UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

"DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO PARA LAS LOCALIDADES DE CEDROPAMPA Y PAN DE AZÚCAR, DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA-CUTERVO-CAJAMARCA"

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Rabanal Núñez, Jaime Joel

Bach. Zavaleta Ibáñez, Elías

Asesora:

Mg. Serrepe Ranno Miriam Marcela

Línea de investigación:

Ingeniería de procesos

Ingeniería sanitaria

Pimentel-Perú

2018

TESIS

“DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO PARA LAS LOCALIDADES DE CEDROPAMPA Y PAN DE AZÚCAR, DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA-CUTERVO-CAJAMARCA”

Aprobado por:

Dr. Ing. Omar Cornado Zulueta

Presidente de jurado

Ing. Arriola Carrasco Guillermo

Secretario de jurado

Ing. César Idrogo Pérez

Vocal de jurado

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Simón y Yanet porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mis hermanos Franco, Jesús y Máximo, más que hermanos son mis verdaderos amigos.

A toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

-Elías

A Dios, porque sin su bendición nunca habría llegado hasta aquí.

A mis padres Jaime y Manuela, mis hermanos y tíos, por haber sido partícipes de mi formación a lo largo de mi vida y haberme apoyado en alcanzar mí sueño profesional.

-Jaime Joel

AGRADECIMIENTO

Expresar nuestro total agradecimiento y reconocimiento a nuestra alma mater, la Universidad Señor de Sipán, en especial a la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, a todos los docentes, en especial a la MSc Ana María Guerrero Millones y al ingeniero Luis Richard Córdova Saavedra, quienes con su valioso aporte y colaboración desinteresada fue posible culminar el desarrollo del presente proyecto profesional.

Los autores

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....iii

AGRADECIMIENTO.....iv

ÍNDICE DE CONTENIDO.....v

ÍNDICE DE FIGURAS.....vi

ÍNDICE DE TABLAS.....vii

ÍNDICE DE ECUACIONES.....xii

RESUMEN.....xiv

ABSTRACT.....xv

I. INTRODUCCIÓN.....18

1.1 Realidad problemática.....18

1.2 Trabajos previos.....21

1.3 Teorías relacionadas al tema.....24

1.4 Delimitación de estudio:.....101

1.5 Formulación del problema.....103

1.6 Justificación e importancia del estudio.....103

1.7 Hipótesis.....104

1.8 Objetivos.....104

II. MATERIAL Y MÉTODOS.....106

2.1 Tipo y diseño de investigación.....106

2.2 Método de investigación.....106

2.3 Variables.....107

2.4 Población y muestra.....110

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....110

2.6 Métodos de análisis de datos.....112

2.7 Aspectos éticos 113

III. RESULTADOS. 115

3.1 Cálculo para diseño hidráulico y estructural de los componentes del sistema de agua potable 115

3.2 Plantear la UBS (Unidad Básica de Saneamiento) 141

3.3 Elaborar el estudio de ingeniería definitivo. 143

IV. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 149

4.1 Cálculo hidráulico y estructural 149

4.2 Planteamiento de la UBS. 150

4.3 Estudio de ingeniería definitivo. 151

4.4 Manual de operación y mantenimiento. 151

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 154

5.1 Conclusiones 154

5.2 Recomendaciones 154

VI. Bibliografía 156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación ASSHTO 38
Figura 2. Clasificación SUCS 39
Figura 3. Captación de manantial de fondo 52
Figura 4. Captación lateral sin servicio 53
Figura 5. Captación de bofedal vista en planta 54
Figura 6. Captación de bofedal corte sección A-A 54
Figura 7. Elementos de la cámara húmeda 59
Figura 8. Cámara rompe presión 63
Figura 9. Ubicación de Letrina Respecto a Vivienda y Manantial 81
Figura 10. Esquema de funcionamiento de Biodigestor 86
Figura 11. Ubicación de Localidades Beneficiarias 101
Figura 12. Distribución de fuerzas sobre la captación 126
Figura 13. Fuerzas actuantes sobre las paredes 131
Figura 14. Parámetros que intervienen en el diseño 133
Figura 15. Parámetros que intervienen en el diseño 134
Figura 16. Distribución de fuerzas sobre captación 136
Figura 17. Fuerzas actuantes sobre las paredes 141
Figura 18. Gráfico de Unidad Básica de Saneamiento con Arrastre Hidráulico 151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos* . 28
Tabla 2 *Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica* 29
Tabla 3 *Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos* 29
Tabla 4 *Límites máximos permisibles de parámetros químicos orgánicos* 30
Tabla 5 *Topografía del terreno* 35
Tabla 6 *Para la elección de la equidistancia de curvas de nivel* 35
Tabla 7 Características de suelos según sus índices de plasticidad 41
Tabla 8 *Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi* 44
Tabla 9 *Peso unitario y ángulo de fricción interna de algunos suelos* 45
Tabla 10 *Periodos de diseño de infraestructura sanitaria* 47
Tabla 11 *Dotación de agua según opción de saneamiento* 48
Tabla 12 *Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano* 66
Tabla 13 *Granulometría y espesor lecho filtrante* 67
Tabla 14 *Granulometría y espesor lecho de soporte* 67
Tabla 15 *Opciones técnicas de saneamiento* 83
Tabla 16 *Líneas de evacuación* 84
Tabla 17 Capacidad del biodigestor 87
Tabla 18 *Evacuación de lodos* 87
Tabla 19 *Datos geográficos* 101
Tabla 20 *Coordenadas UTM* 101
Tabla 21 *Fuentes de agua* 102
Tabla 22 *Ubicación de fuentes de captación* 102
Tabla 23 *Población futura de las localidades* 102
Tabla 24 *Operacionalización* de la variable independiente 108
Tabla 25 *Operacionalización de la variable dependiente* 109
Tabla 26 *Normas de cada ensayo* 111
Tabla 27 *Descripción y aplicación de la normativa usada* 112
Tabla 28 *Estabilidad* del barraje (Fuerzas horizontales) 115
Tabla 29 *Estabilidad* del barraje (Fuerzas verticales) 115
Tabla 30 *Estabilidad del barraje (Esfuerzos actuantes y admisibles)* 115
Tabla 31 *Cálculo* hidráulico 116

Tabla 32 *Diseño del Vertedero lateral o ventana lateral* 116
Tabla 33 *Diseño del Barraje o azud* 116
Tabla 34 *Dimensionamiento Canastilla* 116
Tabla 35 *Altura de la cámara húmeda* 116
Tabla 36 *Dimensionamiento de la cámara húmeda* 117
Tabla 37 *Dispositivo de medición* 117
Tabla 38 *Rebose y limpia* 117
Tabla 39 *Parámetros* de diseño 117
Tabla 40 *Dimensionamiento* 117
Tabla 41 *Longitud* total de filtro 118
Tabla 42 *Dispositivo* de medición 118
Tabla 43 *Diseño de filtro lento de arena* 118
Tabla 44 *Dimensionamiento* 118
Tabla 45 *Resumen general para el diseño de la cámara rompe presión-7* 119
Tabla 46 *Características de la cámara rompe presión-7* 119
Tabla 47 *Parámetros de diseño* 119
Tabla 48 *Demanda de producción de agua (lts/s)* 119
Tabla 49 *Demanda máxima diaria y horaria (lts/s)* 119
Tabla 50 *Resumen características hidráulicas reservorio* 120
Tabla 51 *Sección resultante* 120
Tabla 52 *Resumen de longitud de la línea de distribución* 120
Tabla 53 *Estabilidad de barraje (Fuerza horizontales)* 120
Tabla 54 *Estabilidad de barraje (Fuerza verticales)* 121
Tabla 55 *Estabilidad de barraje (Esfuerzos actuantes y admisibles)* 121
Tabla 56 *Cálculo hidráulico* 121
Tabla 57 *Diseño del vertedero lateral o ventana lateral* 121
Tabla 58 *Diseño del barraje o azud* 121
Tabla 59 *Diseño de la canastilla* 122
Tabla 60 *Altura de cámara húmeda* 122
Tabla 61 *Dimensionamiento de la cámara húmeda* 122
Tabla 62 *Dispositivo de medición* 122
Tabla 63 *Rebose y limpia* 122
Tabla 64 *Parámetros de diseño* 123

Tabla 65 *Dimensionamiento* 123
Tabla 66 *Longitud total del filtro* 123
Tabla 67 *Dispositivo de medición* 123
Tabla 68 *Diseño de filtro lento de arena* 124
Tabla 69 *Dimensionamiento* 124
Tabla 70 *Resumen general para el diseño de la cámara rompe presión-7* 124
Tabla 71 *Características de la cámara rompe presión-7* 124
Tabla 72 *Parámetros de diseño* 125
Tabla 73 *Demanda de producción de agua (lts/s)* 125
Tabla 74 *Demanda máxima diaria y horaria (lts/s)* 125
Tabla 75 *Resumen características hidráulicas reservorio* 125
Tabla 76 *Sección resultante* 125
Tabla 77 *Resumen de longitudes por tramos de la línea de conducción y distribución* ... 126
Tabla 78 *Fuerzas verticales actuantes* 127
Tabla 79 *Fuerzas horizontales actuantes* 127
Tabla 80 *Fuerzas verticales actuantes* 127
Tabla 81 *Fuerzas horizontales actuantes* 128
Tabla 82 *Verificación de presiones* 128
Tabla 83 *Fuerzas verticales actuantes* 128
Tabla 84 *Fuerzas horizontales actuantes* 128
Tabla 85 *Verificación del peralte* 129
Tabla 86 *Distribución de acero vertical y horizonta*l 129
Tabla 87 *Fuerzas verticales actuantes* 129
Tabla 88 *Verificación peralte* 129
Tabla 89 *Verificación por esfuerzo cortante* 130
Tabla 90 *Distribución de acero* 130
Tabla 91 *Dimensionamiento* 130
Tabla 92 *Acero en muros* 130
Tabla 93 *Acero losa de techo* 131
Tabla 94 *Acero losa de fondo* 131
Tabla 95 *Valores obtenidos* 131
Tabla 96 *Valores obtenidos de cálculo* 132
Tabla 97 *Valores obtenidos de cálculo* 132

Tabla 98 *Distribución de acero en muros* 132
Tabla 99 *Distribución acero losa de fondo* 132
Tabla 100 *Valores obtenidos de cálculo* 133
Tabla 101 *Distribución acero en muro* 133
Tabla 102 *Distribución acero en muro* 134
Tabla 103 *Valores obtenidos de cálculos* 134
Tabla 104 *Valores obtenidos de cálculo* 135
Tabla 105 *Distribución acero vertical y horizontal* 135
Tabla 106 *Fuerzas verticales actuantes* 136
Tabla 107 *Fuerzas horizontales actuantes* 137
Tabla 108 *Fuerzas verticales actuantes* 137
Tabla 109 *Fuerzas horizontales actuantes* 137
Tabla 110 *Verificación de presiones* 138
Tabla 111 *Fuerzas verticales actuantes* 138
Tabla 112 *Fuerzas horizontales actuantes* 138
Tabla 113 *Verificación del peralte* 138
Tabla 114 *Distribución de acero vertical y horizontal* 139
Tabla 115 *Fuerzas verticales actuantes* 139
Tabla 116 *Verificación peralte* 139
Tabla 117 *Verificación por esfuerzo cortante* 139
Tabla 118 *Distribución de acero* 140
Tabla 119 *Dimensionamiento* 140
Tabla 120 *Acero en muros* 140
Tabla 121 *Acero losa de techo* 140
Tabla 122 *Acero losa de fondo* 141
Tabla 123 *Valores obtenidos* 141
Tabla 124 *Valores obtenidos de campo* 142
Tabla 125 *Valores obtenidos en campo* 142
Tabla 126 *Tiempos de infiltración en función de la clase de terreno* 142
Tabla 127 *Valores obtenidos del test de percolación* 142
Tabla 128 *Valores obtenidos del test de percolación* 143
Tabla 129 *Volúmenes de biodigestor en función de la cantidad de lodos* 143
Tabla 130 *Estructuras a metrar* 144

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexos 1. Ver anexos Memoria de cálculo en estudio definitivo de ingeniería 143
Anexos 2.Ver anexos Metrádos en el estudio definitivo de ingeniería 144
Anexos 3.Ver anexos Presupuesto de obra en el estudio definitivo de ingeniería 144
Anexos 4.Ver anexos Análisis de costos unitarios en el estudio definitivo de ingeniería. 144
Anexos 5.Ver anexos especificaciones técnicas en el estudio definitivo de ingeniería. ... 145
Anexos 6.Ver anexos Planos en el estudio de ingeniería definitivo de ingeniería..... 145
Anexos 7.Ver anexos informe topográfico en el estudio definitivo de ingeniería. 146
Anexos 8.Ver anexos estudio de fuentes de agua en el estudio definitivo de ingeniería.. 146
Anexos 9.Ver anexos estudio de mecánica de suelos en el estudio definitivo de ingeniería. 146
Anexos 10.Ver anexos análisis de riesgos en el estudio definitivo de ingeniería. 146
Anexos 11.Ver anexos manual de operación y mantenimiento en el estudio de ingeniería definitivo. 147

ÍNDICE DE ECUACIONES.

Ecuación I 25
Ecuación II 32
Ecuación III 33
Ecuación IV 36
Ecuación V 37
Ecuación VI 37
Ecuación VII 41
Ecuación VIII 43
Ecuación IX 43
Ecuación X 43
Ecuación XI 43
Ecuación XII 45
Ecuación XIV 50
Ecuación XV 50
Ecuación XVI 56
Ecuación XVII 56
Ecuación XVIII 56
Ecuación XIX 57
Ecuación XX 57
Ecuación XXI 57
Ecuación XXII 57
Ecuación XXIII 58
Ecuación XXIV 58
Ecuación XXV 59
Ecuación XXVI 60
Ecuación XXVII 62
Ecuación XXVIII 62
Ecuación XXIX 64
Ecuación XXX 64
Ecuación XXXI 64
Ecuación XXXII 64
Ecuación XXXIII 64

Ecuación XXXIV 68
Ecuación XXXV 69
Ecuación XXXVI 69
Ecuación XXXVII 70
Ecuación XXXVIII 71
Ecuación XXXIX 71
Ecuación XL 71
Ecuación XLI 73
Ecuación XLII 73
Ecuación XLIII 73
Ecuación XLIV 74
Ecuación XLV 77

RESUMEN

Actualmente las localidades de Pan de Azúcar y Cedropampa cuentan con un proyecto de agua potable, pero gran parte del sistema, está deficiente y/o obsoleto, debido a que se encuentra deteriorado, además no cuenta con las condiciones salubres básicas para considerarse un sistema de redes agua potable, por lo tanto, se plantea lo siguiente:

¿Cómo influirá el estudio definitivo ingeniería de agua potable y saneamiento para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar, distrito de Santo Domingo de la Capilla-Cutervo-Cajamarca?

Permite generar impactos de desarrollo positivos a nivel social, económico, tecnológico, ambiental y garantizando mejores condiciones de vida de las localidades en mención.

El objetivo fue Diseñar el sistema de agua potable y saneamiento para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar, distrito de Santo Domingo de la Capilla. La investigación fue de tipo: cuasi-experimental**;** se utilizó la técnica de la observación y el análisis de documentos, en los resultados se tuvo en cuenta la normativa vigente peruana.

Se concluye la elaboración del estudio de ingeniería definitivo en el cual se realiza un conglomerado de documentos que forman parte del expediente técnico. Se recomienda tener en cuenta conocimientos básicos, criterio adecuado para realizar los cálculos respectivos.

Palabras claves: Diseño, Sistema, Saneamiento, Rural, Proyecto.

ABSTRACT

Currently, the localities of Pan de Azúcar and Cedropampa have a potable water project, but a large part of the system is deficient and / or obsolete, due to the fact that it is deteriorated, and it does not have the basic sanitary conditions to be considered a system of potable water networks, therefore, it raises the following:

How will the definitive study of potable water and sanitation engineering influence for the towns of Cedropampa and Pan de Azúcar, district of Santo Domingo de la Capilla-Cutervo-Cajamarca?

It allows generating positive development impacts at a social, economic, technological, environmental level and guaranteeing better living conditions of the mentioned localities.

The objective was to design the potable water and sanitation system for the towns of Cedropampa and Pan de Azúcar, district of Santo Domingo de la Capilla. The investigation was of type: quasi-experimental; the technique of observation and analysis of documents was used, in the results the current Peruvian regulations were taken into account.

The conclusion of the definitive engineering study in which a conglomerate of documents that are part of the technical file is made. It is recommended to take into account basic knowledge, adequate criteria to perform the respective calculations.

Key words: Design, System, Sanitation, Rural, Project.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

Debido a las constantes enfermedades gastrointestinales que atraviesan los pobladores de la zona rural de nuestro país por la inadecuada dotación y disposición del agua, sumada a la inapropiada eliminación de excretas por parte de las personas

Nuestra investigación va orientado a solucionar la actual problemática que atraviesa la zona rural de nuestro país, como, por ejemplo:

En Cajamarca la situación es demasiado preocupante, pues mientras que en el 2007 un promedio de 19 mil 674 viviendas tenían el servicio de agua en un solo día, en la actualidad son 43 mil 444 casas las que tienen el líquido solo dos veces por semana. (República, 2018),

Con el desarrollo del proyecto permite generar impactos de desarrollo positivos en la población, garantizando el bienestar de todos los beneficiarios, mejorando sus condiciones de salud, alimentación, educación y condiciones de vivienda digna, una mayor equidad de género reducción de pobreza y discriminación, dándole valor agregado a las fuentes de agua.

Además, con la futura ejecución de lo plasmado en la presente tesis, permitirá generar impactos de desarrollo positivos a nivel social, económico, tecnológico, ambiental y garantizando mejores condiciones de vida a los pobladores de las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar y a la vez generar un crecimiento a dichas localidades.

1.1 Realidad problemática.

1.1.1 Internacional.

"En América Latina, durante las 3 últimas décadas ha experimentado constantes reformas en el área de agua potable y saneamiento, con el objetivo de mejorar su desempeño". A pesar de ello la mayoría de países están alejados de alcanzar la universalidad de los servicios y quitan esfuerzos para proveer niveles de calidad apropiados. (Lentini, Servicios de agua potable y saneamiento: lecciones de experiencias relevantes, 2011)

La problemática mundial es la escasez de agua en el mundo no es ninguna novedad, pero hoy en día, el acceso al agua y el saneamiento mejorado es uno de los mayores problemas en los contextos urbanos donde vive el 50 por ciento de la población mundial.

La problemática mundial del agua se manifiesta de muchas formas: ciudades que afrontan graves escaseces debido al cambio climático y el crecimiento demográfico; 4.000 niños que mueren cada día de enfermedades cuyo vector es el agua por falta de acceso al agua potable, saneamiento inadecuado e higiene precaria combinados con el riesgo que conllevan los contaminantes que no cesa de aumentar; el costo de la energía para el suministro de agua, cada vez más importante para empresas de servicios de utilidad pública; ciudades de hoy con un alcantarillado y otros equipos vetustos que requieren una gestión y un mantenimiento que cuestan miles de millones de dólares por año y, por último, y lo más importante, el agua potable, apta para el consumo, que viene etiquetada con un alto precio.

Aunque podamos considerar que el acceso al agua potable y el saneamiento es un derecho humano, no un privilegio, tenemos que afrontar la dura realidad de que los habitantes de barrios marginales de ciudades que van de Manila a Mumbai y de Kinshasa a Nairobi viven en condiciones deplorables. Sin acceso al agua y el saneamiento, se exponen a las enfermedades y la muerte.

La solución se ha de encontrar mediante una significativa cooperación política y social, en los planos nacional e internacional, con la cual la FICR está firmemente comprometida. (Seebacher Stefan, 2011)

En México desde el siglo IXX empieza un proceso para descentralizar y apertura la participación privada en el aspecto de provisionar servicios públicos, que incluya servicios de agua y saneamiento. Dándose en este entorno el otorgamiento integral del servicio de agua y alcantarillado en la ciudad de Aguascalientes en el año 1993 y que constituyó una experiencia paradigmática, por ser la primera concesión de este tipo en el país y por qué constituyó la prueba guía para las futuras experiencias en este país. (Villamar, Saldaña, & Viqueira, 2013)

1.1.2 Nacional.

Últimamente Perú es el 8° de los países del planeta en reservas de agua dulce, sin embargo, la calidad del servicio de agua y saneamiento es muy defectuoso, especialmente al interior del país; 1 de cada 5 peruanos no cuentan con el servicio de saneamiento. Y en Lima, más de 1 millón no tiene agua potable la ciudad capital sufre escasez severa de agua por expansión demográfica, cambio climático e ineficiente uso (30% del agua producida no es facturada por uso clandestino y fugas en redes). (Dongo, 2016)

Aunque para muchos lambayecanos el abastecimiento es un problema que disminuyó en los últimos diez años de 30 mil 268 viviendas a 17 mil 86 viviendas con cobertura de agua potable; en Piura un importante número de pobladores tampoco tiene agua, debido a que un promedio de 88 mil casas no cuenta con el servicio por red pública.

Solo en Piura se han identificado unas 98 mil 167 viviendas que disponen del servicio de agua por red pública tres días a la semana, una cifra que según el INEI incrementó en más de un 100% con respecto al 2007 (44 mil 626 hogares).

En Cajamarca la situación es demasiado preocupante, pues mientras que en el 2007 un promedio de 19 mil 674 viviendas tenían el servicio de agua en un solo día, en la actualidad son 43 mil 444 casas las que tienen el líquido solo dos veces por semana.

En Tumbes existe otro déficit que afecta a zonas rurales y urbanas, debido a que mientras en el 2007 en sus tres provincias habían 6 mil 454 viviendas con agua potable solo algunos días, hoy cerca de 17 mil 893 hogares tienen el líquido elemento tres veces a la semana.

En Lambayeque, de acuerdo al último estudio del INEI, se conoce que 17 mil 519 viviendas disponen del servicio de agua por red pública un día a la semana. A esto se suman las cerca de 62 mil 621 viviendas que eliminan las excretas a través de pozo negro o ciego.

“No son viviendas, son familias las que no tienen agua y desagüe. La mayoría radica en Monsefú, Reque, Eten, Puerto Eten, Pomalca y Mórrope”, dice el presidente de la Confederación Regional de Pueblos Jóvenes y Sectores Populares, Álvaro Mendoza.

El dirigente menciona que el 50% de los 645 pueblos jóvenes carece del servicio de agua, lo cual provoca que los moradores compren agua o aprovechen las aguas de las acequias cercanas. (República, 2018)

1.1.3 Local.

Actualmente las localidades de Pan de Azúcar y Cedropampa cuenta un proyecto de agua potable, pero que gran parte del sistema, está deficiente debido a que se encuentra deteriorado, no cuente con las condiciones salubres necesarias para considerarse un sistema de redes agua potable y se encuentre parcialmente operativo.

Así mismo se determinó que el agua no es idónea para el consumo humano, induciendo a la población de las localidades de Pan de Azúcar y Cedropampa, a estar expuestas a sufrir continuamente de enfermedades gastrointestinales, parasitarias y de la piel.

En lo que concierne al sistema de alcantarillado en la actualidad no existe, solo existe unidades de saneamiento que no requieren de agua y tuberías para su evacuación como son letrinas de hoyo seco que en algunas viviendas se encuentran en muy mal estado; por lo que la población prefiere realizar sus necesidades fisiológicas al aire libre, otros pobladores lo entierran o lo queman. Causando malos olores y contaminación al medio ambiente.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 Internacional.

La investigación de la tesis denominada "Propuesta de mejoramiento y regulación de los servicios de agua potable y alcantarillado para ciudad de Santo Domingo", en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, Quito, Ecuador se centró en el estudio de la gestión de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y alcantarillado. Como resultado se hace una propuesta de un órgano de control que vigile el buen hacer de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y alcantarillado en Santo Domingo. Se concluye que la sistémica politización de las empresas públicas ha sido la causa de la ineficiencia de las mismas. (Sandoval, Idrovo, & Lino, 2014)

El estudio denominado "La participación del sector privado en los servicios de agua y saneamiento en San Pedro Sula, Honduras", analiza el proceso de reforma de los sistemas de agua y alcantarillado del término municipal de San Pedro Sula iniciado en el año 1998. San Pedro Sula ilustra un caso en que la concesión de los servicios atrajo la atención de los inversores, el primer caso de participación del sector privado en los servicios de agua y saneamiento de Honduras. También ilustra una concesión otorgada por las autoridades municipales sin garantía del Gobierno de Honduras. El análisis se estructura en cuatro partes. La primera sección presenta los antecedentes de la reforma, describiendo la situación del sector en Honduras y en San Pedro Sula, así como las medidas reformistas iniciales. La segunda parte analiza el proceso de licitación y describe los elementos clave del contrato de concesión y otros aspectos relevantes de la reforma. En una tercera parte se analizan los resultados alcanzados hasta la fecha. Se concluye con una sección sobre consideraciones finales y lecciones aprendidas. (Diaz, 2003)

En el documento titulado “Servicios urbanos de agua potable y alcantarillado en Chile: factores determinantes del desempeño”, nos describe la experiencia de la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado en Santiago, y en los centros urbanos en Chile en general, resulta interesante por dos razones principales: Primero los altos niveles de cobertura y eficiencia alcanzados bajo la prestación pública de los servicios; y segundo la magnitud de inversiones realizadas y ausencia de conflictos regulatorios significativos, o la capacidad de resolverlos de manera expedita y pragmática, una vez instaurado el modelo de prestación privada de los mismos. El objetivo de este estudio es identificar los principales factores que han influenciado la prestación de los servicios en las áreas urbanas de Chile, y especialmente en la ciudad de Santiago, con una perspectiva aplicable a otros países de la región. El análisis se centra tanto en los factores endógenos al sector de agua potable y alcantarillado (estructura institucional, estructura industrial, participación privada, marco regulatorio, políticas de financiamiento, tarifarias y de subsidios, secuenciamiento del proceso de reformas y escalonamiento en el tiempo de los objetivos económicos, sociales y ambientales, etc.) como en los exógenos (políticas macroeconómicas, situación social, lugar del sector en las prioridades políticas de gestión del agua y del medio ambiente, etc).(Valenzuela & Jouravlev, 2007)

1.2.2 Nacional.

En el estudio definitivo de la “Ampliación y Mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado Delicias de Villa y Anexos” en el Distrito de Chorrillos. Luego de elegir la mejor solución técnica para el proyecto de mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado, se realizó el pre dimensionamiento y diseño integral de los diferentes componentes del sistema de agua potable y alcantarillado, según los procesos constructivos y de inversiones más adecuadas, obteniéndose un presupuesto base del costo de estas construcciones. (Mugruza, Humberto Joseph Bieberach, 2013)

En la tesis denominada “Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable de la ciudad de Bagua Grande” desarrolla la solución al problema del saneamiento básico que atraviesa la ciudad de Bagua Grande. El presente documento ha tomado en consideración los criterios y análisis seguidos en la etapa de pre inversión a fin de validar los diseños definitivos realizados en la etapa de inversión. Con la ejecución del proyecto se beneficiarán al inicio a 28,973 habitantes del área de influencia del proyecto y 48,694

habitantes al final del mismo. Siendo estos beneficios, entre otros, los siguientes: Disminución de la frecuencia de casos de enfermedades gastrointestinales, parasitosis y dérmicas, mejora del ingreso económico familiar y mejora en las condiciones de vida de la población de la ciudad de Bagua Grande. En el presente estudio económico sólo se analizó la factibilidad económica de la solución técnica señalada para la etapa, para lo cual, además de los costos tanto de inversiones en obras como de operación y mantenimiento ya examinados en el estudio técnico, es necesario considerar los aspectos de administración y financiamiento. (Mori, 2013)

La investigación de la tesis "Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, Distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca", se presentaron las mismas necesidades en el sistema de agua y saneamiento.

