS DEL SISTEMA POR OPERACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

**CUADRO N° 30:** Resultados de los costos por reposición, operación y mantenimiento

| Descripción                        | Costos por reposición | Costos por operación | Costos por mantenimiento |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|
| Costo Anual                        | S/. 2,207.31          | S/. 1,600.00         | S/. 1,600.00             |
| Costo mensual                      | S/. 183.94            | S/. 133.33           | S/. 133.33               |
| Costo mensual total                | S/. 450.61            |                      |                          |
| Tarifa mensual a abordar C/Familia | S/. 5.70              |                      |                          |

*Fuente: Elaborado por el autor.*

## V. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Para la obtención del servicio de agua potable sostenible no existe una sola tecnología ni una única solución. La tecnología empleada debe ser concordante con el entorno físico, social, económico y ambiental de las poblaciones, tratando de conseguir tecnologías con menores inversiones pero incrementando la cobertura y mejora en la calidad de los servicios. En ese sentido, la opción técnica seleccionada es:

**Sistema por Bombeo con tratamiento (SBCT)** sus componentes son los siguientes:

- Captación.
- Línea de conducción.
- Desarenador.
- Cisterna
- Caseta de bombeo solar fotovoltaico
- Línea de impulsión
- Planta de tratamiento
- Reservorio
- Red de distribución

Para el planteamiento de la alternativa de solución para los sistemas de agua potable, se ha tenido en consideración las siguientes premisas:

- Utilización de la fuente existente en la zona del proyecto
- Los estudios de base realizados como el estudio de fuentes (análisis de calidad de Agua), Estudios topográficos y Estudios de suelos.
- Los estudios socioeconómicos de la zona en estudio.

Se plantea como alternativa única el sistema de Agua Potables Por Bombeo Solar con tratamiento para el proyecto, en la que se proyectara 2,255.00 ml de tubería, el proyecto estará comprendido por estructuras diseñadas para una óptima operatividad y fácil mantenimiento, es decir, que sea fácilmente costeadada por los pobladores.

## 5.1 DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

 **Captación de toma de captación de ladera (Quebrada Salvador):** La selección de la localización de esta Captación se dio puesto que no existe otra que pueda abastecer al centro poblado. En todo caso es preferible escoger este tipo de fuente, debido a su ubicación, además el tipo de suelo encontrado en la zona, lo que facilita la cimentación durante el proceso constructivo, sin embargo se deben considerar otros aspectos como es la aceptación de la propuesta, por parte de la comunidad, los resultados de los análisis de agua, el tipo de tecnología a implementar, etc. Se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 18M E: 261230 Y N: 9362378, con una altura de 871.62 m.s.n.m.

Otros Factores importantes que se han tomado en cuenta para la localización de la captación son los siguientes:

1. Aforo mínimo.- el factor principal que se ha tomado en cuenta para la ubicación de la captación, es el aforo mínimo del manantial Quebrada Salvador (Única fuente existente), que tiene un caudal mínimo de 72.36 l/s que comparado con el caudal máximo diario para el periodo de diseño en el año 20 (0.81 l/s) resulta más que suficiente.
2. Ubicación de la población objetivo.- Otro factor para decidirse por dicha fuente es que el terreno del centro poblado no tiene mucha pendiente y no se encontraba suficiente altura para la presión de agua requerida, al no estar dicha fuente cotas por encima de la población no se garantiza la presión en la red de distribución y se opta por el tipo de sistema (SBCT) es por la diferencia

de cotas, ya que la población se encuentra cotas por el mismo nivel de la fuente, en seguida se presenta la diferencia de cota.

Características del terreno: suelos y topografía, además de los factores mencionados, el tipo de suelo encontrado en la zona es rocoso, lo que facilita la cimentación durante el proceso constructivo.

✚ **Línea de Conducción:** La selección de la tecnología para este componente se basó en el bajo costo de inversión, operación y mantenimiento. La selección de la localización de la Línea de Conducción se basó en el recorrido mínimo de la Captación a la cisterna abaratando costos de instalación. Respecto a la vulnerabilidad, la ubicación de la línea de conducción no presenta peligros por desastres naturales.