El sistema de agua en la localidad de Tallambo tenía dos sistemas de agua potable que el primero fue construido por FONCODES en el año2004 y que teniendo apenas 8 años de antigüedad ya se encontraba en mal estado de conservación. Y los tres manantiales "La Tororia", "La Roca y el Chorro" y "La Chorrera" los cuales dotaban de agua potable a 88 viviendas con una cobertura de 88% presentaban interrupciones durante el año y el otro 12% de viviendas que no contaban con el sistema de agua potable, se abastecían de pequeñas fuentes cercanas a su vivienda o de las familias que si tenían.

Y en saneamiento tenían 90% de viviendas que contaban con letrinas de hoyo seco ventilado que también fueron construidos por FONCODES en el mismo año y que luego de 8 años se encontraban casi en su totalidad colmatadas, por cumplir su vida útil y el otro 10% que no contaban con letrinas familiares realizaban sus necesidades a campo abierto siendo necesaria la construcción de la unidad básica de saneamiento para mitigar el impacto ambiental negativo.

De estos antecedentes podemos deducir que en la mayoría de los proyectos financiados por programas que trabajan con gobiernos locales presentan problemas antes de cumplir su periodo de diseño. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

"En la actualidad, la administración de un servicio público como es el de agua potable, se reconoce que debe verse más con criterio empresarial y menos como un servicio de carácter social con fines puramente higiénicos y humanitarios".

"La recuperación de las grandes inversiones a realizar, así como la obtención de los fondos necesarios para el sostenimiento y desarrollo del servicio, requieren de una organización cuyas funciones estén dirigidas a alcanzar estos objetivos". (H & Villacorta, 2017)

1.2.3 Local.

"Las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar cuenta con un sistema de agua para cada vivienda, para efectos de uso y consumo de las familias, la fuente de donde es captada el agua es la quebrada denominada "El Suro" en Pan de Azúcar y "Las cataratas de Gálvez" en Cedropampa, estos sistemas constan de partes principales y más importantes como son captación, reservorio, cámaras rompe presión tipo 6 y 7". El servicio no cuenta con tratamiento adecuado y permanente (cloración), del mismo modo las labores de mantenimiento son de labor doméstica, artesanal y escasa. Por lo tanto, el agua que disponen las familias, no garantiza ser apto al 100% para el consumo humano, por lo que se sugiere el diseño del sistema con un proyecto de estudio.

Cedropampa y Pan de Azúcar, no cuenta con sistema de saneamiento (Red de desagüe), existen viviendas con letrinas de hoyo seco y otros pocos con pozos ciegos o UBS de construcción artesanal que en su totalidad se encuentran muy deteriorados y finalmente otra fracción de las familias no cuentan con ninguna de esas unidades, por lo tanto, realizan sus necesidades fisiológicas o eliminación de excretas a campo abierto (bosque, chacras o quebradas) siendo necesario la construcción de la unidad de saneamiento para mitigar el impacto ambiental negativo.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Métodos para el cálculo de la población futura

a) Métodos analíticos

Presuponen que el cálculo de la población para una región dada es ajustable a una curva matemática. Es evidente que este ajuste dependerá de las características de los valores de población censada, así como de los intervalos de tiempo en que estos se han medido.

Dentro de los métodos analíticos tenemos el aritmético, geométrico, de la curva normal, logístico, de la ecuación de segundo grado, el exponencial, de los incrementos y de los mínimos cuadrados. (Pittman, 1997)

b) Métodos comparativos

Son aquellos que mediante procedimientos gráficos estiman valores de población, ya sea en función de datos censales anteriores de la región o considerando los datos de poblaciones de crecimiento similar a la que se está estudiando. (Pittman, 1997)

c) Método racional

En este caso para determinar la población, se realiza un estudio socio-económico del lugar considerando el crecimiento vegetativo que es función de los nacimientos, defunciones, inmigraciones, emigraciones y población flotante. (Pittman, 1997)

Para nuestra tesis que se da en zona rural, según (Pittman, 1997) el método más utilizado para el cálculo de la población futura es el analítico y con más frecuencia el de crecimiento aritmético, ya que se utiliza para el cálculo de poblaciones bajo la consideración de que estas van cambiando en la forma de una progresión aritmética y se expresa mediante la siguiente ecuación:

Ecuación I

$$P_d = P_i * \left(1 + \frac{r*t}{100}\right)$$

Donde:

P_i: población inicial (habitantes)

P_d: población de diseño (habitantes)

r: índice de crecimiento poblacional anual (%)

t: periodo de diseño (años)

Con respecto al índice de crecimiento poblacional (r):

- Se adoptará el específico de la población.
- En caso de no existir este, se adoptará el relativo a otra población cercana y similar, o bien, la tasa de crecimiento distrital rural.
- En cualquier caso, si el valor es negativo se adoptará una población futura similar a la actual (r=0).

El proyectista podrá adoptar, justificadamente, el método que considere más adecuado para determinarla población de diseño, tomando en cuenta igualmente datos censales del INEI u otra fuente que refleje el crecimiento poblacional. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

1.3.2 Diseño del sistema de agua potable para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar.

Para el diseño del sistema de agua potable se debe solicitar información sobre la población que va a ser atendida, la disponibilidad de materiales locales, la existencia de fuentes de agua y cualquier otra información necesaria para llevar a cabo una investigación completa y obtener resultados precisos con la finalidad de determinar si es factible o no la instalación de un sistema de abastecimiento de agua potable. (Pittman, 1997)

A. Información social

Para realizar el estudio se consideran tres factores:

a.-Población

El factor población es el que determina los requerimientos de agua. Se considera que todas las personas utilizarán el sistema de agua potable a proyectarse siendo necesario por ello empadronar a todos los habitantes, identificar en un croquis la ubicación de locales públicos y el número de viviendas por frente de calle; adicionándose un registro en el que se incluya el nombre del jefe de familia y el número de personas que habitan en cada vivienda. (Pittman, 1997)

b.- Nivel de organización de la población

Para realizar un proyecto de abastecimiento de agua potable es indispensable conocer el entusiasmo, motivación y capacidad de cooperación de la población. Para formarnos una idea del nivel de organización de la población es necesario recopilar información sobre anteriores experiencias de participación de la comunidad en la solución de sus necesidades. (Pittman, 1997)

c.- Actividad económica

Es importante conocer la ocupación de los habitantes, así como la disponibilidad de recursos (valor de la propiedad, agro industrias, etc). Aprovechando la permanencia en la zona de estudio, se recopilará también información sobre los jornales promedio, la mano de obra disponible: maestros de obra, albañiles, peones, etc. Además, se solicitará información sobre la manera en que la población contribuirá en la ejecución de la obra, tanto con aporte económico, material o en mano de obra. (Pittman, 1997)

B. Información técnica

1. Investigación de la fuente de agua

Para realizar con éxito esta actividad se debe recopilar información sobre consumo actual, reconocimiento y selección de la fuente.

a.- Consumo actual

En la mayoría de las poblaciones rurales del país se consume agua proveniente de los ríos, quebradas, canales de regadío y manantiales, que, sin protección ni tratamiento adecuado, no ofrecen ninguna garantía y representan más bien focos de contaminación que generan enfermedades y epidemias. A esta situación se suma que en las épocas de sequía disminuye o desaparece el agua y los habitantes se tienen que trasladar a fuentes distantes; tarea generalmente realizada por las mujeres y los niños. (Pittman, 1997)

b.- Reconocimiento y selección de la fuente

Los manantiales, ojos de agua o puquios son las fuentes más deseables para los sistemas de abastecimiento de agua potable por gravedad sin tratamiento, por lo que es necesario hacer una investigación sobre los manantiales existentes en la comunidad. Para realizar la selección se deberá visitar todas las fuentes posibles, determinándose la calidad y cantidad de agua en cada una. (Pittman, 1997)

b.1 Calidad de la fuente de abastecimiento

Para verificar la necesidad de una PTAP, debe tomarse muestras de agua de la fuente y analizarlas, la eficiencia de tratamiento del agua de la PTAP para hacerla de consumo humano debe cumplir lo establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el

consumo humano (DIGESA-MINSA) y sus modificatorias. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

b.1.1 Parámetros microbiológicos y otros organismos

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en la tabla 6, debe estar exenta de ciertos organismos y bacterias (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

Tabla 1

Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetro	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1.- Bacterias Coliformes totales	UFC/100 ml a 35°	0 (*)
2.- E. Coli	UFC/100 ml a 44.5°C	0 (*)
3.- Bacterias Coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 ml a 44.5°C	0 (*)
4.- Bacterias heterotróficas	UFC/ ml a 35°C	500
5.- Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios	N°org/L	0
6.- Virus	UFC/ ml	0
7.- Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos	N°org/L	0

UFC= Unidad formuladora de colonias
(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples=< 1.8 /100ml
Fuente: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

b.1.2 Parámetros de calidad organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en la tabla 7 (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

Tabla 2

Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2.Sabor	---	Aceptable
3.Color	UCV escala Pt/ Co	15
4.Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
6.Conductividad (25°C)	µmho/cm	1,500
7.Sólidos totales disueltos	mgL^{-1}	1,000
8.Cloruros	mg Cl^{-} L^{-1}	250
9.Sulfatos	mg SO_4=L^{-1}	250
10.Dureza total	mg $CaCO_3L^{-1}$	500
11.Amoniaco	mg N L^{-1}	1.5
12.Hierro	mg Fe L^{-1}	0.3
13.Manganeso	mg Mn L^{-1}	0.4
14.Aluminio	mg Al L^{-1}	0.2
15.Cobre	mg Cu L^{-1}	2.0
16.Zinc	mg Zn L^{-1}	3.0
17.Sodio	mg Na L-1	200

UCV= Unidad de color verdadero
UNT= Unidad nefelométrica de turbiedad
Nota. Fuente: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

b.1.3 Parámetros inorgánicos y orgánicos

Toda agua destinada para consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en la tabla 8 (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)**.**

Tabla 3

Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L^{-1}	0.020
2.Arsénico	mg As L^{-1}	0.010
3.Bario	mg Ba L^{-1}	0.700
4.Boro	mg B L^{-1}	1.500
5.Cadmio	mg Cd L^{-1}	0.003
6.Cianuro	mg CN L^{-1}	0.070
7.Cloro	mg L^{-1}	5
8.Clorito	mg L^{-1}	0.7
9.Clorato	mg L^{-1}	0.7
10.Cromo total	mg Cr L^{-1}	0.050
11.Flúor	mg F L^{-1}	1.000
12.Mercurio	mg Hg L^{-1}	0.001
13.Niquel	mg Ni L^{-1}	0.020
14.Nitratos	mg NO_3 L^{-1}	50.00
15.Nitritos	mg NO_2 L^{-1}	3.00 Exposición corta

		0.20 Exposición larga
16.Plomo	mg Pb L^{-1}	0.010
17.Selenio	mg Se L^{-1}	0.010
18.Molibdeno	mg Mo L^{-1}	0.07
19.Uranio	mg U L^{-1}	0.015

Nota. Fuente: Propia

Tabla 4

Límites máximos permisibles de parámetros químicos orgánicos

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales	mg L^{-1}	1.00
2. Hidrocarburo disuelto o	mg L^{-1}	0.01
emulsionado; aceite mineral	mg L^{-1}	
3. Aceites y grasas	mg L^{-1}	0.5
4. Alacloro	mg L^{-1}	0.020
5.Aldicarb	mg L^{-1}	0.010
6. Aldrín y dieldrín	mg L^{-1}	0.00003
7. Benceno	mg L^{-1}	0.010
8. Clordano (total de	mg L^{-1}	0.0002
isómeros)		
9. DDT (total de isómeros)	mg L^{-1}	0.001
10. Endrín	mg L^{-1}	0.0006
11. Gamma HCH (lindano)	mg L^{-1}	0.002
12. Hexaclorobenceno	mg L^{-1}	0.001
13. Heptacloro y	mg L^{-1}	0.00003
heptacloroepoxido	mg L^{-1}	
14. Metoxicloro	mg L^{-1}	0.020
15. Pentaclorofenol	mg L^{-1}	0.009
16. 2.4-D	mg L^{-1}	0.030
17. Acrilamida	mg L^{-1}	0.0005
18. Epiclorhidrina	mg L^{-1}	0.0004
19. Cloruro de vinilo	mg L^{-1}	0.0003
20. Benzopireno	mg L^{-1}	0.0007
21. 1.2-dicloroetano	mg L^{-1}	0.03
22. Tetracloroeteno	mg L^{-1}	0.04
23. Monocloramina	mg L^{-1}	3
24. Tricloroeteno	mg L^{-1}	0.07
25. Tetracloruro de carbono	mg L^{-1}	0.004
26. Ftalato de di (2-etihexilo)	mg L^{-1}	0.008
27. 1.2-Dicloroeteno		
28. 1.4-Diclorobenceno	mg L^{-1}	1
	mg L^{-1}	0.3
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
29. 1.1-Dicloroeteno	mg L^{-1}	0.03
30. 1.2-Dicloroeteno	mg L^{-1}	0.05
31. Diclorometano	mg L^{-1}	0.02
32. Ácido edético (EDTA)	mg L^{-1}	0.6
33. Etílbenceno	mg L^{-1}	0.3
34. Hexaclorobutadieno	mg L^{-1}	0.0006
35. Ácido Nitrilotriacético	mg L^{-1}	0.2
36. Estireno	mg L^{-1}	0.02
37. Tolueno	mg L^{-1}	0.7

38. Xileno	mg L^{-1}	0.5
39. Atrazina	mg L^{-1}	0.002
40. Carbofurano	mg L^{-1}	0.007
41. Clorotoluron	mg L^{-1}	0.03
42. Cianazina	mg L^{-1}	0.0006
43. 2.4.DB	mg L^{-1}	0.09
44.1.2-Dibromo-3-Cloropropano	mg L^{-1}	0.001
45. 1.2-Dibromoetano	mg L^{-1}	0.0004
46.1.2-Dicloropropano (1.2-DCP)	mg L^{-1}	0.04
47.1.3-Dicloropropeno	mg L^{-1}	0.02
48.Dicloroprop	mg L^{-1}	0.1
49.Dimetato	mg L^{-1}	0.006
50.Fenoprop	mg L^{-1}	0.009
51.Isoproturon	mg L^{-1}	0.009
52.MCPA	mg L^{-1}	0.002
53.Mecoprop	mg L^{-1}	0.01
54.Metolacloro	mg L^{-1}	0.01
55.Molinato	mg L^{-1}	0.006
56.Pendimetalina	mg L^{-1}	0.02
57.Simazina	mg L^{-1}	0.002
58.2.4.5-T	mg L^{-1}	0.009
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
59.Terbutilazina	mg L^{-1}	0.007
60. Trifluralina	mg L^{-1}	0.02
61. Cloropirifos	mg L^{-1}	0.03
62. Piriproxifeno	mg L^{-1}	0.3
63. Microcistin.LR	mg L^{-1}	0.001
64.Bromato	mg L^{-1}	0.01
65.Bromodiclorometanp	mg L^{-1}	0.06
66.Bromoformo	mg L^{-1}	0.1
67.Hidrato de cloral (tricloroacetaldehido)	mg L^{-1}	0.01
68.Cloroformo	mg L^{-1}	0.1
69.Cloruro de cianógeno (como CN)	mg L^{-1}	0.07
70.Dibromoacetonitrilo	mg L^{-1}	0.1
71.Dibromoclorometano	mg L^{-1}	0.05
72.Dicloroacetato	mg L^{-1}	0.02
73.Dicloroacetonitrilo	mg L^{-1}	0.9
74.Formaldehído	mg L^{-1}	0.02
75.Monocloroacetato	mg L^{-1}	0.2
76.Tricloroacetato	mg L^{-1}	0.2
77.2.4.6-Triclorofenol		

Fuente: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

De acuerdo a la calidad de agua de la fuente, se debe seleccionar la tecnología de tratamiento del agua para consumo humano.

b.2 Cantidad del agua

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos de abastecimientos de agua potable en zonas rurales, son los métodos volumétricos y de velocidad-área. El primero es utilizado para calcular caudales hasta un máximo de 10 l/s, y el segundo para caudales mayores a 10 l/s. (Pittman, 1997)

b.2.1 Método volumétrico

Para aplicar este método es necesario encauzar el agua generando una corriente del fluido de tal manera que se pueda provocar un chorro. Dicho método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido.

Posteriormente, se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal (l/s).

Ecuación II

$$Q = V/t$$

Donde:

Q: caudal (lts/s)

V: volumen del recipiente(lts)

t: tiempo promedio(s)

(Pittman, 1997)

b.1.2 Método de velocidad-área

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que discurre del manantial tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme, habiéndose previamente definido la distancia entre ambos puntos (Corantioquia, 2014).

El caudal se determina de la siguiente manera:

Ecuación III

$$Q = V * A$$

Donde:

Q: caudal (lts/s)

V: velocidad superficial (m/s)

A: área de sección transversal (m^2)

2. Topografía

Esta puede ser plana, accidentada o muy accidentada. Para lograr la información topográfica es necesario realizar actividades que permitan presentar en los planos los levantamientos especiales, la franja del trazo de la línea de conducción y aducción y el trazo de la red de distribución.

Dicha información es utilizada para realizar los diseños hidráulicos de las partes o componentes del sistema de abastecimiento de agua potable; para determinar la longitud total de la tubería, para establecer la ubicación exacta de las estructuras y para cubicar el volumen de movimiento de tierras. Siendo importante que luego de observar el terreno, se seleccione la ruta más cercana y/o favorable entre el manantial y el poblado, para facilitar la construcción y economizar materiales en la línea de conducción y aducción.

Para el caso de la red de distribución es necesario considerar el área donde se localizan las construcciones (viviendas y locales públicos) y la zona de expansión futura, con la finalidad de considerar los requerimientos de consumo para el último año del periodo de diseño. (Pittman, 1997)

A.-Consideraciones generales para la elaboración y presentación de planos

a) Plano general

- Plano donde se construya todas las obras del proyecto.
- Se recomienda utilizar la carta nacional, en escala 1:25000 con curvas de nivela cada 25m (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y

saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013).

b) Plano en planta de obra especifica

Se refiere básicamente a zonas donde se ubiquen obras importantes que puedan ser captación (cuando se ubica en un rio), planta de tratamiento y reservorio. Se recomienda escala 1:100 con curvas de nivel cada 0.5 (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013).

c) Plano para instalación de tuberías de conducción, aducción e impulsión

Se debe presentar plano en planta de franja de 20m de ancho (10m a cada lado del eje de la tubería) en el que se puede apreciar orografía y construcciones (casas, vías, puentes, etc) y perfil de alineamiento.

Escala recomendada:1000 a 1200 con curvas de nivel cada 1m. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

d) Levantamiento del centro poblado y futuras ampliaciones

- Se requiere para el diseño del sistema de distribución.
- Deben nombrarse las calles, indicando longitud frontal de las propiedades codificadas.
- Escala recomendada: 1:500 a 1:1000.
- Curvas de nivel: cada 0.5 a 1m (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013).

B.- Elección de la equidistancia

Depende de la escala que se ha dibujado el plano, la pendiente o topografía del terreno y el efecto para que se ejecute un plano. La topografía se clasifica de la siguiente manera (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013).

Tabla 5

Topografía del terreno

Angulo del terreno respecto a la horizontal	Tipo de topografía
0° a 10°	Llana
10° a 20°	Ondulada
20°a 30°	Accidentada
> a 30°	Montañosa

Nota. Fuente: Técnicas del levantamiento topográfico por F. García G.

La equidistancia se determina mediante la siguiente tabla:

Tabla 6

Para la elección de la equidistancia de curvas de nivel

Escala del plano	Tipo de topografía	Equidistancia
Grande	Llana	0.10 – 0.25
1/100 o menor	Ondulada	0.25 – 0.50
	Accidentada	0.50 – 1.00
Mediana	Llana	0.25 – 0.50 – 1.00
1/100 a 1/1000	Ondulada	0.50 – 1.00 – 2.00
	Accidentada	2.00 – 5.00
Pequeña	Llana	0.50 – 1.00 – 2.00
1/10000 a mayor	Ondulada	2.00 – 5.00
	Accidentada	5.00 – 10.00 – 20.00
	Montañosa	10.00 – 20.00 – 50.00

Nota. Fuente: Técnicas del levantamiento topográfico por F. García G.

3. Mecánica de suelos

A.- Generalidades

Se recomienda hacer un estudio de suelos de la zona donde se pretende construir las estructuras como captación, reservorio y una exploración de suelos por donde se abrirán las zanjas de la red de distribución y de las conexiones domiciliarias, si es que la verificación in situ demuestran que su estabilidad de los taludes es fácilmente deslizable debido a que los suelos son de textura arenosa no consolidada o cualquier otro suelo no consolidado y que va a presentar el problema característico conocido como derrumbes, este aspecto ultimo va a prever seguramente de un entibado de aquellas zonas de terreno no consolidado, lo cual lógicamente incrementara los costos de la obra.

(Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

a). -Determinación de las propiedades del suelo

Para determinar las propiedades del suelo es necesario realizar los ensayos correspondientes a un número determinado de veces sometidos a pruebas mecánicas y así conocer sus propiedades físicas y mecánicas y su comportamiento ante una eventual puesta en escena de la estructura. (Ramirez, 2013)

Los ensayos a efectuarse son los ensayos estándar:

- Contenido de humedad del suelo (ASTM D2216-71)
- Análisis granulométrico (ASTM D421-58 y ASTM D422-63)
- Límites de consistencia:

  -Limite líquido (ASTM D423-66)

  -Limite plástico (ASTM D424-59)
  -Índice de plasticidad (ASTM D4318-00).
  -Corte directo (ASTM-D-3080)
  -Sales solubles (ACI-318).

1. Contenido de humedad (%)

Se define como contenido de humedad a la cantidad de agua presente en una masa de suelo o de roca, expresado en porcentaje.

Matemáticamente se expresa como la relación entre el peso del agua contenida en la muestra (Ww), y el peso de su fase solida (Ws). (Ramirez, 2013)

Ecuación IV

$$W\ (\%) = \frac{Peso\ muestra\ humeda - Peso\ muestra\ seca}{Peso\ muestra\ seca} * 100$$

$$W\ (\%) = \frac{Peso\ del\ agua}{Peso\ muestra\ seca} * 100$$

$$W\ (\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

2. Análisis granulométrico

Es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo.

Existe diferentes procedimientos para la determinación de la composición granulométrica de un suelo. Por ejemplo, para clasificar por tamaños las partículas gruesas, el procedimiento más expedito es de tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamizado se hace cada vez más difícil teniéndose entonces que recurrir a procedimientos de sedimentación.

(Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

Con una medida simple de la uniformidad de un suelo, se tiene el coeficiente de uniformidad (Cu).

Ecuación V

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

D60: Tamaño tal, que el 60% en peso del suelo sea igual o menor.

D10: Llamado diámetro efectivo, es tamaño tal que sea igual o mayor que el 10%, en peso, del suelo.

Adicionalmente para definir la gradación, se define el coeficiente de curvatura del suelo con la expresión:

Ecuación VI

$$C_C = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} * D_{60})}$$

El coeficiente de curvatura tiene un valor entre 1 y 3 en suelos bien gradados.

(Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

3. Clasificación e identificación de suelos

a.- Sistema ASSHTO (Asociación Americana de funcionarios de carreteras estatales y del transporte)

Este método, divide a los suelos en dos grandes grupos: una formada por los suelos granulares y otra constituida por los suelos de granulometría fina. Y estos a su vez son clasificados en sub grupos, basándose en la composición granulométrica, el límite líquido y el índice de plasticidad. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

Clasificación general	**Materiales Granulares (35% o menos del total pasa el tamiz N° 200)**							**Materiales limo-arcillosos (más del 35% del total pasa el tamiz N° 200)**			
Clasificación de grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Porcentaje de material que pasa el tamiz											
N° 10	50 máx										
N°40	30 máx	51 máx	51 mín								
N° 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	35 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción que pasa el tamiz N° 40				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Límite Liquido, W_L	6 máx		NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Índice Plástico, Ip											
Índice de grupo	0		0	0		4 máx		8 máx	12 máx	16 máx	20 máx

Figura 1. Clasificación ASSHTO
Fuente: Mora, S. 1988.

b.-Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

Este sistema, como la clasificación anterior, divide a los suelos en dos grandes grupos.

Granulares y finos. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas se retienen en el tamiz #200 y finos si más de la mitad de sus partículas pasa por el tamiz #200. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR					SIMBOLO		NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕	Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE ½ cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas	GW		Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	DETERMÍNESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: Menos del 5%:GW,GP,SW,SP; más del 12%: GM,GC,SM,SC; Entre 5% y 12%: Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles ***	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60}/D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2/(D_{10})(D_{60})$
					GP		Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.
				GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* GM	d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. — Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
						u			LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
					GC		Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla		
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4		ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SW		Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		$Cu = D_{60}/D_{10}$ mayor de 6 ; $Cc = (D_{30})^2/(D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.
					SP		Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW
				ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* SM	d	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. — Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
						u			LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
					SC		Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.		
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕		LIMOS Y ARCILLAS	Límite Líquido menor de 50		ML		Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad	
					CL		Arcillas inorgánicas de bajo o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)	
					OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
		LIMOS Y ARCILLAS	Límite Líquido Mayor de 50		MH		Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
					CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		
					OH		Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
		SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS			P		Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		

Figura 2. Clasificación SUCS

Fuente: Mora, S. 1988.

4. Límites de consistencia

Consistencia significa grado de firmeza y en los suelos coherentes varía desde un estado sólido cuando están secos a un estado líquido viscoso cuando su contenido de agua aumenta considerablemente. Los límites de consistencia no son estrictamente absolutos, sino fronteras aproximadas para la clasificación de los suelos cohesivos y resultan muy útiles en la mecánica de suelos para poder identificar las arcillas según sus consistencia y comportamiento. De esta forma se puede predecir su capacidad portante frente a las cargas, sus propiedades de consolidación y compactación y sus posibles asentamientos y expansiones. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

4.1 Límite Líquido (LL)

El limite liquido se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. De esta forma, los suelos plásticos tienen en el límite liquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte y según Atterberg es de 25 g/cm2.

Para la determinación del límite líquido, se tomará el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes.

Un suelo cuyo contenido de humedad sea aproximadamente igual o mayor a su límite líquido, tendrá una resistencia al corte prácticamente nulo.

Los materiales granulares (arena, limo) tienen límites líquidos bajos (25 a 35%) y las arcillas tienen límites líquidos altos (mayores a 40%). (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

4.2 Límite plástico (LP)

Es la frontera comprendida entre el estado plástico y semisólido. Se define como el contenido de humedad que posee un cilindro de material en estudio de 11 cm de longitud y 3.2 mm de diámetro (formado al girarlo o al rolarlo con la palma de la mano sobre una superficie lisa) al presentar agrietamiento en su estructura.

Las arenas no tienen plasticidad, los limos la tienen, pero muy poco; en cambio las arcillas y sobre todo aquellas ricas en materia coloidal, son muy plásticas

Cuando se trate de compactar suelos, sebe de hacerse antes de que su contenido de humedad sea igual o supere a su límite plástico. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

4.3 Índice de plasticidad (IP)

Es el valor numérico que resulta de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Ecuación VII

$$IP = LL - LP$$

El reglamento nacional de edificaciones recomienda lo siguiente:

- IP2<0 corresponde generalmente a limos.
- IP>20 corresponde generalmente a arcillas.

(Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

Tabla 7

Características de suelos según sus índices de plasticidad

IP	Características	Tipos de suelos	Cohesividad
0	No plástico	Arenoso	No cohesivo
<7	Baja plasticidad	Limoso	Parcialmente
7-17	Plasticidad media	Arcillo-limoso	cohesivo
>17	Altamente plástico	Arcilla	Cohesivo

Nota. Fuente: R.N.E.2006

5. Corte directo

Tiene por objeto establecer el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra consolidada y drenada, por el método del corte directo.

Este ensayo puede realizarse sobre todos los tipos de suelos, con muestras inalteradas y remoldeadas.

El ensayo consiste en:

- Colocación de la muestra en el dispositivo de corte.
- Aplicación de una carga normal.
- Disposición de los medios de drenaje y humedecimiento de la muestra.
- Consolidación de la muestra.
- Liberación de los marcos que sostienen la muestra.
- Aplicación de la fuerza de corte para hacer fallar la muestra.

Cálculos

Calcúlese los siguientes valores:

- Contenido inicial de humedad.
- Peso unitario seco inicial y peso unitario húmedo inicial.
- Esfuerzo de corte.
- Relación de vacíos antes y después de la consolidación y después del ensayo de corte, si se desea.
- Los grados de saturación inicial y final, si se desea. (Ingenieria, 2006)

6. Sales solubles

El contenido total de sales solubles de un suelo se determina en un extracto acuoso preparado usando una relación suelo-agua para la mezcla. Esta proporción se ha considerado como la más adecuada entre otras que se indican en la literatura pertinente.

Un volumen conocido de la solución de ensayo, que es el extracto acuoso, o una muestra de agua subterránea que es filtrada, se evapora a sequedad en una cápsula de peso conocido y se pone a secar a 180 °C +- 2 °C. El incremento de peso hallado representa el total de solidos disueltos. Este procedimiento puede ser usado para otras temperaturas de secado del residuo de evaporación tal como 103 °C+- 105°C. (Comerciales, 2011)

Expresión de resultados

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) * D}{E} * 10^6$$

Donde:

SS = Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)

(m2-m1)= peso del residuo de evaporación, en g.

D= Relación de la mezcla suelo: agua, ejemplo: si la mezcla es 1:3; D=3

E= Volumen de extracto acuoso evaporado, ml.

7. Determinación de la capacidad portante del suelo

Para la determinación de la capacidad portante del suelo existen las siguientes formulas:

- **Cimentación continua:**

  Falla general

  Ecuación VIII

$$q_d = C.N_C + \gamma.Df.N_q + 0.5\,\gamma.B.N_\gamma\ (Ton\ /m^2)$$

  Falla local

  Ecuación IX

$$q_d = \frac{2}{3}\ C.N_C + \gamma.Df.N_q + 0.5\,\gamma.B.N_\gamma\ (Ton\ /m^2)$$

- **Cimentación aislada:**

  Falla general

  Ecuación X

$$q_d = 1.3C.N_C + \gamma.Df.N_q + 0.4\,\gamma.B.N_\gamma\ (Ton\ /m^2)$$

  Falla local

  Ecuación XI

$$q_d = 1.3\left({}^{2}/_{3}\right)\ C.N_C + \gamma.Df.N_q + 0.5\,\gamma.B.N_\gamma\ (Ton\ /m^2)$$

Donde:

q_d : capacidad de carga límite (Tn/m^2)

c: cohesión del suelo (Ton/m^2)

γ : $peso\ volumetrico\ del\ suelo (Tn/m^3)$

D_f : profundidad de desplante de la cimentación (m)

B: ancho de la zapata(m)

N_C, N_q, N_γ: factores de carga

Los valores de N_C, N_q, N_γ y Ø, se pueden obtener en los figuras 2 y 3 respectivamente.

Tabla 8

Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi

Ø	Nc	Nq	Nγ
0	5.70	1.00	0.00
1	5.90	1.07	0.005
2	6.10	1.14	0.02
3	6.30	1.22	0.04
4	6.51	1.30	0.055
5	6.74	1.39	0.074
6	6.97	1.49	0.10
7	7.22	1.59	0.128
8	7.47	1.70	0.16
9	7.74	1.82	0.20
10	8.02	1.94	0.24
11	8.32	2.08	0.30
12	8.63	2.22	0.35
13	8.96	2.38	0.42
14	9.31	2.55	0.48
15	9.67	2.73	0.57
16	10.06	2.92	0.67
17	10.47	3.13	0.76
18	10.90	3.36	0.88
19	11.36	3.61	1.03
20	11.85	3.88	1.12
21	12.37	4.17	1.35
22	12.92	4.48	1.55
23	13.51	4.82	1.74
24	14.14	5.20	1.97
26	15.53	6.05	2.59
27	16.30	6.54	2.88
28	17.13	7.07	3.29
29	18.03	7.66	3.76
30	18.99	8.31	4.39
31	20.03	9.03	4.83
32	21.16	9.82	5.51
33	22.39	10.69	6.32
34	23.72	11.67	7.22
35	25.18	12.75	8.35
36	26.77	13.91	9.41
37	28.51	15.32	10.90
38	30.43	16.85	12.75

Ø	Nc	Nq	Nɣ
39	32.53	18.56	14.71
40	34.87	20.50	17.22
41	37.45	22.70	19.75
42	40.33	25.21	22.50
43	43.54	28.06	26.25
44	47.13	31.34	30.40
45	51.17	35.11	36.00
46	55.73	39.48	41.70
47	60.91	44.45	49.30
48	66.80	50.46	59.25
49	73.55	57.41	71.45
50	81.31	65.60	85.75

Nota. Fuente: Braja M. Das, 2001

Tabla 9

Peso unitario y ángulo de fricción interna de algunos suelos

Tipo de terreno	W (kg/m3)	Ø (°)
Arcilla suave	1440 a 1920	0° a 15°
Arcilla media	1600 a 1920	15° a 30°
Limo seco y suelto	1600 a 1920	27° a 30°
Limo denso	1760 a 1920	30° a 35°
Arena suelta y grava	1600 a 2100	30° a 40°
Arena densa y grava		
Arena suelta, seca y bien graduada	1920 a 2100	25° a 35 °
Arena densa, seca y bien graduada	1840 a 2100	33° a 35°
	1920 a 2100	42° a 46°

Nota. Fuente: Braja M. Das, 2001

7.1 Presión admisible

También conocida como presión de trabajo, presión de diseño de carga admisible, y se calcula con la siguiente formula:

Ecuación XII

$$q_a = \frac{q_u}{F_S}$$

Donde:

q_a: capacidad de carga admisible (kg/cm^2)

q_u: capacidad de carga ultima (kg/cm^2)

F_S factor de seguridad (min=3, según RNE)

(Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

C. Parámetros de diseño

a) Ámbito geográfico del proyecto

Se consideran tres regiones naturales del Perú:

- Costa
- Sierra
- Selva

La ubicación geográfica condicionará principalmente la dotación de abastecimiento de agua para consumo humano y el tipo de fuente predominante (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

b) Periodos de diseño

En la determinación del tiempo para el cual se considera funciona 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 instalaciones. (Pittman, 1997)

a. Determinación

El periodo de diseño se determinó considerando los siguientes factores:

- Vida útil de las estructuras y equipos.
- Vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria.
- Crecimiento poblacional
- Economía de escla.

Como año cero del proyecto se considera la fecha de inicio de la recolección de información e inicio del proyecto. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

b. Máximos recomendables

Los periodos de diseño máximos para los sistemas saneamiento son los siguientes:

Tabla 10

Periodos de diseño de infraestructura sanitaria

Estructura	Periodo de diseño
Fuentes de abastecimiento	20 años
Obra de captación	20 años
Pozos	20 años
Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP)	20 años
Reservorio	20 años
Líneas de conducción, aducción, impulsión y distribución	20 años
Unidad básica de saneamiento (arrastre hidráulico, compostera y para zona inundable)	10 años

Nota. Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017

D. Población de diseño

Para el cálculo de la población de diseño, existen varios métodos: analíticos, comparativos, y métodos racionales.

a) Dispersión de la población

Sera criterio del ingeniero proyectista determinar si la población se clasifica en:

- Dispersa
- Concentrada

Las consideraciones que tendrá en cuenta el proyectista para determinar si la población es dispersa, serán las siguientes:

- Poblaciones inferiores a 100 habitantes o que cuenten con menos de 20 viviendas.
- Poblaciones que teniendo más de 20 viviendas presenten una separación media entre ellas superior a 50 m. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

b) Dotación de abastecimiento de agua para consumo humano

a.- Relación con otros parámetros de diseño

La dotación de abastecimiento de agua para consumo humano dependerá de:

- Ámbito geográfico de la población.
- Rendimiento de la fuente en periodo de estiaje, dado que este deberá ser superior al caudal de diseño (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

b.- Dotación de abastecimiento de agua para consumo humano

La dotación deberá ser estimada sobre la base de un "estudio de consumo de agua para el ámbito rural", que deberá ser suscrito y sustentado por el Ingeniero Sanitario o Civil responsable del proyecto. En ausencia de dicho estudio se aplicarán valores comprendidos en los siguientes rangos:

Tabla 11

Dotación de agua según opción de saneamiento

Región	Sin arrastre hidráulico	Con arrastre hidráulico
Costa	60 l/h/d	90 l/h/d
Sierra	50 l/h/d	80 l/h/d
Selva	70 l/h/d	100 l/h/d

Nota. Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017

Para las instituciones educativas se empleará una dotación de:

- Educación primaria 20 lts/alumno x día
- Educación secundaria y superior 25 lts/alumno x día

(Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

c. Tipos de fuentes de abastecimiento de agua. Calidad de las aguas

a) Criterios para la determinación de la fuente

La fuente de abastecimiento más conveniente se determinará de acuerdo con los siguientes criterios:

- Calidad de agua para consumo humano.
- Caudal de diseño del proyecto.

- Menor costo de implementación del proyecto.
- Libre disponibilidad de la fuente.

(Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

b) Clasificación y selección

Las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano podrán ser del tipo superficial, subterránea u otras y, en función de la ubicación geográfica, prevalecerán unas u otras. Se adoptará la siguiente nomenclatura:

- Superficial:
- Ríos, canales, lagos, quebradas, etc.
- Subterránea:
- PO-Pozos
- MA-Manantiales.
- GA-Galerías filtrantes.
- Otra:
- LL-Agua de lluvia
- NE-Agua de neblina

(Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

c) Calidad de las aguas de la fuente de abastecimiento

La calidad será verificada mediante los resultados de ensayos de laboratorio correspondientes, condicionando la opción tecnológica a seleccionar, ya que determinará si es necesario o no el tratamiento de potabilización.

Se adopta la terminología de DS N° 002-2008-MINAM y sus normas modificatorias o complementarias por el que se aprueban los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, por la cual las aguas superficiales destinadas a la producción de agua para consumo humano se clasifican en:

- Tipo A1: aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
- Tipo A2: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
- Tipo A3: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Tanto para las aguas superficiales como subterráneas, se deberá verificar que una vez potabilizadas cumplan con los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano aprobados por el decreto supremo N° 031-2010-SA. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

d. Variaciones de consumo

a) Consumo máximo diario

El consumo máximo diario, Qmd, se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año (Pittman, 1997) y se obtendrá de estudios de consumos reales en la zona en la que se desarrolle el proyecto. De no existir estudios específicos, para Qmd se considerará un valor de 1.3 del consumo promedio diario anual (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

Calculamos Qp de este modo:

Ecuación XIII

$$Q_p(l/s) = \frac{Dotación\left(\frac{l}{hab * dia}\right) * Población\ diseño\ (hab)}{86400}$$

$$Q_{md}(l/s) = 1.3 * Q_p\ (l/s)$$

b) Consumo máximo horario

El consumo máximo horario, Qmh, se define como la hora de máximo consumo (Pittman, 1997) y se obtendrá de estudios de consumo reales en la zona en la que se desarrolle el proyecto. De no existir estudios específicos, para Qmh se considerará un valor de 2 del consumo promedio diario anual (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

Calculamos Qp de este modo:

Ecuación XIV

$$Q_p(l/s) = \frac{Dotación\left(\frac{l}{hab * dia}\right) * Población\ diseño\ (hab)}{86400}$$

$$Q_{mh}\left(\frac{l}{s}\right) = 2 * Q_p\ (l/s)$$

e. Características del terreno en la población

a) Inundabilidad

Zona inundable es aquella que por tiempo mayor a 1 semana en un año hidrológico e independientemente del mes, queda inundada por una lámina de agua, sin especial consideración en cuanto a su tirante.

El proyectista realizará el estudio de inundabilidad, evitando la localización de elementos en zona inundable, para las zonas de costa y sierra. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

b) Profundidad de la napa freática

El proyecto que incluya como alternativa de saneamiento un sistema de disposición de excretas con arrastre hidráulico se desarrollará en una zona con aguas subterráneas, si la distancia entre el nivel máximo nivel de la napa freática y el fondo de cualquiera de los componentes se saneamiento es mayor a 2 metros. Caso contrario se considera una alternativa de saneamiento in situ del tipo seco (sin arrastre hidráulico). (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

E. Sistema de agua potable

1.- Captación

Estructura que permite captar agua desde un cuerpo o corriente subterránea de forma continua, segura y sin disminución de las condiciones hidrológicas, geológicas y ecológicas en los alrededores o aguas abajo. Existen captación de manantiales, galerías filtrantes y pozos. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

a. Captación de manantiales

Son obras que protegen los afloramientos naturales de agua subterránea de cualquier tipo de contaminación y permiten el ingreso de agua a los elementos de conducción de agua hacia el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento. Se aplicarán las siguientes directrices:

- La estructura de captación se construirá de material impermeable y se diseñará para obtener el máximo rendimiento del afloramiento.
- Deberá tener canales de drenaje en la parte superior y alrededor de la captación para evitar la contaminación por las aguas superficiales, así como cerco perimétrico.
- Se diseñará con las válvulas y accesorios, tubería de limpieza, rebose y tapa sanitaria de inspección con todas las protecciones sanitarias correspondientes.
- La tubería de salida del agua de la captación contará con su correspondiente canastilla o elemento protector que impida el paso de sólidos. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

b. Tipologías

Las captaciones de manantiales pueden ser:

a) De fondo

Cuando se capta agua que emerge en terreno llano. La estructura de captación es una cámara sin losa de fondo que rodea el punto de brote del agua; consta de cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regula el caudal a utilizarse, y una cámara seca que protege las válvulas de control de salida, rebose y limpia. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

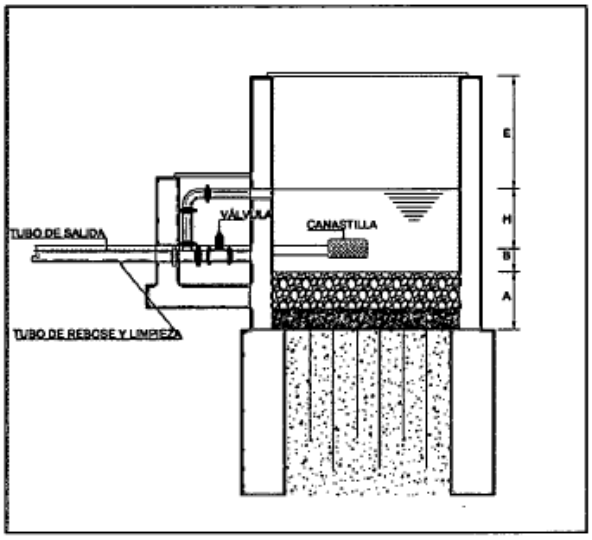


Figura 3. Captación de manantial de fondo

b) De ladera

Cuando se realiza la protección de una vertiente que aflora a una superficie tipo plano inclinado con carácter puntual o disperso.

Consta de una protección al afloramiento, una cámara húmeda donde se regula el caudal a utilizarse; y opcionalmente puede disponer de un volumen de almacenamiento, y una cámara seca. El ingreso a la cámara húmeda, al igual que el rebose y limpia, estará diseñado para el máximo rendimiento de la fuente. Dispondrá de dispositivos de salida a la línea de conducción y excedente de la fuente. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

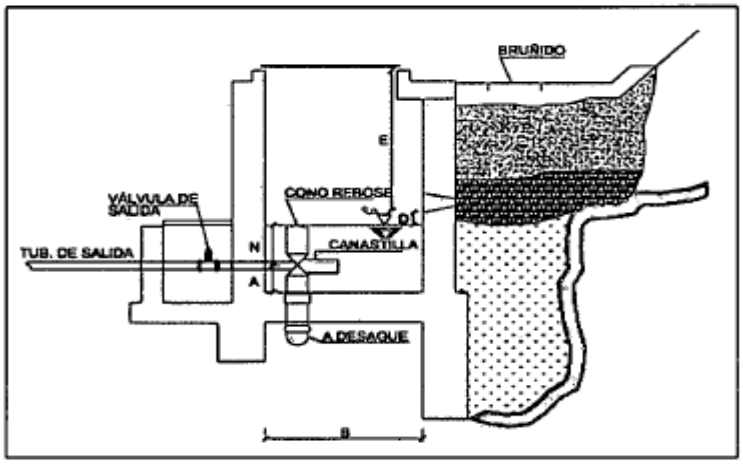


Figura 4. Captación lateral sin servicio

c) De bofedal

Cuando el afloramiento de la vertiente se realiza por múltiples “venas de agua” anegando el terreno y debiendo emplearse un colector para captar la totalidad del agua. Es una variante de la captación mediante galería filtrante, con singularidad de que se construye una pantalla para interceptar el flujo del agua. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

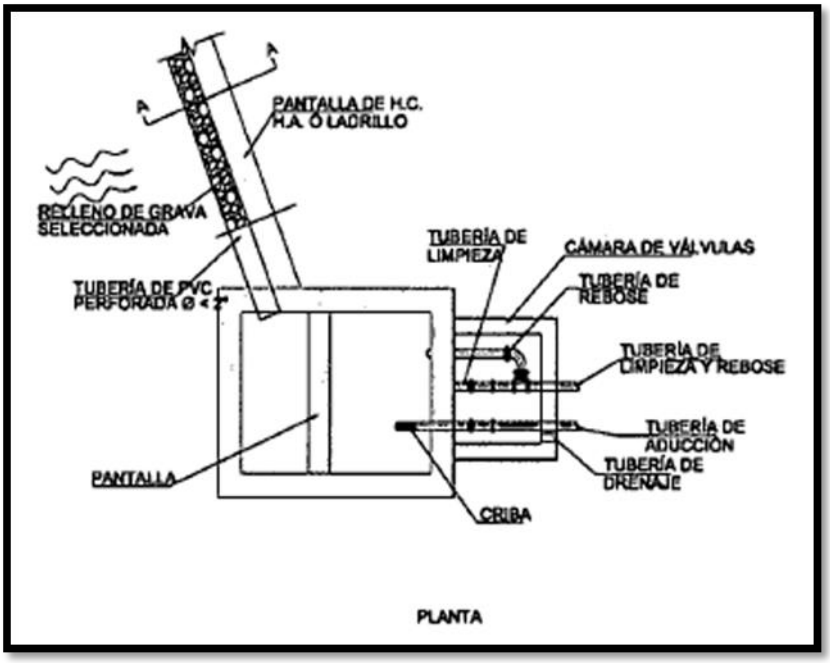


Figura 5. Captación de bofedal vista en planta

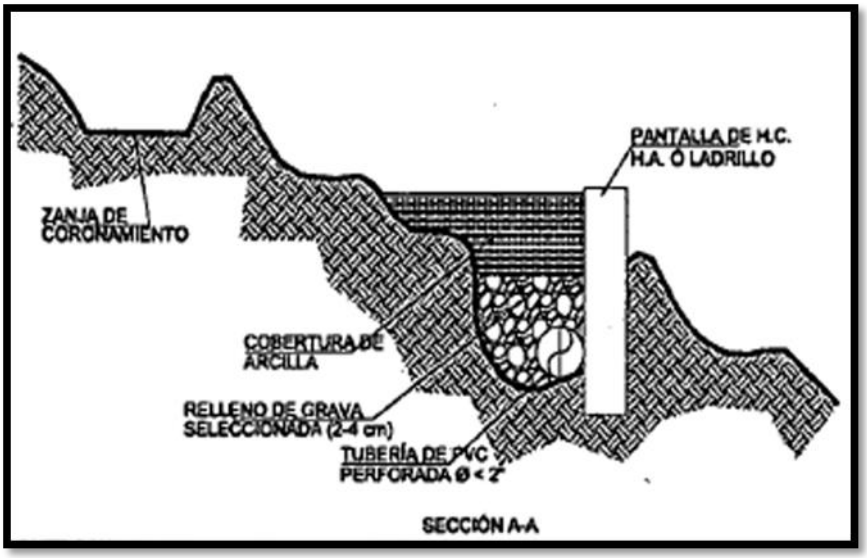


Figura 6. Captación de bofedal corte sección A-A

c. Componentes principales

Para el diseño de las captaciones de manantiales deben considerarse los siguientes componentes:

c.1 Cámara de protección

Para las captaciones de fondo y ladera es muy importante no perturbar el flujo de agua que emerge de la vertiente.

La cámara de protección, debe tener dimensiones y formas, tales que, se adapten a la localización de las vertientes y permitan captar el agua necesaria para el proyecto. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

c.2 Tuberías y accesorios

El material de las tuberías y accesorios deben ser inertes al contacto con el agua natural. Los diámetros se calcularán en función al caudal máximo diario, salvo justificación razonada (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

c.3 Cámaras de recolección de aguas

Para las tomas de bofedal, es importante que la cámara de recolección este ubicada fuera del terreno anegadizo y permita la recolección del agua de todas las tomas (pueden haber más de un dren) (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

c.4 Protección perimetral

La zona de captación deberá estar adecuadamente protegida para evitar la contaminación de las aguas.

Deberá tener canales de drenaje en la parte superior y alrededor de la captación para evitar la contaminación por las aguas superficiales (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

d.- Criterios de diseño

Para el dimensionamiento de la captación es necesario conocer el caudal máximo diario (Qmd) de la fuente para la población de diseño (Moreno, 2004).

e.- Diseño hidráulico del vertedero o ventana lateral

Para gastos pequeños, se diseña mediante la aplicación directa de las expresiones de hidráulica para vertederos y orificios sumergidos.

El vertedero lateral debe ser diseñado para permitir el paso del caudal máximo diario, mientras que el barraje debe permitir el paso del caudal máximo de la quebrada. (Pittman, 1997)

Ecuación XV

$$H = \left(Q/(1.84 * L)\right)^{2/3}$$

Donde:

H: altura de agua sobre el vertedero (m)

Q: caudal a aliviar (m^3/s)

L: longitud del vertedero (m)

e.1.- Diseño hidráulico del barraje

Teniendo en cuenta que los caudales son pequeños, se ha considerado solamente el diseño del barraje fijo.

Para limpieza y eliminación de los sedimentos se está considerando en el costado del barraje un canal de limpia, que llevará una compuerta deslizante. (Pittman, 1997)

La altura total del barraje está dado por:

Ecuación XVI

$$Hb = Hs + Hl$$

Donde:

Hb: altura del barraje (m)

Hs: altura de sedimentos (m)

Hl: altura del vertedero lateral (m)

La carga del caudal máximo sobre la cresta será:

Ecuación XVII

$$H = \left(Q/(1.84 * L)\right)^{2/3}$$

Donde:

H: altura de agua sobre la cresta del barraje (m)

Q: caudal a aliviar (m^3/s)

L: longitud del barraje (m)

Caudal que logra pasar por el barraje será:

Ecuación XVIII

$$Q_c = C * A * (2 * g * H)^{1/2}$$

H: altura de agua sobre la cresta del barraje (m)

Q: caudal que pasa por el barraje (m^3/s)

C: coeficiente de descarga (0.60 a 0.80)

A: área del barraje (m^2)

g: aceleración de la gravedad (m/s^2)

e.2.-Dimensionamiento de la canastilla

Para el dimensionamiento se considera que el diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (Dc), que el área total de las ranuras (At) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción y que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a 3 Dc y menor a 6 Dc.

Ecuación XIX

$$D = 2 * Dc$$

Ecuación XX

$$Ac = \frac{\pi * Dc^2}{4}$$

Ecuación XXI

$$Ar = 2 * Ac$$

Donde:

D: diámetro de la canastilla (cm)

Dc: diámetro de la tubería de conducción (cm)

Ac: área de la tubería de conducción (cm^2)

Ar: área de las ranuras de la canastilla (cm^2)

(Pittman, 1997)

e.3.-Dimensionamiento de la cámara húmeda

Para las dimensiones en planta de la cámara húmeda se tendrá en cuenta la longitud del vertedero lateral y la longitud de la canastilla.

Ecuación XXII

$$b = Lc + Lv$$

Donde:

Lc; longitud de la canastilla

Lv: longitud del vertedero. (Pittman, 1997)

e.4.-Altura de la cámara húmeda

En base a los elementos identificados en la figura 10, la altura total de la cámara húmeda se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación XXIII

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

Donde:

A: Se recomienda una altura mínima de 10 cm

B: Se considera la mitad del diámetro de la tubería de salida

H: Carga de agua

E: Borde libre

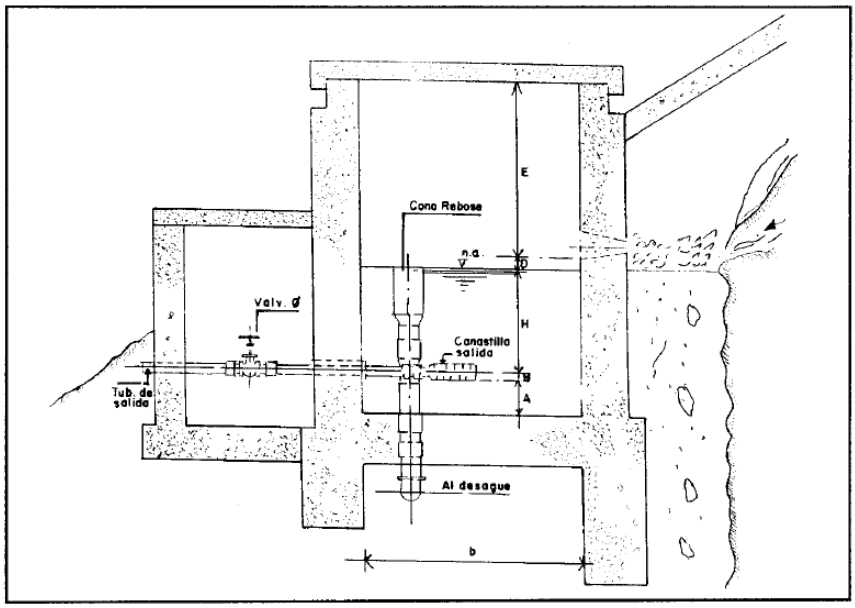


Figura 7. Elementos de la cámara húmeda

Para determinar la altura de la captación, es necesario conocer la carga requerida para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción. La carga requerida es determinada mediante la siguiente ecuación:

Ecuación XXIV

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

Donde:

H: carga requerida (m)

V: velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción (m/s)

G: aceleración de la gravedad igual a 9.81 m/s^2

Se recomienda una altura mínima de H=30 cm. (Pittman, 1997)

e.5.-Cálculo de rebose y limpia

En la tubería de rebose y de limpia se recomienda pendientes de 1 a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la ecuación Hazen y Williams (para C=150):

Ecuación XXV

$$D = \frac{0.71 * Q^{0.38}}{hf^{0.21}}$$

Donde:

D: diámetro (pulg)

Q: gasto máximo de la fuente (lts/s)

hf: perdida de carga unitaria (m/m)

(Pittman, 1997)

2. Línea de conducción y aducción

a.- Aspectos generales

Se tomará en cuenta lo siguiente:

- Debe estar libre de acometidas.
- La tubería será para uso de agua para consumo humano.
- El diámetro mínimo de la línea de conducción y de aducción es de 25 mm (1”)
- Se evitarán pendientes mayores del 30% para evitar velocidades excesivas, e inferiores a 0.50%, para facilitar la ejecución y el mantenimiento.
- En los tramos que discurran por terrenos accidentados, se suavizará la pendiente del trazado ascendente pudiendo ser más fuerte la descendente, refiriéndolos siempre al sentido de circulación del agua. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

b.- Caudales de diseño

La línea de conducción tendrá capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario, Qmd. Si el suministro fuera discontinuo, se diseñarán para el caudal máximo horario.