El caudal de diseño para la línea de conducción es el caudal máximo diario.

✚ **Desarenador:** La selección de la localización del Desarenador se basó en el mínimo de recorrido desde la captación para evitar el deterioro de las tuberías por efectos de arrastre de partículas de arena, también se tomó en cuenta el área necesaria para la construcción de la estructura, el tipo de suelo en la zona es compacta el cual garantiza la capacidad del suelo para soportar el peso de la estructura, así como también la cercanía al cauce del río para efecto de mantenimiento (lavado y limpieza del desarenador). Se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 18M E: 261229 Y N: 9362374, con una altura de 870.60 m.s.n.m.

✚ **Cisterna:** La selección de la localización de la cisterna se basó en el principio de almacenar cierto volumen de agua y de recipiente para trasladar el agua hacia una cota más alta por el sistema de bombeo. Además según el Estudio de Suelos, la capacidad portante del terreno facilita la construcción de la cisterna, en la posición seleccionada.

✚ **Línea de Impulsión:** La selección de la tecnología para este componente se basó en el bajo costo de inversión, operación y mantenimiento. El caudal de diseño para la línea de impulsión es el caudal promedio anual en 0.62 l/s multiplicado por un factor que es en función con las horas de bombeo. El diámetro se diseñará para velocidades mínima de 0,6 m/s y máxima de 3,0 m/s.

Se instalará una línea de impulsión que va desde la Caseta de Bombeo hasta una cisterna que pasará posteriormente al Sistema de Tratamiento que comprende Pre filtro y Filtro Lento 42 m<sup>3</sup>.

✚ **Planta de tratamiento de Agua:** la ubicación de la planta de tratamiento de agua se basó en el área necesaria para albergar la estructura, el tipo de suelo encontrado en dicha área es compacta, cuya características nos permite garantizar una óptima funcionalidad de la estructura, la topografía del terreno el cual nos facilitara el mantenimiento continuo de la estructura, así como otros aspectos tales como la facilidad de los propietarios al ceder parte de su propiedad para la construcción de la misma. La planta se compone de Pre filtro y Filtro lento.

**Pre Filtro.-** Investigaciones realizadas con este tipo de unidades operando en serie con filtros lentos sugieren que este conjunto puede remover hasta 5.0 mg/l de fierro total, 0.50 mg/l de manganeso, 750 unidades de algas/ml, 2,000 coliformes fecales/100 ml de muestra y puede tratar aguas hasta con 5.0 mg/l de DB05.

Restricciones:

- la remoción global de microorganismos vivos y partículas es superior a 80% siempre que nose produzcan variaciones bruscas de la calidad del afluente.
- Turbiedades afluentes no mayores de 100 UNT.
- Poca capacidad de asimilación de variaciones repentinas de calidad de agua.

**Filtro Lento.-** La mayor ventaja de esta unidad reside en su simplicidad. Este filtro sin controlador de velocidad y con controles de nivel mediante vertederos

es muy sencillo y confiable de operar con los recursos disponibles en el medio rural de los países en desarrollo

Restricciones:

- El filtro lento solo no debe operar con aguas con turbiedades mayores a 20 o 30 UNT, esporádicamente se pueden aceptar picos de 50 a 100 UNT.
- La eficiencia de esta unidad se reduce a temperaturas inferiores a los 4°C.
- La presencia de biosidas o plaguicida en el afluente pueden modificar o destruir el proceso microbiológico que sirve de base a la filtración lenta.

✚ **Reservorio:** La selección de la localización del reservorio se basó en el principio de energía, es necesario ubicar el reservorio cotas por encima de la población y así garantizar la presión en la red de distribución. Además según el Estudio de Suelos, la capacidad portante del terreno facilita la construcción del reservorio, en la posición seleccionada.