La línea de aducción tendrá capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo horario, Qmh. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

c.- Velocidades admisibles

Para la línea de conducción se deberá cumplir lo siguiente:

La velocidad mínima no será menor de 0.60 m/s.

La velocidad máxima admisible será de 3m/s, pudiendo alcanzar los 5 m/s si se justifica razonadamente (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

d.- Elementos de las líneas

Se instalarán válvulas de purga en todos los puntos bajos relativos de cada tramo, así como en tramos planos relativamente largos, en los que se dispondrán cada 2km como máximo.

Se instalarán válvulas de aire en los siguientes puntos de la tubería:

- En todos los puntos altos relativos de cada tramo.
- En todos los cambios marcados de pendiente, aunque no correspondan a puntos altos.
- Cada 2 km como máximo.

Tanto las válvulas de purga como las de aire o de interrupción se instalarán en cámaras que permitan su fácil operación y mantenimiento.

Se instalarán cámaras rompepresión cuando se presente una presión estática máxima de:

- 50 metros para el caso de que se utilice tubería de presión nominal (PN) 7.5 o
- 75 metros, en el caso de que se emplee tubería de (PN) 10. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

e.- Conducciones a presión

e.1 Aspectos generales

Al igual que las conducciones sin presión, la topografía, características del terreno y la climatología determinarán el tipo y calidad de la tubería (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

e.2 Criterios de diseño

El cálculo de diámetro de la tubería podrá realizarse utilizando las siguientes formulas:

- Para tuberías de diámetro superior a 50 mm, Hazen-Williams:

  Ecuación XXVI

$$Hf = 10.674 * [Q^{1.852}/(C^{1.852} * D^{4.86})]*L$$

  Donde:

  Hf: perdida de carga continua (m)

  Q; caudal (m^3/s)

  D: diámetro interior (m)

  C: coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

Acero sin costura	C=120
Acero soldado en espiral	C=100
Hierro fundido dúctil con revenimiento	C=140
Hierro galvanizado	C=100
Polietileno	C=140
PVC	C=150

  L. longitud del tramo (m)

- Para tuberías de diámetros igual o inferior a 50 mm, Fair-Whipple:

  Ecuación XXVII

$$Hf = 676.745 * [Q^{1.751}/(C^{1.751} * D^{4.753})]*L$$

  Donde:

  Hf: perdida de carga continua (m)

  Q; caudal (lts/min)

  D: diámetro interior (mm)

(Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

3. Cámara rompe presión

Por diferencias entre el nivel de la captación y uno o más puntos en la línea de conducción, genera presiones superiores a la presión máxima que puede soportar la tubería a instalar.

Se recomienda una sección interior mínima de 0.60m x 0.60m, tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos.

La altura de la cámara de calculará mediante la suma de tres conceptos:

- Altura mínima de salida, mínimo 10 cm
- Resguardo a borde libre, mínimo 40 cm
- Caja de agua requerida, calculada aplicando la ecuación de Bernoulli para que el caudal de salida pueda fluir.

La tubería de entrada a la cámara estará por encima de nivel del agua.

La tubería de salida dispondrá de una canastilla de salida, que impida la entrada de objetos en la tubería.

La cámara dispondrá de un aliviadero o rebose.

El cierre de la cámara rompe presión será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

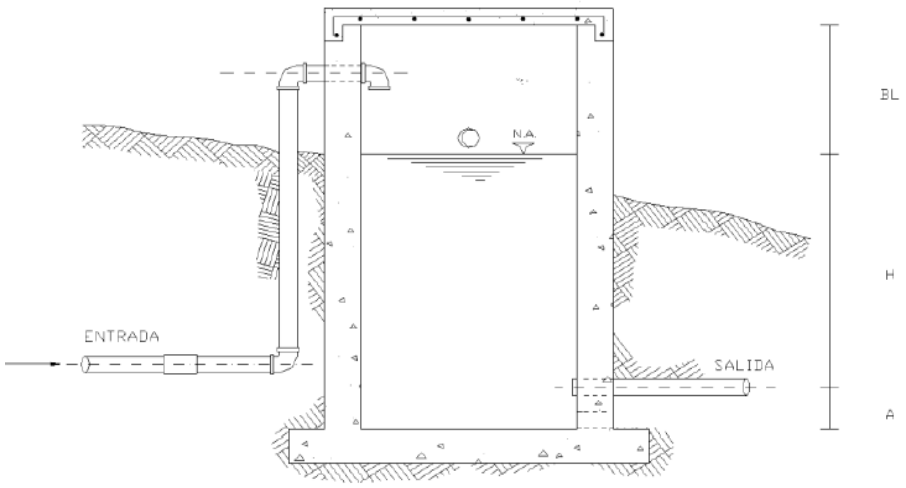


Figura 8. Cámara rompe presión

a. Cálculo de la cámara rompe presión

Ecuación XXVIII

$$H_t = A + H + BL$$

Donde:

A: altura mínima (0.10m)

H: altura de carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir

BL: borde libre (0.40m)

Ht: altura total de la cámara rompe presión

a.1 Cálculo de la altura requerida(H)

Ecuación XXIX

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

a.2 Cálculo de la canastilla

Cálculo del diámetro de la canastilla (D)

Ecuación XXX

$$D = 2\ Dc$$

Donde:

Dc: Diámetro de la tubería de salida (conducción)

Cálculo de la longitud de la canastilla (L)

Ecuación XXXI

$$3D < L < 6D$$

Cálculo del diámetro de la tubería de rebose (L)

Ecuación XXXII

$$D = 4.63 * \frac{Qmd^{0.38}}{C^{0.38} * hf^{0.21}}$$

Donde:

D: diámetro (pulg)

Qmd: caudal máximo diario (lts/s)

hf: perdida de carga unitaria (m/m)

C= coeficiente de la tubería

4. Cruce de curso de agua (pase aéreo)

El cruce de hondonadas formadas por cursos de agua temporales, o de riachuelos de poca entidad, se podrá realizar de dos formas:

- **Cruce aéreo**

  Con tubería de fierro galvanizado dúctil o de acero para la protección de la tubería de agua y por encima de la hondonada con o sin apoyo intermedio, ubicadas por encima del máximo nivel de inundación y aseguradas en las riberas mediante bloques de anclaje. También se podrá usar tubería de HDPE.

- **Cruce enterrado**

Si las hondonadas son muy anchas, tendrán que cruzarse con tubería de fierro galvanizado, dúctil o de acero enterrado para la protección de la tubería de agua, recubierto de concreto armado si fuera necesario, y ejecutando un rastrillo de piedra de mampostería aguas abajo para evitar la socavación de la tubería. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

5. Plantas de tratamiento

a) Aspectos generales

En función de la calidad del agua cruda se seleccionarán los tratamientos más adecuados, dando preferencia a soluciones técnicas de simple construcción y fácil operación y mantenimiento (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

b) Caudales de diseño

La planta de tratamiento de agua se diseñará para el caudal máximo diario.

c) Criterios de diseño

Para la selección del proceso se aplicará lo dispuesto en la siguiente tabla:

Tabla 12

Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano

Calidad del agua (DS N°-002-2008-MINAM)	Turbidez (UNT)	Tratamiento
A1	-	Desinfección
	<25 UNT	Filtro lento arena + desinfección
A2*	<50 UNT	Prefiltro de grava de flujo descendente o sedimentador + filtro lento arena + desinfección
A3	<100 UNT	Sedimentador+ Prefiltro de grava de flujo descendente + filtro lento de arena + desinfección Tratamiento completo y avanzado que requiere estudio especial

*Referido a las aguas del tipo A2 que contienen material particulado relativamente grueso que permite su remoción por mecanismos físicos y biológicos.
Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017

5.1. Filtro grueso dinámico (FGDi)

a) Descripción

Los filtros dinámicos son tanques que contienen una capa delgada de grava fina (6 a 13mm) en la superficie, sobre un lecho de grava más grueso (13-25mm) y un sistema de drenaje en el fondo.

Esta unidad es utilizada para reducir los extremos de los picos de turbiedad y proteger de esta manera la planta de tratamiento ante altas cargas de solidos transportadas por la fuente durante unas pocas horas.

Se diseñan para el caudal máximo diario (Qmd).

Los diferentes elementos que constituyen un filtro grueso dinámico generalmente son:

Cámara de filtración, lechos filtrantes y de soporte, estructuras de salidas y entrada, sistema de drenaje y cámara de lavado y accesorios de regulación y control. (Ambiente, 2005)

b) Partes

a. Cámara de filtración:

Las dimensiones del ancho de la unidad, están condicionadas por el caudal disponible para el lavado superficial y la velocidad superficial de flujo.

La cámara debe tener la capacidad suficiente para contener el sistema de drenaje, lecho filtrante y la altura de agua sobre el lecho (carga hidráulica). El borde libre debe tener 0.2 metros. (Ambiente, 2005)

b. Lecho filtrante y de soporte:

Para el lecho filtrante se recomienda la siguiente granulometría y espesor de capas.

Tabla 13

Granulometría y espesor lecho filtrante

Posición en la unidad	Espesor de la capa (m)	Tamaño de grava (mm)
Superior	0.20	3.0 – 6.0
Intermedio	0.20	6.0 – 13.0
Inferior, Fondo	0.20	13.0 – 25.0

Nota. Fuente: Cepis

Para el lecho de soporte se recomienda las siguientes características:

Tabla 14

Granulometría y espesor lecho de soporte

Capa	Tipo	Diámetro de la partícula (mm)	Espesor de la capa (mm)
Superior	Arena gruesa	1 – 2	50
Segunda	Grava fina	2 - 5	50
Tercera	Grava	5 – 10	50
Inferior	Grava gruesa	10 - 25	150

Nota. Fuente: Cepis

b.3.- Estructuras de entrada y salida

La estructura de entrada consta de una cámara para remoción de material grueso y una cámara de disipación. El agua ingresa por una tubería a la cámara que contiene un vertedero de excesos y una reglilla de aforo, donde se remueve el material grueso.

Inmediatamente, ingresa a una cámara de disipación por medio de un vertedero de entrada.

L estructura de salida está compuesta por una tubería perforada ubicada en la parte inferior del lecho filtrante. Esta a su vez cumple la función de drenaje y recolección de agua filtrada. (Ambiente, 2005)

b.4.- Sistema de drenaje y cámara de lavado

El sistema de drenaje es una tubería perforada que cumple la función de recolección de agua filtrada y regulado por válvulas.

Las cámaras de lavado deben ser amplias, seguras y de fácil acceso, sus dimensiones deben ser tales que faciliten el desplazamiento y maniobrabilidad del operador, recomendándose áreas superficiales entre 3 y 5 m2, profundidades entre 0.20 y 0.40 m.

La velocidad superficial de lavado (Vs) puede variar entre 0.15 y 0.13 m/s, se asume una velocidad cercana a 0.15 m/s cuando predominan limos y material orgánico y superior a los 0.2 m/s para arenas y arcillas. (Ambiente, 2005)

b.5.- Accesorios de regulación y control

La altura del vertedero de salida, medido a partir del lecho superficial de grava fina debe ser entre 0.03 y 0.05m (Ambiente, 2005).

c.- Dimensionamiento

a) Número de filtros (N): Normalmente se considera como mínimo 2 unidades para casos de mantenimiento o falla de unos de los filtros.

b) Área de filtración (Af): El área total del filtro se puede obtener del caudal de agua en m3/h y de la velocidad de filtración.

Ecuación XXXIII

Área total del filtro

$$A_f = \frac{3600 * Q}{N * V_F}$$

Donde:

Af: Área total de filtración (m^2)

Q: Caudal de ingreso (m^3/h)

Vf: Velocidad de filtración (m/h)

c) Profundidad de filtro (H)

d) Ancho de filtro (B)

Ecuación XXXIV

$$B = \frac{A_f}{H}$$

Donde:

B: Ancho de filtro (m)

Af: Área total de filtración (m^2)

H: Profundidad de filtro

e) Longitud del compartimiento (L)

Ecuación XXXV

$$L_i = \frac{-\ln\left(\frac{Cl}{C0}\right)}{a}$$

Donde:

Li: Longitud del tramo i del filtro

Cl: Turbiedad de salida (UN)

Co: Turbiedad de entrada (UN)

a: Modulo de impedimento (m^{-1})

(Sedapar, 2017)

5.2 Filtro lento arena

a) Descripción

Filtro de flujo descendente, compuesto por un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que reduce la turbiedad del agua (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

b) Criterios de diseño

Se aplicarán los siguientes criterios de diseño:

- Se diseña para el caudal máximo diario (Qmd)
- Funcionamiento de 24 h/día.
- La velocidad de filtración estará entre 0.1-0.3 m/h, dependiendo del pretratamiento del agua cruda.
- La altura del lecho filtrante oscilará entre 0.50 m y 0.80m.
- La altura del lecho soporte incluido el drenaje estará comprendido entre 0.1 y 0.3m.
- La altura de sobrenadante del agua estará sobre 0.75-1.5m.
- La distancia de la lámina de agua en rebose al borde libre será de 0.2 m como mínimo. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

c) Dimensionamiento

Para el dimensionamiento, se determinará:

a. Área superficial (A_s)

Se determina mediante la siguiente expresión, que relaciona el caudal de agua en m3/h y la tasa de filtración (o velocidad de filtración), siendo N el n° de filtros:

Ecuación XXXVI

$$A_s = \frac{Q_{md}}{N * V_f}$$

Donde:

As: Area superficial (m2)

Vf: Velocidad de filtración (m/h)

Qmd: Caudal máximo diario (m3/h), es el caudal de diseño

N: Número de unidades

b. Coeficiente de mínimo costo (K)

Para determinar la geometría del filtro, l y b, se empleará el coeficiente de mínimo costo (k):

Ecuación XXXVII

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

Donde:

K: Coeficiente de mínimo costo

N: Número de unidades

c. Longitud de filtro (m)

Ecuación XXXVIII

$$L = (A_S * K)^{1/2}$$

d. Ancho de filtro (m)

$$B = \left(\frac{As}{K}\right)^{1/2}$$

Donde:

B: Ancho de filtro (m)

K: Coeficiente de mínimo costo

e) Velocidad de filtración real (m/h)

Ecuación XXXIX

$$VR = \frac{Q_d}{2 * L * B}$$

Donde:

VR: Velocidad de filtración real (m/h)

Qd: Caudal de diseño (m3/s)

L: Longitud del filtro (m)

B: Ancho de filtro (m)

(Ambiente, 2005)

5.3 Desinfección

La desinfección se realiza obligatoriamente en el reservorio, ya sea este a nivel de una solución convencional o no convencional en cuyo caso el reservorio sea a nivel domiciliario.

Los escenarios de desinfección serán los siguientes:

Soluciones convencionales:

C1: Desinfección domestica

C2: Desinfección domestica

C3: Desinfección en reservorio

C4: Desinfección en reservorio

C5: Desinfección en reservorio

C6: Desinfección en reservorio (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

a) Criterios de diseño y dimensionamiento

Para determinar el volumen de solución de hipoclorito, ya sea cálcico o sódico, a aplicar a un caudal de suministro o aun volumen de agua almacenado, se han de realizar los siguientes cálculos:

a. Peso de cloro (P)

Se determina el peso de hipoclorito de calcio o sodio necesario, según la siguiente expresión:

Ecuación XL

$$P = Q * d$$

Donde:

P: Peso de cloro (gr/h)

Q: Caudal de agua a clorar (m^3/h)

d: Dosificación adoptada (gr/m^3)

b. Peso producto comercial (Pc)

Se determinar el peso del producto comercial en base al porcentaje de cloro de este:

Ecuación XLI

$$P_C = \frac{P * 100}{r}$$

Donde:

Pc: Peso producto comercial (gr/h)

r: Porcentaje de cloro activo que contiene el producto comercial (%)

c. Demanda horaria de la solución (qs)

Se calcula el caudal horario de solución de hipoclorito (qs) em función de la concentración de la solución preparada. El valor de qs, permite seleccionar el equipo dosificador requerido:

Ecuación XLII

$$q_s = \frac{P_C * 100}{C}$$

Donde:

Pc: Peso producto comercial (kg/h)

qs: Demanda horaria de la solución (lts/h), asumiendo que la densidad de 1litro de solución pesa 1kg

C: Concentración solución (%)

d. Volumen de solución (Vs)

Finalmente se calcula del volumen de la solución, en función del tiempo de consumo del recipiente en el que se almacena dicha solución:

Ecuación XLIII

$$V_S = q_s * t$$

Donde:

Vs: Volumen de la solución (lts), correspondiente al volumen útil de los recipientes de preparación.

t: Tiempo de uso de los recipientes de solución (horas). (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

6. Reservorio

a) Aspectos generales

El reservorio se diseñará para que funcione exclusivamente como reservorio de cabecera. El reservorio se ubicará lo más próximo a la población, en la medida de lo posible, y se ubicará en una cota topográfica que garantice la presión mínima en el punto más desfavorable del sistema. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

b) Criterios de diseño

El volumen de almacenamiento será de 25% de la demanda diaria promedio anual (Qp), siempre que el suministro de agua de la fuente sea continuo. Si el suministro es discontinuo, la capacidad será como mínimo del 30% de Qp.

Se aplicarán los siguientes criterios:

- Dispondrá de una tubería de entrada

- Dispondrá de una tubería de rebose, conectada a la tubería de limpia, para la libre descarga del exceso de caudal en cualquier momento. Tendrá capacidad para evacuar el máximo caudal entrante.
- Se instalará de una tubería o by-pass, con dispositivo de interrupción, que conecte las tuberías de entrada y salida, pero en el diseño deberá preverse sistemas de reducción de presión antes o después del reservorio con el fin de evitar sobre presiones en la distribución.
- La losa de fondo del reservorio se situará a cota superior a la tubería de limpia y siempre con una pendiente mínima de 1% hacia esta o punto dispuesto.
- El reservorio será cubierto y dispondrá de lámina de impermeabilización interior cumplirán los requerimientos de productos en contacto con el agua para consumo humano.
- Se debe garantizar la absoluta estanqueidad del reservorio
- El reservorio se proyectará cerrado. Los accesos al interior del reservorio y a la cámara de válvulas dispondrán de puertas o tapas con cerradura. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

7. Redes de distribución

a) Aspectos generales

Para la red de distribución se cumple lo siguiente:

Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm (1”), y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm (3/4”) para ramales (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

b) Caudales de diseño

Las redes de distribución se diseñan para el caudal máximo horario (Qmh) (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

c) Velocidades admisibles

La velocidad mínima no será menor de 0.60 m/s. En ningún caso podrá ser inferior a 0.30 m/s.

La velocidad máxima admisible será de 3 m/s (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

d) Presiones de servicio

La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no será menor de 5 m.c.a.

La presión estática no será mayor de 60 m.c.a.

A fin de conseguir las presiones señaladas se considerará el uso de cámaras distribuidora de caudal a fin de sectorizar las zonas de presión (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

e) Criterios de diseño

Existen dos tipos de redes:

Red ramificada y red mallada o anillada (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

f) Tipos

Ramificada y mallada o anillada.

a. Red ramificada

Constituida por tuberías que tienen la forma ramificada a partir de una línea principal.

b. Red mallada o anillada

Constituidas por tuberías interconectadas formando circuitos cerrados o mallas.

b.1 Redes ramificadas

El tipo de red a usar fue la ramificada y estuvo en función de la zona, ya que las viviendas se encontraban dispersas

Se determinan el caudal por ramal a partir del método de probabilidad, que se basa en el número de puntos de suministro. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

El caudal por ramal es:

Ecuación XLIV

$$q_u = \frac{Q_{mh}}{N° \ viviendas}$$

Donde:

qu: Caudal unitario de cada ramal (lts/s)

N°: Numero de viviendas que abastece cada ramal.

Qmh: Caudal máximo horario (lts/s)

1.3.3 Diseño del sistema de saneamiento para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar.

1. Unidad básica de saneamiento con arrastre hidráulico

a) Aspectos generales

La U.B.S-A.H, se generalizará como un sistema familiar de saneamiento mediante arrastre hidráulico de excretas hacia el punto de descarga seleccionado (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017).

b) Criterios de diseño

a. Requisitos previos

Como requisitos previos se tendrán al menos en cuenta en los siguientes:

- La caseta de la UBS se ubicará preferentemente en el exterior de la vivienda. En el que la distancia a la vivienda no deberá ser mayor a 5 metros.
- En los lugares donde se proyecte construir pozos de absorción de esta UBS no deberá existir sistemas de extracción de agua para consumo humano en un radio de 30 metros alrededor de ellas, y en todos los casos los sistemas de descarga de la UBS deberán ubicarse aguas abajo de cualquier pozo o manantial de agua destinada al consumo humano. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

c) Elementos

El diseño de la UBS contemplará entre otros, los siguientes elementos:

- **Caseta o cuarto de baño**

  Incluirá inodoro.

Deberá incluir ducha y lavatorio.

Incluirá un conducto de evacuación.

Incluirá una tubería de ventilación.

- **Lavadero multiusos**

  El cual se ubicará fuera de la UBS y dentro de la vivienda

- **Caja de registro**

  Para las aguas grises.

- **Sistemas de tratamiento**

  Se seleccionará entre los siguientes:

  Tanque séptico mejorado.

  Tanque séptico.

  Biodigestor.

- **Sistema de descarga**
- Se seleccionará entre los siguientes, en función de la capacidad de infiltración del terreno.:

  Zanja de percolación.

  Pozo de absorción. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

a. Caseta

Deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- El área interior que ocupará la zona circundante al aparato sanitario será de 1 m^2 como mínimo, debiendo tener un ancho mínimo de 1 m.
- El alto de la caseta deberá ser mayor de 1.90 m.
- Con respecto a la orientación y ventilación en el caso de caseta, se ubicará esta con la puerta colocada del lado del cual sople más frecuentemente el aire.
- El material de construcción empleado en la fabricación de la caseta deberá adecuarse a las condiciones climáticas del lugar.
- En poblaciones con alta pluviometría (alrededor de 2 mm/año o más), el techo tendrá una inclinación mayor al 10% y un voladizo alrededor de la caseta de 0.30 m como mínimo.

- Para iluminación y ventilación, la caseta deberá contar con ventanas altas cuyas dimensiones no deberán afectar la privacidad del usuario, con un área total mayor de 0.10 m2 y con un alto mínimo de 0.15m.
- El piso de la caseta será de concreto sobre el cual se apoyarán los aparatos sanitarios, se iniciará en este el conducto de ventilación y permitirá soportar al usuario. El espesor de la losa de concreto será mayor a 0.10 m con acabado de cemento pulido y zócalos sanitarios de 0.10 m de lado. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

b. Caja de registro

La caja de registro, será obligatoria para la recolección de las aguas grises provenientes de lavatorio, ducha y lavadero de uso múltiple.

Deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Se ubicará entre la caseta o cuarto de baño y el tanque séptico o biodigestor y tendrá una sección transversal mínima de 0.30 m * 0.60m, contando con una tapa removible de cierre hermético.
- La parte superior de la caja de registro deberá estar 50 mm, por encima del nivel del terreno para permitir su rápida ubicación o para las actividades de mantenimiento. (Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, 2017)

c. Biodigestor

Es una unidad para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas, mediante un proceso de retención y degradación séptica anaerobia de la materia orgánica. El agua tratada es infiltrada hacia el terreno de inmediato. (Lexus, 2018)

a.-Factores de selección

Para la intervención con servicios de saneamiento en centros poblados de ámbito rural, se debe efectuar el análisis de los factores que inciden en el tipo de opción técnica a utilizar, como condición previa al desarrollo de los estudios y proyectos con el objetivo de contribuir a la sostenibilidad de los sistemas.

La opción técnica es la solución de ingeniería que puede aplicarse en función de las condiciones físicas, económicas, ambientales, sociales y culturales del centro poblado rural.

El aspecto ambiental será un factor transversal e influirá en la ejecución y funcionamiento de un proyecto. Para efectos de la selección de una opción tecnológica en saneamiento, se deberá considerar la ubicación de los componentes en zonas vulnerables, poniendo las medidas de mitigación correspondientes. Similar consideración se deberá tener para zonas con presencia de restos o vestigios arqueológicos o área naturales protegidas por el estado.

Para la selección de la solución técnica del sistema de saneamiento, se recomienda tener en cuenta una serie de factores de orden técnico y cultural. El conocimiento cabal de estos factores resulta vital para la selección de la tecnología más conveniente. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

a.1 Factores técnicos

a) Cantidad de agua utilizada

Las opciones técnicas están en función de la cantidad de agua que se requiere para la descarga, y se clasifican de la siguiente manera:

- **Requieren agua:** Corresponde a la opción técnica que requiere el uso de agua para el arrastre de las excretas. Esta condición también se aplica para las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) con arrastre hidráulico y los sistemas de alcantarillado.
- **No requieren agua:** Corresponde a la opción técnica que no requiere del uso de agua para el arrastre de las excretas. Esta condición aplica para las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) tipo secas, tales como: ecológica o compostera, la de compostaje continuo, y la de hoyo seco ventilado. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

b) Ubicación respecto a la fuente de agua

Par el sistema de saneamiento, la disposición de las fuentes de agua influye en la ubicación de la opción técnica de saneamiento, por lo siguiente:

- La disposición de las aguas residuales o excretas pueden contaminar las fuentes subterráneas de abastecimiento de agua, siendo los más expuestos los pozos excavados o perforados por ello, la distancia de las aguas residuales o excretas con respecto al pozo de agua debe ser como mínimo de 25 m aguas abajo, para garantizar que el agua no se contamine por la infiltración de las aguas residuales y los desechos fisiológicos dispuestos

en el subsuelo (conforme a lo establecido en la norma técnica IS.020 “Tanque Séptico” del Reglamento Nacional de Edificaciones).

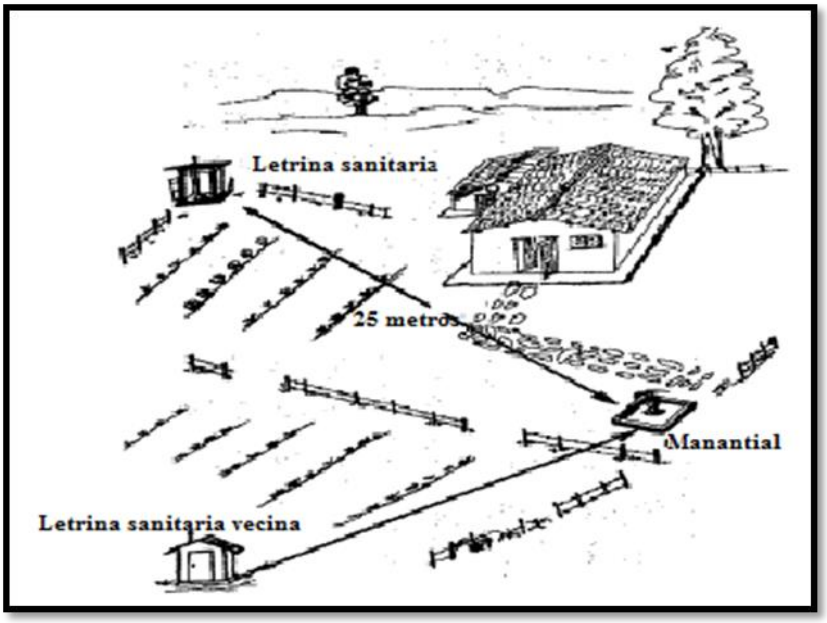


Figura 9. Ubicación de Letrina Respecto a Vivienda y Manantial

- Si el nivel de la napa freática estuviera a una distancia menor a los 3.5 m de la superficie del suelo, no se recomienda la instalación de opciones técnicas de saneamiento que puedan contaminar la napa freática, tales como las de arrastre hidráulico, que tiene como disposición final la infiltración de las aguas residuales tratadas en el terreno o las UBS de hoyo seco ventilado. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

c) Factores asociados al suelo

Para la selección del sistema de saneamiento, en especial las soluciones del tipo familiar, deben tenerse en cuenta los siguientes factores asociados al suelo:

- **Disponibilidad del terreno:** Para la aplicación de sistemas de saneamiento el usuario debe disponer de un área en el interior de su predio, y en caso fuera necesario ubicarlo fuera de este, no deberá causar problemas a la comunidad.
- **Permeabilidad del suelo:** Los suelos permeables con suficiente capacidad de absorción, permiten viabilizar las soluciones técnicas de saneamiento que requieran efectuar la disposición del agua residual tratada en el suelo, a través de sistemas de infiltración.

- **Suelo fisurado:** En estos casos es necesario considerar en la selección de la opción técnica de saneamiento, la construcción de barreras a fin de impedir la rápida infiltración de desechos líquidos al subsuelo, evitando su contaminación.
- **Suelos inundables:** Este tipo de suelos afectan substancialmente la selección de la opción técnica de saneamiento, obligando a colocar soluciones por encima del nivel de inundación o evaluar la aplicación de alternativas apropiadas.
- **Estabilidad del suelo:** Los suelos no cohesivos o no consolidados requieren de trabajos de estabilización de las paredes de las excavaciones. Para suelos rocosos, las soluciones pueden conducir a la selección de una opción técnica elevada. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

d) Factores culturales

Para la selección de la opción técnica de saneamiento se recomienda tener en cuenta los siguientes factores culturales de la población:

- **Aprovechamiento de los residuos fecales biodegradados:**

Dependiendo de los hábitos culturales de la comunidad y de su aceptación, se podrá capacitar a los usuarios para considerar la posibilidad de aprovechar los residuos fecales biodegradados con fines agrícolas, para lo cual es factible el diseño de la UBS tipo ecológica o compostera como opción técnica.

Otros factores culturales a considerar:

La ubicación de la UBS, la selección del material para su construcción, dimensiones para su comodidad, seguridad y privacidad son otros factores culturales que deben tomarse en cuenta en la selección de la alternativa de saneamiento. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

b.-Opciones técnicas en sistemas de saneamiento

Las soluciones técnicas para los sistemas de saneamiento, se agruparon en soluciones individuales y colectivas, y su selección dependerá de los factores definidos anteriormente (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013).

Tabla 15

Opciones técnicas de saneamiento

Tipo de solución	Opción Tecnológica
Individual	UBS con Arrastre Hidráulico
	UBS Ecológica o compostera
	UBS de compostaje continuo
	UBS de hoyo seco ventilado
Colectiva	Alcantarillado convencional
	Alcantarillado condominial

Nota. Fuente: Propia

b.1.-Soluciones individuales

Unidad Básica de Saneamiento con Arrastre Hidráulico (UBS-AH)

a) Descripción

La UBS-AH está compuesta por un baño completo (inodoro, lavatorio y ducha) con su propio sistema de tratamiento y disposición final de aguas residuales. Para el tratamiento de las aguas residuales, deberá contar con un sistema de tratamiento primario: tanque séptico o biodigestor. En ambos casos tendrá un sistema de infiltración (pozos de absorción o zanjas de percolación).

Para la UBS-AH de una unidad, se deberá prever la disponibilidad de mano de obra calificada para la limpieza de los lodos en el ámbito rural. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

b) Líneas de evacuación

La línea de evacuación de las aguas residuales deberá ser con tubería de 100mm de diámetro. La pendiente de las líneas de evacuación entre el aparato sanitario y la caja repartidora deberá ser menor al 3% (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013).

Ventajas y desventajas

Tabla 16

Líneas de evacuación

Ventajas	Desventajas
-No contaminan las aguas superficiales y subterráneas. -Excretas no expuestas al ambiente. -Mínima generación de olores	-Altos costos de inversión inicial. -No recomendable para zonas con napa freática alta. -No recomendable en zonas de alta incidencia de lluvias -No recomendable en zonas de suelo rocoso o impermeable. -Requieren de un operador técnico capacitado para el mantenimiento de la UBS-AH

Nota. Fuente: Propia

b.1.1 Aparato sanitario

Se empleará aparatos sanitarios del tipo taza o losa turca dotada de sifón para la formación del sello hidráulico.

El aparato sanitario estará herméticamente unido a las losas del piso de la caseta para impedir el ingreso de insectos o salida de malos olores (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013).

b.1.2 Sello hidráulico

Barrera de agua ubicada en el aparato sanitario que impide la salida de insectos o de malos olores (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013).

b.1.3 Arrastre hidráulico

Fuerza de tracción que produce el agua para la evacuación de las excretas desde el aparato sanitario hacia el tanque séptico (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013).

b.1.4 Tubería de ventilación

El sistema de desague de la caseta de baño posee una tubería de ventilación de PVC de diámetro mínimo 2” empotrada o adosada a la pared, la cual se prolonga a 0.35 m por encima del techo de la caseta, los gases pueden salir del tanque séptico por este dispositivo. Si el dispositivo no está dotado de ventilación, se debe prever de una tubería desde el tanque séptico mismo, protegida con una malla. (Chávez, Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca, 2013)

Aplicabilidad

Aplicable en zonas con suelos permeables.

Requiere de un servicio de agua para asegurar el arrastre hidráulico.

c. Beneficios

- Autolimpiable: no requiere de bombas ni medios mecánicos para la extracción de lodos, ya que con solo abrir una válvula se extraen los lodos, eliminando costos y molestias de mantenimiento.
- Fácil de transportar e instalar.
- 100% hermético y resistente: no se fisura y confina los excrementos de una forma segura.
- No genera olores, permitiendo instalarlo al interior o cerca de la vivienda.
- Cuida la salud y el medio ambiente.
- Mayor eficiencia en la remoción de constituyentes de las aguas residuales en comparación con sistemas tradicionales como fosas sépticas y letrinas, las cuales son focos de contaminación al agrietarse las paredes y saturase. (Lexus, 2018)

d.- Componentes y funcionamiento

El agua ingresa por el tubo N°1 hasta el fondo, donde las bacterias inician la descomposición.

Luego sube y pasa por el filtro N° 3, donde la materia orgánica que asciende es atrapada por las bacterias fijadas en los anillos de plástico de filtro.

El agua tratada sale por el tubo N°3 hacia un área de percolación (pozo de absorción o zanjas de infiltración) o humedal artificial. (Lexus, 2018)

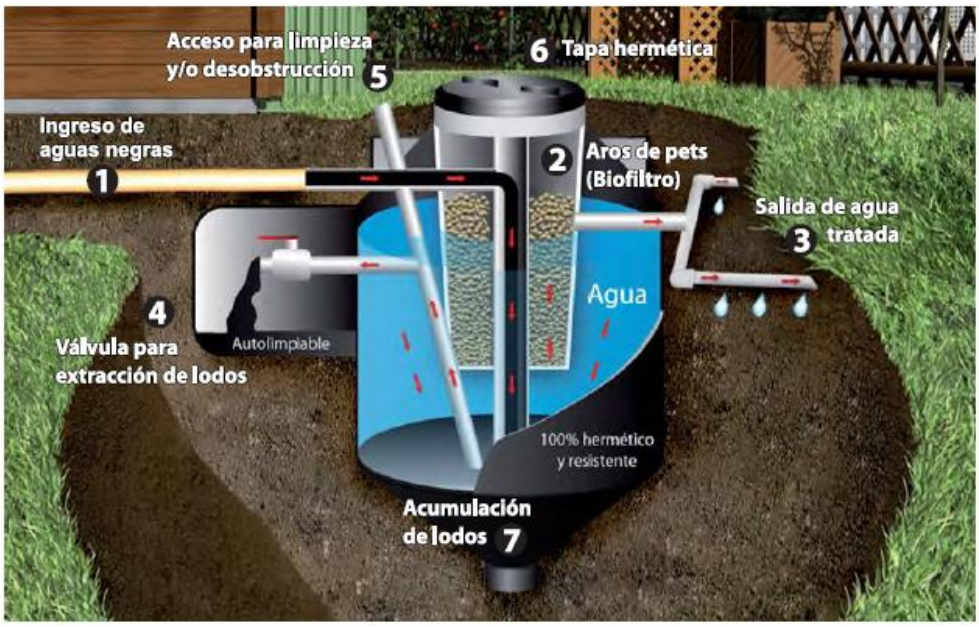


Figura 10. *Esquema de funcionamiento de Biodigestor*

e.- Limpieza y mantenimiento

Abriendo la válvula N°4, el lodo alojado en el fondo sale por gravedad a una caja de registro. Primero salen de dos a tres litros de agua de color beige, luego salen los lodos estabilizados (color café). Se cierra la válvula cuando vuelve a salir agua de color beige. Dependiendo del uso, la extracción de lodos se realiza cada 12-24 meses.

La primera extracción de lodos debe de realizarse a los 6 meses de la fecha de inicio de utilización, de forma de estimar el intervalo para la limpieza, de acuerdo con el volumen acumulado en el Biodigestor.

Si observa que le lodo sale con dificultad, introducir y remover con un palo de escoba en el tubo N°5 (teniendo cuidado de no dañar el biodigestor).

En la caja de extracción de lodos, la parte liquida del lodo será absorbida por el suelo, quedando retenida la materia orgánica que después de secar se convierte en polvo negro que puede utilizarse como fertilizante.

Se recomienda limpiar los biofiltros anaeróbicos, echando agua con una manguera después de una obstrucción y cada 3 o 4 extracciones de lodos. (Lexus, 2018)

f.-Dimensionamiento del Biodigestor

Para determinar la capacidad del Biodigestor se dará en función del consumo diario de agua de una persona en zonas urbanas, periurbanas y/o rurales, en zona rural y/o AA.HH.

Tabla 17

Capacidad del biodigestor

Capacidad	Número de usuarios según su consumo diario de agua			A	B	C	D	E	F
	150 L / usuario	90 L / usuario	40 L / usuario						
600 l	4	7	15	0.88	1.63	0.24	0.35	0.48	0.32
1300 l	9	14	33	1.15	1.96	0.24	0.33	0.48	0.45
3000 l	20	33	75	1.46	2.75	0.25	0.40	0.62	0.73
7000 l	47	78	175	2.42	2.83	0.25	0.45	0.77	1.16

Nota. Fuente: Propia

g.-Caja de extracción de lodos

La construcción de la caja de extracción de lodos debe considerar el volumen de evacuación de lodos, el fácil acceso para su limpieza y que el fondo de la caja quede como mínimo a 50 cm. Debajo de la válvula para la extracción de lodos. La caja tiene las paredes tarrajeadas y no debe tener fondo de concreto con la finalidad de que se pueda filtrar a la parte liquida del lodo. (Lexus, 2018)

Considerar la siguiente tabla de evacuación de lodos:

Tabla 18

Evacuación de lodos

Biodigestor Rotoplas	600 L	1300 L	3000 L	7000 L
Evacuación de lodos	100 L	184 L	800 L	1500 L

Nota. Fuente: Propia

1.3.4 Los componentes del sistema de agua potable para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar.

1. Captación

Es una estructura que sirve para reunir adecuadamente una cierta cantidad de agua con la finalidad de aprovecharlas. Dicha estructura varía de acuerdo con la naturaleza de las fuentes de abastecimiento (meteóricas superficiales o subterráneas), su localización y su magnitud.

Se diseñará en base al caudal máximo diario (Qmd.) para ser conducida y utilizada la toma debe realizarse de tal forma que se prevean las condiciones desfavorables o adversas que puedan presentarse en el funcionamiento.

El diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación dependerá de la topografía de zona de la textura del suelo y de la clase del manantial o quebrada, buscando no alterar la calidad y la temperatura del agua sin modificar la corriente del caudal natural del manantial, ya que cualquier obstrucción puede tener consecuencias fatales: El agua puede crear otro cauce y el manantial desaparece, es importante que se incorporen características de diseño que permitan desarrollar una estructura de captación que se considere un control adecuado del agua, oportunidad de sedimentación, estabilidad estructural, prevención de futura contaminación y facilidad de inspección y operación. (Ramirez, 2013)

2. Conducción

Líneas de conducción son estructuras que transportan agua desde la captación hasta la planta de tratamiento (canal de conducción) o desde la planta de tratamiento hasta el reservorio, para luego ser distribuidos mediante una red. La capacidad de estas estructuras deberá permitir conducir y almacenar el caudal correspondiente.

La mecánica de los fluidos describe el comportamiento dela agua, en sus diversas condiciones estáticas y dinámicas. Esta teoría en general se ha desarrollado teniendo en cuenta el estudio de las líneas de conducción, resaltando una serie de condiciones inherentes tales como: Caudal de diseño, velocidades permisibles, presión, clase y calidad de tubería.(Ramirez, 2013)

3.Estructuras y accesorios de seguridad y protección

3.1 Válvulas de aire o ventosas:

Válvula que automática evacua el aire acumulado en las elevaciones topográficas. No permite también que el aire exterior penetre en la tubería. Se colocan en cada punto alto de la línea de conducción. Si la topografía no es accidentada se recomienda colocarlas cada 2.5 km como máximo.

Su dimensionamiento se determinará en función al caudal y precisión de la tubería. (Ramirez, 2013)

3.2 Válvula de purga

Se colocan en puntos bajos o depresiones topográficas, para eliminar los sedimentos acumulados

Se dimensionan teniendo en cuenta la velocidad de drenaje, pero se recomienda que el diámetro de la válvula sea menor que el de la tubería o según:

Si: Ø tubería < 4”, entonces: Ø Válvula = Ø Tubería.

Si: 4” < Ø tubería < 16”, entonces Ø Válvula = 4”

Si: Ø tubería ≥ 16”, entonces Ø válvula = Ø tubería. (Ramirez, 2013)

3.3 Cámara rompe presión (CRP)

Es un depósito que se instala en la línea de conducción, cuando existe una gran diferencia de nivel entre los componentes del sistema que provoque presiones mayores a las que soportan las tuberías. Esta estructura reduce la presión a cero u a la atmosfera local, creándose una zona de presión dentro de los límites de trabajo de las tuberías. (Ramirez, 2013)

3.4 Otras válvulas

Válvulas reductoras de presión; que sirven para absorber el exceso de la presión en las tuberías, especialmente el desarrollado por el golpe de ariete.

Válvulas de retención o válvulas Check; que se utilizan para no permitir que el flujo de agua tome dirección contraria a la proyectada.

Válvula compuerta; utilizada en los arranques de todo ramal derivado, y en los lugares donde se desea aislar un tramo de tubería. (Ramirez, 2013)

3.5Regulación o almacenamiento:

El sistema de almacenamiento está conformado por uno o varios depósitos que sirven de regulación, capaz de equilibrar el suministro de agua para los diversos usos que garantice un servicio continúo sin interrupciones.

Los tanques de almacenamiento o reservorio juegan un papel básico para el diseño del sistema de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico, así como su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema y en el mantenimiento de un servicio eficiente.

- Un reservorio o estanque de almacenamiento es una estructura que sirve para un volumen de agua capaz de equilibrar el suministro del vital líquido sobre la base de la demanda requerida, garantizando un servicio continuo. (Ramirez, 2013)

Las consideraciones más importantes para el diseño de un reservorio o estanque de almacenamiento son:

- Ubicación
- Capacidad del reservorio

4. Línea de aducción

Esta se inicia en el reservorio y termina en el punto de distribución, donde se continua con la red de distribución que reparte el caudal a la localidad.

Por lo general las tuberías de aducción son cortas y por lo tanto las pérdidas de cargas locales deben ser calculadas, sin fuerza necesaria (Ramirez, 2013).

5. Redes de distribución

Es una unidad del sistema, que conduce el agua a los lugares de consumo (usuarios). Está constituida por un conjunto de tuberías y piezas especiales, dispuestas convenientemente a fin de garantizar, el abastecimiento a la localidad beneficiada.

Los conductores que conforman la red de distribución pueden ser así clasificados:

- Conductos principales.
- Conductos secundarios.

Se denomina conductos principales, a los conductos de mayor diámetro, responsables por la alimentación de los conductos secundarios. (Ramirez, 2013)

1.3.5 Los componentes del sistema de saneamiento para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar.

1. Cuarto de baño

a) Descripción

Espacio que permite dar privacidad al usuario durante su uso y/o proteger al usuario contra la intemperie.

b) Aspectos técnicos

El área interna deberá ser adecuada para la disposición de la ducha, lavatorio e inodoro.

2. Piso de concreto

a) Descripción

Elemento de concreto sobre el cual se apoyan los aparatos sanitarios, el tubo de ventilación y soporta al usuario.

b) Aspectos técnicos

De concreto con espesor de 0.10m, con acabado de cemento pulido y zócalos sanitarios de 0.10m, evitando formación de esquina de 90° con el piso, que permita la correcta higienización de las superficies revestidas.

3.Tubería de ventilación

a) Descripción

Tubería que permite evacuar los gases que se producen en el sistema.

b) Aspectos técnicos

Se instala sobre el conducto que conecta el inodoro con el tanque séptico.

Se debe considerar un sombrero de ventilación.

4. Tuberías de evacuación

a) Descripción

Es una tubería que conecta el aparato sanitario con el tanque séptico o biodigestor y a este con el pozo o zanjas de percolación.

Cuando existen dos pozos (usados secuencialmente) primero se conecta a una caja distribuidora de caudal.

b) Aspectos técnicos

La línea de evacuación de las aguas residuales deberá ser con tubería de PVC de 100 mm (4”) de diámetro.
Presenta una pendiente que permite el arrastre de las aguas de las aguas residuales por gravedad.

La pendiente de las líneas de evacuación entre el aparato sanitario y la caja de registro deberá ser menor al 3%.

5. Caja de registro

a) Descripción

Las cajas de registro sirven como recolectores de aguas residuales con lo que se facilita su mantenimiento y limpieza.

Perite la conexión con el biodigestor.

b) Aspectos técnicos

Se podrán utilizar en dimensiones de 0.30 x 0.60m.

6. Biodigestor

a) Descripción

Estructura de forma cilíndrica, con dispositivo de entrada y salida, que permite el tratamiento de las aguas residuales similar al tanque séptico.
Está compuesta por:
-Tubería de entrada de PVC.
-Filtros y aros.

-Tubería de salida de PVC.

-Válvula para extracción de lodos.

-Tubería de evacuación de lodos.

-Tapa hermética

b) Aspectos técnicos

Por lo general son sistemas pre-fabricados.

Los desechos son sometidos a un proceso de descomposición natural, separando y filtrando el líquido a través de un filtro biológico anaeróbico.

Este atrapa la materia orgánica y deja pasar únicamente el agua tratada, la cual sale del biodigestor hacia un pozo de absorción o una zanja de percolación.

7. Pozo de absorción

a) Descripción

Hoyo profundo realizado en la tierra para infiltrar el agua residual sedimentada en el biodigestor.

Los pozos de absorción podrán usarse cuando no se cuente con área suficiente para la instalación de zanjas de percolación o cuando el suelo sea impermeable dentro del primer metro de profundidad, existiendo estratos favorables a la infiltración.

b) Aspectos técnicos

La capacidad del pozo de absorción se calculará en base a las pruebas de infiltración que se efectúen en el terreno.

Las paredes del pozo de absorción estarán formadas por muros de mampostería con juntas laterales separadas.

1.3.6 Normativa Técnica.

La presente tesis tomó como base las siguientes normas:

Norma técnica de edificación E-0.60 (Concreto armado)

Norma técnica de edificación E-0.20 (Cargas)

Norma técnica de edificación E-030 (Sismo resistente)

Norma técnica de edificación OS.050 (Redes de distribución)

Norma técnica peruana 399.003.2007 (Especificaciones de SEDAPAL para tuberías a presión menores a 63mm).

Norma técnica peruana ISO 1452-2.2011 (Especificaciones para tuberías a presión mayores a 63mm.

Para el Estudio de mecánica de suelos :

- **N**TP 339.152
- NTP 339.129
- ASTM D420
- ASTM D 2216
- ASTM D 422

Para el Estudio de calidad del agua

- NTP ISO/ IEC 17025:2006
- EPA 200.7, EPA 241.1, EPA 300.1
- SNEWW-APHA-AWWA-WEF
- ASTM D7511-12.2012

Pare el Estudio de canteras

- Agregado grueso y fino NTP 400.037

Para el tema Legal.

- Acta de transferencia posesionaria para la construcción de captación y planta de tratamiento de agua.
- Acta de libre disponibilidad de terreno.
- Licencia de uso de agua.

Para el tema Ambiental.

- Ley Nº 27446, Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental y su reglamento.
-

Para el tema respecto a la Seguridad y salud ocupacional.

- Reglamento de la Ley Nº 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.

A. Estudio de Impacto ambiental (EIA)

Es el estudio técnico de carácter interdisciplinar, que incorporado en el procedimiento de la EIA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno.

Es un documento técnico que debe presentar el titular del proyecto, y sobre la base del que se produce la declaración o estimación de impacto ambiental. Este estudio deberá identificar, describir y valorar de manera apropiada, y en función de las particularidades de cada caso concreto, los efectos notables previsibles que la realización del proyecto producirá sobre los distintos aspectos ambientales.

Se trata de presentar la realidad objetiva para conocer en qué medida repercutiría sobre el entorno la puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad y con ello, la magnitud del sacrificio que aquel deberá soportar.

En conclusión, el EIA es un elemento de análisis que interviene de manera esencial en cuanto a dar información en el procedimiento administrativo y que culmina con la declaración del impacto ambiental. (Ramirez, 2013)

B. Gestión de riesgos.

Riesgos ambientales (RA) y medidas de mitigación (MM)

Por la ubicación

- RA: captación y colapso de estructuras por inadecuada ubicación. MM: reubicar o rediseñar la captación y proteger las estructuras.
- RA: deterioro de suelos en estructuras por falta de capacidad de drenaje (Ramirez, 2013). MM: mejorar los drenajes.

Por el uso de recursos naturales

- RA: erosión y degradación de suelos.
-MM: protección e taludes e infraestructura de drenaje.
- RA: deterioro de la calidad del agua por descarga de aguas residuales domésticas o agropecuarias.

-MM: tratamiento de aguas residuales. (Ramirez, 2013)

Por la operación del sistema

- RA: deterioro de la calidad del agua por mal manejo y falta de protección de las estructuras.

-MM: capacitación, desinfección, protección sanitaria de estructuras (Ramirez, 2013).

C. Sistema de costos y presupuesto.

Se hará uso del software S10 para la elaboración del presupuesto de este proyecto teniendo en cuenta los metrádos respectivos, los cual nos va ayudar a saber el monto que se va a invertir para la ejecución del proyecto, además a tener los costos de precios unitarios, cantidad de mano de obra, materiales y equipos.

4.1.1 Estado del arte

Este trabajo corresponde al diseño de las redes de agua potable y alcantarillado para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar pertenecientes al distrito de Santo Domingo de la Capilla, ubicado en el departamento de Cajamarca mediante el programa Sap-14. Se desarrolló los diseños con niveles de servicios para conexiones domiciliarias en dichas localidades.

Los objetivos específicos son los siguientes: determinar el periodo de diseño y cálculo de la población futura para el diseño de la red de agua potable y alcantarillado de las localidades mencionadas con anterioridad; calcular la dotación de agua, consumo promedio diario anual, consumo máximo diario y consumo máximo horario para el diseño de la red de agua potable y alcantarillado de dichas localidades; determinar los parámetros específicos de la red de agua potable y saneamiento para el diseño de estas redes; y diseñar la red de agua potable y saneamiento o, de forma detallada, mediante el programa mencionado anteriormente.

4.1.2 Definición de términos básicos

Absorción: Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.

Accesorio: Componente, distinto del tubo, que permite la derivación, el cambio de dirección o de diámetro. Entre otras, se definen como tales las piezas brida-enchufe, brida-extremos liso, codos, tés, cruces y manguitos.

Adsorción: Fenómeno fisicoquímico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres disueltas en la superficie de un sólido.

Afluente: Agua que entra a una unidad de tratamiento, o inicia una etapa, o el total de un proceso de tratamiento.

Agua potable: Agua apta para el consumo humano.

Agregado: Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

Agregado fino: Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5mm (3/8").

Agregado grueso: Agregado retenido en el tamiz 4,75mm (N°4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas.

Alineamiento: Dirección en el plano horizontal que sigue el eje del conducto.

Altimetría: Conjunto de operaciones necesarias para definir y representar, numérica o gráficamente, las cotas de puntos de terreno.

Análisis granulométrico o mecánico: Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

Ángulo de reposo: El que se produce entre la horizontal y el talud máximo que el suelo asume a través de un proceso natural.

Caja de filtro: Estructura dentro de la cual se emplaza la capa soporte y el medio filtrante, el sistema de drenaje, el sistema colector del agua de lavado, etc.

Calderin: Consiste en un recipiente metálico parcialmente lleno de aire que se encuentra comprimido a la presión manométrica. Existen modelos en donde el aire se encuentra aislado del fluido mediante una vejiga, con lo que se evita su disolución en el agua.

Calicata: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

Cámaras rompe presión: Estructura que permite disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños a la tubería.

Cantera: Depósito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, habilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de carreteras.

Capacidad de carga del terreno: Es la resistencia admisible del suelo de cimentación considerando factores de seguridad apropiados al análisis que se efectúa.

Capacidad de carga última del terreno: Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

Captación o bocatoma: Estructura hidráulica destinada a derivar de un curso de agua parte de ésta para ser utilizada en un fin específico.

Carga hidráulica: Suma de las cargas de velocidad, presión y posición.

Caudal medio: Promedio de los caudales diarios en un período determinado.

Coagulante: Sustancia que, al introducirse en el agua, induce el agrupamiento de las partículas para la fácil eliminación.

Colmatación del filtro: Efecto producido por la acción de las partículas finas que llenan los intersticios del medio filtrante de un filtro o también por el crecimiento biológico que retarda el paso normal del agua.

Conexión predial simple: Aquella que sirve a un solo usuario.

Conexión predial múltiple: Es aquella que sirve a varios usuarios.

Contenido de humedad: Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.

Contenido de humedad óptimo: Es el contenido de humedad al cual un suelo o material granular al ser compactado utilizando un esfuerzo especificado proporciona una máxima densidad seca. El esfuerzo puede ser estándar o modificado.

Cota de rasante: Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

Cota de terreno: Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

Cloración: Tratamiento con cloro de las aguas para lograr su potabilidad o mejorar su higiene.

Diámetro efectivo interior: Diámetro interior del tubo, real o útil, medido en una sección cualquiera. Es el diámetro del diseño hidráulico.

Densidad en el sitio: Procedimiento para determinar el peso unitario de los suelos en el terreno.

Desinfección: Proceso mediante el cual se adicionan sustancias químicas al agua para inactivar los microrganismos de tal forma de que el agua logre ser apta para consumo humano.

Efluente: Agua que sale de un deposito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento.

Eje: Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.

Filtración: Proceso terminal que sirve para remover del agua los sólidos o materia más fina, que no alcanzó a ser removida en los procesos anteriores.

Floculación: Proceso de agitación suave y continuo de agua coagulada con el propósito de formar flóculos

Flóculo: Grumo de materia orgánica formado por sólidos en suspensión.

Golpe de ariete: Fluctuaciones rápidas de presión debidas a variaciones bruscas de las condiciones de contorno y/o caudal del flujo. El golpe de ariete esta esencialmente relacionado con la velocidad del agua y no con la presión interna.

GPS (sistema de posicionamiento global): Es un instrumento de medición tridimensional utilizada en topografía para establecer puntos de control mediante coordenadas, así como para definir posiciones exactas en cualquier lugar del mundo durante las 24 horas del día.

Granulometría: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

Grava: Agregado grueso, obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

Grumo: Pequeña masa compactada, generalmente redondeada, que se forma en una sustancia liquida o pastosa.