✚ **Líneas y Redes de Distribución:** La selección de la tecnología para este componente se basó en el bajo costo de inversión, operación y mantenimiento. El caudal de diseño para la línea de aducción es el caudal máximo horario igual a 1.24 l/s. El diámetro se diseñará para Presiones mínima de 5 mca. y máxima de 50 mca.

## 5.2 DEL SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO

- ✚ El tiempo de bombeo de la bomba sumergible corresponde a 9 horas, bombear con menos horas, acarrea no solo el aumento del caudal a bombear, sino también a la ampliación de las dimensiones del sistema, en especial la planta de tratamiento para recibir tal caudal. Y pasar las 9 horas, hará que se requiera de más unidades de almacenamiento de energía (baterías) para la operación del sistema, haciendo que el sistema tenga mayores gastos en operación, mantenimiento y reposición de las baterías.
- ✚ El número de paneles a usar en el sistema será de 30 unidades. Estos paneles cubrirán la demanda del sistema 14,315.79 Watts. Los paneles monocristalinos son de mejor rendimiento en sistemas por bombeo, dichos paneles trabajaran en serie para una mejor potencia de carga.

## 5.3 EVALUACION DE LOS COSTOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR REPOSICION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

- ✚ La tarifa mensual por cada familia será de S/.5.70 nuevos soles, la tarifa puede ir reduciéndose conforme haya el aumento de más familias, ya que se tomó como base la cantidad de las familias actuales.
- ✚ La tarifa mensual es un monto muy asequible a la población, ya que según el **cuadro N° 12** de la encuesta socioeconómica realizada, informo que el 88.57% de los encuestados está en condiciones de abordar dicho monto.

#### **5.4 CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS**

Del análisis técnico, se desprende que la alternativa seleccionada para el diseño del sistema de agua potable por bombeo, es la única alternativa, segura, accesible y sostenible para el centro poblado Ganimedes ya que actualmente carece de un sistema de agua potable, y en donde la fuente de agua se encuentra en un nivel por debajo del centro poblado, siendo necesario el diseño de un sistema de agua potable por bombeo, por lo que al proyectar un sistema por bombeo mediante energía solar fotovoltaica, esta salvara las diferencias de desnivel entre la captación y el centro poblado, y que no requerirá de energía eléctrica ni de combustibles fósiles para su funcionamiento, siendo sostenible en el tiempo.

Al demostrar la hipótesis en esta investigación se han cumplido con el objetivo de diseñar un sistema de agua potable por bombeo, utilizando la energía del sol como fuente de energía, involucrando también los costos de reposición, operación y mantenimiento durante la vida útil del sistema.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- ✚ El sistema de agua potable por bombeo con tratamiento, permite el abastecimiento de agua potable las 24 horas del día a la población y brindar un servicio de agua potable con óptimas condiciones de salubridad y apta para el consumo humano.
- ✚ La planta de tratamiento está compuesta por Prefiltro y Filtro lento, los cuales fueron diseñadas para atender al caudal de bombeo, debido a que este caudal es mayor al caudal máximo diario. El Prefiltro es una unidad de tratamiento que funciona con un flujo ascendente, al contrario del Filtro Lento, en ambos casos no se tiene solo un proceso físico de retención de partículas finas, sino también de procesos químicos y biológicos.
- ✚ El sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica permite a la comunidad de Ganimedes salvar el desnivel que existe entre la fuente de agua y la localidad, accediendo de esta forma al agua potable y mejorando las condiciones de vida en el lugar.
- ✚ El sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica, cuenta con un funcionamiento autosostenible y que no requiere de mantenimiento constante, siendo un sistema ideal para la comunidad de Ganimedes.
- ✚ La tarifa mensual que abordaran las familias cubren los gastos en reposición de los equipos de bombeo a ser cambiados una vez que cumplan con su ciclo de vida, también se cubre los gastos de mantenimiento y operación de los componentes del sistema de agua potable, siendo periódicamente atendidas.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda capacitar a la población en la operación y mantenimiento de los componentes del sistema de agua y del manejo de los equipos de bombeo, para la duración estimada de la vida útil de los equipos.
- ✚ Todos los componentes del sistema de agua potable a excepción de la planta de tratamiento, deberán ser desinfectadas con cloro por lo menos dos veces al año. La desinfección con cloro de la planta de tratamiento no se realiza, porque puede alterar el proceso biológico de degradación que se realiza en el Pre-filtro y Filtro Lento.
- ✚ Debido a que no hay gastos mensuales en los equipos del sistema de bombeo, se recomienda que del monto de la tarifa mensual, se abone en una cuenta de ahorro el monto que corresponde a los costos por reposición de los equipos del sistema de bombeo. Teniendo el cuidado de esta cuenta la junta administrativa del servicio de agua en el centro poblado.
- ✚ Se recomienda que las autoridades locales del distrito de Moyobamba, gestionen el proyecto de sistema de agua potable por bombeo para la comunidad de Ganimedes, tomando esta tesis como referencia para la viabilidad del proyecto.
- ✚ A otros investigadores se invita a estudiar el uso de fuentes alternas de energía para el bombeo de agua, como son las de energía eólicas en combinación con la energía solar fotovoltaica.