Línea de aducción: Estructuras y elementos que conectan el reservorio con la red de distribución.

Línea de conducción: Estructuras y elementos que conectan las captaciones con los reservorios, pasando o no por las estaciones de tratamiento.

Línea gradiente hidráulica: Es la línea que indica la presión en columna de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación.

Mezcla rápida: Mecanismo por el cual se debe obtener una distribución instantánea y uniforme de las sustancias químicas aplicadas al agua.

Nivelación: Operación que cosiste en tomar la cota de los puntos del terreno de una zona dada con relación a un plano de referencia.

Pendiente: Inclinación de una rasante en el sentido de avance.

Perdida de carga unitaria: Es la perdida de energía en la tubería por unidad de longitud debida a la resistencia del material del conducto al flujo del agua. Se expresa en m/km o m/m.

Perdida por tramo: Viene a representar el producto de pérdida de carga unitaria por longitud del tramo de tubería.

Presión estática: Es la presión en una sección de la tubería cuando, estando en carga, se encuentra el agua en reposo.

Presión de diseño: Es la mayor de la presión estática (conducciones por gravedad) o la presión máxima de funcionamiento (en impulsiones) en régimen permanente en una sección de la tubería, excluyendo, por tanto, el golpe de ariete.

Recubrimiento de tubería: Diferencia de nivel entre la superficie de terreno y la generatriz superior externa de la tubería (clave de la tubería).

Rasante: Línea que une las cotas de una carretera terminada.

Replanteo: Traslado y localización sobre el terreno de los diferentes puntos característicos del proyecto, definidos por sus coordenadas, con el fin de fijar la situación de la obra.

Saneamiento: Dotación de las condiciones de sanidad a un terreno, un edificio u otro lugar.

Sedimentación: Proceso de remoción de partículas discretas por acción de la fuerza de gravedad.

Tratamiento de agua: Remoción por métodos naturales o artificiales de todas las materias objetables presentes en el agua, para alcanzar las metas específicas en las normas de calidad de agua para consumo humano.

Turbiedad: Capacidad del líquido de diseminar un haz luminoso. Puede deberse a partículas de arcilla provenientes de la erosión del suelo, algas o a crecimientos bacterianos.

Tubería: Componente de sección transversal anular y diámetro interior uniforme, de eje recto cuyos extremos terminan en espiga, campana, rosca o unión flexible.

Ventosa: Dependiendo de su función, permiten la eliminación del aire acumulado en el interior de la tubería, admisión de aire cuando la presión en el interior es menor que la atmosférica y la eliminación del aire que circula en suspensión en el flujo bajo presión.

1.4 Delimitación de estudio:

a. Ubicación geográfica:

Tabla 19

Datos geográficos

Departamento	Provincia	Distrito	Código de Ubigeo	Región geográfica	Altitud
Cajamarca	Cutervo	Santo Domingo de la Capilla	060601	Sierra	2,000 m.s.n.m

Nota. Fuente: Propia

b. Coordenadas UTM localidades:

Tabla 20

Coordenadas UTM

Localidad	Sistema de coordenadas	Este	Norte
Pan de Azúcar	UTM WG84	X = 738590.333	Y =9311293.908
Cedropampa	UTM WG84	X = 739703.310	Y = 9310298.047

Nota. Fuente: Propia

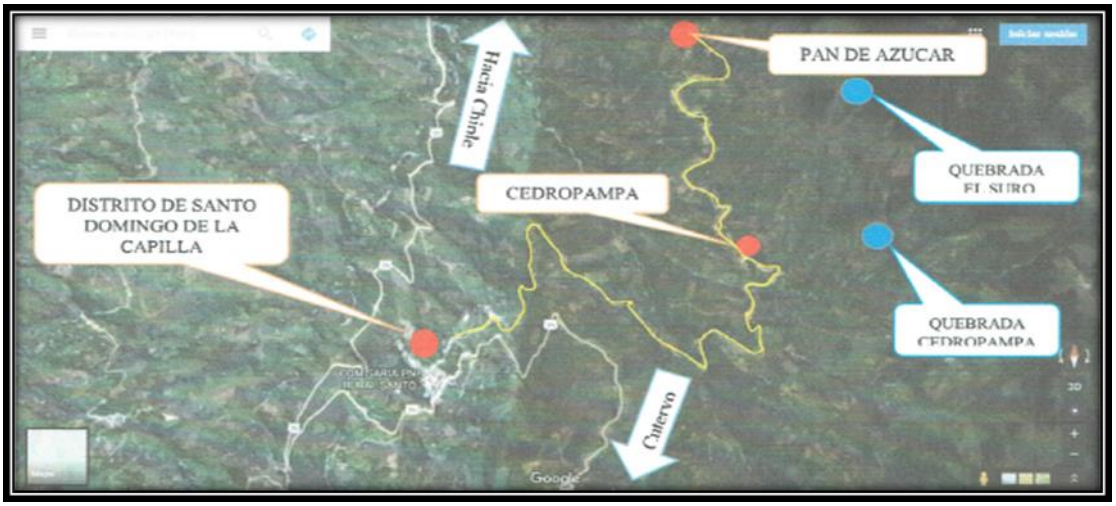


Figura 11. Ubicación de Localidades Beneficiarias

Fuente: Google Earth.

c.- Puntos de captación de la fuente de agua en estudio

Tabla 21

Fuentes de agua

Fuente de agua		Coordenadas UTM WGS 84		
		Proyección UTM, Datum horizontal		
		Zona: 17 S		
		Este	Norte	Altitud (msnm)
Quebrada	Cataratas de Gálvez	741,453.0705	9´310,050.098	2,300.63
Quebrada	El Suro	739,982.0580	9´311,729.662	2,248.843

Nota. Fuente: Propia

d.-Ubicación de las fuentes:

Tabla 22

Ubicación de fuentes de captación

	Captación 1	Captación 2
Quebrada	El Suro	Cataratas de Gálvez
Localidad	Pan de Azúcar	Cedropampa
Unidad administrativa ALA	Chinchipe-Chamaya	Chinchipe-Chamaya
Unidad hidrográfica	Cuenca Marañón	Cuenca Marañón
Sub cuenca	Rio Chamaya	Rio Chamaya
Micro cuenca	Tarros	Tarros

Nota. Fuente: Propia

e.- Poblaciones futuras:

Tabla 23

Población futura de las localidades

Fuentes de abastecimiento	Localidad	Beneficiarios actuales N° familias
Quebrada “Cataratas de Gálvez”	Cedropampa	480
Quebrada “El Suro”	Pan de Azúcar	312
	TOTAL	792

Nota. Fuente: propia

1.5 Formulación del problema.

¿Cómo influirá el estudio definitivo ingeniería de agua potable y saneamiento para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar, distrito de Santo Domingo de la Capilla-Cutervo-Cajamarca?

1.6 Justificación e importancia del estudio

1.6.1 Económico:

Con la presente tesis, se contribuye significativamente a mejorar el nivel económico de la población ya que contarán con agua potable, para el consumo humano reduciendo el índice de enfermedades, además generando mejores ingresos económicos con el aprovechamiento de sus tierras y la crianza de sus animales; generando una fuente de trabajo directa o indirecta, no sintiendo la necesidad de migrar de sus localidades en busca de empleo que muchas veces no representa una oportunidad para salir de la pobreza.

1.6.2 Social:

Con la futura ejecución de lo plasmado en la presente tesis, permite generar impactos de desarrollo positivos en la población, garantizando el bienestar de todos los beneficiarios de Cedropampa y Pan de Azúcar, especialmente de los niños y niñas mejorando sus condiciones de salud, alimentación dando acceso a la educación y condiciones de vivienda digna, una mayor equidad de género reducción de pobreza y discriminación, dándole valor agregado a las fuentes de agua.

1.6.3 Ambiental:

Este diseño trata de contribuir en lo posible a reducir la contaminación del medio ambiente, además el índice de mortalidad de enfermedades, debido a un adecuado tratamiento de excretas, disminuyendo las tasas de enfermedades a niveles aceptables y con tendencia a disminuir por debajo del promedio nacional, debido a la carencia de agua potable que tiene un impacto negativo sobre la salud de las personas, así mismo el contagio de enfermedades producidas por falta de aseo personal y contaminación de medio ambiente al hacer sus necesidades al aire libre.

1.6.4 Tecnológico:

Esta tesis, se justifica debido a que se ha considerado parámetros de innovación tecnológica de proyectos exitosos de distintas partes del mundo y en zonas rurales de nuestro país, concerniente al diseño de agua potable por gravedad y las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) con arrastre hidráulico,

Además, se relaciona con los contenidos al futuro proyecto a ejecutar, a través de una estructura básica de un expediente técnico.

1.7 Hipótesis

Si se diseña el sistema de agua potable y saneamiento, entonces, permitirá elaborar el estudio definitivo de ingeniería para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar, distrito de Santo Domingo De La Capilla-Cutervo-Cajamarca

1.8 Objetivos.

1.8.1 Objetivo general:

Diseñar el sistema de agua potable y saneamiento para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar, distrito de Santo Domingo de la Capilla – Cutervo – Cajamarca.

1.8.2 Objetivos específicos:

Calcular el diseño hidráulico y estructural de los componentes del sistema de agua potable.

Plantear la unidad básica de saneamiento (UBS).

Elaborar el estudio de ingeniería definitivo.

Elaborar un manual de operación y mantenimiento del proyecto.

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

II.MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1 Tipo y diseño de investigación

2.1.1 Tipo de investigación

Es del tipo tecnológico; porque tiene como objetivo la solución de problemas prácticos, lo cual implica la intervención o transformación de la propia realidad, que manifiesta en el diseño de un nuevo producto, nuevos procedimientos, nuevos métodos, etc.

Esta investigación también genera una importante cantidad de conocimientos y contribuye de forma decisiva a la interpretación de la realidad.

2.1.2 Diseño de la investigación

Es cuasi-experimental; porque se manipuló los componentes del sistema de agua potable y saneamiento, así como también el diseño de agua potable y saneamiento para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar. Teniendo en cuenta diversos ensayos de suelos, agua e hidrológicos y luego determinar los cálculos correspondientes.

2.2 Método de investigación

Deductivo

Porque después de haber definido las variables independientes y dependientes y sus parámetros, tendremos que inferir la hipótesis para el diseño de los sistemas de agua y saneamiento.

Inductivo

Porque después de haber logrado con éxito conocer el proceso topográfico, estudio de mecánica de suelos, agua y otros, podremos dar inicio a nuestro diseño.

Analítico

Porque se descompone el objeto de estudio en sus partes para conocer sus riesgos y ventajas.

Sintético

Porque una vez analizada la situación actual en las localidades se plantea una solución: Diseño de sistema de agua potable y saneamiento.

2.3 Variables

2.3.1 Variables independientes

Variable 1: Los componentes del sistema de agua potable para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar.

Concepto

Variable 2: Los componentes del sistema de saneamiento para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar.

2.3.2 Variables dependientes

Variable 1: Diseño del sistema de agua potable para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar.

Para el desarrollo de esta variable se debe de tener en cuenta la dotación, la demanda, el caudal, la población y luego hacer los cálculos correspondientes con las formulas establecidas.

Variable 2: Diseño del sistema de saneamiento para las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar.

Se debe tomar en cuenta las dimensiones de la caseta, tanque séptico, pozo de percolación, teniendo en cuenta las distancias y pendientes de las tuberías

2.3.3 Operacionalización

Tabla 24

Operacionalización de la variable independiente

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Índice	Técnica recolección de datos	Instrum. Recolección datos	Instrumentos de medición
DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LAS LOCALIDADES DE CEDROPAMPA Y PAN DE AZÚCAR	Instalación de agua potable	Caudal	m^3/s	Observación	Guía de Observación (Formatos)	Caudalímetro
		Velocidad	m/s			Velocímetro
		Longitud de tubería	m			Wincha
		Diámetro de tubería	-			Wincha
		Pendiente de tubería	%			Nivel
DISEÑO DEL SISTEMA SANEAMIENTO PARA LAS LOCALIDADES DE CEDROPAMPA Y PAN DE AZÚCAR	Instalación de UBS	Dimensiones de caseta, tanque séptico, pozo de percolación	m	Observación -Formato de cálculos hidráulicos	-Guía de Observación -Hoja de Calculo	Wincha
		Diámetro	Φ			
		Pendiente aparato-caja	%			Nivel
		Longitud	m			Wincha
		Pendiente de tubería	Adimensional			Nivel

Nota. Fuente: propia

Tabla 25

Operacionalización de la variable dependiente

Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Índice	Técnica recolección de datos	Instrumentos recolección datos	Instrumentos de medición
LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LAS LOCALIDADES DE CEDROPAMPA Y PAN DE AZÚCAR	Suelo	Tamaño de la partícula	Fina	mm	Observación	Guía de Observación (Formatos)	Tamiz
			Gruesa	mm	Observación	Guía de Observación (Formatos)	
		Contenido de Humedad	-	%	Observación	Guía de Observación (Formatos)	Horno – Balanza
		Consistencia del suelo	Plástico	%	Observación	Guía de Observación (Formatos)	Vidrio esmerilado
			Líquido	%	Observación	Guía de Observación (Formatos)	Copa Casagrande
		Salinidad	-	ppm	Observación	Guía de Observación (Formatos)	Horno
		Tipo de suelo	Granulometría	mm	Observación	Guía de observación (Formatos)	Tamiz
LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO PARA LAS LOCALIDADES DE CEDROPAMPA Y PAN DE AZÚCAR	Agua	Demanda	-	N° de hab.	N° de habitantes	-Observación -Encuestas	Guía de obs. Hoja de encuesta (Censos)
		Caudal	Caudalímetro	m3/s.	Adimensional	-Observación	Libreta de campo
		Densidad Poblacional		Hab/área	Hab/área	-Observación	Cuestionario
		Dotación		Lts/hr	Lts/hr	-Observación -Entrevista -Análisis Documental	Cuestionario Guía de Análisis Documental (RNE)

Nota. Fuente: propia

2.4 Población y muestra

2.4.1 Población

La población fue el distrito de “Santo Domingo de la Capilla” de Cutervo-Cajamarca, haciendo un total de 5483 habitantes, con una extensión territorial de 103.74 km

2.4.2 Muestra

Fueron las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar, conformadas por 792 habitantes el área de trabajo es de aproximadamente 251.87 hectáreas.

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.5.1 Técnicas de recolección de datos

Se ha utilizado las siguientes técnicas de investigación:

2.5.1.2 Observación

Se vio la realidad social y económica de la población y el uso de esta técnica nos permitió describir, conocer y registrar datos del área donde se está haciendo estudio del proyecto.

2.5.1.3 Análisis de documentos

Se ha tenido en cuenta la normativa reglamentaria del reglamento nacional de edificaciones leyes que establece el estado, protocolos, estándares, etc. Correspondientes a esta línea de investigación.

2.5.2 Metodología para la recolección de datos

2.5.2.1 Instrumentos de recolección de datos

a) Guías y formatos de observación

Se diseña con guías de observación para el estudio del diseño de los sistemas de agua potable y saneamiento con el fin de identificar y evaluar su comportamiento en un lapso de tiempo. Estas medidas serán tomadas en el área donde se desarrollará dicho proyecto. Las guías de observación contienen los siguientes formatos:

b) Ensayos de estudios de mecánica de suelos

Tabla 26
Normas de cada ensayo

Ensayo	Norma
Análisis mecánico por tamizado lavado	ASTM-D-422
Límite liquido	ASTM-D-423
Límite plástico	ASTM-D-424
Índice de plasticidad	ASTM-D-425
Humedad natural	ASTM-D-2216
Corte directo	ASTM-D-3080
Sales solubles	ASTM-339.152
Análisis químico	NTP-399-088

Nota. Fuente: Propia

a. De nivelación topográfica

a.1 Programas

AutoCAD Land versión 2009. Para realizar con la ayuda de curvas de nivel dibujar los planos y levantamientos topográficos.

AutoCAD versión 2015 convencional (inglés), para la delineación automática de la cartografía y clasificación para códigos de las diversas entidades geográficas.

2.5.2.2 Guía de análisis de documentos

Se revisó normas técnicas que faciliten el direccionamiento para el diseño de los sistemas de agua potable y saneamiento. Además, se tomó en cuenta planos de ubicación de las localidades, material bibliográfico, de la biblioteca de la universidad Señor de Sipán.

Además, se tiene en cuenta los formatos establecidos para el diseño de mecánica de suelos, para 22 calicatas en el área de estudio, estudios de fuentes de agua de ambas captaciones, diseño de mezcla.

Tabla 27

Descripción y aplicación de la normativa usada

Norma	Descripción	Aplicación
Norma técnica de edificación E-0.60	Concreto armado	Norma para diseñar las estructuras de concreto armado.
Norma técnica de edificación E-0.20	Cargas	Norma para determinar las cargas que se presenten en los elementos estructurales.
Norma técnica de edificación E-030	Sismo resistente	Norma para determinar los parámetros sísmicos de la zona de estudio
Norma técnica de edificación OS.050	Redes de distribución	Norma para determinar el tipo de método de distribución de las redes de agua potable.
ASTM D 2216	Contenido de Humedad	Ensayo para evaluar la humedad del terreno o zona de estudio.
ASTM D 422	Granulometría	Se aplica para determinar las características y tamaños de la partícula, ya sea: fina o gruesa.
NTP 339.152	Contenido de Sales Solubles en el suelo	Determina la Salinidad del terreno o zona de estudio.
NTP 339.129	Límite Líquido	Permite Determinar la Consistencia del Suelo
NTP 339.129	Límite Plástico – Índice de Plasticidad.	Permite Determinar la Consistencia del Suelo

Nota. Fuente: propia

2.6 Métodos de análisis de datos

2.6.1 Enfoque deductivo

Se empleó este método que permitió definir las variables independientes y dependientes y sus parámetros, tendremos que inferir la hipótesis para el diseño de los sistemas de agua y saneamiento.

2.6.2 Enfoque inductivo

Porque permitió conocer con éxito el proceso topográfico, estudio de mecánica de suelos, agua y otros, podremos dar inicio a nuestro diseño.

2.6.3 Enfoque analítico

Se empleó este método que permite descomponer el objeto de estudio en sus partes para conocer sus riesgos y ventajas.

2.6.4 Enfoque sintético

Porque permitió analizar la situación actual en las localidades y plantear una solución: Diseño de sistema de agua potable y saneamiento.

2.7 Aspectos éticos

La presente investigación cuenta con la autorización de la Municipalidad de Santo Domingo de la Capilla y de la población de las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar. En este sentido, se respeta la decisión del individuo en este caso representantes de las entidades en mención y a los mismos pobladores.

Confidencialidad: se tuvo reservada toda la información brindada por la entidad, para fines de la realización de esta investigación en beneficio de todos los pobladores, siendo para nosotros el principal objetivo de mejorar la calidad de vida y reducir niveles de las enfermedades. Dando de esta manera muestra de respeto a la propiedad intelectual de los autores que con sus aportes y conocimientos ayudan a ser confiable el estudio.

Toda la información presentada en esta investigación está debidamente citada y referencia a fin de evitar el plagio.

El investigador debe tener como base ciertos criterios éticos fundamentales como son:

Los criterios de rigor científico que se tomó en cuenta son los que a continuación se mencionan:

Fiabilidad: En nuestra investigación abarca todo el proceso de la elaboración del expediente técnico propio.

Replicabilidad: La investigación realizada podrá ser replicada en otros proyectos de esta línea de agua y saneamiento para zonas rurales.

Validez: Los documentos, así como los padrones beneficiarios son auténticos que se adjuntan para el proyecto en las comunidades beneficiarias del distrito Santo Domingo de la capilla.

CAPÍTULO III
RESULTADOS

III.RESULTADOS.

3.1 Cálculo para diseño hidráulico y estructural de los componentes del sistema de agua potable

3.1.1 Cálculo hidráulico Cedropampa

De acuerdo a los cálculos se obtuvo los siguientes resultados:

3.1.1.1 Captación

Tabla 28

Estabilidad del barraje (Fuerzas horizontales)

Descripción	Valores
Fuerza horizontales	Fh= 225 kg
Relleno H=0.50m	
Fuerza horizontal (F1)	
Punto de aplicación	Y= 0.17 m
Relleno H= 0.20m	
Fuerza horizontal (F2)	Fh= 36 kg
Punto de aplicación	Y= 0.07 m
Agua H=0.73m (F3)	
Fuerza horizontal (F3)	Fh= 281.25 kg
Punto de aplicación	Y= 0.25 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 29

Estabilidad del barraje (Fuerzas verticales)

Descripción	Valores
Peso del barraje	
Fuerza vertical	Fv= 5928.00 kg
Punto de aplicación	X´= 0.38 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 30

Estabilidad del barraje (Esfuerzos actuantes y admisibles)

Descripción	Valores
Esfuerzo actuante en A	$\sigma A = 0.47\ kg/cm^2$
Esfuerzo actuante en B	$\sigma B = 0.72\ kg/cm^2$
Esfuerzo admisible	$\sigma adm = 0.78\ kg/cm^2$
Esfuerzo admisible	$\sigma adm = 0.78\ kg/cm^2$

Nota. Fuente: Propia

Tabla 31

Cálculo hidráulico

Caudales	Valores
Caudal máximo	Qmáx =0.07786 m^3/seg
Caudal mínimo	Qmín = 0.01365 m^3/seg
Caudal máximo diario	Qmd= 0.00054 m^3/seg

Nota. Fuente: Propia

Tabla 32

Diseño del Vertedero lateral o ventana lateral

Descripción	Valores
Longitud del vertedero lateral	Lv= 0.35 m
Altura del vertedero lateral	Hl= 0.10 m
Caudal del vertedero lateral	Q= 0.00054 m^3/seg

Nota. Fuente: propia

Tabla 33

Diseño del Barraje o azud

Descripción	Valores
Altura de sedimentos	Hs= 0.65 m
Altura de vertedero lateral	Hl= 0.10 m
Altura de barraje	Hb= 0.75 m
Longitud de barraje	L= 3.55 m
Caudal que pasa por el barraje	Q= 0.078m^3/seg

Nota. Fuente: Propia

Tabla 34

Dimensionamiento Canastilla

Descripción	Valores
Diámetro de la tubería de salida	Dc= 5.42 cm
Área de tubería de salida	Ac= 23.07 cm2
Diámetro de la canastilla	D= 4 pulg
Largo de la canastilla: 5 Dc	L= 27.10 cm

Nota. Fuente: Propia

Tabla 35

Altura de la cámara húmeda

Descripción	Valores
Altura mínima para sedimentación de 10 cm	A= 0.60 m
Altura de salida del fluido	B= 0.03 m
Carga de agua	h= 0.004 m
Borde libre	E= 0.300 m
Atura de cámara húmeda	Ht= 0.95 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 36

Dimensionamiento de la cámara húmeda

Descripción	Valores
Longitud de la canastilla	Lc= 27.10 cm
Longitud del vertedero	Lv=35 cm
Sección interna de la cámara	b=1 m* 1 m

Nota. *Fuente: Propia*

Tabla 37

Dispositivo de medición

Descripción	Valores
Altura	H= 5 cm

Nota. *Fuente: Propia*

Tabla 38

Rebose y limpia

Descripción	Valores
Diámetro de tubería para limpia	Dlimpia= 2 pulg
Diámetro de tubería para rebose	Drebose= 2 pulg

Nota. *Fuente: Propia*

3.1.1.2 Planta de tratamiento:

3.1.1.2.1 Filtro grueso dinámico

Tabla 39

Parámetros de diseño

Parámetro	Valor
Caudal de diseño	Qmd=0.538 m^3/seg
Número de unidades	N= 2 und
Velocidad de filtración	Vf= 0.40 m/hora

Nota. Fuente: Propia

Tabla 40

Dimensionamiento

Descripción	Valor
Área de filtración	Af= 2.42 m^2
Profundidad de filtro	H= 1.10 m
Ancho de filtro	B= 2.30 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 41

Longitud total de filtro

Descripción	Valor
Longitud 1	L1= 1.50 m
Longitud 2	L2= 1.50 m
Longitud 3	L3= 1.50 m
Longitud total	Lt= 4.50 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 42

Dispositivo de medición

Descripción	Valor
Caudal de entrada	Qd= 0.000538 m^3/seg
Altura de cresta del vertedero	S= 0.15 m
Velocidad superficial de lavado	Vs=0.19 m/s
Ancho de estructura	b= 0.27 m

Nota. Fuente: Propia

3.1.1.2.2 Filtro lento de arena

Tabla 43

Diseño de filtro lento de arena

Descripción	Valor
Caudal de diseño	Qd=0.0005 m^3/seg
Altura de cada unidad	H= 1.20 m
Número de unidades	N= 2 und
Velocidad de filtración	Vf = 0.17 m/s
Espesor de capa	0.02 m
Número de raspados por año	n= 6

Nota. Fuente: Propia

Tabla 44

Dimensionamiento

Descripción	Valor
Área del medio filtrante	As=5.70 m^2
Coeficiente de mínimo costo	K = 1.33
Largo de cada unidad	L= 2.80 m
Ancho de cada unidad	B= 2.10m
Espesor del muro	T= 0.20 m
Volumen del deposito	V= 1.41 m^3
Velocidad de Filtración Real	VR= 0.16 m/hora

Nota. Fuente: Propia

3.1.1.3 Cámara Rompe Presión – 7

Tabla 45

Resumen general para el diseño de la cámara rompe presión-7

Descripción	Valor
Altura requerida (H)	0.70 m
Altura mínima (A)	0.10 m
Altura de borde libre (BL)	0.40 m
Altura total (Ht)	0.90 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 46

Características de la cámara rompe presión-7

Descripción	Valor
Dimensiones	0.60m x 1mx 0.90 m
Diámetro de la canastilla (D)	4 pulg
Diámetro de tubería de rebose	2 pulg

Nota. Fuente: Propia

3.1.1.4 Reservorio:

Tabla 47

Parámetros de diseño

Descripción	Valores
Cobertura agua	1
N° viv. servidas	120 Viv
N° hab/Viv	4 hab/viv
Tasa de crecimiento	0.00 %
Habitantes servidos	480 hab/día
Habitantes total	480 hab
Periodo diseño	20 años
Dotación	80 lts/hab/día

Nota. Fuente: Propia

Tabla 48

Demanda de producción de agua (lts/s)

Descripción	Valores
Caudal promedio (Qp)	Q = 0.525 lts/s =0.0005 m^3/s

Nota. Fuente: Propia

Tabla 49

Demanda máxima diaria y horaria (lts/s)

Descripción	Valores
Caudal máximo diario (Qmd)	0.682 lts/s
Caudal máximo horario (Qmh)	1.049 lts/s

Nota. Fuente: Propia

Tabla 50

Resumen características hidráulicas reservorio

Descripción	Valores
Volumen de regulación	12.80 m^3
Volumen contra incendios	0.00 m^3
Volumen de reserva	4.91 m^3
Volumen de funcionamiento	1.32 m^3

Nota. Fuente: Propia

Tabla 51

Sección resultante

Descripción	Valores
Ancho	3.00 m
Largo	3.00 m
Alto	2.00 m
Borde libre	0.30 m

Nota. Fuente: Propia

3.1.1.5 Red de distribución

Tabla 52

Resumen de longitud de la línea de distribución

Descripción	Valor
Línea de distribución	8,019.89m

Nota. Fuente: Propia

3.1.2 Cálculo hidráulico Pan de Azúcar

3.1.2.1 Captación

Tabla 53

Estabilidad de barraje (Fuerza horizontales)

Descripción	Valores
Fuerza horizontales	
Relleno H=0.50m	
Fuerza horizontal (F1)	Fh= 225 kg
Punto de aplicación	Y= 0.17 m
Relleno H= 0.20m	
Fuerza horizontal (F2)	Fh= 36 kg
Punto de aplicación	Y= 0.07 m
Agua H=0.73m (F3)	
Fuerza horizontal (F3)	Fh= 281.25 kg
Punto de aplicación	Y= 0.25 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 54

Estabilidad de barraje (Fuerza verticales)

Descripción	Valores
Peso del barraje	
Fuerza vertical	Fv= 5928.00 kg
Punto de aplicación	X´= 0.38 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 55

Estabilidad de barraje (Esfuerzos actuantes y admisibles)

Descripción	Valores
Esfuerzo actuante en A	$\sigma A = 0.47\ kg/cm^2$
Esfuerzo actuante en B	$\sigma B = 0.72\ kg/cm^2$
Esfuerzo admisible	$\sigma adm = 0.78\ kg/cm^2$
Esfuerzo admisible	$\sigma adm = 0.78\ kg/cm^2$

Nota. Fuente: Propia

Tabla 56

Cálculo hidráulico

Caudales	Valores
Caudal máximo	Qmáx =0.10088 m^3/seg
Caudal mínimo	Qmín= 0.02132 m^3/seg
Caudal máximo diario	Qmd= 0.00054 m^3/seg

Nota. Fuente: Propia

Tabla 57

Diseño del vertedero lateral o ventana lateral

Descripción	Valores
Longitud del vertedero lateral	L= 0.35 m
Altura del vertedero lateral	Hl= 0.10 m
Caudal del vertedero lateral	Q= 0.03 m^3/seg

Nota. Fuente: Propia

Tabla 58

Diseño del barraje o azud

Descripción	Valores
Altura de sedimentos	Hs= 0.65 m
Altura de vertedero lateral	Hl= 0.10 m
Altura de barraje	Hb= 0.75 m
Longitud de barraje	L= 3.55 m
Caudal que pasa por el barraje	Q= 0.101 m^3/seg

Nota. Fuente: Propia

Tabla 59

Diseño de la canastilla

Descripción	Valores
Diámetro de la tubería de salida	Dc= 5.42 cm
Área de tubería de salida	Ac= 23.07 cm2
Diámetro de la canastilla	D= 4 pulg
Largo de la canastilla: 5 Dc	L= 27.10 cm

Nota. Fuente: Propia

Tabla 60

Altura de cámara húmeda

Descripción	Valores
Altura mínima para sedimentación de 10 cm	A= 0.60 m
Altura de salida del fluido	B= 0.03 m
Carga de agua	h= 0.004 m
Borde libre	E= 0.300 m
Atura de cámara húmeda	Ht= 0.95 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 61

Dimensionamiento de la cámara húmeda

Descripción	Valores
Longitud de la canastilla	Lc= 27.10 cm
Longitud del vertedero	Lv=35 cm
Sección interna de la cámara	b=1 m* 1 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 62

Dispositivo de medición

Descripción	Valores
Altura	H= 5 cm

Nota. Fuente: Propia

Tabla 63

Rebose y limpia

Descripción	Valores
Diámetro de tubería para limpia	Dlimpia= 2 pulg
Diámetro de tubería para rebose	Drebose= 2 pulg

Nota. Fuente: Propia

3.1.2.2 Planta de tratamiento

3.1.2.2.1 Filtro grueso dinámico

Tabla 64

Parámetros de diseño

Parámetro	Valor
Caudal de diseño	Qmd=0.682 m^3/seg
Número de unidades	N= 2 und
Velocidad de filtración	Vf= 0.40 m/hora

Nota. Fuente: Propia

Tabla 65

Dimensionamiento

Descripción	Valor
Área de filtración	Af= 3.07 m^2
Profundidad de filtro	H= 1.10 m
Ancho de filtro	B= 2.80 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 66

Longitud total del filtro

Descripción	Valor
Longitud 1	L1= 1.50 m
Longitud 2	L2= 1.50 m
Longitud 3	L3= 1.50 m
Longitud total	Lt= 4.50 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 67

Dispositivo de medición

Descripción	Valor
Caudal de entrada	Qd= 0.000682 m^3/seg
Altura de cresta del vertedero	S= 0.15 m
Velocidad superficial de lavado	Vs=0.19 m/s
Ancho de estructura	b= 0.34 m

Nota. Fuente: Propia

3.1.2.2.2 Filtro lento de arena

Tabla 68

Diseño de filtro lento de arena

Descripción	Valor
Caudal de diseño	Qd=0.0007 m^3/seg
Altura de cada unidad	H= 1.20 m
Número de unidades	N= 2 und
Velocidad de filtración	Vf = 0.17 m/s

Nota. Fuente: Propia

Tabla 69

Dimensionamiento

Descripción	Valor
Área del medio filtrante	As=7.22 m^2
Coeficiente de mínimo costo	K = 1.33
Largo de cada unidad	L= 3.20 m
Ancho de cada unidad	B= 2.40m
Espesor del muro	T= 0.20 m
Volumen del deposito	V= 1.84 m^3
Velocidad de Filtración Real	VR= 0.16 m/hora

Nota. Fuente: Propia

3.1.2.3 Cámara Rompe Presión – 7

Tabla 70

Resumen general para el diseño de la cámara rompe presión-7

Descripción	Valor
Altura requerida (H)	0.70 m
Altura mínima (A)	0.10 m
Altura de borde libre (BL)	0.40 m
Altura total (Ht)	0.90 m

Nota. Fuente: Propia

Tabla 71

Características de la cámara rompe presión-7

Descripción	Valor
Dimensiones	0.60m x 1mx 0.90 m
Diámetro de la canastilla (D)	4 pulg
Diámetro de tubería de rebose	2 pulg

Nota. Fuente: Propia

3.1.2.4 Reservorio

Tabla 72

Parámetros de diseño

Descripción	Valores
Cobertura de agua	1
N° hab/vivienda	78 Viv
Tasa de crecimiento	0.00 %
N° hab/Viv	4 hab/Viv
Habitantes servidos	312 hab/dia
Habitantes total	312 hab
Periodo de diseño	20 años
Dotación	80 lts/hab/día

Nota. Fuente: Propia

Tabla 73

Demanda de producción de agua (lts/s)

Descripción	Valores
Caudal promedio (Qp)	Q = 0.414 lts/s =0.0004 m^3/s

Nota. Fuente: Propia

Tabla 74

Demanda máxima diaria y horaria (lts/s)

Descripción	Valores
Caudal máximo diario (Qmd)	0.538 lts/s
Caudal máximo horario (Qmh)	0.828 lts/s

Nota. Fuente: Propia

Tabla 75

Resumen características hidráulicas reservorio

Descripción	Valores
Volumen de regulación	8.95 m^3
Volumen contra incendios	0.00 m^3
Volumen de reserva	3.88 m^3
Volumen de funcionamiento	1.70 m^3

Nota. Fuente: Propia

Tabla *76*

Sección resultante

Descripción	Valores
Ancho	3.00 m
Largo	3.00 m
Alto	1.70 m
Borde libre	0.30 m

Nota. Fuente: Propia

3.1.2.5 Redes de distribución de agua

Tabla 77

Resumen de longitudes por tramos de la línea de conducción y distribución

Descripción	Valor
Línea de distribución	3,506.31 m

Nota. Fuente: Propia

Con los cálculos hidráulicos se determinó el caudal de la captación, del vertedero, del barraje fijo, diámetro del rebose

En la planta de tratamiento se determinó el volumen de cada reservorio proyectado para cada localidad, el caudal de diseño necesario, diseño del filtro lento, filtro de arena, sedimentador y tipo de vertedero.

En el reservorio se determinó el caudal promedio y el consumo de acuerdo a la demanda en cada localidad, además se determinó los valores necesarios para el diseño de la cámara rompe presión, así como también la longitud de para cada línea de conducción, aducción y distribución.

3.1.2 Cálculo estructural Cedropampa

3.1.2.1 Captación

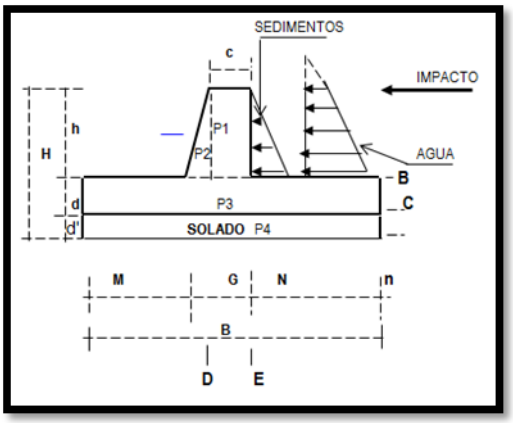


Figura 12. Distribución de fuerzas sobre la captación

A. Análisis al volteo y al deslizamiento

Análisis de estabilidad en la sección c-c

Tabla 78

Fuerzas verticales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Mir (Ton-m)
P1	0.144	1.24	0.209
P2	0.333	0.92	0.307
P3	1.104	1.15	1.270
Ev	0.070	1.30	0.091
Total	1.741		1.957
Xv = 1.12 m			

Nota. Fuente: Propia

Donde:

Xv: Distancia vertical resultante

Tabla 79

Fuerzas horizontales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Miv (Ton-m)
Eh	0.266	0.32	0.084
Ea	0.451	0.32	0.143
F	0.226	0.95	0.214
	0.943		0.441

Nota. Fuente: Propia

Donde:

Xh = 0.47 m (Resultante en x)

Donde:

Xh: Distancia horizontal resultante

Tabla 80

Fuerzas verticales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Mir (Ton-m)
P1	0.234	1.24	0.289
P2	0.333	0.93	0.310
P3	1.104	1.15	1.270
P4	0.552	1.15	0.635
Ev	0.086	1.30	0.112
Total	2.309		2.615

Nota. Fuente: Propia

Donde:

Xv= 1.62 m (Distancia vertical resultante)

Tabla 81

Fuerzas horizontales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Miv (Ton-m)
Eh	0.325	0.35	0.114
Ea	0.451	0.317	0.143
F	0.226	0.950	0.214
	1.002		0.471

Nota. Fuente: Propia

Donde:

Xh = 0.38 m (Distancia horizontal resultante)

B. Cálculo de las presiones máximas y mínimas

Tabla 82

Verificación de presiones

Descripción	Valor
S máx	0.16 kg /cm^2
S terreno	0.79 kg/cm^2
S máx ≤ S terreno	Cumple
S min	0.04 kg/cm^2
S mín. ≤ S terreno	Cumple

Nota. Fuente: Propia

C. Diseño barraje: análisis de la sección B-B

Tabla 83

Fuerzas verticales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Mir (Ton-m)
P1	0.144	1.45	0.209
P2	0.144	1.27	0.182
Total	0.288		0.39

Nota. Fuente: Propia

Donde:

Xv = 1.360 m (Distancia vertical resultante)

Tabla 84

Fuerzas horizontales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Miv (Ton-m)
Eh	0.203	0.20	0.041
Ea	0.180	0.20	0.036
Fi	0.090	0.60	0.054
	0.473		0.131

Nota. Fuente: Propia

Donde;

Xh = 0.28 m (Distancia horizontal resultante)

D. Diseño por servicio

Tabla 85

Verificación del peralte

Descripción	Valor
Momento	0.131 Ton-m
d (asumido)	25 cm
d(calculado)	3.68cm
d < d (asumido)	cumple

Nota. Fuente: Propia

E. Diseño por rotura

Tabla 86

Distribución de acero vertical y horizontal

Descripción	Valor
Mu	0.131 Ton-m
d (asumido)	25 cm
As	0.23 cm^2
ρ min	Cumple
As min	5 cm^2
Acero vertical	4 Φ = 1/2" @ 25 cm
Acero horizontal	3 Φ = 1/2" @ 25 cm

Nota. Fuente: Propia

F. Diseño losa

Tabla 87

Fuerzas verticales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Mi (Ton-m)
Pc	0.576	0.60	-0.346
Pdd1	0.802	0.62	0.494
Pdd2	0.684	0.62	0.421
Total			0.570

Nota. Fuente: Propia

G. Diseño por servicio

Tabla 88

Verificación peralte

Descripción	Valor
Momento	0.570 Ton-m
H (peralte)	14 cm
d (calculado)	7.70 cm
d < H	cumple

Nota. Fuente: Propia

Tabla 89

Verificación por esfuerzo cortante

Descripción	Valor
Momento	1.16 Ton/m
V	0.816 Ton
Vu	1.39 Ton
ØVc	8.34 Ton
Vu < ØVc	
dc	2.33 cm
dc < d	cumple

Nota. Fuente: Propia

H. Diseño por rotura

Tabla 90

Distribución de acero

Descripción		Valor
Momento ultimo		0.969 Ton-m
d		14 cm
As		1.87 cm^2
As mín.		4.67 cm^2
As min > As		As mín.
Acero	4	Φ = 1/2” @ 25 cm

Nota. Fuente: Propia

3.1.2.2 Reservorio

A. Diseño reservorio circular

Tabla 91

Dimensionamiento

Descripción	Valor
Volumen reservorio	18 m^3
Altura útil reservorio	1.70 m
Lado útil reservorio	3 m

Nota. Fuente: Propia

B. Diseño de muros

Tabla 92

Acero en muros

Descripción	**Valores**
Acero vertical	½ pulg
Diámetro	1.270 cm
Área	1.267 cm^2
Acero horizontal	3/8 pulg
Diámetro	0.953 cm
Área	0.713 cm^2

Nota. Fuente: Propia

C. Diseño de losa de techo

Tabla 93

Acero losa de techo

Descripción	Valores
Acero horizontal	1/2 pulg
Diámetro	1.270 cm
Área	1.267 cm
Espaciamiento	0.25 m

Nota. Fuente propia

D. Diseño de losa de fondo

Tabla 94

Acero losa de fondo

Descripción	Valores
Acero horizontal	1/2 pulg
Diámetro	1.270 cm
Área	1.267 cm
Espaciamiento	0.25 m

Nota. Fuente: propia

E. Diseño de las paredes del reservorio

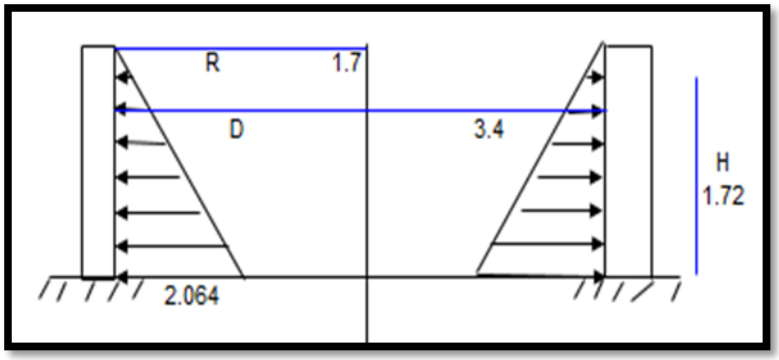


Figura 13. Fuerzas actuantes sobre las paredes

Tabla 95

Valores obtenidos

Descripción	Valor
w agua	1
w sismo	0.2
w	1.2
H	1.72
D	3.4
t	0.1
B/H	2.4

Nota. Fuente: propia

3.1.2.3 Cámara rompe presión tipo 7

Tabla 96

Valores obtenidos de cálculo

DATOS:		
Ancho del CRP	B =	0.80 m
Altura de agua	h=	0.50m
Longitud de CRP	L=	1.20 m
Profundidad de cimentación	he=	0.00m

Nota. Fuente: propia

Tabla 97

Valores obtenidos de cálculo

DATOS		
Borde libre	BL =	0.40 m
Altura total	H=	0.90 m
Peso específico promedio	γ m =	1000 kg/m^3
Capacidad portante	st =	0.79 kg/cm^2
Resistencia del concreto	f'c =	210 kg/cm^2
Esfuerzo de fluencia del acero	Fy =	4200 kg/cm^2
Fatiga de trabajo	fs =	1680 kg/cm^2
Recubrimiento	r =	4 cm

Nota. Fuente: Propia

1. Diseño de los muros

Tabla 98

Distribución de acero en muros

Descripción	Valor
Máximo momento en armadura vertical	9.35 kg-m
Máximo momento en armadura horizontal	6.5 kg-m

Nota. Fuente: Propia

2. Diseño de la losa de fondo

Tabla 99

Distribución acero losa de fondo

Descripción	Valor
Peso (W)	740 kg/m^2
Momento de empotramiento Me	-2.94 kg-m
Momento en el centro Mc	0.14 kg-m
Máximo momento absoluto	2.94 kg-m
Espesor de la losa (el)	10 cm
asumimos un peralte efectivo (d)	6cm
Acero	Φ 3/8 @0.20m

Nota. Fuente: Propia

3.1.2.4 Válvula de control

Tabla 100

Valores obtenidos de cálculo

Descripción		Valor
Altura de la cámara húmeda	Ht =	0.90 m
Altura de suelo	Hs =	0.45 m
Ancho de pantalla	b =	1 m
Espesor de muro	e_m =	0.10 m
Espesor de la base	e_b =	0.10 m
Peso específico del suelo	γ_S =	1527 kg/m^3
Angulo de rozamiento interno del suelo	Φ =	15.10 °
Coeficiente de fricción	μ =	0.42
Peso específico del concreto	γ_C =	2400 kg /m^3
Capacidad de carga del suelo	σ_t =	0.79 kg/cm^2

Nota. Fuente: Propia

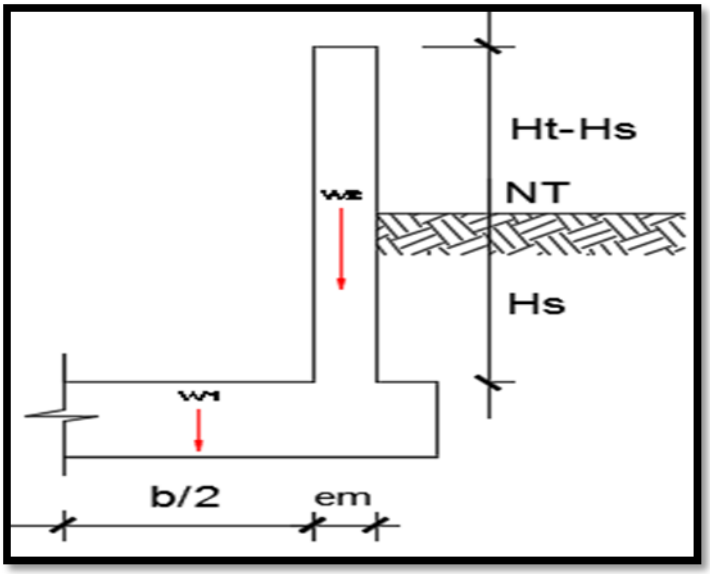


Figura 14. Parámetros que intervienen en el diseño

1. Distribución de la armadura en el muro

Tabla 101

Distribución acero en muro

Descripción	Valor
Armadura vertical y horizontal(En ambas direcciones)	Φ= 3/8” @ 0.15 m

Nota. Fuente: Propia

2. Distribución de la armadura en la losa

Tabla 102

Distribución acero en muro

Descripción	Valor
Acero (En ambas direcciones)	Φ= 3/8” @ 0.20m

Nota. Fuente: Propia

3.1.2.5 Válvula de purga y aire

Tabla 103

Valores obtenidos de cálculos

Descripción		Valor
Altura de la cámara húmeda	Ht =	0.90 m
Altura de suelo	Hs =	0.45 m
Ancho de pantalla	b =	0.80 m
Espesor de muro	e_m =	0.10 m
Espesor de la base	e_b =	0.10 m
Peso específico del suelo	γ_S =	1527 kg/m^3
Angulo de rozamiento interno del suelo	Φ =	15 °
Coeficiente de fricción	μ =	0.42
Peso específico del concreto	γ_C =	2400 kg /m^3
Capacidad de carga e sulo	σ_t =	0.79 kg/cm^2

Nota. Fuente: Propia

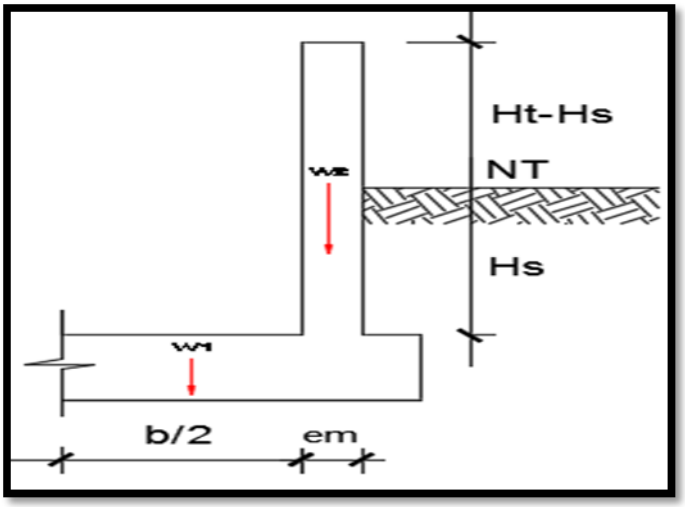


Figura 15. Parámetros que intervienen en el diseño

1.- Datos para el diseño del reforzamiento

Tabla 104

Valores obtenidos de cálculo

Descripción	Valor
Espesor de muro	em =0.10 m
Espesor de la base	eb = 0.10 m
Peralte del muro	dm=0.07
Peralte de la base	db =0.07
Esfuerzo de fluencia del acero	fy = 4200 kg/mc^2
Resistencia a la compresión del concreto	fc = 210 kg/cm^2
Ancho de la cimentación	b = 100cm

Nota. Fuente: Propia

2.- Distribución de la armadura en el muro

Tabla 105

Distribución acero vertical y horizontal

Descripción	Valor
Armadura en ambas direcciones	Φ 3/8” @ 0.20 m

Nota. Fuente: Propia

Para el cálculo estructural de las estructuras destinadas a las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar se determinó teniendo en cuenta diversos parámetros que habían sido obtenidos previamente de los estudios de las propiedades del suelo de la zona de estudio, además de las cargas, esfuerzos a los que se ven sometidas la mayoría de estructuras. Debidamente calculadas para cada estructura planteada.

3.1.3 Cálculo estructural Pan de Azúcar

3.1.3.1 Captación

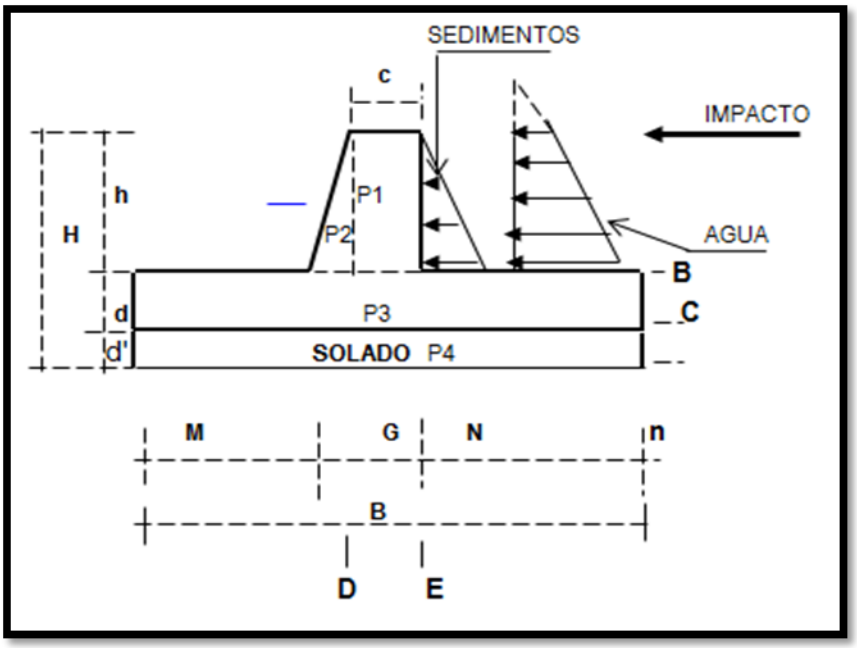


Figura 16. Distribución de fuerzas sobre captación

I. Análisis al volteo y al deslizamiento

Análisis de estabilidad en la sección c-c

Tabla 106

Fuerzas verticales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Mir (Ton-m)
P1	0.144	1.45	0.209
P2	0.144	1.27	0.182
P3	1.584	1.65	2.614
Ev	0.041	1.50	0.062
Total	1.913		3.067
Xv = 1.60 m			

Nota. Fuente: Propia

Donde:

Xv: Distancia vertical resultante

Tabla 107

Fuerzas horizontales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Miv (Ton-m)
Eh	0.361	0.27	0.96
Ea	0.320	0.27	0.085
F	0.160	0.80	0.128
	0.841		0.310

Nota. Fuente: Propia

Donde:

Xh = 0.37 m (Resultante en x)

Donde:

Xh: Distancia horizontal resultante

Tabla 108

Fuerzas verticales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Mir (Ton-m)
P1	0.144	1.45	0.209
P2	0.144	1.30	0.187
P3	1.584	1.65	2.614
P4	1.584	1.65	2.614
Ev	0.065	1.50	0.097
Total	3.521		5.720

Nota. Fuente: Propia

Donde:

Xv= 1.62 m (Distancia vertical resultante)

Tabla 109

Fuerzas horizontales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Miv (Ton-m)
Eh	0.564	0.33	0.188
Ea	0.320	0.267	0.085
F	0.160	0.800	0.128
	1.044		0.401

Nota. Fuente: Propia

Donde:

Xh = 0.38 m (Distancia horizontal resultante)

J. Cálculo de las presiones máximas y mínimas

Tabla 110

Verificación de presiones

Descripción	Valor
S máx	0.13 kg /cm^2
S terreno	0.79 kg/cm^2
S máx ≤ S terreno	Cumple
S min	0.08 kg/cm^2
S mín. ≤ S terreno	Cumple

Nota. Fuente: Propia

K. Diseño barraje: análisis de la sección B-B

Tabla 111

Fuerzas verticales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Mir (Ton-m)
P1	0.144	1.45	0.209
P2	0.144	1.27	0.182
Total	0.288		0.39

Nota. Fuente: Propia

Donde:

Xv = 1.360 m (Distancia vertical resultante)

Tabla 112

Fuerzas horizontales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Miv (Ton-m)
Eh	0.203	0.20	0.041
Ea	0.180	0.20	0.036
Fi	0.090	0.60	0.054
	0.473		0.131

Nota. Fuente: Propia

Donde;

Xh = 0.28 m (Distancia horizontal resultante)

L. Diseño por servicio

Tabla 113

Verificación del peralte

Descripción	Valor
Momento	0.131 Ton-m
d (asumido)	25 cm
d(calculado)	3.68cm
d < d (asumido)	cumple

Nota. Fuente: Propia

M. Diseño por rotura

Tabla 114

Distribución de acero vertical y horizontal

Descripción	Valor
Mu	0.131 Ton-m
d (asumido)	25 cm
As	0.23 cm^2
ρ min	Cumple
As min	5 cm^2
Acero vertical	4 Φ = 1/2” @ 25 cm
Acero horizontal	5 Φ = 1/2” @ 25 cm

Nota. Fuente: Propia

N. Diseño losa

Tabla 115

Fuerzas verticales actuantes

	Pi (Ton)	Xi (m)	Mi (Ton-m)
Pc	0.576	0.60	-0.346
Pdd1	0.802	0.62	0.494
Pdd2	0.684	0.62	0.421
Total			0.570

Nota. Fuente: Propia

O. Diseño por servicio

Tabla 116

Verificación peralte

Descripción	Valor
Momento	0.570 Ton-m
H (peralte)	14 cm
d (calculado)	7.70 cm
d < H	cumple

Nota. Fuente: Propia

Tabla 117

Verificación por esfuerzo cortante

Descripción	Valor
Momento	1.16 Ton/m
V	0.816 Ton
Vu	1.39 Ton
ØVc	8.34 Ton
Vu < ØVc	cumple
dc	2.33 cm
dc < d	cumple