## VII. BIBLIOGRAFIA

### 7.1 BIBLIOGRAFIA

1. AGÜERO PITTMAN, Roger, “Agua potable para poblaciones rurales, sistema de abastecimiento por gravedad”. Asociación de Servicios Rurales (SER). Lima, Setiembre 1997.
2. ARROCHA RAVELO, Simón, “Abastecimiento de agua, Teoría y Diseño”. Ediciones Vega S.R.L. Primera edición. Caracas 1980.
3. CANEPA VARGAS, Lidia, “Filtración lenta como proceso de desinfección”, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Lima, 2005.
4. CHOY BEJAR, Víctor David, “Diseño de una nueva línea de impulsión y selección del equipo de bombeo para la extracción de agua subterránea planes de expansión de mínimo costo de agua potable y alcantarillado EPS Chimbote”, Proyecto de Tesis, UNMSM. Lima, 2002.
5. CUNIA PEREZ, Gabriela Claudia, “Diseño y evaluación económica comparativa del sistema de agua potable en la comunidad de nuevo arica de cachiycu utilizando energía solar y energía térmica en el año 2010”, Proyecto de Tesis, UNSM. Morales 2012.
6. GARCIA TRISOLINI, Eduardo, “Manual de proyectos de agua potable y saneamiento en poblaciones rurales” Fondo Perú-Alemania, Lima, Mayo 2008.
7. LIZANA V., XIBERTA J., FLORES M., “Uso de la energía solar para el abastecimiento de agua”, Cuzco, Octubre 2007.

8. MARRON, Cesar, "Plantas de tratamiento por filtración lenta: diseño, operación y mantenimiento", Intermediate Technology Development Group, Lima, 1999.
9. Ministerio de Economía y Finanzas, "Guía para perfiles de proyecto de inversión exitosos", Perú, 2011.
10. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, "Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua" Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Lima, 2005.
11. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, "Guía para el diseño de reservorios apoyados" Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Lima, 2004.
12. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, "Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores" Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Lima, 2005.
13. PRATT VIÑAS, Lluís, "Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos" Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, 2005.
14. SANDIA NATIONAL LABORATORIES, "Guía para el desarrollo de bombeo de agua con energía fotovoltaica", Southwest technology Development Instituto, México, 2001.

## 7.1 LINKOGRAFIA

1. El desarrollo de la energía solar en el Perú. Disponible en <http://gruporural.pucp.edu.pe/noticias/nacionales/el-desarrollo-de-la-energia-solar-en-el-peru>, vista 16 mayo 2015.
2. NASA Surface meteorology and Solar Energy. EE.UU. disponible en <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen>, visto el 02 de noviembre del 2015.
3. Panel Solar, (2007). Perú. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar), visto el 02 de Noviembre del 2015.

## **VIII.- ANEXOS**

# GRAFICOS