Nota. Fuente: Propia

P. Diseño por rotura

Tabla 118

Distribución de acero

Descripción		Valor
Momento ultimo		0.969 Ton-m
d		14 cm
As		1.87 cm^2
As mín.		4.67 cm^2
As min > As		As mín.
Acero	6	Φ = 1/2” @ 25 cm

Nota. Fuente: Propia

3.1.3.2 Reservorio

Tabla 119

Dimensionamiento

Descripción	Valores
Volumen reservorio	15 m3
Altura útil reservorio	1.70 m
Lado útil reservorio	3.00 m

Nota. Fuente: Propia

A. Diseño de muros

Tabla 120

Acero en muros

Descripción	Valores
Acero vertical	½ pulg
Diámetro	1.270 cm
Área	1.267 cm^2
Acero horizontal	3/8 pulg
Diámetro	0.953 cm
Área	0.713 cm^2

Nota. Fuente: Propia

B. Diseño de losa de techo

Tabla 121

Acero losa de techo

Descripción	Valores
Acero horizontal	1/2 pulg
Diámetro	1.270 cm
Área	1.267 cm
Espaciamiento	0.25 m

Nota. Fuente propia

C. Diseño de losa de fondo

Tabla 122

Acero losa de fondo

Descripción	Valores
Acero horizontal	1/2 pulg
Diámetro	1.270 cm
Área	1.267 cm
Espaciamiento	0.25 m

Nota. Fuente: propia

D. Diseño de las paredes del reservorio

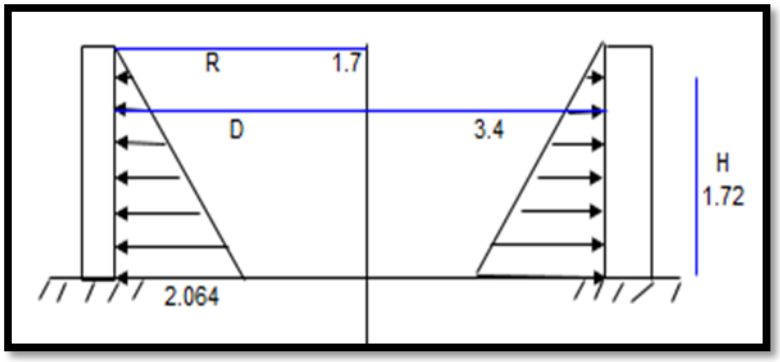


Figura 17. Fuerzas actuantes sobre las paredes

Tabla 123

Valores obtenidos

Descripción	Valor
w agua	1
w sismo	0.2
w	1.2
H	1.72
D	3.4
t	0.1
B/H	2.4

Nota. Fuente: propia

3.2 Plantear la UBS (Unidad Básica de Saneamiento)

Para plantear la UBS se ha tenido en cuenta la realización del Test de percolación

TEST DE PERCOLACIÓN CEDROPAMPA

Tabla 124

Valores obtenidos de campo

Descripción	Valor	
El suelo analizado desciende 1" de nivel de agua en:	00:22:57	min
Equivalente para descender 1 cm.	00:09:11	LENTA
Coeficiente de infiltración (lt/m^2 - día)	42.17	

Nota. Fuente propia

TEST DE PERCOLACIÓN PAN DE AZÚCAR

Tabla 125

Valores obtenidos en campo

Descripción	Valor	
El suelo analizado desciende 1" de nivel de agua en:	00:22:51	min
Equivalente para descender 1 cm.	00:09:08	LENTA
Coeficiente de infiltración (lt/m^2 - día)	42.30	

Nota. Fuente: Propia

Tabla 126

Tiempos de infiltración en función de la clase de terreno

Clase de Terreno	Tiempo de Infiltración para el Descenso de 1 cm.
Rápidos	de 0 a 4 minutos
Medios	de 4 a 8 minutos
Lentos	de 8 a 12 minutos

Nota. Fuente RNE - Norma IS.020

Biodigestor Cedropampa

Tabla 127

Valores obtenidos del test de percolación

Descripción	Valor
Volumen de biodigestor	600 lts
Resultado del test de percolación	9.11 min
Área requerida (A)	2.84 m^2
Diámetro del pozo de percolación (d)	0.80 m
Número de pozos	1.00
Profundidad	1.100 m
Asumido	2.00m

Nota. Fuente: propia

Biodigestor Pan de azúcar

Tabla 128

Valores obtenidos del test de percolación

Descripción	Valor
Volumen de biodigestor	600 lts
Resultado del test de percolación	9.08 min
Área requerida (a)	2.83 m^2
Diámetro del pozo de percolación (d)	0.80 m
Número de pozos	1.00
Profundidad: (H)	1.100 m
Asumido	2.00m

Nota. Fuente: propia

Tabla 129

Volúmenes de biodigestor en función de la cantidad de lodos

Biodigestor	600 L	700 L	1300 L	3000 L	7000 L
Evacuación de Lodos	100 L	120 L	184 L	800 L	1500 L

Nota. Fuente: propia

Se trabajará las letrinas con el sistema de arrastre hidráulico teniendo en cuenta el diseño de la letrina, caseta, aparato sanitario, el conducto de evacuación de las aguas residuales, caja repartidora biodigestor prefabricado diseño del área de percolación.

3.3 Elaborar el estudio de ingeniería definitivo.

Contempla todo el archivo para la realización del expediente técnico el cual consta de los siguientes documentos que comprenden:

3.3.1 Memoria de cálculo.

Para los cálculos se han tenido en cuenta la normativa peruana vigente:

- Norma Técnica de Edificación OS.050 (Redes de Distribución).
- Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural.
- Norma Técnica de Edificación E-060(Concreto Armado).
- Norma Técnica de Edificación E-020 (Cargas).
- Norma Técnica de Edificación E-030 (Sismo Resistente).

Anexos 1. Ver anexos Memoria de cálculo en estudio definitivo de ingeniería

3.3.2 Metrádos:

Se detalla de manera general a continuación:

Tabla 130

Estructuras a metrar

Descripción	Und	Cantidad
Captación	Und	2.00
Planta de tratamiento	Und	2.00
Reservorio apoyado de concreto	Und	2.00
Cajas rompe presión T-7	Und	27
Red de distribución de agua pan de azúcar (1”)	m	3506.31
Red de distribución de agua Cedropampa (1”)	m	1226.67
Conexiones domiciliarias	Und	198
Válvulas de control	Und	11
válvulas de purga	Und	16
UBS c/arrastre hidráulico	Und	198

Anexos 2.Ver anexos Metrádos en el estudio definitivo de ingeniería

3.3.3 Presupuesto de obra.

El costo de la obra para la ejecución del presente proyecto es: S/. SIETE MILLONES NOVECIENTOS CUARENTA Y NUEVE MIL CIENTO SESENTA Y CINCO CON 88/100 SOLES, con precios actualizados al mes de noviembre del 2018.

Anexos 3.Ver anexos Presupuesto de obra en el estudio definitivo de ingeniería

3.3.4 Análisis de costos unitarios.

En esta partida se trabajará las partidas que a continuación se mencionan:

Anexos 4.Ver anexos Análisis de costos unitarios en el estudio definitivo de ingeniería.

3.3.5 Especificaciones técnicas.

Introducción:

Las Especificaciones Técnicas son un conjunto de requisitos técnicos vinculados a la descripción de los trabajos, método de construcción, calidad de los materiales, sistemas de control de calidad, procedimientos constructivos, métodos de medición y condiciones de pago requeridos para la ejecución de la obra.

Se definen los conceptos más importantes, las características o particularidades de un Proyecto y en general aquellos criterios que serán necesarios orientar y unificar para

mantener una adecuada estructura de efectividad y eficiencia en los responsables que ejecuta la Obra y los que Supervisan.

En caso de existir discrepancias en los documentos que contemplen la ejecución de la obra el orden de entendimiento o prelación será el que sigue:

1. Planos del Proyecto
2. Especificaciones Técnicas
3. Metrádos
4. Análisis de Costos
5. Memoria descriptiva.

Entendiéndose que los planos tienen validez sobre las especificaciones técnicas, las especificaciones técnicas tienen validez sobre los Metrádos. La omisión parcial o total de una partida no dispensará al ejecutor de su ejecución si está previsto en los planos y/o las especificaciones técnicas.

Objetivos:

La presente Especificación Técnica, servirá de marco de referencia para la correcta ejecución de las obras de Abastecimiento de Agua Potable y disposición sanitaria de excretas, así como para mantener una adecuada estructura de Control en su Ejecución (Obra) y Forma de Pagos correspondientes.

Anexos 5.Ver anexos especificaciones técnicas en el estudio definitivo de ingeniería.

3.3.6 Planos.

Anexos 6.Ver anexos Planos en el estudio de ingeniería definitivo de ingeniería.

3.3.7 Informe topográfico

Los trabajos que se efectuaron consistieron en levantamientos topográficos de las zonas encomendadas, correspondientes a la Captación, línea de conducción, línea de Distribución, Casas, etc.

De acuerdo a las condiciones geodinámicas de las zonas de trabajo estas se han sub dividido en reconocimiento de campo, principalmente puntos monumentados para referenciar el levantamiento con puntos de control y levantamiento de detalle de las áreas encomendadas.

Para el inicio de la realización de este trabajo se empleó una Estación Total y las coordenadas UTM que se encuentran en el Sistema WSG - 84 (World Geodetic System 1984 o sistema Geodésico Mundial de 1984).

Anexos 7.Ver anexos informe topográfico en el estudio definitivo de ingeniería.

3.3.8 Estudio de fuentes de agua

De acuerdo a la cadena de custodia N° CC.311 – 16, se recepcionan las muestras en las instalaciones de nuestro laboratorio el día 18 de julio, para la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
El informe contiene la descripción de fecha/hora y punto de recepción de muestras, método de ensayo, resultados de laboratorio y observaciones generales.

Anexos 8.Ver anexos estudio de fuentes de agua en el estudio definitivo de ingeniería.

3.3.9 Estudio de mecánica de suelos

Se ha realizado el presente estudio de suelos, mediante el cual describimos los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, llevados a cabo en el área donde se ubicarán la captación, el reservorio, apoyado, el mejoramiento del agua y saneamiento, así mismo determinar las características físico-mecánicas del suelo, dentro de la profundidad activa y a partir de ellas, los parámetros necesarios para el diseño y construcción de las estructuras a realizar.

Anexos 9.Ver anexos estudio de mecánica de suelos en el estudio definitivo de ingeniería.

3.3.10 Análisis de riesgos

El estudio de análisis de riesgos, es realizar un análisis y evaluación de los peligros y vulnerabilidades de origen natural y/o antrópico sobre las infraestructuras proyectadas durante la implementación del servicio de agua potable e instalación de UBS en las Comunidades de Cedropampa y Pan de Azúcar, Distrito de Santo Domingo de la Capilla, Provincia de Cutervo, Departamento de Cajamarca.

Anexos 10.Ver anexos análisis de riesgos en el estudio definitivo de ingeniería.

3.4 Manual de operación y mantenimiento del proyecto.

Se ha establecido un manual de operación y mantenimiento para las líneas de conducción de sistemas de abastecimiento de agua rural cuando esté puesta en marcha y en funcionamiento para su mantenimiento (trimestral, semestral y anual).

Así como limpieza y desinfección en el caso de la captación del canal, reservorio, línea de aducción y redes de distribución, mantenimiento de llaves en conexiones domiciliarias, filtraciones de servicios sanitarios.

Anexos 11.Ver anexos manual de operación y mantenimiento en el estudio de ingeniería definitivo.

CAPÍTULO IV
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

IV.DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Cálculo hidráulico y estructural

4.1.1 Cálculo hidráulico

De acuerdo a las normativas establecidas en el ministerio de vivienda, así como normas y reglamentos vigentes en nuestro país se ha calculado los servicios de agua potable a las comunidades de Cedropampa y Pan de azúcar con 792 habitantes en aproximadamente 198 viviendas instituciones públicas, contribuyendo para el cálculo las formulas tradicionales que se encuentran en diversas bibliografías de libros de la rama de hidráulica tales como hidráulica de tuberías y canales de Arturo Rocha Felices, la guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural del programa nacional de saneamiento rural, Agua potable para poblaciones rurales de Roger Agüero Pittman; las mismas que nos han permitido determinar el caudal de diseño, diámetros de tuberías la capacidad de almacenamiento y regulación del tanque, diseño de los conductos cerrados, así como el diseño para las plantas de tratamiento, además se ha tenido en cuenta algunas tesis con la misma línea de investigación titulada "Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo distrito de Oxamarca – Celendín – Cajamarca", Pertenecientes al bachiller Luis Alberto Sandoval Chávez, "Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario del centro poblado de Tartar Grande, distrito de Baños del Inca-Cajamarca-Cajamarca", perteneciente al bachiller Carlos Alberto Cachi Ramírez;

Que han tomado como guía las diferentes normativas contenidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones; por lo tanto, se ha obtenido resultados que son respaldados por la normativa y se encuentran dentro de los límites permitidos.

4.1.2 Cálculo estructural

Para el cálculo estructural se ha tenido en cuenta las normativas vigentes en el reglamento nacional de edificaciones de nuestro país, así como estudios básicos tal como indica la norma y aplicar parámetros de las normas que se detallan a continuación:

Los resultados encontrados cumplen con las fórmulas y normas establecidas que se indican

- Norma Técnica de Edificación E-060(Concreto Armado).
- Norma Técnica de Edificación E-020 (Cargas).
- Norma Técnica de Edificación E-030 (Sismo Resistente).

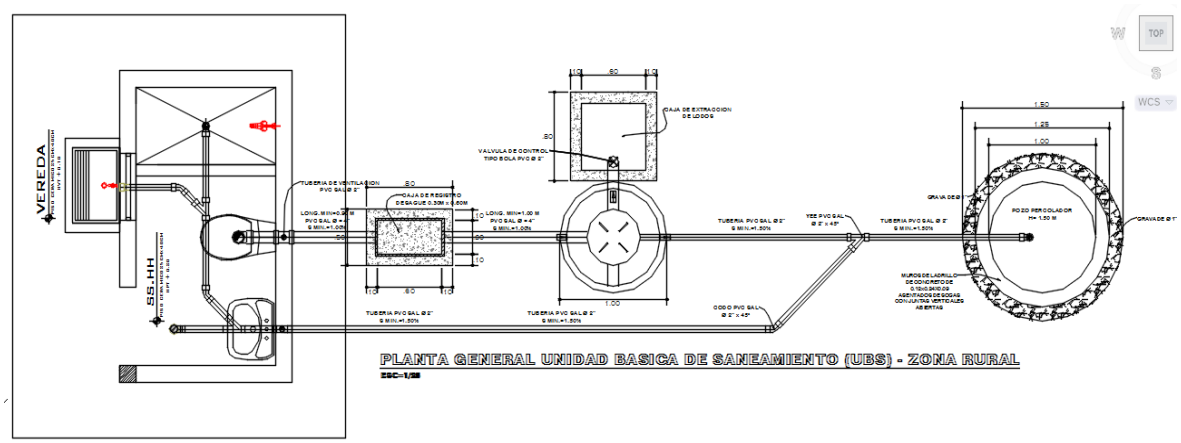
En el cual se obtuvieron diámetros de aceros, cantidad de materiales, dimensiones de estructuras, los cuales cumplen con los parámetros establecidos por los documentos mencionados anteriormente.

4.2 Planteamiento de la UBS.

Se tuvo en cuenta la norma I.S 020 TANQUES SÉPTICOS, para clasificar el terreno de acuerdo a los resultados de la prueba de percolación, los cuales no presentan resultados de la prueba de percolación mayores a 12 min se ha considerado biodigestor debido al resultado que arroja es de 9.11 min. Para Cedropampa y 9.8 para Pan de Azúcar.

De acuerdo a la norma de ministerio de vivienda, lineamientos para la formulación de programas o proyectos de agua y saneamiento para centros poblados del ámbito rural, la R.M.N° 201-2012-VIVIENDA Y la guía la guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural. Actualizada con R.M.N° 189-2017-VVIENDA, el 29 de mayo del 2017.

De acuerdo al capítulo VI de la norma antes mencionada se ha considerado trabajar con la unidad básica de saneamiento-Arrastre hidráulico con tanque séptico mejorado. La cual contemplara los siguientes elementos Caseta o cuarto de baño: Ducha, Inodoro, Lavatorio. Además, se debe considerar en la parte externa al cuarto de baño un lavadero, caja de registro, el pozo de percolación, pozo de lodos, tanque séptico mejorado y zanja de percolación.



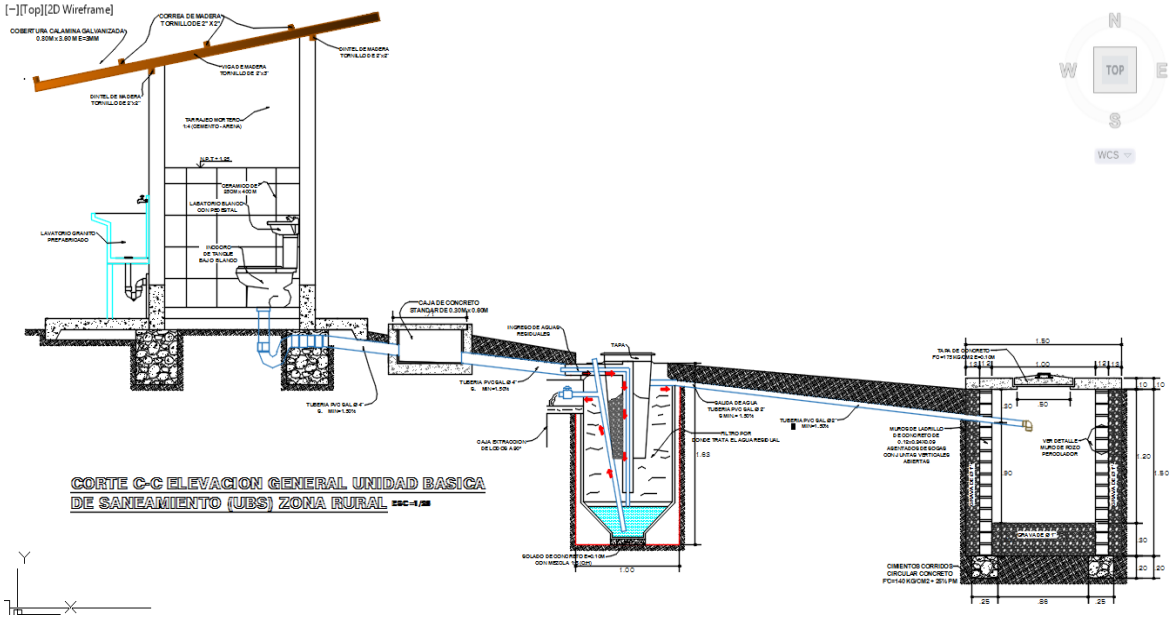


Figura 18. Gráfico de Unidad Básica de Saneamiento con Arrastre Hidráulico

Fuente: Propia

4.3 Estudio de ingeniería definitivo.

Para la elaboración del expediente técnico definitivo se ha tenido en cuenta la guía de orientación para la elaboración de expedientes técnicos de proyectos de saneamiento 2016 del ministerio de vivienda y saneamiento. Además, se consultó bibliografía de autores reconocidos de ejemplares y se usó formulas conocidas como la de Hazen Williams, Colebrook, métodos aritméticos etc.

También se ha tenido en cuenta los estudios básicos: Estudio topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudios de fuentes de agua, calidad del agua, análisis de las medidas de reducción de riesgos de desastres, CIRA, estudio de impacto ambiental, obteniendo resultados que cumplen con las normas para cada uno de los estudios realizados.

Además, cumple con las normas AASTHO, las normas técnicas peruanas establecidas en R.N.E para el diseño hidráulico y estructural de agua y saneamiento para el cálculo de la captación, planta de tratamiento, reservorio, red de distribución, línea de aducción y línea de distribución.

4.4 Manual de operación y mantenimiento.

Según lo establecido mediante el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento del ministerio de vivienda, en el programa nacional de saneamiento urbano y rural se debe

elaborar un manual de operación y mantenimiento para todo tipo de obra en esta línea de proyectos, para proyectos de sistemas de abastecimiento de agua rural se debe dar a conocer el objetivo, definiciones, aplicación, operación y mantenimiento para las líneas de conducción de agua rural, operación y mantenimiento para las líneas de impulsión de agua rural, funcionamiento, además se debe mencionar como debe ser el mantenimiento, frecuencia, trabajos a realizar, herramientas y materiales, procedimientos para la red de distribución, así mismo la operación y mantenimiento en la etapa de operación la limpieza y desinfección de la estructura de almacenamiento.

Así mismo se da a conocer la función de cada componente del sistema de agua potable y saneamiento para su adecuado mantenimiento se describe la correcta instalación de los aparatos sanitarios, requerimientos básicos, identificación de problemas, mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES
Y RECOMENDACIONES

V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Con el cálculo hidráulico se determinó el caudal de diseño, el volumen de captación, volumen del reservorio, diámetro para los conductos de agua, tanto para la línea de aducción red de distribución y línea de conducción velocidad, regulación del tanque, diseño de los conductos cerrados, así como el diseño para las plantas de tratamiento.
2. Con el cálculo estructural se obtuvo los diámetros de acero requeridos, cantidad de materiales a usar, dimensiones de cada una de las estructuras.
3. Del planteamiento del sistema de UBS se obtuvieron resultados del 1° test de percolación se tiene que 9.11 min es el tiempo que tarda en descender 1.00 cm. y el 2° test tarda 1.00 cm en 9.08 min. Por lo tanto, de acuerdo a los valores establecidos de tiempo de infiltración de acuerdo al tipo de terreno y el test de percolación realizado en las localidades de Cedropampa y Pan de Azúcar, se clarifica como un terreno de lenta infiltración. Se obtuvo un biodigestor de 600 litros de capacidad, asimismo se construirá un pozo de infiltración de acuerdo a las dimensiones indicadas y el periodo de será cada 9 meses aproximadamente o según las recomendaciones del fabricante.
4. Del estudio de ingeniería definitivo se realizó un conglomerado de documentos que forman parte del expediente técnico.
5. De la elaboración del manual de operación y mantenimiento Con el respaldo del programa nacional de saneamiento urbano y rural se elaboró el manual de operación y mantenimiento para proyectos sistemas de abastecimiento de agua rural

5.2 Recomendaciones

1. Para el buen desarrollo de un expediente técnico de esta índole se debe tener en cuenta conocimientos básicos, criterio para realizar los cálculos respectivos y aplicar la normativa peruana establecida.
2. Cuando se ejecuten las obras de agua potable y saneamiento básico rural, la entidad deberá contar con profesionales idóneos, para que en su representación velen por el buen desarrollo del mismo de acuerdo a lo especificado en el expediente técnico.
3. Se sugiere que en proyectos de agua potable y saneamiento la entidad debe coordinar charlas dirigidas a la población beneficiaria, con temas de educación sanitaria en lo

referente a la importancia del agua, la salud del hombre, uso y mantenimiento de los sistemas.

4. Se sugiere gestionar el financiamiento, para hacer realidad el proyecto en mención.
5. Se recomienda a los estudiantes y e ingenieros proyectistas en esta rama, tener en cuenta la difusión de medidas de control y conservación del medio ambiente.

VI.Bibliografía

Ambiente, C. P. (2005). Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas. Lima.

Chávez, L. A. (2013). *Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca*. Cajamarca: Reposistorio Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/675

Chávez, L. A. (2013). *Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca-Celendín-Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca: Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/675

Comerciales, C. d. (2011). *Norma tecnica peruana NTP 339.152-2002*. Lima.

Corantioquia, P. I. (2014). *Manual Piraguero Medición del caudal*. Medellín.

Diaz, J. (2003). La participación del sector privado en los servicios de agua y saneamientoen San Pedro Sula, Honduras. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 33. Obtenido de https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5011/La%20participaci%C3%B3n%20del%20sector%20privado%20en%20los%20servicios%20de%20agua%20y%20saneamiento%20en%20San%20Pedro%20Sula%2c%20Honduras.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dongo, A. P. (02 de Enero de 2016). *Planteamientos*. Obtenido de Planteamientos: http://www.planteamientosperu.com/2016/01/problematica-del-agua-y-saneamiento-en.html

Fernández, D., Aguilera, C. A., Bóbeda, J., & Giménez, J. (2010). Plan estratégico sectorial de agua potable y saneamiento de Paraguay. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 78. Obtenido de https://publications.iadb.org/handle/11319/4860

Fernández, D., Olivera, C. A., Bóbeda, J., & Giménez, J. (2010). *Plan estratégico sectorial de agua potable y saneamiento de Paraguay*. Obtenido de www.jh

H, L. S., & Villacorta, A. G. (2017). *Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable de Nazca: Estudio de factibilidad.* Universidad Nacional de Ingeniería. Nazca: Repositorio Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2849

Ingenieria, U. N. (2006). *Primer taller de mecánica de suelos.* Lima Perú.

Lentini, E. (2010). *Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito.* Santiago.

Lentini, E. (2011). Servicios de agua potable y saneamiento: lecciones de experiencias relevantes. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*, 49. Obtenido de http://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/lcw0392s.PDF

Lexus, C. (27 de octubre de 2018). *Corporacion Lexus.* Obtenido de Corporacion Lexus: http://www.corporacionlexus.com/pdf/biodigestor_rotoplas.pdf?wmode=transparent

Moreno, J. (2004). *Especificaciones técnicas para el diseño de captaciones por gravedad de aguas superficiales.* Lima.

Mori, J. I. (2013). *Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable de la ciudad de Bagua Grande.* Universidad Nacional de Ingeniería . Bagua Grande: Repositorio Universidad Nacional de Ingeniería . Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1175

Mugruza, Humberto Joseph Bieberach. (2013). *Ampliación y mejoramiento de lso sistemas de agua potable y alcantarillado Delicias de Villa y Anexos-Distrito Chorrillos.* Univerisdad Nacional de Ingeniería. Lima: Repositorio Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1278

Pittman, R. A. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales.* Lima: Asociación servicios educativos rurales (SER).

potable, C. T. (27 de junio de 2008). *siis.gob.cl*. Obtenido de siis.gob.cl: http://www.siss.gob.cl/586/articles-6083_recurso_1.pdf

Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de vivienda, c. y. (2017). *Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural*. Lima.

Ramirez, C. A. (2013). *Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario del centro poblado de Tartar Grande. Distrito de Baños del Inca-Cajamarca-Cajamarca.* Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca: Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/714

Real, E. U. (25 de Octubre de 2018). *Tema 10. E l golpe de ariete-UCLM*. Obtenido de https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Trans_hidr/Tema10.PDF

República, D. L. (23 de Septiembre de 2018). La falta de agua y desague: la deuda pendiente en los hogares del norte. Obtenido de https://larepublica.pe/sociedad/1323661-falta-agua-desague-deuda-pendiente-hogares-norte

Sandoval, S., Idrovo, G. E., & Lino, J. (2014). *Propuesta de mejoramiento y regulación de los servicios de agua potable y alcantarillado para ciudad de Santo Domingo.* Quito: Quito: UCE. Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2990

Sedapar. (2017). *Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario en la localidad de Chuquibamba, distrito de Chuquibamba, provincia de Condesuyos, departamento y región de Arequipa.* Arequipa.

Valenzuela, S., & Jouravlev, A. (2007). Servicios urbanos de agua potable y alcantarillado en Chile: factores determinantes del desempeño. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, 78. Obtenido de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6321/S0700281_es.pdf;jsessionid=A99F38EB3CD39BB7AFAE5C95F1CC4628?sequence=1

Villamar, S. L., Saldaña, T. M., & Viqueira, J. P. (2013). Las comunidades en la administración de sistemas de agua potable: Región de los volcanes, estado de México. *Agricultura, sociedady desarrollo*, 58. Obtenido de http://www.colpos.mx/asyd/volumen10/numero1/asd-12-013.pdf